UDK 621.31

ENJAAC 51 (1) – (2002) – 1-78

ISSN 0013-7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČI – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.
Lektor: Šime *Čagalj,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 51 (2002) Zagreb 2002 Br. 1

SADRŽAJ

Uran V.: Projekcija razvoja energetskog sektora u svijetu i Hrvatskoj do 2020. godine (Pregledni članak) 3

Klepo M.: Temeljni odnosi i postavke za tarifni sustav prirodnog plina (Pregledni članak) 9

Jurić Ž. – Slipac G.: Analiza energetskog sektora sa stajališta emisije stakleničkih plinova (Pregledni članak) 23

Domac J. – Jelavić B. – Krička T.: Energetski i eknomski aspekti proizvodnje biodizelskog goriva u Hrvatskoj (Pregledni članak) 31

Protić R.: Učinkovitost malih i mikro kogeneracija (Stručni članak) 39

Filko P.: Pouzdanost komponenti i sustava uzemljenja gradske TS 10(20)/0,4 kV (Izvorni znanstveni članak) 51

Postružin Ž.: Strategija ispitivanja cijevi parogeneratora PWR nuklearnih elektrana (Pregledni članak). 59

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja. 67

Iz strane stručne literature. 76

Fotografija na omotu:

Hidroelektrana ZELENI VIR

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2001 - 12 - 27

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

PROJEKCIJA RAZVOJA ENERGETSKOG SEKTORA U SVIJETU I HRVATSKOJ DO 2020. GODINE

Vedran U r a n, Rijeka

UDK 620.91.001
PREGLEDNI ČLANAK

Cilj je ovog članka bio prikazati projekciju razvoja energetskog sektora u svijetu do 2020. godine temeljenu na referentnom scenariju kojeg je izradila svjetska organizacija IEA (*International Energy Agency*). Moguće promijene u tom razvoju objašnjene su kroz alternativne opcije, također izrađene po istoimenoj organizaciji. Usporedo s prikazanim svjetskim energetskim tokovima, analiziran je te opisan mogući razvitak energetskog sustava u Hrvatskoj i Primorsko-goranskoj županiji do 2020. godine.

Ključne riječi: razvoj energetskog sektora, referentni scenarij, alternativne opcije, razvitak energetskog sustava.

1. UVOD

Prognoziranje budućeg razvoja energetike predstavlja najsloženiji oblik predviđanja o budućoj potrebi, opskrbi i trošenju primarne energije.

Opskrba dovoljnim količinama energije jedan je od ključnih uvjeta za opstanak i razvoj naše civilizacije, stoga nije neobično da se u prognozama gospodarskog razvoja bilo koje zemlje problemima opskrbe energijom poklanja najveća pažnja.

Današnji početni uvjeti za uspješnu analizu razvoja energetike polaze sa stajališta energetske efikasnosti, ekonomske opravdanosti realiziranih projekata u energetskom sektoru i ispunjavanja ekoloških zahtjeva. Nužno je također na temelju iskustva iz prethodnog razdoblja uočiti izvjesne trendove i zakonitosti koji daju podlogu i opravdanje za buduću prognozu.

2. REFERENTNI SCENARIJ [1]

Organizacija IEA (*International Energy Agency*) izradila je svjetsko predviđanje u energetici po tzv. referentnom scenariju koji uključuje politiku stakleničnih plinova i strože ekološke mjere. Taj je scenarij postao aktualan nakon konferencije održane 1997. g. u Kyotu organizirane od UNFCC (Okvirne konvencije UN o klimatskim promjenama) čije su potpisnice *Annex B* zemlje (Australija, Austrija, Belgija, Bugarska, Češka, Danska, Estonija, Finska, Francuska, Grčka, Hrvatska, Island, Irska, Italija, Japan, Kanada, Latvija, Litvanija, Luksemburg, Mađarska, Nizozemska, Novi Zeland, Norveška, Njemačka, Poljska, Portugal, Rumunjska, Rusija, SAD, Slovačka, Slovenija, Španjolska, Švedska, Švicarska, Ukrajina i Velika Britanija). Te su se zemlje obvezale da će smanjiti emisije za prosječno 5,2% manje od emisija ostvarenih 1990. g.

Prema referentnom scenariju se nadalje predviđa globalni ekonomski rast više od 3% godišnje u periodu od 1997.–2020. g., dok će stopa rasta populacije iznositi 0,3% godišnje u istom razdoblju.

Emisija stakleničnih plinova će imati godišnji prirast od 2,1% u razmatranom periodu, što iznosi 13,7 bilijuna tona ispuštenog ugljičnog dioksida (CO_2). Da bi se zadovoljio dogovor iz *Kyoto Protokola*, potrebno je predvidjeti porast od 8,7 bilijuna tona ispuštenog CO_2.

Razlog zbog čega se vjerojatno neće moći ispuniti zahtjevi iz *Kyoto Protokola* do 2010. g. je taj što će mnoge zemlje u razvoju poput Indije i Kine, koje čine trećinu ukupne svjetske populacije, temeljiti svoj tehnološki i transportni razvoj na fosilnim gorivima (osobito nafte i ugljena) kao najjeftinijim i najraspoloženijim energentima. 90% svih primarnih energenta u svijetu do 2020. obuhvaćat će fosilna goriva, bez obzira na porast korištenja obnovljivih izvora energije za 2,8% godišnje.

U mnogim se razvijenim zemljama postupno razvija slobodna trgovina naftnim derivatima, prirodnim plinom i električnom energijom. Već danas SAD ima u potpunosti liberalizirano i deregulirano tržište navedenih izvora energije, dok su skandinavske zemlje između sebe razvile regionalno tržište *Nord Pool*.

3. USPOREDNA ANALIZA POTROŠNJE I ZASTUPLJENOSTI PRIMARNE ENERGIJE PO TIPU GORIVA NA LOKALNOJ I GLOBALNOJ SVJETSKOJ RAZINI

3.1. Usporedna analiza primarnih energenta na lokalnoj razini

Tablica 1. Zastupljenost pojedinih energenta u ukupnoj potrošnji energije u gradu Rijeci i Primorsko-goranskoj županiji (anketna analiza) [2]

Ukupno (%)	Drvo	Električna energija	EL lož ulje	UNP	Mrežni plin	Gradske toplane
Ukupna raspodjela energenta u PG županiji (%)	**44**	32	16	4,5	0,75	2,5
U Rijeci	***36***	**39**	8	3	3	10

Ogrjevna moć pojedinih energenta

Drvo za loženje : 14,830 MJ/kg
EL loživo ulje : 41,200 MJ/kg
Električna energija : 3,601 MJ/kWh
UNP (ukapljeni naftni plin) : 48,443 MJ/kg
Gradske toplane → miješani plin (UNP) ili lako loživo ulje

Tablica 2. Ukupna potrošnja energije u Primorsko-goranskoj županiji i Republici Hrvatskoj za godinu 1998. [3]

Ukupna potrošnja energije u 1998. god.	Primorsko-goranska ž. TJ	%	RH TJ
Ogrjevno drvo, m^3	2779.2	6.2	12 630
Ugljen, t	0.6	0.0	9 872
Električna energija, MWh	- 983.1	-2.2	12 080
Industrijski otpaci, TJ	529.5	1.2	3 000
Tekuća goriva, t	40 231.4	89.3	171 170
Vodne snage, TJ	2476.2	5.5	52 900
Prirodni plin, tis m^3	/	/	92 290
Ukupno	**45 033.8**		**353 942**

Napomena. 84.7% elek. energije je proizvedeno i potrošeno dok je ostatak isporučen u druga distributivna područja.

3.2. Usporedna analiza primarnih energenta na globalnoj razini

Tablica 3. Potrošnja primarne energije u Hrvatskoj i njenim susjednim zemljama 1998. godine [4]

Zemlja	Broj stan. (milijuna)	Potrošnja energije, TJ	Električna energija po stanovniku, kWh/stan	Nafta %	Plin %	Ugljen %	Vodeni resursi %	Nuklearna energija %	Biomasa %	Ostalo %
Hrvatska	4,5	341.000	2.649	**59,4**	27,5	3,2	6,0	/	3,9	/
Slovenija	2,0	280.000	5.580	**43,1**	10,8	18,6	4,4	19,3	3,9	/
BiH	3,8	82.000	584	**52,2**	12,3	19,7	6,9	/	8,8	/
SRJ	10,6	672.000	3.450	20,3	13,1	**58,7**	6,6	/	1,3	/
Madarska	10,1	1.060.000	3.264	28,9	**38,8**	16,5	0,1	14,4	1,3	/
Italija	57,0	7.040.000	4.949	**56,9**	31,1	7,2	2,2	/	4,3	/

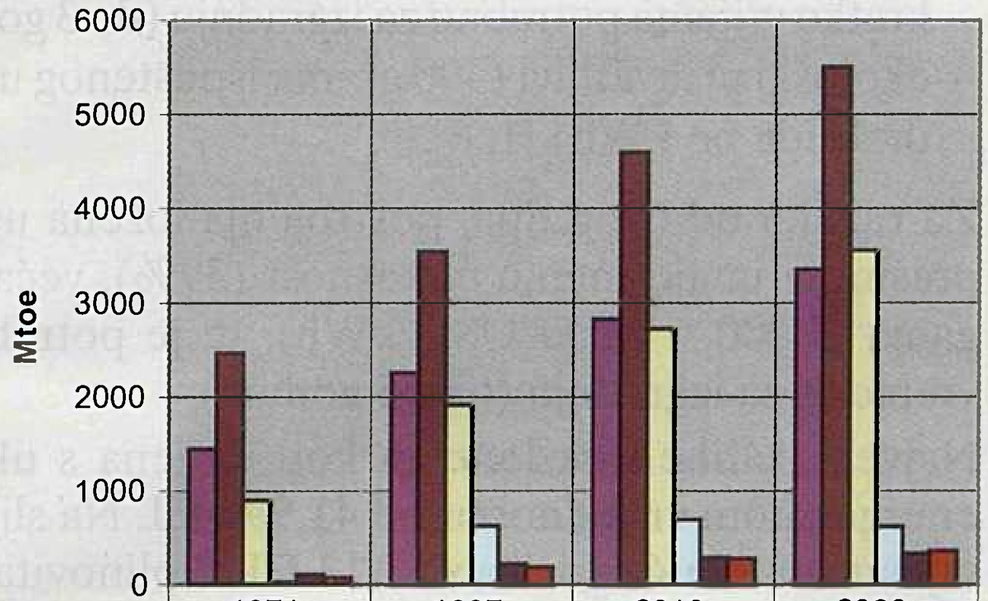
Napomena. ***BiH*** – Bosna i Hercegovina; ***SRJ*** – Savezna Republika Jugoslavija
Pod ***Ostalo*** podrazumijeva se energija sunca, vjetra, geotermalna energija, energija plime i oseke, a pod ***Biomasa*** ogrjevno drvo za kućanstva i drvni otpaci za industriju (za Italiju i komunalni otpad).

Tablica 4. Potrošnja primarne energije u najvećim zemljama po broju stanovnika 1998. godine [4]

Zemlja	Broj stan. (milijuna)	Potrošnja energije, PJ	Električna energija po stanovniku, kWh/stan	Nafta %	Plin %	Ugljen %	Vodeni resursi %	Nuklearna energija %	Biomasa %	Ostalo %
Kina	1.240	44.000	872	18,8	1,9	**56,9**	1,7	0,4	20,3	/
Indija	980	20.000	416	19,0	4,1	33,7	1,5	0,6	**40,1**	/
SAD	270	92.000	13.390	**38,9**	22,8	23,6	1,2	8,5	3,5	0,6
Brazil	166	7.330	1.860	**50,8**	2,8	7,3	14,6	0,5	24,1	/
Rusija	150	25.000	4.873	21,3	**53,3**	16,3	2,3	4,7	2,0	/
Japan	127	21.400	8.008	**51,1**	11,7	16,6	1,6	17,0	1,4	0,6

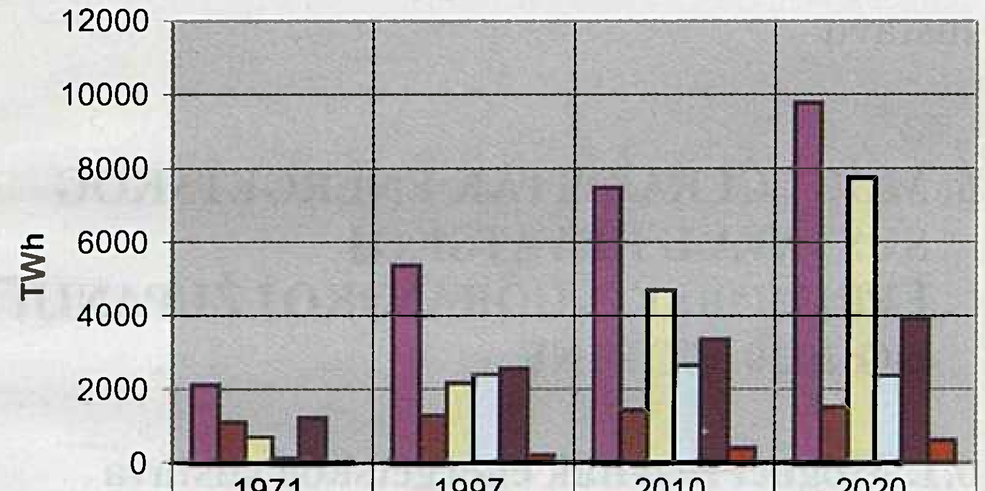
Napomena. Pod ***Ostalo*** podrazumijeva se energija sunca, vjetra, geotermalna energija, energija plime i oseke, a pod ***Biomasa*** svi oblici bioenergije plus komunalni otpad (za Kinu, Indiju i Brazil ogrjevno drvo u ruralnim područjima).

4. GRAFIČKI PRIKAZ SVJETSKIH ENERGETSKIH TOKOVA PO TIPU GORIVA ZA GODINE 1971., 1997., 2010. i 2020.



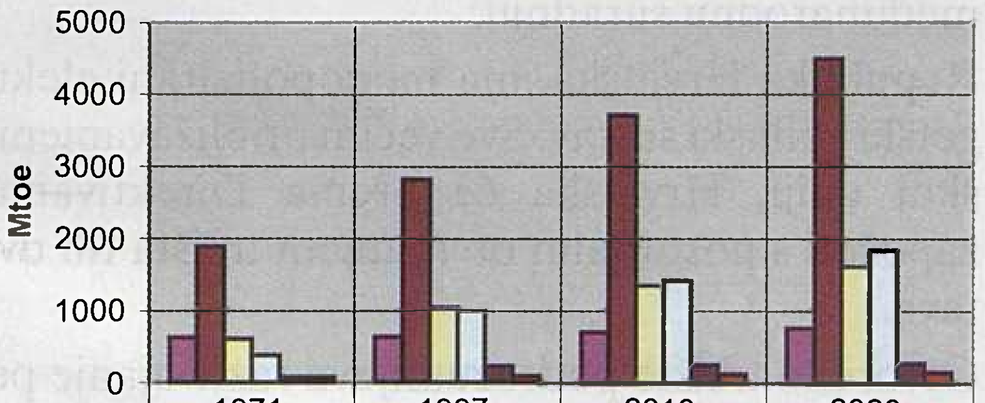
	1971.	1997.	2010.	2020.
Ugljen	1446	2255	2820	3350
Nafta	2461	3541	4589	5494
Plin	900	1911	2724	3551
Nuklearne elektrane	29	624	690	617
Hidro elektrane	104	221	287	336
Obnovljivi izvori energije	72	189	279	361

Dijagram 1. Svjetska opskrba primarnom energijom po tipu goriva u razdoblju od 1971. – 2020. godine [1]



	1971.	1997.	2010.	2020.
Ugljen	2103	5337	7467	9763
Nafta	1095	1282	1442	1498
Plin	692	2159	4698	7745
Nuklearne elektrane	111	2393	2647	2369
Hidro elektrane	1208	2566	3341	3904
Obnovljivi izvori energije	14	211	395	603

Dijagram 2. Svjetska proizvodnja električnom energijom u razdoblju 1971. – 2020. godine [1]



	1971.	1997.	2010.	2020.
Ugljen	620	635	693	757
Nafta	1888	2823	3708	4493
Plin	608	1044	1338	1606
Električna energija	377	987	1423	1846
Toplinska energija	68	232	244	273
Obnovljivi izvori energije	66	87	118	142

Dijagram 3. Ukupna finalna potrošnja energije u svijetu u razdoblju od 1971. – 2020. godine [1]

5. GLAVNE NEIZVJESNOSTI I ALTERNATIVNE OPCIJE U ENERGETSKOM SEKTORU RADI SMANJENJA UDJELA CO_2

Glavne neizvjesnosti u energetskom planiranju i ostvarivanju predstavljaju makroekonomski uvjeti te promjena u opskrbi fosilnih goriva ovisno o njihovoj raspoloživosti i rezervama. Na primjer, prognoze IEA i Ministarstva energije SAD-a se razlikuju utoliko što ova potonja američka institucija predviđa do 2020. g. veći udio prirodnog plina čak i od nafte u ukupnoj energetskoj opskrbi [5]. Neizvjesnosti predstavljaju još promjene u energetskoj i ekološkoj politici, uključivši liberalizaciju tržišta primarnih energenta i električne energije te intenzitet klimatskih promjena, ulogu nuklearnog lobija kao i brzinu tehnološkog razvoja u energetici itd.

Energetske potrebe ovise o ekonomskim aktivnostima pojedine zemlje te o bilateralnim i diplomatskim odnosima među zemljama susjedama i drugim zemljama, pa je i to jedan od važnijih neizvjesnih pokazatelja.

Alternativne opcije koje mogu rezultirati smanjenje ispuštenog ugljičnog dioksida su:

A) Trgovanje emisijom CO_2 između *Annex B* zemalja

Ovakvo trgovanje zasniva se na penaliziranju onih koji zagađuju okoliš prilikom čega se podrazumijeva bilateralni sporazum sa zemljama kreditorima o pretvaranju dijela duga neke zemlje u sredstva namijenjena zaštiti okoliša, povećanju energetske efikasnosti, sredstva za obnovljive izvore energije, ali pod određenim uvjetima.

U skladu s dozvoljenim granicama, *Kyoto Protokol* je odredio cijenu koja bi iznosila 32USD po toni CO2 (ili 118USD po toni čistog ugljika).

Annex B trgovanje ugljičnim dioksidom moglo bi smanjiti troškove izlazeći u susret sa zahtijevanim granicama emisije za OECD regiju, s rasponom smanjenja od 29 do 63%, ovisno o tome koliko je moguće ispuniti obveze i troškove domaćeg popuštanja.

B) Transport u razvijenim zemljama

U ovom sektoru moguće je sniziti količinu ispuštenog CO_2 na sljedeći način:

- proizvodnjom štedljivijih i efikasnijih vozila,
- postupnim prelaskom na alternativna goriva (vodik, metanol/etanol, biodizel),
- rasterećenjem prometa uvođenjem efikasnijeg javnog prijevoza (koja mogu koristiti alternativna goriva u većoj mjeri),
- ili jednostavno uvesti posebni porez na gorivo vezan za vrijednost ugljika koji bi bio preuzet iz slučaja „slobodnog trgovanja" ugljičnim dioksidom.

Veliki udio u proizvodnji CO_2 ima i mlazno gorivo.

C) Energetska postrojenja u razvijenim zemljama

Promjene u OECD energetskoj politici, tehnološkom razvoju i relativnim cijenama goriva mogle bi u slje-

deća dva desetljeća biti glavne okosnice za sektor proizvodnje električne energije i ispuštenog ugljičnog dioksida.

Kroz razvoj energetskih postrojenja može se poklopiti ovaj referentni scenarij za smanjenjem CO_2, i to u četiri razmatrane opcije:

1. korištenje prirodnog plina, i kao primarnog energenta, i kao pogonskog goriva za nova ili revitalizirana termoenergetska postrojenja čime bi se mogao smanjiti utjecaj emisije CO_2 za 10% do 2020. g.;
2. držeći i dalje u pogonu nuklearne reaktore, ne gaseći ih, moguće je postići 7% manju vrijednost ispuštenog CO_2 nego što to prognozira referentni scenarij;
3. učestalijim korištenjem obnovljivih izvora energije, CO_2 bi se mogao smanjiti za 6% do 2020. g.;
4. veći broj novih malih kogeneracija tzv. *Combined Heat & Power* postrojenja (CHP) mogao bi reducirati ukupni ispušteni CO_2 za 2% do 2020. g.

Svaka od ovih opcija može prouzrokovati neuravnoteženost u energetskom sektoru: ukoliko bi se sve više koristila postrojenja na plin i CHP, to bi rezultiralo većom potražnjom plina; ukoliko bi nuklearna postrojenja i dalje ostala u pogonu, kao i sve veći udio korištenja obnovljivih izvora energije, onda bi to imalo utjecaj na manju potrebu za fosilnim gorivima općenito te veću diversifikaciju unutar opskrbljivanja električnom energijom.

Ovo su u biti glavni izazovi za moguću realizaciju, ali svaka od ovih opcija ima ograničenja:

1. korištenje nuklearnih goriva nailazi na javni otpor bez obzira na usavršene reaktorske tipove kao što su poboljšani lakovodni, poboljšani teškovodni reaktori, visokotemperaturni plinom hlađeni reaktori te brzi oplodni i fuzijski nuklearni reaktori;
2. korištenje obnovljivih izvora energije (sunce, vjetar, biomasa, geotermalni izvori, plima/oseka) i u prosjeku je još uvijek preskupo u odnosu na korištenje fosilnih goriva jer im cijene padaju istim brzinama;
3. male kogeneracije pokazuju se skupom investicijom u odnosu na kombi-kogeneracijska postrojenja na plin i često su subvencionirana, mada optimalna za zadovoljavanje toplinskih i električnih potreba u industriji.

Kao najbliže optimalnom ostaje opcija korištenja prirodnog plina kao primarnog energenta, ili kao pogonskog goriva za nova, ili ona postojeća termoenergetska postrojenja koja su zrela za rekonstrukciju, a za pogon su dosad koristila tekuća goriva.

Danas popularizirana postrojenja na plin su tzv. CCGT postrojenja (CCGT – *Combined-Cycle Gas Turbine*) koja rade na principu kombiniranog plinsko-parnog procesa. Toplina plinova izgaranja iz plinske turbine koristi se za proizvodnju električne energije i za zagrijavanje pare preko kotla utilizatora. Zagrijana para koristi se za pokretanje parnoturbinskog postrojenja iz kojeg se opet proizvodi električna energija.

Razlozi popularnosti takvih postrojenja su:
- najmanja ulaganja (400-500 USD/kW),
- relativno visoka efikasnost (do 57 %)
- kratko vrijeme potrebno za izgradnju (do 3 godine) te
- ekološki prihvatljivi (300 grama ispuštenog ugljičnog dioksida po kWh) [1, 6].

Za razliku od ovog tipa, postrojenja ložena ugljenom prašinom imaju manju efikasnost (39%), veća su ulaganja (1.000 – 1.200 USD/kWh), te je potrebno više vremena za izgradnju (oko 5 godina)

Najveće zalihe utvrđene su kod ugljena s ukupnom energetskom vrijednošću od 41.994 EJ. Na sljedećem mjestu su tekuća goriva s 6.113 EJ te plinovita s 5.903 EJ [7]. No, danas je ugljen najviše zastupljen u elektroenergetskom sektoru. U svjetskoj potražnji stagnirat će barem do 2010. g. kada se očekuje usavršavanje tzv. IGCC postrojenja (IGCC – *Integral Gasification Combined-Cycle*) čija se tehnologija temelji na rasplinjavanju ugljena (ali i naftnih ostataka iz industrije) i kombiniranom plinsko-parnom procesu (kao i kod CCGT postrojenja). Predviđa se i postupni rast cijene plina do 2010. pa je i to razlog ponovnog korištenja većih količina ugljena u elektroenergetskom sustavu.

6. MOGUĆI RAZVITAK ENERGETSKOG SUSTAVA U HRVATSKOJ I PRIMORSKO-GORANSKOJ ŽUPANIJI DO 2020. GODINE

6.1. Mogući razvitak energetskog sustava u Hrvatskoj do 2020. g.

Programom provedbe Strategije energetskog razvitka Republike Hrvatske utvrđene su mjere energetske politike koje obuhvaćaju: istraživanje i razvitak, financijsku pomoć pri uvođenju novih tehnologija, ali u vidu poreznih i drugih olakšica, pristojbi i poreza vezanih na primjer za zaštitu okoliša, poticanju energetskih efikasnosti, te obnovljivih izvora energije. Mjere zatim uključuju informiranje, savjete i obuku potrošača, te međunarodnu suradnju.

Republika Hrvatska ima monopolizirani elektroenergetski i plinski sustav. Sve većim približavanjem Europskoj uniji, Hrvatska će prema Direktivama EU-a započeti s postupnim otvaranjem tržišta tih dvaju sustava.

Otvoreno tržište podrazumijeva razdvajanje pojedinih sustava na proizvodnju, prijenos i distribuciju. Postojat će mogućnost da proizvođač slobodno može plasirati električnu energiju ili plin trećem subjektu. Za posredovanje između proizvođača i potrošača energenta bit će potreban samo jedan tržišni operator (*pool*) i jedan mrežni operator.

Uzevši u obzir udio energenta u Hrvatskoj za 1998. g. i alternativne opcije koje mogu utjecati na smanjenje ugljičnog dioksida u svjetskim razmjerima, može se

konstatirati da će struktura energenta prema ukupnoj potrebnoj energiji u sljedećih 20 godina izgledati ovako:

Tablica 5. Struktura energenta u ukupno potrebnoj energiji 2005. i 2020. godine, PJ [8]

Tip goriva	2005.	2020.
Tekuća goriva	189	218
Prirodni plin	155	186
Obnovljivi izvori[1]	89	129
Ugljen	29	80
Električna energija[2]	7,9	0,0
Ukupno	**479,9**	**613**

[1] – odnosi se na velike HE, ogrjevno drvo i ostalu biomasu, energiju sunca, geotermalnu energiju, male HE, energiju vjetra

[2] – odnosi se na uvezenu električnu energiju.

Najbrži porast potrošnje u ukupno potrebnoj energiji imat će ugljen jer mu je današnja potrošnja vrlo niska, a i u budućnosti je predviđena izgradnja termoelektrana na ugljen. Znatnu stopu porasta potrošnje trebao bi imati i prirodni plin ukoliko se nastavi s daljnjom plinofikacijom Hrvatske, revitalizacijom postojećih postrojenja (elektrana-toplana i termoelektrana-toplana) na tekuće gorivo. Isto tako je efikasno i etažno grijanje prirodnim plinom pa se i tu vidi njegovo sve učestalije trošenje. Tekuće gorivo imat će utoliko veći porast potrošnje jer se očekuje povećanje mobilnosti stanovništva do 13 000 km po stanovniku godišnje, i to osobnih automobila u međugradskom prometu, osobito nakon 2010. g. kada se očekuje završetak izgradnje osnovne mreže autocesta u Hrvatskoj.

U budućnosti će se udio vlastite proizvodnje smanjivati, tj. udio će uvoza rasti. Zbog toga bi buduće energetske smjernice trebale biti usmjerene k obnovljivim izvorima energije gdje god je to moguće. Najznačajnije mjesto tu imaju vodne snage koje u ukupnoj energiji obnovljivih izvora sudjeluju s oko 50 posto, zatim ogrjevno drvo i ostala biomasa s 21 posto [8]. Ostali oblici obnovljivih izvora energije poput energije Sunca, geotermalne energije i energije vjetra imaju perspektivu samo u sustavima s konvencionalnim oblicima energije. No, sve opet na kraju ovisi o tome jesu li takvi sustavi za investitora i korisnika povoljni, odnosno isplativi.

Republika Hrvatska potpisala je, ratificirala i primjenjuje sve važnije međunarodne sporazume o zaštiti okoliša, pa tako i UNFCC-ovu (ratificirana 17. siječnja 1996.), dok je *Kyoto Protokol* u postupku ratifikacije. Ratificirajući UNFCC, kao zemlja u tranziciji Republika Hrvatska je preuzela obvezu stabiliziranja emisija stakleničnih plinova na razini ostvarenoj 1990. g. (5,1 Mg/stanovniku). Potpisivanjem pak protokola iz Kyota, Hrvatska se obvezala reducirati emisije stakleničnih plinova za 5% u odnosu na 1990. g.

6.2. Mogući razvitak energetskog sustava u Primorsko-goranskoj županiji do 2020. g.

Primorsko-goranska županija je specifična jer obuhvaća veće i manje urbane dijelove, priobalne dijelove, otoke i gorske dijelove. Svaki od tih dijelova mogao bi biti poseban za kombinirane utroške konvencionalnih oblika energije i iskorištavanje obnovljivih izvora, ali u međusobno optimalnim omjerima, u skladu s ekonomskom opravdanošću, efikasnošću i ekološkom ispunjavanju normi unutar energetskog sustava Republike Hrvatske.

Prema [9] procjenjuje se da će ukupna potrošnja energije u 2020. g. u kućanstvima, industriji i uslužnom sektoru porasti oko dva puta (u kućanstvima 1,7 puta, u industriji 3,5, u uslugama 2,1 puta), dok će se potrošnja energije za netoplinske svrhe za isti period povećati za skoro tri puta (u kućanstvima 1,4 puta, u industriji 3,7, u uslugama 4 puta).

U Rijeci se trenutno stari cjevovodi gradskog plina zamjenjuju novim plinovodima ukapljenog naftnog plina (UNP) kao prethodnicom za opskrbljivanje prirodnim plinom. Ukupna investicija u razvoj mreže magistralnog i županijskog plinovoda iznosi oko 250 milijuna USD uključujući i plinske stanice [10]. Taj plinovod predstavlja dio *GEA* projekta. Plinofikacijom PG županije mnoga bi kućanstva mogla prijeći na etažni sustav grijanja koje je mnogo ekonomičnije za razliku od dosadašnjeg centralnog grijanja na UNP ili lož-ulje u javnim toplanama.

U gradu Rijeci potrebno je najviše obratiti pozornost na povećanje energetske efikasnosti dvaju najvećih toplinskih potrošača u Hrvatskoj, INA-e Urinj i INA-e Mlaka zadužene za rafinaciju sirove nafte i naftnih destilata. No, o tom povećanju ovisi uspješnost privatizacije i modernizacije spomenutih naftnih industrija. Termoelektrana Rijeka pogonjena naftom također bi trebala biti rekonstruirana, a tip novog pogonskog goriva ovisit će o tome je li za novog vlasnika više isplativ ugljen ili plin.

Bankrotirana Tvornica papira u Rijeci mogla bi isto tako biti interesantna za budućeg investitora jer bi se unutar nje mogli revitalizirati ili izgraditi novi kombinirani sustavi na plin i biomasu[1]. Isto vrijedi i za drvne industrije u Klani, Lokvama i Vrbovskom. Ti bi se sustavi potom uključili u elektroenergetsku mrežu prodajući višak električne energije glavnom distributeru ili trećem neovisnom subjektu.

Male plinske kogeneracije i/ili trigeneracije trebale bi biti interesantne za uslužne i javne djelatnosti, osobito hotele i bolnice, a nije isključena ni kombinacija sunčevih kolektora i trigeneracije.

U PG županiji također su prisutne hidroelektrane (HE Rijeka i HE Vinodol) koje bi trebalo s vremenom revitalizirati te privatizirati kao i male hidroelektrane kojih ovdje ima u vrlo malom broju iz ekološko-turističkih

[1] Ova mogućnost vrijedi samo ako Tvornica papira u Rijeci ne bude prodavana parcijalno.

razloga (ukupno ih je četiri, od kojih su dvije u vlasništvu drvne industrije Finvest Corp. iz Čabra za pokrivanje vlastitih potreba električne energije).

Postupnom plinofikacijom, razvijanjem svijesti o energetskoj učinkovitosti i sve većem korištenju obnovljivih izvora energije uz dokazivanje energetske uštede na vlastitom primjeru i odgovarajuće energetske edukacije, Primorsko-goranska županija mogla bi izaći iz energetskog kolapsa u kakvom se sada nalazi. To sve među ostalim ovisi i o lokalnoj upravi i samoupravi te o lokalnim akcijama i programima na području energije i energetike unutar Primorsko-goranske županije.

7. ZAKLJUČAK

Svaka zemlja je specifična u smislu udjela zastupljenih primarnih energenta. U energetskom sektoru na svjetskoj razini poželjno je držati se granice između industrijski razvijenih zemalja i zemalja u razvoju (osobito Kine, Indije i Brazila).

Industrijski razvijene zemlje imaju ekonomsku moć razvijanja energetski efikasnih sustava i energetskih mreža te istraživanja, usavršavanja i promoviranja «čiste» tehnologije na bazi obnovljivih izvora energije i vodika kroz svjetske organizacije i programe.

Zemlje u razvoju atraktivne su upravo zbog jeftine radne snage i jeftino proizvedene energije po jedinici kWh. U razmatranom periodu zemlje će u razvoju dostići onakav životni standard kakvog su imale razvijene zemlje sredinom 20. stoljeća.

Zemlje u tranziciji, među koje spada i Hrvatska, mogu svoju budućnost planirati ovisno o političkoj volji i brzini ulaska u OECD (OECD – *Organisation of Economic Co-opeartion and Development*) te ostalim asocijacijama primjerenih razvijenim zemljama. U suprotnom takve zemlje postaju „kolonije" industrijski razvijenih zemalja.

LITERATURA

[1] World Energy Outlook 2000, OECD/IEA, 2000.

[2] D. PEŠUT, B. FRANKOVIĆ: „Studija i idejni projekt opskrbe plinom Primorsko-goranske županije, Faza I – polazna platforma", Energetski institut «Hrvoje Požar» Zagreb, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Zagreb, studeni 1999.

[3] Baza podataka Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske

[4] http://www.iea.org/stats/files/selstats/keyindic/keyindic.htm

[5] G.T. MILLER: „Living in the environment: principles, Connections and Solutions – part V Energy Resources", Wadsworth Publishing Company, California, SAD, 1996.

[6] M. ŠUNIĆ: „Energetiku 21. stoljeća obilježit će plin i električna energija/21st century will will be marked by gas and electricity", Prigodno predavanje, XV. Međunarodni znanstveno-stručni susret stručnjaka za plin, Opatija 2000.

[7] Et. al. D. FERETIĆ: „Elektrane i okoliš", Sveučilište u Zagrebu, 2000.

[8] Energetski institut „Hrvoje Požar": „Nacionalni energetski programi", Zagreb, travanj 1998.

[9] D. PEŠUT, B. FRANKOVIĆ: „Studija i idejni projekt opskrbe plinom Primorsko-goranske županije, Faza II – predviđanje energetskih potreba do 2020. godine", Energetski institut «Hrvoje Požar» Zagreb, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, svibanj 2000.

[10] M. ČRNJAR, M. SARŠON, M. ŠVERKO: „Possibilities of introducing natural gas into Primorsko-Goranska District, R. Croatia", NAFTA 51 (2) str. 73-78 (2000)

ENERGY SECTOR DEVELOPMENT SCENARIOS FOR THE WORLD AND CROATIA UNTIL THE YEAR 2020

The aim of this work is to show the forecast of energy sector development for the world until 2020 based on the reference scenario done by the world organisation IEA - International Energy Agency. Possible changes in that development are explained through alternative options also made by the same organisation. Parallel to the world energy perspectives, possible energy system development for Croatia and Primorsko-goranska County until the year 2020 is also given.

VORAUSPLANUNG DER ENTWICKLUNG IM ENERGETISCHEN SACHBEREICH IN DER WELT UND IN KROATIEN BIS ZUM JAHRE 2020

Ziel dieser Arbeit war, auf Grund des von der IEA (International Energy Agency = Internationale Energie-Behörde) entworfenen Verlaufs, die Entwicklung des energetischen Sachbereichs in der Welt und in Kroatien bis zum Jahre 2020 anzuzeigen. Durch anderwertige ebenfalls von der obengenannten Behörde entworfene Verläufe, sind mögliche Änderungen in dieser Entwicklung erklärt worden. Paralell mit den dargestellten Weltenergetischen Flüssen, ist die mögliche Entwicklung des energetischen Sachbereichs in Kroatien und in der Gespannschaft "Primorsko-Goranska" dieses Landes bis zum Jahre 2020 bewertet und beschrieben.

Naslov pisca:

Vedran Uran, dipl. ing.
Tehnički fakultet
Sveučilišta u Rijeci
51000 Rijeka, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-10-01.

TEMELJNI ODNOSI I POSTAVKE ZA TARIFNI SUSTAV PRIRODNOG PLINA

Dr. sc. Mićo K l e p o, Zagreb

UDK 620.9:338.52
PREGLEDNI ČLANAK

U radu se izlažu rezultati analiza današnje razine i strukture cijena prirodnog plina u Republici Hrvatskoj, te navode preliminarne ocjene elementa i podloga za izradu tarifnog sustava prirodnog plina. Problemu strukture cijena i tarifa, odnosno tarifnog sustava za prodaju prirodnog plina u ovom radu prilazi se po načelima koja vrijede za sustave tzv. umreženih energenata. Kod postavljanja tarifne strukture razlikuju se djelatnosti proizvodnje i nabave plina od njegova transporta i skladištenja, odnosno distribucije i maloprodaje. U ovom se radu izlažu i preispituju one postavke i načela strukture i odnosa tarifnog sustava prirodnog plina koji su vezani za gospodarsku poziciju korištenja transportne plinske mreže, odnosno distributivnih kapaciteta s maloprodajom plina za glavne sektore i kategorije potrošnje plina.

Ključne riječi: cijena prirodnog plina, tarifni sustav za prodaju prirodnog plina, tarife transporta i skladištenja plina, sektori i kategorije potrošnje plina, tarifni odnosi, tarifna struktura.

1. UVOD

Jedan od ključnih elemenata koji definira gospodarsku poziciju prirodnog plina, pri čemu se misli i na njegovu poziciju važnog energenta današnjice, ali i industrijska aktivnost koja uključuje proizvodnju, transport, skladištenje, distribuciju, prodaju i nabavu plina, te izgradnju uređaja i postrojenja za transformacije prirodnog plina jesu tarife i tarifni sustav za prirodni plin. Elementi moguće buduće tarifne strukture i tarifnog sustava za prirodni plin u pogledu njegova izbora, načina korištenja transportne mreže i skladišnih kapaciteta iskazuju se u dugoročnoj perspektivi razvoja (strategiji) ključnih gospodarskih sektora potrošnje. Sektori potrošnje su veliki, u gospodarskom smislu odjeliti tipovi ili grupacije potrošnji koji prirodni plin kupuju od proizvođača ili veletrgovca i preuzimaju na granicama transportne mreže. U ovom slučaju to su distributivna poduzeća, veliki industrijski pogoni, pogoni za proizvodnju električne i toplinske energije (termoelektrane, elektrane toplane, toplane, kotlovnice, ...), te petrokemijska industrija.

Kao ključne podloge za procjene srednjoročnog i dugoročnog razvitka potrošnje prirodnog plina u Republici Hrvatskoj uzeti su rezultati i pokazatelji iz "Strategije energetskog razvitka Republike Hrvatske – nacrt" [5] i "Plincro - Program plinifikacije Hrvatske - prethodni rezultati i buduće aktivnosti" [6].

Na distributivnoj razini razrada se veže za kategorije potrošnje: kućanstva, usluge i servisi, mali industrijski i ostali proizvodni pogoni, poljoprivreda i sl. Na toj razini kao podloge za razvoj tarifnih odnosa i tarifne strukture, ali i za definiranje politike pristupa potrošačima i razvoja distributivne mreže uzimaju se način korištenja kapaciteta i stabilnost karakteristika potrošnje glavnih kategorija potrošača. Kada je takva razrada nije dovoljno detaljna, ide se na još detaljniju podjelu, tj. na grupe potrošača sličnih po namjenama, količinama ili karakteristikama potrošnje plina.

Kao primjer za razradu tarifne strukture i proračuna tarifnih odnosa na distributivnoj razini uzeto je distribucijsko poduzeće "Termoplina" Varaždin, odnosno raspoložive gospodarske, tj. energetske i ekonomske podloge i pokazatelji za to poduzeće u 1997. i 1998. godini. Zbog preciznosti nužno je istaći da je dio ulaznih podataka, pogotovo profili i karakteristike potrošnje plina po kategorijama i grupama potrošnje, dobiven posebnim analizama i procjenama, tako da bi se za slučaj da se rezultati koji se navode željeli primijeniti na spomenuto distributivno poduzeće, dio analiza morao ponoviti s realnim podacima i podlogama. Unatoč tome, u svakom slučaju radi se o nalazima koji su korisni za utvrđivanje odnosa prema kategorijama potrošnje prirodnog plina na distributivnoj razini.

Za potrebe analiza u okviru ovoga rada razvijane su i korištena dva metodološka pristupa. Prvi je razrađeni i dograđeni metodološki pristup koji je korišten i prije nekoliko godina u Institutu za elektroprivredu i energetiku Zagreb [1], a drugi novi metodološki pristup tarifiranja umreženih energenata (*eng. grid bound energies)* koji je razvijen u Energetskom institutu "Hrvoje

Požar" Zagreb [7], i to u varijanti pristupa tarifiranju po troškovnom principu i varijanti tarifiranja po tzv. kratkoročnom marginalnom principu. U ovom radu ne izlažu se elementi, strukture i procedure niti jednog od metodoloških pristupa, ali se prema dobivenim rezultatima procjenjuje njihova primjenjivost, efikasnost i kvaliteta. Posebno su predmet pažnje i ocjene rezultati i pokazatelji dobiveni po tom novom metodološkom pristupu.

2. O DOSTIGNUTOJ RAZINI I ODNOSU CIJENA PRIRODNOG PLINA ZA RAZLIČITE KATEGORIJE POTROŠNJE

Prodajni uvjeti za prirodni plin distributivnim poduzećima, tzv. velikim potrošačima, Hrvatskoj elektroprivredi i Petrokemiji Kutina utvrđuju se Općim uvjetima za prodaju prirodnog plina i ugovorima o prodaji prema svakom od navedenih potrošača. Na veleprodajnoj strani odnosi kupaca i isporučitelja, dakle prodaja i kupnja prirodnog plina nisu uređeni odgovarajućim tarifnim sustavom. To znači da u segmentu proizvodnje, velenabave i veleprodaje prirodnog plina odnosi nisu uređeni odgovarajućim tarifnim sustavom. Veleprodajna cijena plina za distribucijska poduzeća na dan 1. ožujka 2001. godine iznosila je 0.84 kn/m^3, a za izravne industrijske potrošače 0.79 kn/m^3. Od 1. ožujka 2001. godine na te cijene dodaju se i troškovi korištenja transportne mreže koji iznose 0.0884 *kn/m*^{3}. Troškovi korištenja transportne mreže plaćaju se novosnovanom poduzeću za transport plina Plinacro.

Uvjeti isporuke i cijene plina za proizvodnju električne i toplinske energije u velikim termoenergetskim postrojenjima, tj. za Hrvatski elektroprivredu uređeni su odgovarajućim dugoročnim ugovorom između INE i Hrvatske elektroprivrede. Tijekom 1999. godine prodajne cijene prirodnog plina za Hrvatsku elektroprivredu za tzv. velika termoenergetska (kogeneracijska) postrojenjima (TE-TO, EL-TO) bile su oko 30% niže od naveden nabavne cijene od 0.84 kn/m^3. Istodobno su cijene za kotlovnice i toplane uključene u sustav Posebnih toplana, također u okviru Hrvatske elektroprivrede, bile na razini cijena za industriju koja se opskrbljuje iz distributivne mreže, dakle gotovo trostruko veća. Međutim, tijekom 2000. godine i početkom 2001. godine poštujući odredbe spomenutog ugovora došlo je do znatnog porasta cijene plina za tzv. velika termoenergetska (kogeneracijska) postrojenja (TE-TO, EL-TO) Hrvatske elektroprivrede. Na dan 1. ožujka 2001. godine ta cijena bila je viša ne samo od cijena za sve ostale sektore potrošnje, dakle i od cijena za distributivna poduzeća, nego i od cijena za široku potrošnju i kućanstva. Očito je da se u tom slučaju radi o potpuno neutemeljenim gospodarskim odnosima, koji se isključivo mogu riješiti samo dobro razrađenim, efikasnim i razvidnim tarifnim sustavom za veleprodaju plina. Samo tako razrađeni tarifni sustav može dati granice prihvatljivog ponašanja i isporučitelja plina i potrošača, što se konačno kao jamstvo ili zbog dodatnih pogodnosti može utvrditi i odgovarajućim odrednicama ugovora.

Distributivna poduzeća prirodnim plinom opskrbljuju različite kategorije potrošača (kućanstva, industrija, uslužni sektor, komunalne ustanove, ustanove socijalne skrbi i obrazovanja, poljoprivreda, itd.), i to tako da se prodajne cijene utvrđuju na temelju prosječne nabavne cijene prirodnog plina iz transportne mreže, na koju se dodaju distributivni troškovi (marža), porezi i ostala fiksna davanja (tablica 1). Troškove i uvjete priključka potrošača određuju sama distributivna poduzeća.

Iz podataka navedenih u tablici 1 vidljivo je da su cijene plina za industrijske pogone i malu privredu, tj. poduzeća koja pružaju različite vrste usluga jednake ili čak veće od cijena za kućanstva, što je gospodarski (tehnološki, energetski i ekonomski) neopravdano. Naime, ne radi se samo o tome da se plin u industriji, uslužnim djelatnostima i sl. troši na način i sa svrhom koje stvaraju nove i veće vrijednosti u materijalnom, gospodarskom, društvenom i socijalnom smislu, nego se radi o potrošnji koja je znatno povoljnija i u energetskom i u ekološkom smislu. Veliki i stabilni potrošači najčešće plin preuzimaju u količinama i po dinamici koja omogućuje stabilan i efikasan rad sustava uz niže ukupne troškove, plin koriste s manjim gubicima i efikasnije nego mali potrošači. Tako je npr. ukupna efikasnost proizvodnje iste količine korisne energije u većem broju malih ložišta u pravilu niža nego efikasnost jednog velikog ložišta istog ukupnog toplinskog kapaciteta.

U većini zapadnoeuropskih zemalja cijene plina za industriju i ostale velike potrošače koji troše velike količina plina i imaju stabilne karakteristike potrošnje, zbog čega su dobrodošli svakom isporučitelju plina, znatno su niže nego za kućanstva. Odnosi cijena u europskim zemljama tijekom 1999. godine navedeni su u tablici 2.

Cijene prirodnog plina u Hrvatskoj za industriju su na razini najviših cijena u Europi, a cijene za kućanstva znatno ispod razine cijena plina u Europi. Štoviše, može se reći da su među najnižima u Europi. Prethodno ukazuje na osnovno obilježje cijena prirodnog plina u distribuciji u Republici Hrvatskoj, a to je njihov socijalni karakter i strukturni nesrazmjer.

Nadalje, cijene plina veće su za industriju, malu privredu i ostale nego za kućanstva, što je gospodarski neopravdano. U većini zapadnoeuropskih zemalja cijene plina za industriju znatno su niže nego za kućanstva. Cijene prirodnog plina u Hrvatskoj za industriju su na razini najviših cijena u Europi, a cijene za kućanstva u skupini nižih cijena u Europi.

3. KATEGORIZACIJA POTROŠAČA PRIRODNOG PLINA

Pri kategorizaciji potrošača i potrošnje najdjelotvorniji pristup je da se razradi jedinstven, dovoljno općenit i razvidan sustav sektora i kategorija potrošnje, a zatim i

Tablica 1. Maloprodajne cijene plina u Republici Hrvatskoj (na dan 1. ožujka 2001.)

Županija	Naziv distributera	Mjesto	Široka potrošnja	Industrija
			kn/m³ PDV uključen	
Brodsko-posavska	JP Toplina	Slavonski Brod	1,23	1,23
Bjelovarsko-bilogorska	Metalprodukt	Šandrovac	1,40	1,28
Osječko-baranjska	Dvorac KJP	Valpovo	1,32	1,32
Virovitičko-podravska	KP Papuk	Orahovica	1,33	1,33
Vukovarsko-srijemska	Plinara istočne Slavonije	Vinkovci	1,37	1,34
Osječko-baranjska	Plinodom	Đurđenovac	1,34	1,34
Virovitičko-podravska	Virkom	Virovitica	1,34	1,34
Zagrebačka	Zelinkse komunalije	Sv. Ivan Zelina	1,36	1,36
Koprivničko-križevačka	KOMING	Koprivnica	1,37	1,37
Krapinsko-zagorska	Zagorski metalac	Zabok	1,43	1,38
Osječko-baranjska	Elektroslavonija	Osijek	1,38	1,38
Varaždinska	Ivkom	Ivanec	1,38	1,38
Osječko-baranjska	Đakovački vodovod	Đakovo	1,39	1,39
Bjelovarsko-bilogorska	Elektrometal	Bjelovar	1,40	1,40
Koprivničko-križevačka	Komunalije, Đurđevac	Đurđevac	1,40	1,40
Varaždinska	Termoplin	Varaždin	1,40	1,40
Virovitičko-podravska	JKP Pitomača	Pitomača	1,40	1,40
Krapinsko-zagorska	Humkom	Hum na Sutli	1,41	1,41
Bjelovarsko-bilogorska	Darkom	Daruvar	1,42	1,42
Međimurska	Međimurje plin JKP	Čakovec	1,43	1,43
Varaždinska	Komunalac, Novi Marof	Novi Marof	1,40	1,43
Krapinsko-zagorska	Komunalac, Konjščina	Konjščina	1,44	1,44
Požeško-slavonska	KP Pakrac	Pakrac	1,44	1,44
Zagrebačka	KP Vrbovec	Vrbovec	1,52	1,45
Bjelovarsko-bilogorska	JKP Komunalac-Garešnica	Garešnica	1,45	1,45
Krapinsko-zagorska	Komus	Donja Stubica	1,45	1,45
Krapinsko-zagorska	Zelenjak	Klanjec	1,45	1,45
Krapinsko-zagorska	Krakom	Krapina	1,46	1,46
Zagrebačka	Montcogim-plinara	Sveta Nedjelja	1,49	1,49
Bjelovarsko-bilogorska	Komunalije, Čazma	Čazma	1,52	1,52
Koprivničko-križevačka	Radnik	Križevci	1,55	1,55
Sisačko-moslavačka	Moslavina	Kutina	1,62	1,62
Grad Zagreb	Gradska plinara Zagreb	Zagreb	1,56	1,62
Sisačko-moslavačka	JKP-Novska	Novska	1,55	1,75
Zagrebačka	Dukom KP	Dugo Selo	1,64	1,82
Zagrebačka	Ivakop KP	Ivanić Grad	1,56	1,83
Sisačko-moslavačka	ZUC	Sisak	2,65	2,65

Tablica 2. Odnosi cijena plina u nekim europskim zemljama tijekom 1999. godine

	Industrija	Proiz-vodnja el. energije	Kućanstva
	kn/m**3	kn/m**3	kn/m**3
Austrija	1.3		3.5
Češka Republika	1.3	1.3	1.5
Danska			5.4
Finska	1.2	1.0	1.4
Mađarska	1.0	0.9	1.4
Irska	1.4	0.9	3.5
Nizozemska	1.0	1.0	3.0
Poljska	1.1		2.1
Španjolska	1.2	1.1	4.5
Švicarska	2.0		3.7
Turska	1.5	1.4	2.0
Velika Britanija	0.9	1.1	2.8
SAD	1.0	0.8	2.2
Prosjek	**1.26**	**1.05**	**2.90**

Izvor: Energy Prices & Taxes, International Energy Agency, 1999.

grupa potrošača unutar kategorija potrošnje. Kako je ranije već navedeno, prva podjela provodi se već na pragu veleprodaje, tj. na pragu transportnog sustava. Njen cilj je identificirati glavne sektore potrošnje. U pravilu to su: distributivna poduzeća, proizvodnja električne i toplinske energije, velika kemijska industrija i prerada, te ostali veliki potrošači. Na distributivnoj razini provodi se kategorizacija potrošača ili potrošnje, i to u sljedeće osnovne kategorije: domaćinstva, različiti industrijski i proizvodni pogoni, usluge i servisi, te poljoprivreda. Grupe potrošača zapravo su zasebne skupine ili tipovi potrošača određene razine mjesečne ili godišnje potrošnje, ili pak namjene, načina i karakteristika potrošnje prirodnog plina (tablica 3). Dobrim odabirom kategorija i grupa ostvaruju se polazne pretpostavke za primjenu načela raspodjele troškova po principu mjesta i načina, tj. izvora i strukture njihova nastanka, te njihove alokacije svakoj kategoriji i grupi potrošnje kako su i izazvani.

Granične potrošnje grupa u modelu su potrošnje istih prosječnih cijena za obje susjedne grupe, neovisno o strukturi jediničnih fiksnih i varijabilnih troškova po grupama. Dakle, radi se o linearnom prijelazu. Daljnji razvoj modela ovisi o tome da li se omjeri fiksnog i varijabilnog dijela troška za svaku grupu određuju unaprijed (kako je to urađeno u prvom metodološkom pristupu) ili se uzima iz stvarnog omjera troškova po vrsti (izvorima) (kako je to uređeno u novom metodološkom pristupu za tarifiranje umreženih energetskih sustava). U prvom slučaju, tj. s unaprijed zadanim omjerom fiksnog i varijabilnog dijela odmah u prvom

Tablica 3. Kategorije i grupe potrošnje prirodnog plina

Kategorija potrošnje plina	Udio u potrošnji	Grupa	Granice potrošnje	Prosječna potrošnja	Svrha, namjena potrošnje, Obilježja
	%		m**3	m**3	
Domaćinstva	35-50	I	od 0 do 300	118	– kuhanje, priprema tople vode
		II	od 301 do 1500	680	– pojedinačno grijanje, kuhanje, priprema vode
		III	od 1501 do 10000	4470	– etažno grijanje
		IV	preko 10000	53000	– veliki potrošači
Industrija	20-35	I	od 0 do 1000	380	– mali potrošači
		II	od 1001 do 10000	3930	– mali pogoni
		III	od 10001 do 100000	31540	– industrija
		IV	preko 100000	960000	– veliki potrošači
Usluge	15-25	I	od 0 do 20000		
		II	od 20001 do 50000		
		III	preko 50000		
Poljoprivreda	do 5%	I			

koraku dolazi se do poželjne ili unaprijed zadane tarifne strukture. Time se uz dobro poznavanje strukture i odnosa troškova u sustavu može relativno lako i brzo postići i dobro pokriće troškova u sustavu. Međutim, unaprijed zadani omjeri fiksnih i varijabilnih troškova u tarifnoj strukturi mogu voditi i do nepoželjnih i neefikasnih uprosječenja, pri čemu se kao izvori i kriteriji tarifne strukture i odnosa gube iznosi i raspored potrošnje, namjene i svrhe potrošnje, te efikasnost korištenja plina kod svake zasebne grupe potrošača. Osim toga, s unaprijed zadanim odnosima znatno se smanjuju upravljačka obilježja i potencijal tarifa.

Ukupni prihod kategorije potrošnje jednak je su sumi prihoda po pojedinim grupama. Dakle ukupni prihod iznosi:

$$P_{k1} = c_1 * C_1 + k_1 * K_1 + c_2 * C_2 + k_2 * K_2 + \\ + c_3 * C_3 + k_3 * K_3 + c_4 * C_4 + k_4 * K_4 + \ldots \quad (1)$$

gdje je

$c_1, c_2, c_3, c_4, \ldots$ - tarifni stav (jedinična cijena) kapaciteta *(kn/m**3/sat);*

$C_1, C_2, C_3, C_4, \ldots$- maksimalni kapacitet plina *(m**3/sat);*

$k_1, k_2, k_3, k_4, \ldots$ - tarifni stav (jedinična cijena) količine plina *(kn/m**3);*

$K_1, K_2, K_3, K_4, \ldots$ - količina plina *(m**3).*

Tako dobiveni prihod treba odgovarati ukupno ostvarenim troškovima kategorije potrošnje. Ukupni prihodi na razini distributivnog sustava, tj. poduzeća jednaki su sumi prihoda po kategorijama potrošnje:

$$P_{s1} = P_{k1} + P_{k2} + P_{k3} + P_{k4} + \ldots \quad (2)$$

gdje je

$P_{k1}, P_{k2}, P_{k3}, P_{k4}, \ldots$ - prihodi po kategorijama potrošnji *(kn).*

I na razini distributivnog sustava suma dobivenih prihoda treba odgovarati sumi svih ostvarenih troškova. Sve prethodno navedene elemente povezuju odgovarajuće energetske veličine kapaciteta i količine plina koje preuzimaju grupe i kategorije potrošnje, a koje su u za svaki umreženi energetski sustav u posebnoj i jakoj međusobnoj ovisnosti.

Kako ovdje nije namjera izlagati detalje modela, bitno je uočiti čvrstu ovisnost i uvjetovanost odnosa troškova i cijena između grupa unutar svake kategorije potrošnje, odnosno kategorija potrošača i potrošnji na razini distributivnog sustava. Drugim riječima, sustav je na toj razini isporuke nužno promatrati integralno, sa svim energetskim i troškovnim međuzavisnostima grupa kategorija potrošnje. To u krajnjem znači da se promjenom tarifne strukture i odnosa kod jedne kategorije potrošnje mijenjaju strukture i odnosi kod svih ostalih kategorija.

Isti pristup moguće je primijeniti i na veleprodajoj razini. U tom slučaju ukupni prihodi jednaki su sumi prihoda po sektorima potrošnje. Dakle, oni iznose

$$P = P_{s1} + P_{s2} + P_{s3} + P_{s4} + \ldots \quad (3)$$

gdje je

$P_{s1}, P_{s2}, P_{s3}, P_{s4}, \ldots$ - troškovi po sektorima potrošnji *(kn).*

Tako dobiveni ukupni prihodi moraju odgovarati sumi svih izazvanih troškova proizvodnje i nabave, skladištenja, transporta, te ostalim troškovima isporuke plina na toj razini. Kao i ranije, to znači integraciju, samo sada vertikalne integracije uključujući i veleprodajnu razinu. U metodološkom i sadržajnom smislu vertikalna integracija najčešće nije prihvatljiva budući da se dobiva tarifna struktura i odnosi koji su znatno manje razvidni i efikasni. I što je još važnije, upravljački potencijal takve tarifne strukture i odnosa vrlo je nizak. Zbog toga se na veleprodajnoj razini sektorima potrošnji pridaje znatno niži stupanj međusobnog utjecaja ili ovisnosti. U metodološkom smislu radi se o vezanju troškova i cijena samo za energetske veličine kapaciteta i troškove vezane za te kapacitete. Dakle, kapaciteti i odgovarajući troškovi sektora potrošnje dovode se u međusobnu vezu, a zatim vezu s troškovima i kapacitetima proizvodnih sustava isporučitelja (izvori), dobavnih pravaca, transportnog sustava i/ili skladišta plina. U slučajevima kada nema ograničenja u svezi sa spomenutim kapacitetima, ili u slučajevima kada sektori potrošnje međusobno ne stvaraju ograničenja, sektori potrošnje mogu se promatrati i potpuno neovisno u troškovno, odnosno cjenovnom smislu. U tom slučaju i tarifna struktura ima obilježja neovisnosti.

4. TRANSPORT PRIRODNOG PLINA – PERSPEKTIVA DUGOROČNOG RAZVOJA TARIFNIH ODNOSA

Kao podloge za analizu mogućih i gospodarski opravdanih tarifnih odnosa i cijena korištenja transportne mreže u Republici Hrvatskoj, te procjenu mogućeg srednjoročnog i dugoročnog razvoja tarifnih odnosa uzeti su:

- Današnje (postojeće) stanje transportne plinske mreže u Republici Hrvatskoj.
- Plan razvitka plinskog sustava za pokriće plinskog konzuma prema scenariju razvitka iz "Strategije energetskog razvitka Republike Hrvatske", po kojem bi u razdoblju od 2000. do 2030. godine domaći proizvod rastao po prosječnoj godišnjoj stopi od oko 5 posto, a ukupne potrebe za energijom po prosječnoj stopi od 4.4 posto. Po tom scenariju prirodni plin trebao bi preuzeti poziciju glavnog energenta, pri čemu bi njegov udio u ukupnim potrebama za energijom na kraju promatranog razdoblja porastao na oko 36.4 posto. Rast potrošnje plina očekuje se u svim sektorima i kategorijama potrošnje, najbrži u svezi s potrošnjom prirodnog plina za proizvodnju električne energije iz javne mreže. Sveukupne potrebe za plinom u Republici Hrvatskoj 2010. godine iznosile

bi 4688.7 mlrd m^3, 2020. godine 6370.1 mlrd m^3, i 2030. godine 7874.4 mlrd m^3. Ovakva razina potrošnje plina je vrlo zahtjevna i u pogledu osiguranja dovoljnih količina plina, i u pogledu razvoja plinske infrastrukture, prvenstveno dovoljnih transportnih kapaciteta u Republici Hrvatskoj.

- Investicije za izgradnju transportne plinske mreže zasnivaju se na aktualnim internacionaliziranim cijenama nabave i polaganja plinovoda i ostale opreme.

Izrazita je osjetljivost dugoročne perspektive i razvoja potrošnje i transportnog sustava o mogućem razvoju tarifne strukture i tarifnih odnosa, i obrnuto. Pokazuje se da je već i danas nužna rekonstrukcija, bolje rečeno znatno podešavanje strukture tarifnog sustava za transport plina sektorima i kategorijama potrošnje, vodeći računa o njihovoj gospodarskoj poziciji i veličini, karakteristikama potrošnje i stabilnosti korištenja kapaciteta, te očekivanom dugoročnom razvitku. Očekivane promjene u udjelima kategorija potrošnje i očekivani razvoj strukture i karakteristika potrošnje u budućnosti će izazvati još dinamičnije promjene.

Predmetnim analizama obuhvaćeno je razdoblje od 1998. do 2013. godine. Iz ranije navedenih podloga najprije načinjene su preciznije procjene:

i) razvoja ukupne potrošnje i strukture potrošnje plina po glavnim sektorima potrošnje (tablica 4),
ii) strukture i dinamike ukupnih ulaganja (investicija) u plinovode, mjerno-redukcijske stanice, podzemna skladišta plina, te ostala ulaganja uzimajući u obzir godinu početka ulaganja i godinu za koju se veže početna razina cijena, razdoblje trajanja ulaganja i odabranu diskontnu stopu,
iii) struktura troškova transportnog plinskog sustava u Republici Hrvatskoj po godinama odabranog dugoročnog razdoblja, i to:
   a) prema prirodnim vrstama:
      – troškovi nabave plina,
      – troškovi rada,
      – troškovi održavanja i pogona,
      – troškovi kapitala (ulaganja + kamate),
   b) prema stupnju iskorištenja kapaciteta, sa i bez troškova nabave plina:
      – fiksni troškovi,
      – varijabilni troškovi.

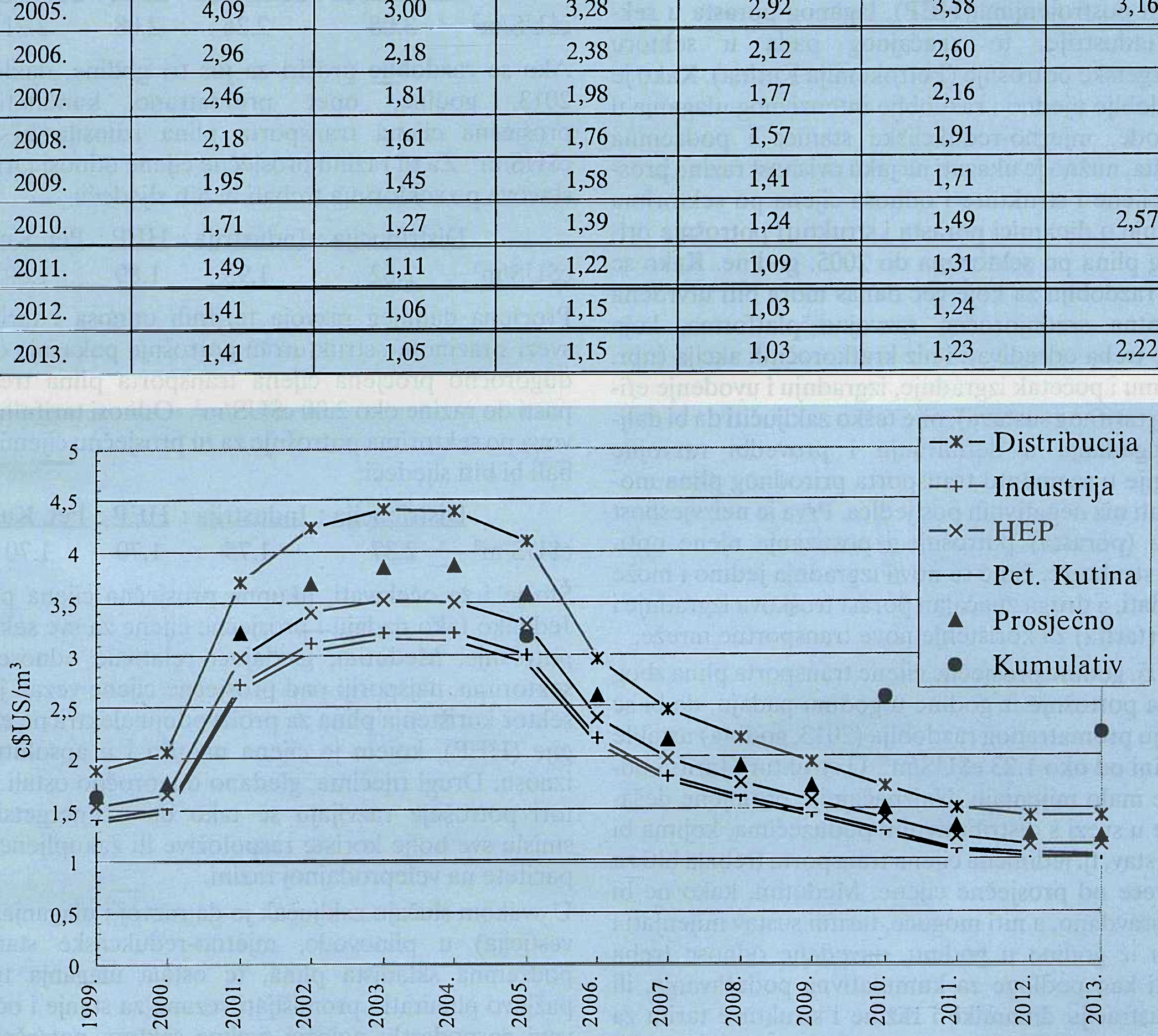
Rezultati proračuna dugoročnog razvoja razine (dinamike) i strukture cijena, odnosno tarifa transporta plina po sektorima potrošnje, prosječno i kumulativno do 2013. godine prikazani su u tablici 5 i na slici 1.

Tablica 4. Dugoročna predviđanja razvoja i strukture potrošnje plina po sektorima potrošnje

Godina	Ukupna potrošnja (10^6 m^3)	Udio distribucije	Udio industrije	Udio HEP-a	Udio Pet. Kutina
1995.	2.010,26	43%	16%	11%	31%
1996.	2.351,54	42%	16%	17%	25%
1997.	2.459,36	41%	16%	17%	26%
1998.	2.377,13	43%	17%	19%	21%
1999.	2.543,92	42%	17%	20%	21%
2000.	2.710,70	41%	17%	21%	21%
2001.	2.873,34	44%	17%	22%	17%
2002.	3.045,74	46%	18%	23%	13%
2003.	3.228,49	47%	19%	24%	10%
2004.	3.422,20	48%	19%	25%	8%
2005.	3.505,40	47%	19%	27%	7%
2006.	3.680,67	47%	20%	29%	5%
2007.	3.857,34	46%	20%	30%	4%
2008.	4.042,49	45%	20%	32%	3%
2009.	4.236,53	43%	20%	34%	3%
2010.	4.386,90	41%	21%	36%	2%
2011.	4.542,60	41%	21%	36%	2%
2012.	4.703,83	40%	22%	36%	1%
2013.	4.870,78	40%	22%	37%	1%

Tablica 5. Dugoročna struktura i odnosi tarifa transporta plina po sektorima potrošnje

Godina	Sektor					
	Distribucija	Industrija	HEP	Pet. Kutina	Prosječno	Kumulativ
	c$US/m³	c$US/m³	c$US/m³	c$US/m³	c$US/m³	c$US/m³
1999.	1,89	1,41	1,54	1,37	1,63	1,63
2000.	2,06	1,52	1,66	1,48	1,76	
2001.	3,71	2,72	2,98	2,65	3,20	
2002.	4,24	3,11	3,40	3,03	3,69	
2003.	4,40	3,21	3,52	3,14	3,84	
2004.	4,39	3,21	3,51	3,13	3,85	
2005.	4,09	3,00	3,28	2,92	3,58	3,16
2006.	2,96	2,18	2,38	2,12	2,60	
2007.	2,46	1,81	1,98	1,77	2,16	
2008.	2,18	1,61	1,76	1,57	1,91	
2009.	1,95	1,45	1,58	1,41	1,71	
2010.	1,71	1,27	1,39	1,24	1,49	2,57
2011.	1,49	1,11	1,22	1,09	1,31	
2012.	1,41	1,06	1,15	1,03	1,24	
2013.	1,41	1,05	1,15	1,03	1,23	2,22



Slika 1. Dugoročna struktura i odnosi tarifa transporta plina po sektorima potrošnje

Prema analizama, odnos fiksnih i varijabilnih troškova transportnog plinskog sustava danas iznosi 81% : 19 %. Međutim, tijekom razdoblja intenzivnog razvoja i izgradnje transportne plinske mreže od 2001. do 2005. godine očekuje se promjena navedenog odnosa u korist udjela fiksnih troškova, koji bi dosegli gornju granicu od 92.3 %. U razdoblju iza 2005. godine taj udio smanjio bi se na razinu od oko 76 %. U svakom slučaju, struktura troškova ukazuje da bi odgovarajuća tarifna struktura trebala biti dominantnog fiksnog obilježja, odnosno da bi udio komponente koja je u direktnoj svezi s udjelom u maksimalnom korištenom kapacitetu transportnog sustava u ukupnim troškovima trebala biti dominantna. Iz navedene strukture troš-

kova može se izvući i zaključak o izuzetnoj važnosti dobrog planiranja potrošnje i kapaciteta, koji su u krajnjem vezani za procjene i predviđanja gospodarskog položaja i optimiranja razvoja svakog od ključnih sektora potrošnji prirodnog plina.

U razdoblju do 2005. godine, tj. tijekom razdoblja izgradnje kada nema značajnog porasta potrošnje, prosječna cijena i cijene transporta po sektorima potrošnje rastu. Prosječna cijena u 2004. godini doseže gornju vrijednost od 3.85 c$US/m^3. Analize su učinjene uz pretpostavku da će do 2005. godine doći do promjena u udjelima sektora u ukupnoj potrošnji, i to: značajnijeg porasta udjela u sektorima distribucije i proizvodnje električne energije u velikim termoenergetskim postrojenjima(HEP), laganog porasta u sektoru industrije, te značajnog pada u sektoru neenergetske potrošnje (Petrokemija Kutina). Kako je to razdoblje ujedno i razdoblje intenzivnog ulaganja u plinovode, mjerno-redukcijske stanice i podzemna skladišta, nužno je ukazati na jaku ovisnost razine prosječne cijene i strukture i odnosa cijena po sektorima potrošnje o dinamici porasta i strukturi potrošnje prirodnog plina po sektorima do 2005. godine. Kako se radi o razdoblju za koje već danas mora biti utvrđena relevantna srednjoročna razvojna platforma, koja ujedno treba određivati i niz kratkoročnih akcija (npr. pripremu i početak izgradnje, izgradnju i uvođenje efikasnog tarifnog sustava), nije teško zaključiti da bi daljnja odgađanja u definiranju i provedbi razvojne strategije u segmentu transporta prirodnog plina mogla imati niz negativnih posljedica. Prva je neizvjesnost razvoja (porasta) potrošnje i postizanje njene optimalne strukture, čime se nova izgradnja jedino i može opravdati, a druga značajan porast troškova izgradnje i cijena (tarifa) za korištenje nove transportne mreže.

Iza 2005. godine prosječne cijene transporta plina zbog porasta potrošnje iz godine u godinu padaju, da bi se na kraju promatranog razdoblja (2013. godina) ustalile na razini od oko 1.23 c$US/m^3. U strukturi, tarifni odnosi se malo mijenjaju. Najznačajnije promjene dešavaju se u svezi s distributivnim poduzećima, kojima bi tarifni stav, tj. jedinična cijena transporta trebala biti za 22% veće od prosječne cijene. Međutim, kako ne bi bilo opravdano, a niti moguće, tarifni sustav mijenjati i uvoditi iz godine u godinu, navedene odnose treba shvatiti kao podloge za kumulativna podešavanja, ili pak ilustraciju dinamike i razine i strukture tarifa za eventualno uvođenja metodološkog pristupa tarifiranju po principu marginalnih troškova.

Nužno je uočiti da je za efikasno strukturiranje tarifnog sustava tijekom promatranog razdoblja, uzimajući u obzir kumulativne odnose iz godine u godinu, opet nužno dobro poznavati ili procjenjivati gospodarske veličine i parametre za svaki pojedini sektor. Efikasnim podešavanjem tarifne strukture i odnosa po kumulativnim pokazateljima mogu se izbjeći česte promjene tarifnog sustava. Istodobno mogu se ostvarivati i uvjeti za stabilno financiranje razvoja transportnog sustava, te izbjegavati nesigurnosti u pogledu planiranja kapaciteta transportne mreže. Međutim, problem je što se na taj način mogu dijelom prigušiti objektivno jaki signali u pogledu razvoja potrošnje plina i korištenja transportne mreže i sl. U svakom slučaju zaključak je da razdoblje kumulativnog podešavanja ne smije biti ni previše dugo.

U smislu kumulativnog podešavanja tarifne strukture i odnosa promatrano je razdoblje do 2010. godine i dalje. Kumulativno, do 2010. godine prosječna cijena transporta plina iznosila bi 2.57 c$US/m^3. Za tu razinu prosječne cijene odnosi tarifnih stavova po sektorima trebali bi biti sljedeći:

	Distribucija	Industrija	HEP	Pet. Kutina
c$US/m^3	3.08	2.26	2.08	2.21

Ako se razdoblje proširi za još tri godine, dakle do 2013. godine, opet promatrano kumulativno, prosječna cijena transporta plina iznosila bi 2.22 c$US/m^3. Za tu razinu prosječne cijene odnosi tarifnih stavova po sektorima trebali bi biti sljedeći:

	Distribucija	Industrija	HEP	Pet. Kutina
c$US/m^3	2.62	1.93	1.89	1.89

Procjena daljnjeg razvoja tarifnih odnosa i tarifa u svezi s razinom i strukturom potrošnje pokazuje da bi dugoročno procjena cijena transporta plina trebala pasti do razine oko 2.00 c$US/m^3. Odnosi tarifnih stavova po sektorima potrošnje za tu prosječnu cijenu trebali bi biti sljedeći:

	Distribucija	Industrija	HEP	Pet. Kutina
c$US/m^3	2.37	1.75	1.70	1.70

Što je i za očekivati, ukupna prosječna cijena pada. Jednako tako padaju i prosječne cijene za sve sektore potrošnje. Međutim, gledajući relativne odnose po sektorima, najsporiji pad prosječne cijene vezan je za sektor korištenja plina za proizvodnju električne energije (HEP), kojem je cijena najniža i u apsolutnom iznosu. Drugi riječima, gledano dugoročno ostali sektori potrošnje razvijaju se tako da u energetskom smislu sve bolje koriste raspoložive ili zakupljene kapacitete na veleprodajnoj razini.

U svakom slučaju zaključak je da razvoj i ulaganja (investicija) u plinovode, mjerno-redukcijske stanice, podzemna skladišta plina, te ostala ulaganja treba pažljivo planirati i promišljati vezano za stanje i očekivani gospodarski položaj svakog sektora potrošnje. I obrnuto, nužno je odnose na veleprodajnoj razini urediti tarifnim sustavom koji bi na optimalan način usmjeravao i poticao razvitak svakog sektora potrošnje.

5. TARIFNI ODNOSI ZA DISTRIBUCIJU I MALOPRODAJU PRIRODNOG PLINA

Distribucija plina u Republici Hrvatskoj je djelatnost koja je uređena Zakonom o komunalnom gospodarstvu. Distributivna poduzeća uglavnom su u vlasništvu

jedinica lokalne uprave i samouprave, a u slučajevima kada to nije tako, poduzeća djelatnost isporuke i maloprodaje plina obavljaju po osnovi dobivenih koncesija. Spomenutim zakonom uređuju se i pitanja cijena, odnosno postupak njihova utvrđivanja i promjene. U svakom slučaju može se utvrditi, a to uostalom potvrđuje i prethodna analiza cijena plina u distribuciji, da se formiranje cijena plina do sada nije ravnalo po gospodarski utemeljenim principima i kriterijima. Štoviše, jedinice lokalne uprave i samouprave, odnosno poglavarstva i upravna tijela općina i gradova kroz cijenu komunalne usluge isporuke plina provodila su i provode socijalnu politika. A taj princip se mora mijenjati ukoliko se želi održanje same djelatnosti ili njen barem minimalni razvoj. Upravo zbog toga ovaj rad se ne bavi metodološkim principima izgradnje tarifnog sustava na razini distributivnog poduzeća, nego nastoji ukazati na strukturu i odnose tarifa koji bi bili gospodarski utemeljeni. Dakle, cilj je postaviti preliminarna načela i elemente kao podloge za izradu tarifnog sustava prirodnog plina koji bi bio utemeljen na odgovarajućim tehnološkim, energetskim, ekonomskim i financijskim veličinama i poticaj za efikasniji rad sustava uz niže troškove, smanjenje gubitaka i negativnih utjecaja na okoliš. Svi ti elementi činili bi osnovu za razvoj same djelatnosti i sustava ukoliko bi na strani potrošača bili poticajni u smislu izbora prirodnog plina kao energenta i njegovog efikasnog korištenja.

Kao što je to u uvodu istaknuto, kao primjer za razradu tarifne strukture i proračuna tarifnih odnosa na distributivnoj razini uzeto je distribucijsko poduzeće "Termoplina" Varaždin. Cjelovit prijedlog načina rekonstrukcije cjenovnih odnosa i oblika tarifnih sustava za pojedinačna distributivna poduzeća i organizacije bit će moguće utvrditi nakon sustavne analize i valorizacije energetskih i gospodarskih podloga i pokazatelja svakog zasebnog poduzeća i organizacije.

Predmetna analiza tarifne strukture i odnosa učinjena je na raspoloživim gospodarskim, tj. energetskim i ekonomskim podlogama i pokazateljima poduzeća za 1997. i 1998. godinu. U prvom koraku provedena je objektivizacija svih troškova koji se pojavljuju u sustavu, a iz odgovarajućih energetskih podloga načinjene su procjene profila i ostale karakteristike potrošnje plina po kategorijama i grupama potrošnji. U jednom dijelu oni su i aproksimirani zbog nedostatka dijela realnih podataka i podloga.

Zbog potpunog nedostatka odgovarajućih energetskih i ekonomskih pokazatelja, analizama nije obuhvaćen i obrađen problem utvrđivanja cijene i načina rješavanja financiranja izgradnje plinske distributivne mreže, odnosno financiranja izgradnje i pokrivanja troškova komunalnog priključka potrošača na distributivnu mrežu, niti mogući utjecaj tih cijena i troškova na tarifne stavove za prirodni plin. Zbog toga iz rezultata koji se dalje izlažu nije opravdano preispitivati opravdanost iznosa marže za taj dio. Međutim, iz dobivene tarifne strukture i odnosa potpuno je opravdano preispitivati odnose i nastojati ih učiniti efikasnijim u pogledu izgradnje i funkcioniranja distributivnog sustava, te preispitivati elemente gospodarske politike pristupa pojedinim kategorijama i grupama potrošača.

Distributivni troškovi, tj. marža za odabrano distributivno poduzeće tijekom 1997. i 1998. godine iznosila je 0.28 kn/m^3.

Osnovna kategorizacija provedena je po sektorima potrošnje, i to: domaćinstva, industrija, usluge i poljoprivreda. Unutar tih glavnih kategorija, odnosno sektora potrošnje provedena je podjela po grupama potrošnje, temeljno prema iznosima godišnje potrošnje i načinu korištenja raspoloživih kapaciteta, ali i prema osnovnim namjenama i svrsi potrošnje prirodnog plina, odnosno gospodarskoj poziciji potrošača. U ovom radu izlaganje rezultata ograničeno je samo na glavne kategorije potrošača.

Tarifni sustav razvijen je na temelju energetskih i poslovnih (ekonomskih i financijskih) podataka i pokazatelja za 1997. i 1998. godinu. U pravilu, za razradu tarifnih odnosa bilo bi nužno obraditi duži niz godina, bilo s ciljem da se nađu prosječni odnosi, bilo da se pokušaju odrediti odgovarajući razvojni trendovi.

5.1. Tarifni sustav – podloga, pokazatelji iz 1997. godine

U 1997. godini u "Termoplinu" Varaždin su ostvareni sljedeći iznosi fiksnih i varijabilnih, odnosno ukupnih troškova:

Fiksni troškovi	13,967,000 kn
Varijabilni troškovi	13,226,000 kn
Ukupni troškovi	27,193,000 kn

a) *Pristup po troškovnom principu*

Za optimalno pokrivanje ostvarenih troškova u 1997. godini, tarifni sustav bi po principu stacionarnog troškovnog tarifiranja trebalo podesiti kako je to prikazano u tablici 6.

Dakle, prema dobivenim rezultatima prosječna prodajna cijena prirodnog plina trebala bi iznositi 0.3072 kn/m^3. Istodobno, tarifni stav prirodnog plina za domaćinstva bio bi 13.25% viši, za industriju 36.52% niži, za usluge 14.81% viši, te za poljoprivredu čak 103.19% viši od navedene prosječne prodajne cijene prirodnog plina. U toj strukturi zanimljiv je i odnos tarifnog stava za industriju prema tarifnom stavu za domaćinstva. U tom slučaju tarifni stav za industriju iznosi 56.11% tarifnog stava za domaćinstva. Odnosi fiksne i varijabilne komponente u ukupnoj cijeni prirodno plina odgovara strukturi troškova. Značajne su, međutim, varijacije odnosa prema sektorima potrošnje. Karakteristični su krajnji odnosi za industriju i poljoprivredu. Oni zapravo ukazuju na mogućnost, kada bi se obračun za potrošnju prirodnog plina provodio prema količini plina i odgovarajućem tarifnom stavu za količinu, od-

Tablica 6. Tarifni sustav po troškovnom principu - podloge 1997. godina

	Tarifni stavovi			Odnos prema prosječnoj cijeni	Udio u tarifnom stavu	
	Fiksni dio	Varijabilni dio	Ukupno		Fiksnog dijela	Varijabilnog dijela
	kn/m**3	kn/m**3	kn/m**3			
Domaćinstva	0.1868	0.1611	0.3479	113.25%	53.69%	46.31%
Industrija	0.0744	0.1206	0.195	63.48%	38.15%	61.85%
Usluge	0.1909	0.1618	0.3527	114.81%	54.13%	45.87%
Poljoprivreda	0.4396	0.1846	0.6242	203.19%	70.43%	29.57%
Ukupno	0.1578	0.1494	0.3072	100.00%	51.37%	48.63%

nosno angažiranom kapacitetu sustava (protoku) i odgovarajućem tarifnom stavu protoka, da bi se kod industrije odnosi tih tarifnih stavova mogli podesiti da se što veći dio prihoda tijekom godine ostvaruje vezano za isporučene količine plina. Naravno, razlog su stabilno ponašanje u potrošnji plina. Kod poljoprivrede je situacija obrnuta, što upućuje na potrebu da se što veći dio prihoda ostvari iz dijela vezanog za korištenje kapaciteta.

Ovdje u svezi s podacima koji se navode nužno istaći sljedeće. U svim slučajevima tarifni stavovi za kapacitet (fiksna komponenta) svedeni su i iskazani u odnosu na količinu, dakle na jedinice kn/m^3. Zbog tog oni vrijede i u navedenom obliku mogu se uspoređivati, što je i cilj ovoga rada, samo za određene iznose godišnjih količina plina. S promjenom količina ti odnosi morali bi se preispitati.

Po modelu u kojem se odnosi fiksne i varijabilne komponente tarife zadaju unaprijed [1], za iste ulazne podatke dobiveni su odnosi koji znatno manje variraju u odnosu na prosječne vrijednosti (tablica 7).

Naime, za taj model jedna od ulaznih pretpostavki je unaprijed zadani odnos fiksnog i varijabilnog dijela cijene, tj. tarifnog stava za kapacitet (fiksni dio) i tarifnog stava za količinu plina (varijabilni dio). Posljedica toga pristupa je da se odstupanja cijena kod sektora kod kojih odnosi fiksnih i varijabilnih troškova znatno odstupaju od zadanog odnosa mogu znatno ublažiti. Na određeni način to vodi svojevrsnom uprosječenju tarifnih odnosa. U konkretnom slučaju, tarifni stavovi za kućanstva i uslužni sektor gotovo su izjednačeni, a tarifni stavovi za industriju i poljoprivredu približeni prosjeku. Tarifni stav za plin za industriju u tom slučaju iznosi 75.63% tarifnog stava za kućanstvo.

b) *Pristup po tzv. kratkoročnom marginalmom principu*

Rezultati dobiveni po principu tzv. kratkoročnog marginalnog tarifiranja prikazani su u tablici 8.

Tablica 7. Tarifni sustav uz unaprijed zadani odnos fiksne i varijabilne komponente

	Tarifni stavovi			Udio u tarifnom stavu	
	Fiksni dio	Varijabilni dio	Ukupno	Fiksnog dijela	Varijabilnog dijela
	kn/m**3	kn/m**3	kn/m**3		
Domaćinstva	0.1802	0.1477	0.3279	54.95%	45.05%
Industrija	0.1363	0.1117	0.2480	54.95%	45.05%
Usluge	0.1801	0.1476	0.3277	54.95%	45.05%
Poljoprivreda	0.2086	0.1710	0.3796	54.95%	45.05%
				54.95%	45.05%

Tablica 8. Tarifni sustav po tzv. kratkoročnom marginalnom principu - podloge 1997. godina

	Tarifni stavovi			Odnos prema prosječnoj cijeni	Udio u tarifnom stavu	
	Fiksni dio	Varijabilni dio	Ukupno		Fiksnog dijela	Varijabilnog dijela
	kn/m**3	kn/m**3	kn/m**3			
Domaćinstva	0.1751	0.1611	0.3362	109.44%	52.08%	47.92%
Industrija	0.1080	0.1206	0.2286	74.41%	47.24%	52.76%
Usluge	0.1776	0.1618	0.3394	110.48%	52.33%	47.67%
Poljoprivreda	0.3261	0.1846	0.5107	166.24%	63.85%	36.15%
Ukupno	0.1578	0.1494	0.3072	100.00%	51.37%	48.63%

Po principu tzv. kratkoročnog marginalnog tarifiranja dobivena struktura i tarifni odnosi zapravo daju snažnije signale o pristupu i načinu odnosa isporučitelja plina prema potrošačima, a potrošačima signale o načinu ponašanja. U odnosu na troškovni princip može ih se shvatiti kao sankciju ili beneficiju za način korištenja raspoloživih kapaciteta, te količine i raspored preuzimanja plina. Tako npr., distributivni isporučitelj isporuku prirodnog plina s većim industrijskim potrošačem prirodni plin može ugovoriti prema tarifnim stavovima iz tablice 6. U slučaju nepridržavanja odredbi ugovara, tj. za način ponašanja koji je znatno nepovoljniji nego što to vrijedi za kategoriju kojemu potrošač pripada, isporučitelj treba potrošaču odrediti novu cijenu, koja sada odgovara tarifnom stavu za industriju iz tablice 8. Odnos tarifnog stava za industriju prema tarifnom stavu za domaćinstva sad je na razini 68% Odnosi fiksne i varijabilne komponente u ukupnoj cijeni prirodnog plina odgovaraju strukturi troškova. Međutim, varijacije tih odnosa prema kategorijama potrošnje su umanjene. Naravno, svi ostali pokazatelji imaju značenje kao oni iz tablice 6.

5.2. Tarifni sustav – podloga, pokazatelji iz 1998. godine

U 1998. godini u distributivnom poduzeću ostvareni su sljedeći iznosi fiksnih i varijabilnih, odnosno ukupnih troškova:

Fiksni troškovi	16,619,000 kn
Varijabilni troškovi	13,420,000 kn
Ukupni troškovi	30,039,000 kn

a) *Pristup po troškovnom principu*

Za optimalno pokrivanje ostvarenih troškova u 1998. godini, tarifne stavove za korištenje distributivne mreže i usluge opskrbe prirodnim plinom po principu troškovnog tarifiranja [7] trebalo bi podesiti kako je to prikazano u tablici 9.

Dakle, prema dobivenim rezultatima prosječni trošak korištenja distributivne mreže i isporuke prirodnog plina trebao bi iznositi 0.3351 kn/m^3. Po kategorijama potrošnje ili potrošača tarifni stav prirodnog plina za domaćinstva bio bi 13.28% viši, za industriju 37.99% niži, za usluge 15.01% viši, te za poljoprivredu čak 108.59% viši od navedenog prosječnog troška. Vidljivo je da tarifni stav za industriju iznosi 54.47% tarifnog stava za domaćinstva.

Odnosi fiksne i varijabilne komponente cijene odgovaraju strukturi fiksnih i varijabilnih troškova distributivnog sustava i njegova pogona, a ostali zaključci su kao i za 1997. godinu.

Kao i za 1997. godinu, u svezi s podacima koji se navode nužno istaći i sljedeće. U svim slučajevima tarifni stavovi za kapacitet (fiksna komponenta) svedeni su i iskazani u odnosu na količinu, dakle na jedinice kn/m^3. To je opet učinjeno s ciljem da se mogu uspoređivati, a navedeni iznosi vrijede samo za točno određene iznose godišnjih potrošnji plina u 1998. godini, te bi ih za druge slučajeve i iznose godišnjih potrošnji trebalo preispitati.

Primjenom drugog modela [1] za iste ulazne podatke raspored i odnosi ukupnih tarifnih stavova po kategorijama su i u ovom slučaju vrlo slični. Razlika je opet u udjelu fiksne i varijabilne komponente u ukupnom tarifnom stavu. Budući da se taj udio unaprijed zadaje, raspored fiksne i varijabilne komponente cijene ne mora odgovarati rasporedu odgovarajućih troškova. Kao konačni zaključak može se navesti da se s unaprijed zadanim odnosom fiksne i varijabilne komponente i tarifi, i to jednakim za sve kategorije potrošnje, znatno narušava efikasnost tarifne strukture i tarifnog sustava u segmentu distribucije. Razlog je u tome što struktura tarifnih stavova ne odgovara strukturi fiksnih i varijabilnih troškova distributivnog sustava. Uprosječenje tarifnih stavova znatno otežava definiranje realnih gospodarskih pozicija različitih kategorija i grupa potrošača.

b) *Pristup po tzv. kratkoročnom marginalmom principu*

Rezultati dobiveni po principu tzv. kratkoročnog marginalnog tarifiranja za 1998. godinu prikazani su u tablici 10.

Tablica 9. Tarifni sustav po troškovnom principu - podloge 1998. godina

	Tarifni stavovi			Odnos prema prosječnoj cijeni	Udio u tarifnom stavu	
	Fiksni dio	Varijabilni dio	Ukupno		Fiksnog dijela	Varijabilnog dijela
	kn/m**3	kn/m**3	kn/m**3			
Domaćinstva	0.2185	0.1611	0.3796	113.28%	57.56%	42.44%
Industrija	0.0871	0.1207	0.2078	62.01%	41.92%	58.08%
Usluge	0.2235	0.1619	0.3854	115.01%	57.99%	42.01%
Poljoprivreda	0.5143	0.1847	0.699	208.59%	73.58%	26.42%
Ukupno	0.1854	0.1497	0.3351	100.00%	55.33%	44.67%

Tablica 10. Tarifni sustav po tzv. kratkoročnom marginalnom principu - podloge 1998. godina

	Tarifni stavovi			Odnos prema prosječnoj cijeni	Udio u tarifnom stavu	
	Fiksni dio	Varijabilni dio	Ukupno		Fiksnog dijela	Varijabilnog dijela
	kn/m**3	kn/m**3	kn/m**3			
Domaćinstva	0.2052	0.1611	0.3663	109.31%	56.02%	43.98%
Industrija	0.1266	0.1207	0.2473	73.80%	51.19%	48.81%
Usluge	0.2082	0.1619	0.3701	110.44%	56.26%	43.74%
Poljoprivreda	0.3821	0.1847	0.5668	169.14%	67.41%	32.59%
Ukupno	0.1854	0.1497	0.3351	100.00%	55.33%	44.67%

I za ovaj slučaj radi ilustracije ističe se odnos tarifnog stava za industriju prema tarifnom stavu za domaćinstva, koji sada iznosi 67.5%. I kod ovoga pristupa, iako izmijenjeni po kategorijama potrošnje i s manjim međusobnim varijacijama, odnosi fiksne i varijabilne komponente u ukupnoj cijeni prirodnog plina odgovaraju strukturi troškova. Naravno, svi ostali pokazatelji imaju značenje kao ranije.

6. TARIFNA STRUKTURA I UPRAVLJAČKI POTENCIJAL TARIFA

U pogledu načina i troškova korištenja transportnog sustava današnja struktura i raspored korištenja kapaciteta su nepovoljni. Različiti sektori potrošnje tome doprinose s različitim udjelom, što je nužno i opravdano valorizirati i odgovarajućom strukturom veleprodajnih tarifa. Tako npr., uzimajući u obzir količine plina koje preuzimaju i način korištenja raspoloživih kapaciteta transportnog sustava za tzv. velike sektore potrošnje, tj. velike industrijske potrošače i proizvodnju toplinske i električne energije u termoenergetskim postrojenjima, u odnosu na distributivna poduzeća, odgovarajuća tarifna struktura i tarifni odnosi bili bi oni po kojima bi sveukupni troškovi nabave plina i troškovi (naknade) korištenja transportnog sustava za distributivna poduzeća bili oko 35% veći nego za te velike sektore potrošnji. Nadalje, i kroz dugoročno razdoblje od petnaestak godina oba navedena velika sektora potrošnje na veleprodajnoj razini transportnog sustava pokazuju stalan rast potrošnje uz visoki stupanj stabilnosti strukture i karakteristika korištenja raspoloživih transportnih kapaciteta. Iz toga se može izvući zaključak da bi u tarifni sustav i tarifne odnose bilo nužno ugraditi i dodatne poticajne mehanizme za poboljšanje strukture i rasporeda potrošnje plina za distributivna poduzeća. Bez tih poticajnih mehanizama bilo bi nerealno očekivati poboljšanja strukture i rasporeda potrošnje.

Na razini distribucije i maloprodaje plina odnosi po kategorijama i grupama potrošnje ili potrošača pokazuju još veću dinamičnost. Za distributivnu razinu karakterističan je odnos potrošača iz domene industrije i ostalih proizvodnih pogona prema potrošačima kućanstava i uslužnog sektora, odnosno širokoj potrošnji. Primjereni tarifni odnosi, dakle tarifni odnosi koji bi se zasnivali na izazvanim troškovima za te dvije karakteristične kategorije potrošnje bili bi oni po kojima bi sveukupni troškovi za plin za tzv. široku potrošnju bili oko 80% viši nego za industrijske pogone koji plin preuzimaju iz distributivne mreže. U navedenom postotku dominantan udio čine razlike u varijabilnim troškovima. Varijacija fiksnih troškova znatno je manja. Sve su to očekivani odnosi budući da najveće razlike među kategorijama potrošnje nastaju u dinamici, tj. rasporedu potrošnje tijekom godine. Naime, u predmetnim analizama vremenski horizont promatranja bila je godina dana, tj. nisu se promatrali niti sezonski raspored potrošnje niti način korištenja raspoloživih kapaciteta, a niti su oni sankcionirali odgovarajućim rasporedom tarifa. Naravno, tarifna struktura i tarifni odnosi bez uvažavanja i tih utjecaja i odnosa bili bi nepotpuni i neefikasni.

Zanimljiv je i indikativan rezultat analize prostora tzv. upravljačkog potencijala tarifa na distributivnoj i maloprodajnoj razini. Naime, postavlja se pitanje što se može i što bi bilo opravdano učiniti kako bi tarifna struktura postala poticajna za potrošače kategorije kućanstava i glavnine potrošača iz kategorije uslužnog sektora da oni učine napor da postignu stabilan raspored potrošnje i korištenja raspoloživih distributivnih kapaciteta. Odgovor je da im se može ponuditi ugovorni odnos u kojem oni uz znatni popust na tarifne stavove poboljšavaju karakteristike potrošnje i korištenje kapaciteta distributivne mreže. Po preliminarnim analizama u prvom koraku taj popust mogao bi biti takav da se prije navedena razlika od 80% viših troškova široke potrošnje prema industriji i malim industrijskim pogonima smanji na 50%. Naravno, nepridržavanje ugovora značilo bi povratak na početnu razinu od 80%.

Već iz navedenih primjera očito je da je uz tarifni sustav vezan snažan upravljački potencijal i na veleprodajnoj razini i na distribucijskoj razini s maloprodajom.

Sezonski raspored potrošnje dominantno utječe na odnos fiksne i varijabilne komponente troškova, dakle konačno i na odnos tarifa za obračun. Tarifni odnosi strukturiraju se od dominantnog naglaska na količini (za stabilnu potrošnju) do dominantnog naglaska na kapacitetu, tj. protoku (za potrošnju koja jako varira).

Za industriju odnosi tarifnih stavova mogu se podesiti tako da se što veći dio prihoda tijekom godine ostvaruje vezano za isporučene količine plina. Naravno, razlog su stabilno ponašanje u potrošnji plina. Kod domaćinstva, uslužnog sektora i poljoprivrede situacija je obrnuta, što upućuje na potrebu da se što veći dio prihoda ostvari iz dijela vezanog za korištenje kapaciteta.

Konačno, bez obzira kako bio zamišljen, tarifni sustav u pravilu predstavlja samo vrlo globalnu sliku i odraz zbivanja u sustavu, tako da često ne obuhvaća cjelovitost svih mogućih slučajeva i procesa. Tako npr. pojedini potrošači iz uslužnog sektora pokazuju izrazito ujednačen raspored potrošnje plina i stabilne karakteristike korištenja kapaciteta tijekom godine. Tarifni odnosi utvrđeni u obje prethodno navedene varijante za takve potrošače bili bi neprimjereni. Time prethodna kategorizacija ili grupiranje postaju ili neprimjereni ili nedovoljno detaljni. Rješenje je ili ići u još detaljniju obradu, dakle na veći broj grupa potrošnje ili čak na pojedinačne potrošače, ili proceduru formiranja tarifne strukture već od samog početka usmjeriti u potpuno drugom smjeru. A taj drugi smjer bio bi obradu započeti već od pojedinačnih potrošača, bolje rečeno od karakterističnih tipova i modela (profila) ponašanja u potrošnji prirodnog plina i karakteristikama korištenja raspoloživih kapaciteta plinskog sustava.

7. ZAKLJUČAK

Iz svih prethodnih razmatranja nužno je uočiti životnu važnost ustanovljavanja i provođenja odgovarajuće cjenovne i tarifne politike, iskazane kroz odgovarajući tarifni sustav i odnos cijena prema drugim umreženim i neumreženim energentima, za uređenje odnosa i funkcioniranje svakog segmenta energetskog sustava prirodnog plina, od njegove proizvodnje, nabave, transporta i skladištenja, do distribucije, isporuke i korištenja. To stanje nije posljedica samo neodgovarajućeg odnosa okruženja prema energetskom sustavu prirodnog plina, nego neodgovarajućih odnosa i nedovoljnih nastojanja unutar samog sustava. Sigurno je da će se to stanje s jačanjem tržišta i u uvjetima očekivanog ubrzanja procesa restrukturiranja energetskog sektora bez dvojbe morati vrlo brzo mijenjati. Zbog toga je rad na razvoju i uvođenju tarifnih sustava kojima bi se uredili odnosi u plinskom sustavu nužno započeti odmah. Time bi se izbjegle poteškoće i opasnosti rada u uvjetima nedostatka vremena i svih ostalih oblika pritiska.

Iako se u članku izlažu elementi iz kojih se jasno ocrtava tarifna struktura i tarifni odnosi koji mogu biti osnova za definiranje pozicija djelatnosti, bolje rečeno mogućih i opravdanih cjenovnih odnosa i tarifne strukture za glavne sektore potrošnje koje prirodni plin preuzimaju iz transportnog sustav, odnosno kategorija i grupa potrošnje koje plin preuzimaju iz distribucijske mreže, ipak treba imati na umu da se radi o rezultatima analiza koje su učinjene na autorima dostupnim podlogama. Za potpuniju sliku, dakle i temeljitije i sadržajnije analize nužne su puno preciznije i detaljnije podloge i podaci, te sudjelovanje stručnjaka iz svake od djelatnosti u svezi s prirodnim plinom.

Budući da je razvoj i uvođenje tržišnih odnosa u područje sektora energije osnovno gospodarsko opredjeljenje i nužnost u Republici Hrvatskoj, za očekivati da će se i problemu tarifnog sustava i tarifnih odnosa za prirodni plin posvećivati sve veća pažnja. Odgovoran odnos i pristup u svezi s problemom tarifnog sustava za prirodni plin i cjenovnih odnosa prirodnog plina prema ostalim energentima bio bi nastavak rada i rješenje problema prije nego se dođe do momenta kada će gospodarska pozicija prirodnog plina i kao energenta i kao gospodarskog sektora biti narušena. Efikasni tarifni sustavi za prirodni plin preduvjet su razvoju svake od djelatnosti u svezi s prirodnim plinom, a time i prateće industrije.

Odgovarajućom tarifnom politikom iskazanom i odgovarajućim tarifnim sustavom najlakše se postiže pravilna orijentacija potrošača, a zatim i energetski i opći društveni optimum u korištenju resursa u plinskom sektoru. Pravilna orijentacija potrošača uključuje i izbor energenta i raspored potrošnje i korištenje kapaciteta koji odgovaraju raspoloživim transportnim i distributivnim kapacitetima, ekonomičnom i racionalnom radu sustava uz što niže sveukupne troškove sustava, smanjenje gubitaka plina i zaštite okoliša. Istodobno ekonomskom razinom cijena i njihovom stabilnošću stvaraju se uvjeti za poduzetničke aktivnosti (ulaganja) u razvoj distributivnog sustava za prirodni plin. Konačno, razinom i strukturom tarifa postiže se ravnoteža prihoda i rashoda u radu i razvoju distributivne mreže i sustava sveukupno. Sve su to i zadaci i ciljevi tarifne politike i tarifnog sustava.

Na kraju treba istaći poblem raspoloživosti, dostupnosti i valjanosti odgovarajućih tehničkih, energetskih i ekonomskih podloga, podataka i informacija u svezi s radom plinskog sustava i svakog njegovog segmenta. Kao i više puta do sada nužno je istaći izuzetnu važnost i potrebu sustavnog prikupljanja i obrade odgovarajućih podataka i podloga, bez kojih nisu moguće odgovarajuće analize, a onda niti razvoj i uspostavljanje primjerene i efikasne tarifne strukture. Rad na tom prvom preduvjetu i prvom koraku doista je nužno i bitno započeti odmah. Započeti tek u trenutku otvaranja tržišta i pod prisilom uvođenja procedure regulacije plinskog tržišta značilo bi sigurno zakasniti.

LITERATURA

[1] J. TOPIĆ, S. JURIŠIĆ, D. TOMAŠIĆ: " Tarifni sustav za prodaju prirodnog plina u distribuciji s principima formiranja cijena plina za direktne industrijske potrošače, proizvodnju električne energije i sirovinsku potrošnju", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1993.

[2] M. KLEPO: "A Long-term Gas Demand Forecasting", Symposium on the Use of Computers for Gas Transmission and Distribution Systems, Budapest, October 1990.

[3] M. KLEPO, N. JANDRILOVIĆ, D. PEŠUT, Z. KOMERIČKI, Đ. DRAŠKOVIĆ, Lj. KRIVAK: "Tarifni sustav u toplinarstvu - Zagreb", I i II dio, :"Tarifni sustav u toplinarstvu - Osijek", I i II dio Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1996/97.

[4] UN – Economic Commission for Europe: Issues in Market-Based Natural Gas Pricing in Economies in Transition, 1997

[5] G. GRANIĆ, ...: "Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske – nacrt", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998.

[6] D. PEŠUT, S. MAVROVIĆ, ...: "Plincro - Program plinifikacije Hrvatske - prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1998.

[7] M. KLEPO, L. STANIČIĆ, T. RUKAVINA i ostali: "Tarifni odnosi i tarifni sustav za prirodni plin", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1999.

[8] K. E. TRAIN: The Economic Theory of Natural Monopoly, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London

[9] Energy Prices & Taxes, International Energy Agency, 1999

[10] M. KLEPO, L. STANIČIĆ: "Tarifni odnosi i tarifni sustav za prirodni plin", XV. Međunarodni znanstveno-stručni susret stručnjaka za plin, Opatija, 2000.

[11] M. KLEPO: "Tarifni odnosi i tarifni sustav distribucije i maloprodaje plina", XVI. Međunarodni znanstveno-stručni susret stručnjaka za plin, Opatija, 2001.

BASIC RELATIONS AND ASSUMPTIONS FOR NATURAL GAS TARIFF SYSTEM

The work analyses results of today's natural gas level and price structure in the Republic of Croatia, including a preliminary evaluation of elements and bases for the elaboration of the natural gas tariff system. The problem of price and tariff structure, i.e. tariff system for natural gas sale is approached following the principles applied for so-called network energy supply. Structure definition makes a distinction among the activities of gas production and procurement, transport and storage, and distribution and sale. This work examines those assumptions and principles of the natural gas tariff system structure and relations, which are connected to the economic position and development of transport gas network usage, i.e. distribution capacities and sale to main gas sectors and categories of gas consumption.

GRUNDVERHÄLTNISSE UND GRUNDSÄTZE FÜR DIE PREISSATZORDNUG DES ERDGASES

Es werden Ergebnisse der Bewertung der Höhe und Gliederung von vorliegenden Preisen für Erdgas in der Republik Kroatien dargestellt, sowie Einschätzungen von Grundbegriffen und Unterlagen für die Erstellung der Preissatzordnung des Erdgases angegeben. Der zu lösenden Aufgabe der Beschaffenheit von Preisen und Preisstufen, sowie des Preissatzes wird nach den für das sogenannte System vernetzter Energieträger geltenden Grundsätzen herangetreten. Bei der Erstellung der Preissatzordnung unterscheidet man die Tätigkeiten von der Erzeugung und Anschaffung des Gases und seiner Beförderung und Lagerung bis zur Verteilung und dem Kleinhandel. Hier werden jene Ausgangspunkte und Grundsätze der Beschaffenheit und der Verhältnisse der Preissatzordnung dargestellt und überprüft, welche an die wirtschaftliche Stellung und Nutzung des Gasbeförderungsnetzes, bzw. Verteilungsmöglichkeiten sammt Kleinverkauf für Hauptgebiete und Gruppen des Gasverbrauches gebunden sind.

Naslov pisca:

Dr. sc. Mićo Klepo, dipl. ing.
Voditelj Odjela za gospodarenje i organizaciju u energetici
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska cesta 163, Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-09-20.

ANALIZA ENERGETSKOG SEKTORA SA STAJALIŠTA EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

Željko J u r i ć – mr. sc. Goran S l i p a c, Zagreb

UDK 621.31.001
PREGLEDNI ČLANAK

U članku se daje pregled emisija stakleničkih plinova iz energetike, doprinos tih emisija ukupnim emisijama na području Republike Hrvatske te usporedba s odgovarajućim emisijama drugih europskih zemalja.

Analiziran je razvoj energetskog sektora sa stajališta emisije stakleničkih plinova. Polazište za analizu je *business-as-usual* scenarij razvoja energetike, određen Nacrtom strategije energetskog razvitka Republike Hrvatske. U radu su razmatrane mogućnosti smanjenja emisije stakleničkih plinova u odnosu na *business-as-usual* scenarij. Analizirane su mjere u sektorima energetske potrošnje (industrija, promet, kućanstva i usluge) i elektroenergetici, pri čemu su određeni potencijali smanjenja emisije i marginalni troškovi promatranih mjera.

Na kraju su prikazane i očekivane projekcije emisija stakleničkih plinova iz energetskog sektora, koje ukazuju na velike teškoće pri ispunjavanju obveze iz Kyoto protokola.

Ključne riječi: emisija, staklenički plin, energetika, mjere za smanjenje emisije.

1. UVOD

U travnju 2001. godine je završena radna verzija Prvog nacionalnog izvješća Konvenciji o promjeni klime [1] u okviru kojeg je određena emisija stakleničkih plinova, analizirane moguće mjere za smanjenje emisija te procijenjen očekivani utjecaj i mogućnost prilagodbe ekosustava na klimatske promjene. Izrada Izvješća je obveza Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC).

Republika Hrvatska je ratificirala Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) i time se obvezala zadržati emisiju stakleničkih plinova ispod razine emisije iz 1990. godine, dok se za sada neratificiranim Kyoto protokolom za Hrvatsku predviđa 5 postotno smanjenje emisije stakleničkih plinova. Kyoto obveza se odnosi na prosjek emisije stakleničkih plinova za godine 2008. do 2012. i godine nakon 2012., u odnosu na baznu 1990. godinu.

U ovom radu je analizirana emisija stakleničkih plinova, potencijal i troškovi mjera za smanjenje emisije te očekivane projekcije emisija iz energetskog sektora, određeni u okviru Prvog nacionalnog izvješća.

Prikazane su emisije stakleničkih plinova za razdoblje od 1990. do 1995. godine, istaknut je udio u ukupnim emisijama na području Republike Hrvatske te je emisija uspoređena s odgovarajućom emisijom drugih zemalja Aneksa I[1].

[1] Aneks I zemlje su zemlje potpisnice Kyoto protokola i za njih je određen postotak smanjenja/povećanja emisije stakleničkih plinova u odnosu na baznu godinu

Analiziran je mogući razvoj energetskog sektora sa stajališta emisije stakleničkih plinova. Polazište za analizu je *business-as-usual* scenarij razvoja energetike, određen Nacrtom strategije razvoja energetike Republike Hrvatske. Razmatrane su moguće mjere za smanjenje emisije stakleničkih plinova u odnosu na emisiju prema *business-as-usual* scenarij razvoja energetike. Analizirane su mjere u sektorima energetske potrošnje (industrija, promet, usluge i kućanstva) i elektroenergetici, a zasnivaju se na većoj uporabi obnovljivih izvora energije i efikasnijem korištenju energije fosilnih goriva.

U cilju ispunjavanja preuzetih i očekivanih međunarodnih obveza, određene su i projekcije emisija, za *business-as-usual* scenarij, ali i za scenarij s primjenom analiziranih mjera. Projekcije ukazuju na teškoće u ispunjavanju potencijalnih Kyoto obveza, posebice ukoliko se u kvotu bazne 1990. godine ne zbroje emisije iz termoelektrana u Bosni i Hercegovini te Srbiji, koje su u 1990. godini radile za potrebe hrvatskog elektroenergetskog sustava.

2. EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

Emisija stakleničkih plinova iz energetike je određena u skladu s IPCC metodologijom propisanom od strane Konvencije (UNFCCC), pri čemu se pod energetikom podrazumijeva izgaranje goriva u stacionarnim i mobilnim izvorima te fugitivna emisija iz goriva [2].

Emisija najvažnijeg stakleničkih plinova CO_2 je uglavnom posljedica izgaranja fosilnih goriva, te je IPCC

metodologijom predviđen detaljniji proračun. Metodologijom su razrađena dva pristupa: Referentni i Sektorski. Referentni pristup je temeljen na podacima o proizvodnji, uvozu i izvozu fosilnih goriva te podacima o saldu skladišta i gorivu potrebnom za međunarodni zračni i vodeni promet. Sektorski pristup, znatno detaljniji, se temelji na potrošnji fosilnih goriva u različitim sektorima energetske potrošnje (industrija, promet, kućanstva, usluge i dr.), termoenergetskim objektima (termoelektrane i toplane) i postrojenjima za pretvorbu energije (npr. rafinerije). Podaci o količinama utrošenog goriva preuzeti su iz nacionalne energetske bilance [3]. Provjerom podudaranja rezultata oba pristupa ujedno je ostvarena i kontrola proračuna.

Do emisije CO_2 dolazi i izgaranjem biomase i drugog biogoriva. Međutim, po preporukama IPCC metodologije proračuna, ta emisija ne ulazi u ukupnu nacionalnu emisiju jer se radi o obnovljivom izvoru energije.

Doprinos ostalih stakleničkih plinova (CH_4 i N_2O) ukupnoj emisiji stakleničkih plinova uslijed izgaranja goriva je gotovo zanemariv (oko 1 posto), te je za njih primijenjena jednostavnija metoda proračuna. Osnova proračuna je potrošeno gorivo u različitim energetskim sektorima, grupirana prema agregatnom stanju na osnovna fosilna goriva: ugljen, prirodni plin i loživo ulje, te biogorivo.

Osim emisije uslijed izgaranja fosilnih goriva u energetskom sektoru se izračunava i fugitivna emisija goriva, odnosno emisija koja nastaje pri proizvodnji, transportu, preradi, skladištenju i distribuciji fosilnih goriva. Pri takvim aktivnostima dolazi do emisije prvenstveno CH_4, a u manjim iznosima i emisija NMVOC, CO, NO_x i SO_2. Fugitivna emisija metana iz ugljena te nafte i plina određena je, uz konsultacije sa stručnjacima iz INE, uporabom prosječnih faktora emisije predloženih u "Revised 1996 IPCC Guidelines for National GHG Inventories" [4]. Podaci o iskopu ugljena, odnosno proizvodnji, pretovaru, transportu, preradi, skladištenju i potrošnji nafte i plina su preuzeti iz nacionalne energetske bilance.

Ukupne emisije stakleničkih plinova iz energetike, svedena na ekvivalentnu emisiju CO_2, za razdoblje od 1990. do 1995. godine su prikazane u tablici 1.

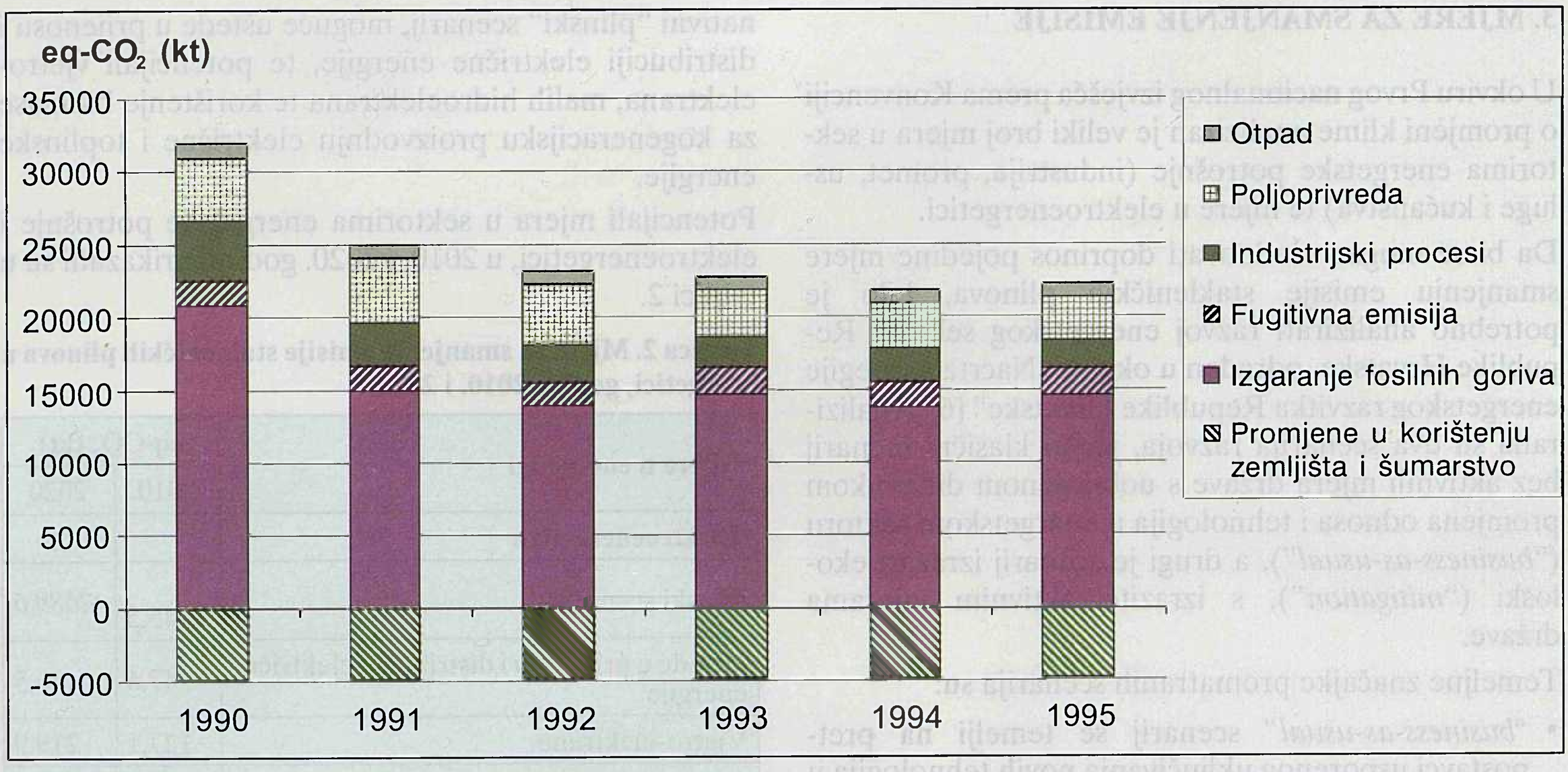
Emisija koja je nastala kao posljedica izgaranja goriva za potrebe međunarodnog zračnog i vodenog prijevoza se prikazuje izdvojeno i nije uključena u ukupnu nacionalnu emisiju.

Energetika je glavni uzročnik antropogene emisije stakleničkih plinova s doprinosom od oko 70 posto (slika 1), a od toga se oko 90 posto odnosi na emisiju uslijed izgaranja fosilnih goriva. Promatrajući samo udjel u ukupnoj emisiji CO_2, energetika sudjeluje s oko 90 posto.

Ukoliko se usporede emisije CO_2 uslijed izgaranja fosilnih goriva po stanovniku u Hrvatskoj u 1990. i 1995.

Tablica 1. Emisije stakleničkih plinova iz energetike, godine 1990. – 1995.

eq-CO_2 (kt)			1990.	1991.	1992.	1993.	1994.	1995.
Izgaranje u termoenergetskim objektima i postrojenjima za pretvorbu energije			5914	3859	4528	5199	3935	4473
Izgaranje u industriji			6577	4756	3748	3676	3832	3634
Promet	Domaći zračni		298	82	32	65	65	89
	Cestovni		3505	2600	2503	2679	2897	3064
	Željeznički		138	147	97	101	95	107
	Domaći vodeni		134	108	167	122	88	99
Ostali sektori	Usluge		791	549	395	491	555	604
	Kućanstva		2178	1855	1559	1444	1463	1689
	Poljoprivreda / šumarstvo / ribolov	Stacionarni	99	125	111	78	55	58
		Mobilni	744	606	529	562	591	525
Ostali izvori (neraspoređeno)			439	246	189	194	199	193
Fugitivna emisija	Ugljen		49	102	34	32	29	23
	Tekuće gorivo i prirodni plin		1602	1540	1574	1881	1692	1795
Ukupno			**22468**	**16575**	**15468**	**16526**	**15494**	**16353**
Memo: Međunarodni vodeni promet			109	72	81	115	139	102
Memo: Međunarodni zračni promet			204	17	47	132	201	177



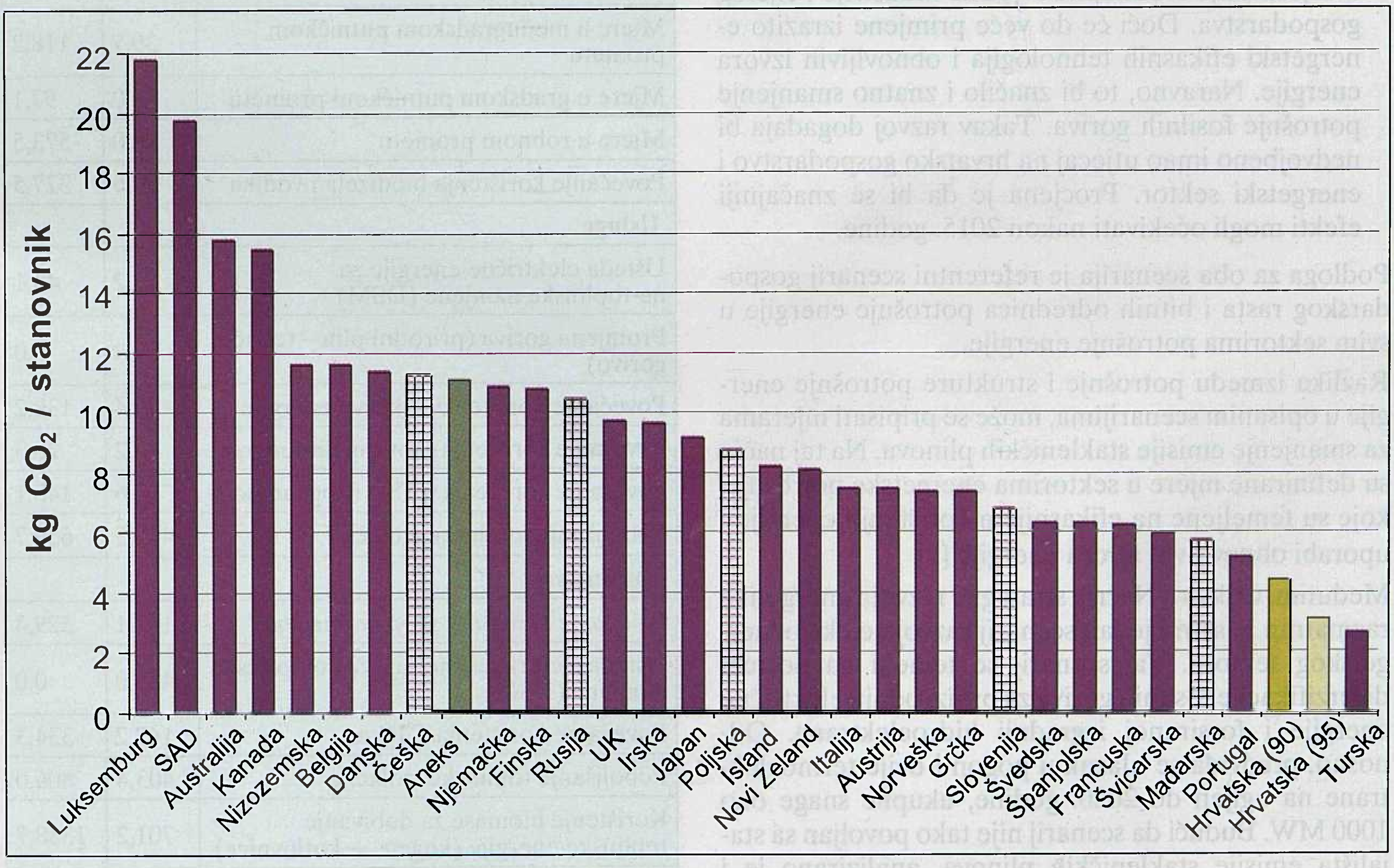
Slika 1. Udio energetike u ukupnim emisijama stakleničkih plinova, godine 1990. – 1995.

godini s odgovarajućim emisijama zemalja Aneksa I u 1995. godini [5], jasno je vidljivo da su "naše" emisije izuzetno male (slika 2).

Nekoliko je bitnih razloga za relativno male emisije iz energetskog sektora, a to su:

- veliki udjel proizvodnje električne energije bez direktne emisije stakleničkih plinova (hidroelektrane i NE Krško),
- znatan uvoz električne energije,
- veliki udjel prirodnog plina, a mali ugljena u energetskoj potrošnji,
- mali broj energetski intenzivnih industrijskih objekata i
- mala energetska potrošnje po stanovniku.

Zbog svega toga, potencijal smanjenja emisije stakleničkih plinova nije tako velik.



Slika 2. Usporedba specifičnih emisija CO_2 uslijed izgaranja fosilnih goriva po stanovniku

3. MJERE ZA SMANJENJE EMISIJE

U okviru Prvog nacionalnog izvješća prema Konvenciji o promjeni klime analiziran je veliki broj mjera u sektorima energetske potrošnje (industrija, promet, usluge i kućanstva) te mjere u elektroenergetici.

Da bi se mogao vrednovati doprinos pojedine mjere smanjenju emisije stakleničkih plinova, bilo je potrebno analizirati razvoj energetskog sektora Republike Hrvatske, određen u okviru "Nacrta strategije energetskog razvitka Republike Hrvatske" [6]. Analizirana su dva scenarija razvoja, jedan klasični scenarij bez aktivnih mjera države s uobičajenom dinamikom promjena odnosa i tehnologija u energetskom sektoru ("*business-as-usual*"), a drugi je scenarij izrazito ekološki ("*mitigation*"), s izrazito aktivnim mjerama države.

Temeljne značajke promatranih scenarija su:

- *"business-as-usual"* scenarij se temelji na pretpostavci usporenog uključivanja novih tehnologija u energetski sustav te nedostatnoj aktivnosti države u reformi i restrukturiranju energetskog sektora. To znači manju skrb države za institucionalnu i organizacijsku reformu, izostanak potpore energetskoj efikasnosti i obnovljivim izvorima energije i zaštiti okoliša.
- *"mitigation"* scenarij polazi od pretpostavke da će globalni problem antropogene emisije stakleničkih plinova i koncept održivog razvitka na svjetskoj razini, već do 2020. godine, osjetno djelovati na preusmjeravanje sveukupne svjetske industrije i cijelog gospodarstva. Doći će do veće primjene izrazito energetski efikasnih tehnologija i obnovljivih izvora energije. Naravno, to bi značilo i znatno smanjenje potrošnje fosilnih goriva. Takav razvoj događaja bi nedvojbeno imao utjecaj na hrvatsko gospodarstvo i energetski sektor. Procjena je da bi se značajniji efekti mogli očekivati nakon 2015. godine.

Podloga za oba scenarija je referentni scenarij gospodarskog rasta i bitnih odrednica potrošnje energije u svim sektorima potrošnje energije.

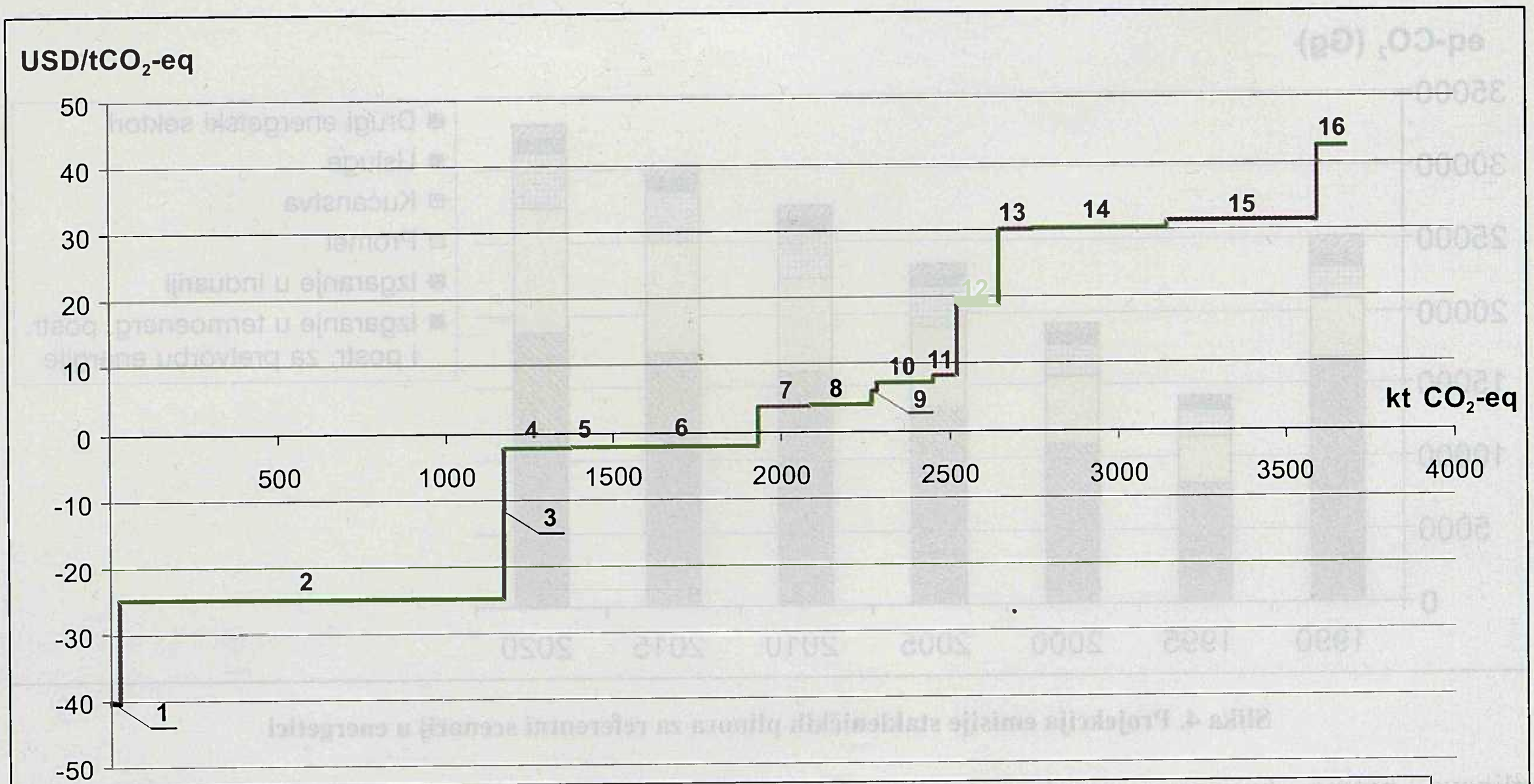
Razlika između potrošnje i strukture potrošnje energije u opisanim scenarijima, može se pripisati mjerama za smanjenje emisije stakleničkih plinova. Na taj način su definirane mjere u sektorima energetske potrošnje, koje su temeljene na efikasnijem korištenju energije i uporabi obnovljivih izvora energije [7].

Međutim, u okviru Nacrta strategije razvoja energetike razmatran je samo jedan scenarij razvoja elektroenergetskog sektora. Taj scenarij se temelji na potrebi diverzifikacije fosilnih goriva za proizvodnju električne energije i forsiranoj izgradnji hidroelektrana. Odnosno, predviđa se ulazak u pogon i dvije termoelektrane na ugljen do 2020. godine, ukupne snage oko 1000 MW. Budući da scenarij nije tako povoljan sa stajališta emisije stakleničkih plinova, analizirano je i nekoliko dodatnih mjera u elektroenergetici [8] – alternativni "plinski" scenarij, moguće uštede u prijenosu i distribuciji električne energije, te potencijali vjetroelektrana, malih hidroelektrana te korištenje biomase za kogeneracijsku proizvodnju električne i toplinske energije.

Potencijali mjera u sektorima energetske potrošnje i elektroenergetici, u 2010. i 2020. godini, prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Mjere za smanjenje emisije stakleničkih plinova u energetici, godine 2010. i 2020.

Mjere u energetici	eq-CO_2 (kt)	
	2010	2020
Elektroenergetika		
Plinski scenarij	1145,5	*2689,6*
Uštede u prijenosu i distribuciji električne energije	47,6	56,5
Vjetro-elektrane	127,1	219,9
Male hidroelektrane	117,9	102,0
Korištenje biomase u kogeneraciji (proizvodnja električne energije)	252,8	433,1
Industrija		
Regulacija motornih pogona	187,2	310,7
Doprinos kogeneracijskih postrojenja	164,0	551,5
Efikasnija proizvodnja nisko-temp. topline	98,3	81,9
Efikasnija proizvodnja visoko-temp. topline	87,9	*76,4*
Promet		
Mjere u međugradskom putničkom prometu	39,7	118,2
Mjere u gradskom putničkom prometu	0,0	97,1
Mjere u robnom prometu	0,0	573,5
Povećanje korištenja biodizela i vodika	99,6	327,5
Usluge		
Ušteda električne energije za ne-toplinske namjene (DSM)	*25,2*	43,1
Promjena goriva (prirodni plin – tekuće gorivo)	2,4	0,0
Povećanje korištenja sunčeve energije	79,4	138,2
Povećanje korištenja geotermalne energije	17,2	28,3
Povećanje korištenja CTS-a i kogeneracija	70,6	148,1
Poboljšanje toplinske izolacije	443,5	639,7
Kućanstva		
Povećanje korištenja sunčeve energije	197,1	529,4
Ušteda električne energije za netoplinske namjene (DSM)	484,0	0,0
Povećanje korištenja CTS-a	147,2	334,3
Poboljšanje toplinske izolacije	403,4	806,0
Korištenje biomase za dobivanje toplinske energije (kogen. + kotlovnice)	701,2	1358,7
Ukupni potencijal	**4938,8**	**9663,7**



Slika 3. Krivulja graničnih troškova mjera za smanjenje emisije u energetici

Najveća je nesigurnost vezana za potencijal korištenja biomase. S obzirom da se radi o znatnom potencijalu, prioritetno je utvrditi stvarne mogućnosti korištenja biomase, u sektoru proizvodnje električne energije i svim sektorima neposredne potrošnje energije.

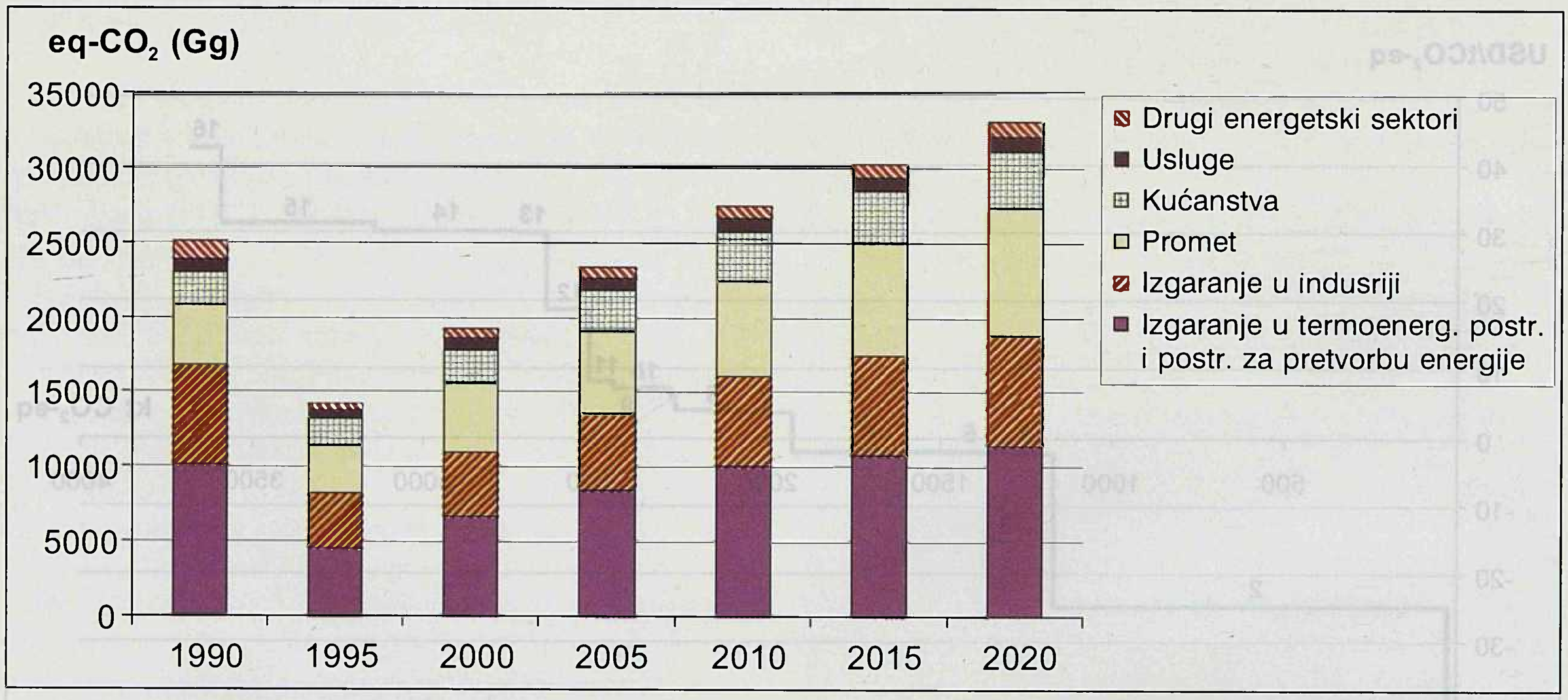
Krivulja marginalnih troškova mjera za smanjenje emisije u energetici prikazana je na slici 3. Marginalni troškovi izračunavaju se kao razlika ekvivalentnih godišnjih troškova referentnog rješenja (ili scenarija) u odnosu na mitigation rješenje (ili scenarij). Primjerice, marginalni trošak primjene vjetro-elektrana predstavlja razliku između godišnjih troškova proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana i proizvodnje električne energije iz parka termoelektrana u referentnom scenariju. U proračunima je korištena diskontna stopa od 8 posto, a proračun je temeljen na metodologiji iz literature "Economics of Greenhouse Gas Limitations" [9].

Za analiziranu 2010. godinu, najekonomičnijim se pokazala primjena štednih žarulja u uslužnom sektoru (-42,2 USD/t), ali je potencijal smanjenja emisije prilično mali (25 kt CO_2). Primjena DSM mjera u kućanstvima podrazumijeva uz uporabu štednih žarulja i efikasnije hladnjake i zamrzivače i ima nešto nepovoljnije marginalne troškove (-3,8 USD/t) ali veći potencijal (484 kt CO_2). Veoma povoljna opcija sa stajališta potencijala smanjenja emisije CO_2 i ukupnih troškova je "plinski" scenarij razvoja elektroenergetskog sustava. Na taj način bi emisija bila manja za oko 4 posto (1146 kt CO_2) u odnosu na *business-as-usual* scenarij, dok bi troškovi primjene mjere bili negativni (-24,6 USD/t). Znatan potencijal i negativne troškove ima još jedino primjena sunčeve energije u kućanstvima i uslugama.

Prikazani potencijali za smanjenje emisije stakleničkih plinova i marginalni troškovi pojedinih mjera su po prvi put određeni u okviru Prvog nacionalnog izvješća prema UNFCCC-u. Dobiveni rezultati su zadovoljavajući za analize na razini cijelog energetskog sektora, međutim prije primjene pojedinih mjera bit će potrebna detaljnija razmatranja, naročito za određivanje troškova te mehanizama provedbe mjera.

4. PROJEKCIJA EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

Za scenarij razvoja energetskog sektora - *business-as-usual* procijenjena je buduća neposredna energetska potrošnja te potrošnja energenata u elektroenergetskom sektoru [1]. Projekcije potrošnje fosilnih oblika energije, uz primjenu odgovarajućih faktora emisije preporučenih IPCC metodologijom, omogućile su određivanje projekcije emisije stakleničkih plinova. Na slici 4 se može uočiti značajan rast emisije stakleničkih



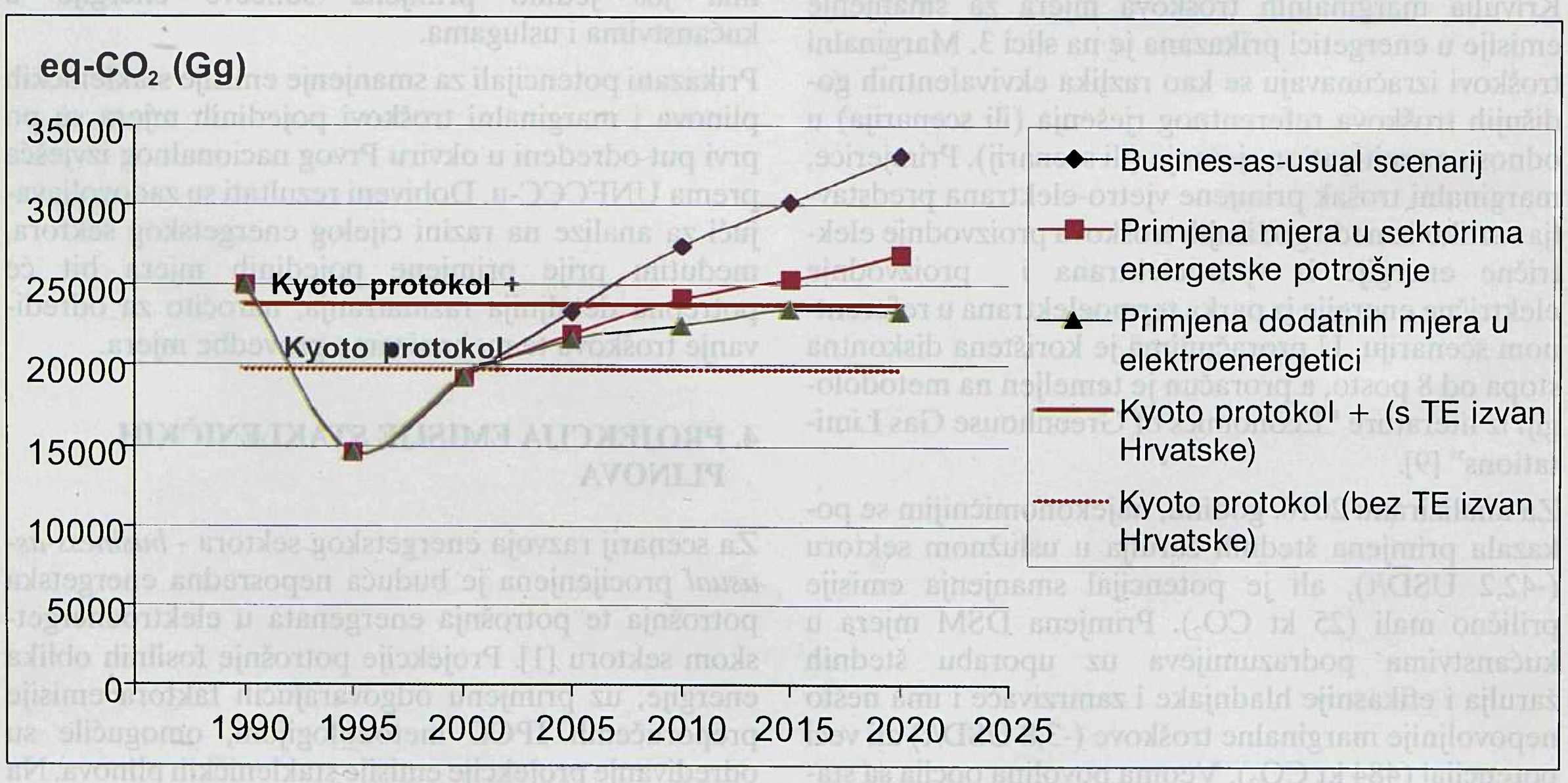
Slika 4. Projekcija emisije stakleničkih plinova za referentni scenarij u energetici

plinova prema *business-as-usual* scenariju. Najznačajniji porast se očekuje u elektroenergetskom sektoru, kao posljedica ulaska dvije termoelektrane na ugljen, te u prometu zbog trenda povećanja broja i mobilnosti motornih vozila.

Potrebno je napomenuti da za sada nisu određene projekcije fugitivnih emisija metana, niti su analizirane mjere za smanjenje tih emisija. Očekuje se da će više pouzdanih podataka o fugitivnim emisijama biti na raspolaganju za izradu Drugog nacionalnog izvješća, što bi podiglo razinu proračuna emisije i omogućilo određivanje mjera i izradu projekcija.

Primjenom razmatranih energetskih mjera bitno se ublažava očekivani porast emisije stakleničkih plinova, što je prikazano na slici 5. Na slici je ucrtana i Kyoto obveza, sa i bez emisija iz termoelektrana izvan Hrvatske, koje su u baznoj 1990. godini radile za potrebe hrvatskog elektroenergetskog sustava. Obveze iz Kyoto protokola se odnose na ukupnu nacionalnu emisiju, dok je ovdje pretpostavljen isti cilj samo za energetski sektor.

Procjena mogućeg smanjenja emisije je prilično optimistična te se može ostvariti uz idealno okruženje poticajnih faktora, očekivani socio-gospodarski razvoj Hrvatske i značajnu međunarodnu potporu. Iz slike 5 se vidi da se uz primjenu svih analiziranih mjera može ispuniti obveza iz Kyoto protokola ako bi se u kvotu temeljne 1990. godine uključile emisije iz termoelektrana izvan Hrvatske (4,3 mil. tona CO_2). U protivnom, prema sadašnjim analizama, Kyoto obvezu nije moguće ispuniti.



Slika 5. Projekcija emisije stakleničkih plinova iz energetike

5. ZAKLJUČAK

U radu su prikazane emisije, mjere za smanjenje emisije i projekcije emisija stakleničkih plinova iz sektora energetike. Izradom očekivanih projekcija, sa i bez mjera za smanjenje emisije, uočavaju se moguće poteškoće u ispunjenju obveza iz Kyoto protokola.

Usporedbom emisije CO_2 uslijed izgaranja goriva u Hrvatskoj s odgovarajućim emisijama drugih Aneksa I zemalja, jasno je da je emisija u Hrvatskoj izuzetno mala. Nekoliko je bitnih razloga za tako malu emisiju, a to su: veliki udjel proizvodnje električne energije bez direktne emisije stakleničkih plinova (hidroelektrane i NE Krško), znatni uvoz električne energije, veliki udjel prirodnog plina, a mali ugljena u energetskoj potrošnji, mali broj energetski intenzivnih industrijskih objekata i mala energetska potrošnja po stanovniku. Obvezama iz Kyoto protokola potrebno je tu relativno malu emisiju još dodatno smanjiti za 5 posto.

Uz očekivani gospodarski razvoj i očekivanu energetsku potrošnju fosilnih goriva, Hrvatska će već za nekoliko godina imati emisije stakleničkih plinova na razini emisije iz bazne 1990. godine. Drugim riječima, ukoliko stupe na snagu obveze iz Kyoto protokola, nakon ratifikacije u Saboru Republike Hrvatske te ratifikacije u dovoljnom broju zemalja članica Konvencije (55 zemalja koje imaju najmanje 55 posto svjetske emisije stakleničkih plinova), zahtijevat će se od Hrvatske ispunjenje obveze ili će vjerojatno Hrvatska snosit ekonomske posljedice za svoje prekoračenje limita. Budući da se radi o velikim novcima, 70 do 80 milijuna USD godišnje ukoliko emisija bude prema *business-as-usual* scenariju i uz pretpostavljenu cijenu od 10 USD po toni potrebnog smanjenja emisije CO_2 (moguće su i znatno veće cijene - do 50 USD/t), nužno je iskorištenje što većeg potencijala mjera za smanjenje emisije. To u energetici znači što veće korištenje obnovljivih izvora energije i povećanje efikasnosti korištenja energije fosilnih goriva. Međutim, veća uporaba obnovljivih izvora je teško ostvariva bez Vladinih poticajnih mjere, koje bi obnovljive izvore učinile ekonomski konkurentnim. S druge strane, treba učiniti sve kako bi se Hrvatskoj priznalo pravo na spornu emisiju iz termoelektrana izvan Hrvatske. U svakom slučaju potrebno je vrlo detaljno razmotriti ratifikaciju Kyoto protokola.

LITERATURA

[1] V. JELAVIĆ i drugi (2001.): "Prvo nacionalno izvješće Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime", Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb

[2] H. SUČIĆ, Ž. JURIĆ, D. VEŠLIGAJ, S. FIJAN-PARLOV, i drugi (2000.): "Inventory of Croatian GHG Emissions and Sinks", UNDP/GEF – CRO/98/G31, Zagreb

[3] B. VUK (1991.-1996.): "Nacionalne energetske bilance za razdoblje od 1990. do 1995. godine", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb

[4] IPCC/OECD/IEA (1997): *Greenhouse Gas Inventory, Volume 2 & 3*, Revised 1996 IPCC Guidelines for National GHG Inventories, United Kingdom

[5] IEA Statistics (1998.): *CO_2 Emission from Fuel Combustion*, 1971-1996, France

[6] G. GRANIĆ, B. JELAVIĆ, D. PEŠUT, M. ZELJKO, V. JELAVIĆ, i drugi (2000.): "Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske" - *Nacrt*, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb

[7] D. PEŠUT, G. SLIPAC, Ž. JURIĆ (2001.): "Mjere za smanjenje emisije stakleničkih plinova u energetici", UNDP/GEF – CRO/98/G31, Zagreb

[8] V. JELAVIĆ, Ž. JURIĆ, V. DELIJA-RUŽIĆ i drugi (2001.): "Analiza mogućih mjera za smanjenje emisije stakleničkih plinova Hrvatske elektroprivrede", studija u završnoj fazi izrade, EKONERG, Zagreb

[9] UNEP Collaborating Centre on Energy and Environmental (1999): *Economics of Greenhouse Gas Limitations,* Risø National Laboratory, Denmark

ENERGY SECTOR ANALYSIS FROM THE POINT OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

In the paper a review of greenhouse gas emissions from the energy sector is given, i.e. their share in the entire emissions at the territory of the Republic of Croatia as well as the comparison with such emissions in other European countries. Energy sector development is analysed from the point of greenhouse gas emissions, beginning with business-as-usual scenario for Croatia. Emission decrease possibilities related to business-as-usual scenario are worked out. Analysed are measures in different sectors of energy consumption (industry, transport, households, services) and electric energy supply, whereby a certain potential of emission reduction is determined together with marginal costs of the measures observed. Finally, expected greenhouse gas emissions from the energy sector are forecast, which point to major problems in meeting the Kyoto obligations.

EINE ÜBERPRÜFUNG DES ENERGETISCHEN SACHGEBIETES VOM STANDPUNKT DER LUFTVERUNREINIGUNG DURCH GLASHAUSGASE

Im Artikel wird die Übersicht der Luftverunreinigung durch die aus der Energetik in Kroatien stammende Glashausgase, sowie der Vergleich mit entsprechenden Erscheinungen in anderen europäischen Ländern gegeben. Überprüft wurde die Entwicklung des energetischen Sachgebietes vom Standpunkt der Luftverunreinigung durch Glashausgase. Ausgangspunkt für diese Überprüfung war die bestehende Wirtschaftslage ("bussines as usual") der Republik Kroatien. Überlegt im Artikel sind die Möglichkeiten des Rückgangs der Luftverunreinigung durch Glashausgase im Bezug auf möglicherweise eintretende Ereignisse innerhalb bestehender Wirtschaftslage ("bussines as usual"). In Betracht gezogen sind Massnahmen in Sachgebieten des Energieverbrauches (Industrie, Verkehr, Haushalte,

Dienstleistungen) und im Stromverbrauch, wobei Aussichten der Minderung von Verunreinigungen, und die für betrachtete Massnahmen am Rande liegenden Unkosten, bestimmt wurden. Zum Schluss wurden noch die Vorstellungen über das zu erwartetende Ausströmen in die Außenluft luftverunreinigender Stoffe aus dem energetischen Sachgebiete abgehandelt. Diese deuten auf grosse Schwierigkeiten bei der Erfüllung von Verpflichtungen aus dem Kyoto Protokol hin.

Naslov pisaca:

Željko Jurić, dipl. ing.
EKONERG – Institut za energetiku i zaštitu okoliša
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

mr. sc. Goran Slipac, dipl. ing.
HEP – Sektor za razvoj
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-07-02

ENERGETSKI I EKONOMSKI ASPEKTI PROIZVODNJE BIODIZELSKOG GORIVA U HRVATSKOJ

Mr. sc. Julije D o m a c – dr. sc. Branka J e l a v i ć – prof. dr. sc. Tajana K r i č k a, Zagreb

UDK 620.95
PREGLEDNI ČLANAK

Biodizel je motorno gorivo koje se dobiva iz repičnog ulja ili drugih biljnih ulja, a ima svojstva jednaka onima koja ima klasični dizel dobiven iz mineralnih ulja pa se koristi kao zamjena mineralnog dizela ili u određenoj smjesi s njim. Podršku za proizvodnju biodizelskog goriva u Hrvatskoj dala je Vlada Republike Hrvatske, pokretanjem projekta BIODIZEL u sklopu Nacionalnog energetskog programa BIOEN, krajem prošle godine. Pri ekonomskoj analizi proizvodnje biodizelskog goriva u Hrvatskoj potrebno je u obzir uzeti sve osnovne dijelove lanca koji čine proizvodnja uljene repice, prerada repice u sirovo ulje, proizvodnja metilnog estera repičinog ulja te dodavanje estera u određenom postotku u smjese sa mineralnim dizelima. U radu su se analizirala tri osnovna organizacijsko-gospodarska modela proizvodnje i korištenja biodizelskog goriva u Hrvatskoj, a analiza cijene proizvodnje biodizela i isplativosti proizvodnog lanca provedena je za sva tri opisana modela korištenjem tabličnog modela koji je za ovu svrhu konstruiran. Pokazano je da u svakom promatranom modelu postoji potreba za određenim vidom novčanih poticaja, da se potrebni poticaji smanjuju, odnosno proizvodnja postaje isplativija ako se dijelovi proizvodnog lanca međusobno integriraju te da je, budući da potreba za poticajima ovisi o kapacitetu proizvodnje u ukupnom lancu, potrebno donijeti jasnu strategiju i dinamiku poticanja i proizvodnje biodizelskog goriva.

Ključne riječi: biodizel, energija, gorivo, ekonomska analiza.

1. UVOD

Biodizel je motorno gorivo, koje se dobiva iz repičinog ulja ili drugih biljnih ulja esterifikacijom s metanolom. Pritom nastaje gorivo koje ima svojstva jednaka onima klasičnog dizela iz mineralnog ulja. Može se koristiti u potpunosti kao zamjena za mineralni dizel, ili kao smjesa s njim, a današnji sve zahtjevniji ekološki standardi kao i obveze smanjivanja emisije stakleničkih plinova daju snažan poticaj njegovom korištenju. Proizvodnja biodizela široko je rasprostranjena u većini europskih država i odavno prepoznata kao učinkovito rješenje međusobno isprepletenih pitanja i problema u poljoprivredi, energetici, zaštiti okoliša te socijalnoj politici.

Projekt BIODIZEL – uvođenje proizvodnje biodizelskog goriva u Republiku Hrvatsku, pokrenut je 30. studenoga 2000. godine odlukom Vlade Republike Hrvatske kao dio Nacionalnog energetskog programa BIOEN. S obzirom na složenost i multidisciplinarnost problema, za izradu studije izvodljivosti uvođenja biodizelskog goriva u Hrvatsku, što je predstavljalo prvu fazu provedbe projekta, radna skupina je proširena s većim brojem stručnjaka različitih struka. Studija sadržava sve bitne odrednice i osobitosti proizvodnog lanca biodizelskog goriva za Hrvatsku, te donosi smjernice budućih aktivnosti potrebnih za uspješnu provedbu projekta. Pri izradi studije autori su smatrali da je u Hrvatskoj potrebno stvoriti sve preduvjete za uspješno uvođenje biodizelskog goriva, uvažavajući suvremena kretanja na ovom području, ali i iskustva i pogreške zemalja koje su već s uspjehom provele ovakve projekte. Stoga se u studiji predlaže i razrađuje koncepcija koja se, po ocjeni autora, u većini europskih zemalja pokazala kao najuspješnija, a to je korištenje biodizela (100% i 30% bio-komponente) u ciljanim kategorijama vozila te dodavanje bio-komponente u Eurodizel u iznosu do 5% [1].

Kao osnovni razlozi za pokretanje projekta BIODIZEL mogu se izdvojiti:

- Nadomještavanje dijela fosilnih goriva koja se uvoze obnovljivim gorivom, te veća sigurnost opskrbe energijom diverzifikacijom energetskih izvora i dobavljača;
- Uvođenje "treće kulture" (osim pšenice i kukuruza), kojom bi se osigurao dodatni i sigurniji prihod poljoprivrednim proizvođačima u Hrvatskoj, omogućilo bolje iskorištavanje mehanizacije, te povećala rentabilnost poljoprivredne proizvodnje;
- Otvaranje novih radnih mjesta i zadržavanje stranih sredstava plaćanja u zemlji;
- Makroekonomski (izvozno) je za Hrvatsku proizvodnja uljane repice puno povoljnija od pšenice (pogotovo nakon ulaska u WTO), a prisutne su i objektivne klimatske i pedološke prednosti za tu proizvodnju;
- Korištenje zapuštenih obradivih poljoprivrednih površina;

- Smanjenje emisije stakleničkih plinova prihvaćeno potpisivanjem sporazuma iz Kyota (biodizel je "CO_2-neutralno" gorivo);
- Smanjenje onečišćenja zraka uslijed boljeg izgaranja goriva u motoru, a time pozitivan utjecaj na okoliš, kvalitetu života stanovništva te na javno zdravlje;
- Smanjenje rizika onečišćenja voda korištenjem biološki razgradivog energenta.

Po prvi put je Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu prezentirao biodizelsko gorivo još na 8. Međunarodnom savjetovanju tehnologa sušenja i skladištenja održanom 26. ožujka 1992. godine u Stubičkim Toplicama. Iduće godine u prosincu Agronomski fakultet organizira zajedno s Ministarstvom poljoprivrede i šumarstva seminar o proizvodnji biodizelskog goriva, a na 10. Međunarodnom savjetovanju tehnologa sušenja i skladištenja, prezentirana je proizvodnja biodizelskog goriva od strane Vlade Republike Austrije, te domaćih i stranih stručnjaka. Kroz sortne pokuse, postavljene na pokušalištu Agronomskog fakulteta u razdoblju od 1987. do 1994. godine, intenzivno se ispituju i introduciraju novi "00" – kultivari, kao i njihova fizikalna i skladišna svojstva.

Pod utjecajem suvremenih kretanja u razvijenim zemljama Europe, ali i rada u sklopu Nacionalnog energetskog programa BIOEN, čiji su prvi rezultati objavljeni 1998. godine, u budućnosti se očekuje povećana proizvodnja energije iz biomase u Hrvatskoj. U nacrtu energetske strategije Republike Hrvatske, objavljenom u srpnju 1998. godine, razmatrana su tri moguća scenarija razvitka, a polazi se od današnjih tehnologija i sadašnjih mogućnosti te sporog uvođenja novih tehnologija (S-421) preko uvođenja novih tehnologija i aktivnih mjera države (S-422) do izrazito "ekološkog" scenarija (S-423). Ukupna potrošnja biomase za proizvodnju energije raste u sva tri scenarija, a porast je posebno izrazit u proizvodnji električne energije i korištenju tekućih biogoriva, odnosno biodizela. Korištenje biodizela razlikuje se za svaki promatrani scenarij, ali biodizel u svim scenarijima zadržava značajno mjesto te bi u 2030. godini proizvodnja energije iz biodizela trebala iznositi između 8 i 12 PJ [2].

Biodizel je i kao gorivo već predstavljen i poznat u Hrvatskoj. Tako je Energetski institut "Hrvoje Požar" organizirao predstavljanje cestovnog vozila na biodizel tijekom skupa "Održivi razvitak i korištenje obnovljivih izvora energije na otoku", koji je održan na Cresu, u Osnovnoj školi "Frane Petrić", 28. i 29 travnja 2000. godine. Osim prezentacije vozila na čisti biodizel koje je za tu priliku stiglo iz Austrije, a koje je predstavljeno od strane Steierisches Landesenergievereina - Zemaljskog energetskog saveza Štajerske, mogućnosti korištenja mješavine ovog goriva s klasičnim, mineralnim dizelom pokazane su u službenom vozilu Energetskog instituta [3].

Dodatno treba naglasiti da u okviru projekta INA surađuje u području utvrđivanja tehnoloških mogućnosti prerade repičinog ulja te utjecaja biokomponente na svojstva goriva, a poseban interes je usmjeren ka mogućem korištenju biodizela kao aditiva za poboljšanje mazivosti niskosumpornih dizela.

Za namjenski uzgoj uljene repice i provedbu demonstracijske proizvodnje iskazan je široki interes i zainteresiranost od strane županija i jedinica lokalne samouprave te raznih poljoprivrednih proizvođača, a biodizel je već prilično dobro poznat pojam u hrvatskoj javnosti.

2. ULOGA BIODIZELA U ODNOSU NA NAFTNE DERIVATE

Očekuje se da će potražnja za naftnim derivatima u Hrvatskoj rasti i to sa 4,2 milijuna tona u 2000. na 5 milijuna tona u 2010. te na 5,6 milijuna tona u 2030. godini. Pritom će se sve više derivata trošiti u prometu, a sve manje kao gorivo za grijanje. Na temelju domaćih bilančnih rezervi od 15,8 milijuna prostornih metara u 1997. godini, proizvodnja sirove nafte će se smanjivati s 1,37 milijuna tona u 2000. na 0,6 milijuna u 2010. te na 0,4 milijuna tona u 2030. godini [4].

U strukturi derivata može se očekivati najbrži rast potrošnje motornih goriva kao posljedica ubrzanog razvitka prometa, ali i ostalog dijela gospodarstva. S obzirom na ulogu tekućeg naftnog plina u plinifikaciji Hrvatske, posebice novih područja, i to kao prethodnog energenta prirodnom plinu ili kao stalnog energetskog izvora, njegova će potrošnja također rasti, i to posebice do 2010. godine Uz ovakvu dinamiku i strukturu potrošnje povećat će se i udio vrijednijih derivata u ukupnoj potrošnji i proizvodnji derivata.

Pri planiranju i formiranju tržišta za biodizel u Hrvatskoj, korisno je poznavati i sadašnju potrošnju dizelskog goriva u Hrvatskoj, posebno stoga, što se predlaže korištenje biodizela (100% bio-komponente) u ciljanim kategorijama vozila te dodavanje biokomponente u Eurodizel u iznosu do 5% (tablica 1).

Tablica 1. Potrošnja dizelskog goriva u Hrvatskoj u različitim sektorima [2]

- 000 t

Sektor potrošnje/godina	1995.	1996.	1997.	1998.	1999.
Promet	448,6	516,2	541,2	541,0	608,4
Poljoprivreda	208,0	200,9	194,5	234,1	213,5
Graditeljstvo	54,5	72,0	77,8	76,6	70,7
Ukupno	711,1	789,1	813,5	851,7	892,6

S obzirom na raspoložive rafinerijske kapacitete, koji se za iduće desetljeće procjenjuju od 5,5 do 6,5 milijuna tona primarne prerade, strateški cilj domaće prerade nafte je opskrba domaćeg tržišta (oko 80%) te izvoz na inozemna tržišta. Za ostvarenje ovog cilja nužna su ulaganja u modernizaciju rafinerija zbog postizanja europske kvalitete proizvoda, povećanja dubine prerade i prinosa profitabilnih proizvoda, dovođenja troškova

na konkurentnu razinu (posebno utroška energije i udjela vlastite potrošnje), postizanja optimalne fleksibilnosti rada rafinerija, te zaštite okoliša. U suprotnom, gospodarska će opravdanost zadržavanja u pogonu postojećih rafinerijskih postrojenja biti prijeporna. Za ostvarenje takve strategije prerade nafte, unatoč dovoljnim primarnim kapacitetima, potrebno je uložiti velika sredstva u revitalizaciju i izgradnju novih sekundarnih rafinerijskih kapaciteta, čime bi kvaliteta proizvedenih derivata dosegla zadovoljavajuću razinu. Alokacija dijela investicija u izgradnju preradbenih centara, tehnološki prilagođenih za domaće uvjete za proizvodnju biodizela iz uljane repice višestruko je prihvatljiva opcija.

3. EKONOMSKA ANALIZA PROIZVODNOG LANCA BIODIZELSKOG GORIVA U HRVATSKOJ

3.1. Modeli proizvodnje biodizela u Hrvatskoj

Pri ekonomskoj analizi proizvodnje biodizelskog goriva u Hrvatskoj potrebno je u obzir uzeti sve osnovne dijelove lanca koji čine proizvodnja uljene repice, prerada repice u sirovo ulje, proizvodnja biodizela (esterifikacija) te dodavanje biodizela u određenom postotku u smjese s mineralnim dizelima. Ovdje se analiziraju tri osnovna organizacijsko-gospodarska modela proizvodnje i korištenja biodizelskog goriva u Hrvatskoj, koji su radi jednostavnosti označeni kao "Model A", "Model B" te "Model C".

U modelu A se promatra opseg proizvodnje od 5 000, 10 000 i 15 000 tona, a svi osnovni dijelovi lanca (repica-ulje-biodizel) se promatraju zajedno te se na osnovi toga analizira samo ukupna rentabilnost. Ovaj model najbolje opisuje veće poljoprivredne proizvođače (nekadašnji kombinati), odnosno poduzetnike koji organiziraju i provode poljoprivrednu proizvodnju te posjeduju vlastitu mehanizaciju. Konačan proizvod je biodizel koji se primarno koristi za vlastite potrebe, a može se i prodavati.

U modelu B se proizvodnja repice promatra odvojeno od proizvodnje ulja i biodizela, koje se promatraju zajedno, a konačan je proizvod biodizel koji se prodaje na tržištu. Ovaj model najbolje opisuje individualne proizvođače biodizelskog goriva koji se ne moraju nužno baviti i poljoprivrednom proizvodnjom te posjedovati vlastitu mehanizaciju.

Model C opisuje dodavanje biološke komponente u mineralno dizelsko gorivo u količini 1.5 - 5% ili u količini od 30%, u skladu s potrebama tržišta i primjenjivanih standarda, te podešavanje svojstava goriva aditiviranjem. Uza sve opisane pozitivne učinke (zaštita okoliša, angažiranje poljoprivrednih površina, zapošljavanje,...) poboljšava se i izgaranje te osigurava bolja mazivost motora. U ovom se modelu promatra samo proizvodnja biodizela te njegovo miješanje s mineralnim gorivom. Ova se dva procesa promatraju zajedno.

U ekonomskoj analizi opisanih modela koja se u sljedećim točkama donosi, autori su nastojali:

- opisati njihove osnovne ekonomske karakteristike;
- usporediti proizvođačku i prodajnu cijenu goriva (biodizela) uz vrednovanje svih sporednih proizvoda koji imaju tržišnu vrijednost;
- identificirati i kvantificirati ekonomske, organizacijske i financijske mjere koje su potrebne da bi se postigla i zadržala minimalna dobit.

Proizvođačka i prodajna cijena goriva (biodizela) se uspoređuje s prodajnom cijenom mineralnog dizela iz ožujka 2001. od 5,01 kn/litri, ili čak s 4,51 kn/litri (5,01 kn/litri – 10% prema europskoj praksi za poticanje korištenja biodizela), a što je uzeto kao kriterij za prihvatljivost proizvodnje.

Tablica 2. Prikaz strukture cijene dizelskog goriva u Hrvatskoj (INA) [5]

- kn/l

	Eurodizel	Eurodizel- plavi
Prodajna cijena	2,606	2,606
Trošarina	1,500	0
Osnovica za PDV (22%)	4,106	2,606
PDV	0,904	0,574
Konačna cijena (kn/l)	5,010	3,180

Analiza cijene proizvodnje biodizela i isplativosti proizvodnog lanca provedena je za sva tri opisana modela korištenjem tabličnog modela koji je za ovu svrhu konstruiran u programskom paketu Microsoft Excel. Treba naglasiti da je kvaliteta izlaznih podataka iz modela isključivo ovisna o kvaliteti ulaznih podataka. Neki potrebni ulazni podaci za Hrvatsku jednostavno nisu postojali, pa su preneseni uz korekciju iz stranih izvora, do drugih je bilo teško ili čak nemoguće doći, pa prikazani proračuni donose samo okvirne vrijednosti temeljene na pretpostavkama i podacima koji su bili na raspolaganju autorima. Za veću pouzdanost i točnost podataka bilo bi potrebno sve podatke sakupiti na demonstracijskom postrojenju koje bi radilo u hrvatskim uvjetima, što se i predlaže kao aktivnost u sljedećoj fazi provedbe projekta. Nastojanjima autora podaci su uspoređivani iz više izvora, te se može pretpostaviti da je njihova točnost dovoljna za ovu razinu procjene.

3.2. Analiza elemenata proizvodnog lanca

3.2.1. *Proizvodnja uljane repice*

Nedavno donesenim mjerama Ministarstva poljoprivrede i šumarstva, a u svezi s poticajnim novčanim iznosima po hektaru proizvodnje uljane repice, iskazala se veća zainteresiranost direktnih proizvođača za ovu kulturu. Ujedno je smanjena zajamčena cijena za jedan kilogram uljane repice s 1,54 kn na 1,16 kn/kg. Već ova zajamčena cijena omogućuje da se na hrvatsko tržište može ponuditi rafinirano ulje po cijeni koja je

sukladna cijeni u Europskoj uniji. U ovoj se studiji nije posebno promatrala cijena uljane repice, odnosno rentabilnost proizvodnje te poticajne mjere koje su sada na snazi. Međutim, treba naglasiti da se za znatniju proizvodnju uljane repice za biodizel ne može očekivati trajno zadržavanje postojećih poticaja, ali i da je primjećena znatna rentabilnost ovog dijela proizvodnog lanca. Temeljem prosječne planske kalkulacije uljane repice na 2 000 ha i razini cijena od siječnja 2001., prosječni ukupni troškovi proizvodnje iznose 3 956 kn/ha, odnosno za navedenu površinu 7,911 milijuna kuna. Planska kalkulacija je obuhvatila troškove repromaterijala (sjeme, gnojivo, zaštitna sredstva), mehanizacije (traktori, kombajni, amortizacija), te sve ostale troškove, kao što su plaće, doprinosi, osiguranje, kamate i sl. Jedinični troškovi su za veće površine manji, te je kod kalkulacija u studiji pretpostavljeno da su za dvostruko veće površine jedinični troškovi manji za 10%.

Izračunavanjem troškova proizvodnje po kilogramu, uz prosječan prinos od 3 t/ha dobiva se da ukupni trošak proizvodnje jednog kilograma uljane repice iznosi 1,34 kune za površinu od 2 000 ha. Temeljem navedenoga proizlazi da je financijski rezultat proizvodnje uljane repice negativan za 540 kn/ha bez poticajnih sredstava, a u slučaju poticaja od 2 250 kn/ha, prosječna zarada iznosi 1 710 kn/ha.

3.2.2. *Proizvodnja sirovog ulja*

Ovdje prikazana analiza cijene sirovog ulja temelji se na troškovima koji nastaju tijekom proizvodnog procesa te na pretpostavci da se ekonomski vrednuje i proizvedena sačma ili pogača kao stočna hrana. Ova cijena ne uključuje dobit proizvođača, pa niti ne predstavlja tržišnu cijenu sirovog ulja u Hrvatskoj (4 kn/l). Međutim, pri provedbi proračuna je procijenjeno da nije održivo, ali ni potrebno u proračunu koristiti navedenu tržišnu cijenu.

Temeljem procjene troškova usluge tiještenja, cijena proizvodnje sirovog ulja je vrednovana s 2 667 kn/t. U to nije uračunata cijena uljane repice, koja se za model A i model B razlikuje zbog samog karaktera modela, odnosno ukupne organizacije proizvodnje.

3.2.3. *Proizvodnja biodizela*

Cijena proizvodnje biodizela osim o cijenama ulaznih sirovina (repičino ulje, metanol) znatno ovisi i o kapacitetu pogona, što bitno utječe na ukupnu rentabilnost procesa. Dodatno treba naglasiti da se povećanjem kapaciteta poboljšava i iskorištenje ulja, što ponovo izravno utječe na ukupnu rentabilnost. Budući da se u Hrvatskoj ovakva proizvodnja do sada nije provodila, ovdje su korišteni podaci od inozemnih proizvođača i isporučilaca tehnologije te iz literature (tablica 3). Ponovo treba napomenuti da bi za potpunu točnost bilo potrebno sve podatke sakupiti i provjeriti na demonstracijskom postrojenju koje bi radilo u hrvatskim uvjetima.

Tablica 3. Investicije za različite kapacitete postrojenja za proizvodnju metilnog estera (bez zgrade postrojenja, lokacijske infrastrukture i istakališta tekućina) [5]

Kapacitet	Dio investicije za skladištenje goriva (mil. kuna)	Ukupna investicija (mil. kuna)
5 000	4,92	16,13
10 000	9,05	21,64 – 23,61
15 000	9,84	33,44
45 000	24,89	82,63

Tablica 4. Troškovi proizvodnje metilnog estera za različite kapacitete [5]

Kapacitet proizvodnje (tona godišnje)	Troškovi proizvodnje (kuna/toni biodizela)
2 000	4 620
5 000	3 770
15 000	2 900
45 000	2 230

3.3. Analiza proizvođačke cijene biodizela i isplativosti proizvodnog lanca temeljem predloženih modela

Model A pretpostavlja vlastiti uzgoj repice, preradu u ulje i proizvodnju biodizela u okviru vlastitog pogona uz pretpostavljenu dobit (rentabilnost) od 10%. Promatra se godišnji kapacitet proizvodnje biodizela od 5 000, 10 000 i 15 000 tona, a PDV se obračunava samo na proizvedeni biodizel na kraju procesa, odnosno uopće se ne obračunava ako se biodizel koristi za vlastite potrebe. Ekonomski čimbenici koji izravno utječu na rentabilnost lanca, odnosno cijenu biodizela su: poticaji za uzgoj repice; prihod od prodaje pogače; prihod od prodaje glicerola i gnojiva; poticaj za proizvodnju biodizela i PDV.

Rezultati proračuna pokazuju da je uza sve navedene pretpostavke i pretpostavljenu dobit od 10%, u ovom modelu moguće proizvesti biodizel u ovisnosti o proizvodnom kapacitetu po cijeni od 3,15; 3,64, odnosno 4,00 kn/litri bez obračuna PDV-a (za vlastite potrebe), odnosno po cijeni od 3,56, 4,22 te 5,31 kn/litri uz obračun PDV-a (za prodaju). Uspoređuju li se ove vrijednosti s prodajnom cijenom mineralnog dizela, jasno je da u većini slučajeva nije potrebno dodatno utjecati na smanjenje cijene, ali i da je dobit proizvođača i veća od pretpostavljenih 10%, te da ovaj model predstavlja jednu od obećavajućih mogućnosti proizvodnje biodizela u Hrvatskoj. Ako se međutim pretpostavi da se radi o proizvodnji isključivo za vlastitu potrošnju, tada i nije nužno promatrati cijenu biodizela s ukalkuliranom dobiti.

Kao mogući instrumenti za postizanje rentabilnosti proizvodnje biodizela u ovom modelu analizirani su smanjenje PDV-a i uvođenje poticaja za proizvodnju biodizela u kunama po toni proizvedenog goriva. Pro-

matrane su dvije stope PDV-a: postojeća od 22% te stopa od 11% za koju se prema ocjeni autora očekuje da bi u budućnosti mogla biti primjenjiva za biodizel, ali i općenito uvedena u porezni sustav Republike Hrvatske. Dodatno, kao bitni ekonomski čimbenik koji utječe na rentabilnost proizvodnje promatrana je primjena poticaja za uzgoj uljane repice u postojećem iznosu od 2 250 kn/ha. (tablica 5 i 6).

Tablica 5. Analiza osjetljivosti cijene biodizela iz modela A za vlastitu potrošnju (bez ukalkulirane dobiti) promjenom ekonomskih čimbenika koji izravno utječu na rentabilnost proizvodnje (5 000, 10 000 i 15 000 ha)

Ekonomski čimbenici			Kapacitet proizvodnje		
Poticaj kn/t biodizela	PDV %	Poticaj za uljanu repicu	15 000 t	10 000 t	5 000 t
0	0	DA	2,87	3,31	3,63
0	0	NE	4,90	5,34	5,67
440	0	NE	4,51	4,95	5,28
940	0	NE	4,07	4,51	4,84
1310	0	NE	3,74	4,18	4,51

Tablica 6. Analiza osjetljivosti cijene biodizela iz modela A za prodaju (ukalkulirana dobit od 10%) promjenom ekonomskih čimbenika koji izravno utječu na rentabilnost proizvodnje (5 000, 10 000 i 15 000 ha)

Ekonomski čimbenici			Kapacitet proizvodnje		
Poticaj kn/t biodizela	PDV %	Poticaj za uljanu repicu	15 000 t	10 000 t	5 000 t
0	22	DA	3,85	4,44	4,88
310	22	DA	3,48	4,07	4,51
0	11	DA	3,50	4,04	4,44
0	22	NE	6,57	7,17	7,60
1 750	22	NE	4,50	5,09	5,53
2 250	22	NE	3,91	4,50	4,94
2 610	22	NE	3,48	4,07	4,51
0	11	NE	5,98	6,52	6,92
1 350	11	NE	4,52	5,06	5,46
1 860	11	NE	3,97	4,51	4,91
2 230	11	NE	3,58	4,11	4,51

Nakon provedene analize osjetljivosti proizvodnje za vlastitu potrošnju može se zaključiti sljedeće:

- proizvodnja za vlastitu potrošnju (bez PDV-a i bez ukalkulirane dobiti) vrlo je isplativa uz postojeće poticaje za uzgoj uljane repice od 2 250 kn/ha;
- proizvodnja za vlastitu potrošnju bez poticaja za uzgoj uljane repice i bez poticaja za proizvodnju biodizela nije isplativa;
- proizvodnja za vlastitu potrošnju kapaciteta 15 000 tona bez poticaja za uzgoj uljane repice isplativa je uz poticaj za proizvodnju biodizela od 440 kn/t biodizela;
- proizvodnja za vlastitu potrošnju kapaciteta 10 000 tona bez poticaja za uzgoj uljane repice isplativa je uz poticaj za proizvodnju biodizela od 940 kn/t biodizela;
- proizvodnja za vlastitu potrošnju kapaciteta 5 000 tona bez poticaja za uzgoj uljane repice isplativa je uz poticaj za proizvodnju biodizela od 1 310 kn/t biodizela.

Nakon provedene analize osjetljivosti proizvodnje za prodaju (ukalkulirana dobit i stopa PDV-a od 11 ili 22%), može se zaključiti sljedeće:

- uz postojeće poticaje, sve promatrane varijante proizvodnje su isplative. Izuzetak je proizvodnja kapaciteta 5 000 tona uz stopu PDV-a od 22%, koja postaje isplativa uz poticaj za proizvodnju biodizela od 310 kn/toni;
- bez postojećih poticaja za uzgoj uljane repice proizvodnja nije isplativa ni uz stopu PDV-a od 11%;
- bez poticaja za uzgoj uljane repice, a uz stopu PDV-a od 22% proizvodnja je isplativa samo ako postoje poticaji za proizvodnju biodizela i to: 1750 kuna za kapacitet proizvodnje od 15 000 tona, 2 250 kuna za kapacitet proizvodnje od 10 000 tona te 2 610 kuna za kapacitet proizvodnje od 5 000 tona;
- bez poticaja za uzgoj uljane repice, a uz stopu PDV-a od 11% proizvodnja je isplativa samo ako postoje poticaji za proizvodnju biodizela i to: 1 350 kuna za kapacitet proizvodnje od 15 000 tona, 1 860 kuna za kapacitet proizvodnje od 10 000 tona te 2 230 kuna za kapacitet proizvodnje od 5 000 tona;

Model B pretpostavlja kupovinu repice na tržištu te preradu u ulje i proizvodnju biodizela u okviru vlastitog pogona uz pretpostavljenu dobit (rentabilnost) od 10%. Promatra se godišnji kapacitet proizvodnje biodizela od 5 000, 10 000 i 15 000 tona, a PDV se obračunava na uljanu repicu kao ulaznu sirovinu te na proizvedeni biodizel na kraju procesa. Ekonomski čimbenici koji izravno utječu na rentabilnost lanca, odnosno cijenu biodizela su: prihod od prodaje pogače, prihod od prodaje glicerola i gnojiva; pretpostavljeni poticaj za proizvodnju biodizela i PDV.

Rezultati proračuna pokazuju da je uza sve navedene pretpostavke u modelu B moguće proizvesti biodizel u ovisnosti o proizvodnom kapacitetu po cijeni od 6,50; 6,91, odnosno 7,53 kn/litri. Uspoređuju li se ove vrijednosti s prodajnom cijenom mineralnog dizela jasno je da je potrebno znatno dodatno utjecati na postizanje rentabilnosti. (tablica 7). Kao mogući instrumenti za postizanje rentabilnosti proizvodnje biodizela u modelu B analizirani su smanjenje PDV-a na proizvedeni biodizel i uvođenje poticaja za proizvodnju biodizela u kunama po toni proizvedenog goriva.

Tablica 7. Analiza osjetljivosti cijene biodizela iz modela B (5 000, 10 000 i 15 000 ha) promjenom ekonomskih čimbenika koji izravno utječu na rentabilnost proizvodnje

Ekonomski čimbenici		Kapacitet proizvodnje biodizela		
Poticaj kn/t biodizela	PDV %	15 000 t	10 000 t	5 000 t
0	22	6,50	6,91	7,53
1680	22	**4,51**	4,92	5,54
2030	22	**4,09**	**4,51**	5,13
2550	22	**3,48**	**3,89**	**4,51**
0	11	5,91	6,29	6,85
1300	11	**4,51**	4,89	5,45
1650	11	**4,13**	**4,51**	5,07
2170	11	**3,57**	**3,95**	**4,51**

Nakon provedene analize osjetljivosti proizvodnje (ukalkulirana dobit i stopa PDV-a od 11 ili 22%) može se zaključiti sljedeće:

- bez poticaja za biodizel proizvodnja nije isplativa ni uz stopu PDV-a od 11%;
- uz stopu PDV-a od 22% proizvodnja je isplativa samo ako postoje poticaji za proizvodnju biodizela i to: 1 680 kuna za kapacitet proizvodnje od 15 000 tona, 2 030 kuna za kapacitet proizvodnje od 10 000 tona te 2 550 kuna za kapacitet proizvodnje od 5 000 tona;
- bez poticaja za uzgoj uljane repice, a uz stopu PDV-a od 11% proizvodnja je isplativa samo ako postoje poticaji za proizvodnju biodizela i to: 1 300 kuna za kapacitet proizvodnje od 15 000 tona, 1 650 kuna za kapacitet proizvodnje od 10 000 tona te 2 170 kuna za kapacitet proizvodnje od 5 000 tona.

Model C pretpostavlja kupovinu ulja na tržištu ili temeljem trajnog ugovora, proizvodnju biodizela u okviru vlastitog pogona uz pretpostavljenu dobit od 10% te miješanje s mineralnim gorivom radi proizvodnje smjesa biokomponente i mineralnog dizela. Promatra se godišnji kapacitet proizvodnje biodizela od 45 000, 15 000, 10 000 i 5 000 tona, a PDV se obračunava samo na proizvedenu smjesu minerane i biokomponente na kraju procesa, za koji se obračunava i trošarina. Iako se od 1. travnja 2001. godine uvodi i dodatno davanje u iznosu od 40 lipa po litri, ono nije uzeto u proračunu u obzir. Ekonomski čimbenici koji izravno utječu na rentabilnost ovog dijela lanca, te cijenu biodizela, odnosno razliku u cijeni mineralne i biodizelske komponente su: cijena ulja, prihod od prodaje glicerola i gnojiva, poticaj za proizvodnju biodizela i visina trošarine. Za kompenzaciju razlike u cijeni mineralne i biodizelske komponente pri miješanju; autori procjenjuju da je realno moguće očekivati smanjenje trošarine, dok se stopa PDV-a na konačni proizvod neće moći mijenjati.

Razmatrani su sljedeći tipovi dizelskog goriva:

- mineralni dizel kvalitete prema EN590 uz dodatak od 1,5 % biokomponente;
- mineralni dizel kvalitete prema EN590 uz dodatak od 5,0 % biokomponente;
- mineralni dizel posebne kvalitete uz dodatak od 30 % biokomponente, kao moguća zamjena za "plavi dizel".

Rezultati proračuna pokazuju da je uza sve navedene pretpostavke u modelu C, za proizvodnju smjesa mineralne i biokomponente s udjelom do 5% (Eurodizel), potrebno sniženje trošarine, odnosno kompenzacija razlika cijene komponenti, ovisno o cijeni sirovog ulja, kapacitetu i godišnjem opsegu proizvodnje te udjelu biokomponente (tablica 8). Treba naglasiti da visina potrebnog smanjenja trošarine ovisi o udjelu biokomponente, cijeni sirovog ulja te kapacitetu za proizvodnju biokomponente.

Ukoliko se proizvodi smjesa s udjelom biokomponente od 30% (Biodizel30), koja se može koristiti kao zamjena za postojeći "plavi dizel", potreban je poticaj po proizvedenoj litri takvog goriva (tablica 9).

Tablica 8. Analiza osjetljivosti potrebnog smanjenja trošarine (kn/l Eurodizela) u modelu C (kapacitet proizvodnje 5 000, 10 000, 15 000, 45 000 t biodizela) promjenom ekonomskih čimbenika koji izravno utječu na rentabilnost lanca

Ekonomski čimbenici		Smanjenje trošarine (kn/l)			
Cijena ulja (kn/t ulja)	Sadržaj biodizela u smjesi (%)	Kapacitet proizvodnje biodizela			
		45 000 t	15 000 t	10 000 t	5 000 t
2 000	1,5	0,015.	0,024	0,028	0,037
3 000	1,5	0,029	0,039	0,043	0,052
4 000	1,5	0,044	0,054	0,057	0,066
2 000	5	0,049	0,081	0,094	0,124
3 000	5	0,097	0,130	0,143	0,172
4 000	5	0,146	0,179	0,191	0,221

Tablica 9. Analiza osjetljivosti potrebnog poticaja (kn/l biodizela30) u modelu C (kapacitet proizvodnje 5 000, 10 000, 15 000, 45 000 t biodizela) ovisno o cijeni sirovog ulja

Ekonomski čimbenici	Potrebni poticaj (kn/l)			
Cijena ulja (kn/t ulja)	Kapacitet proizvodnje biodizela			
	45 000 t	15 000 t	10 000 t	5 000 t
2 000	0,29	0,49	0,56	0,74
3 000	0,58	0,78	0,86	1,03
4 000	0,88	1,07	1,15	1,32

4. ZAKLJUČAK

Ukupni cilj nacionalne proizvodnje trebao bi biti proizvesti do 100 000 t/godišnje biodizela u razdoblju od sljedećih 6 do 10 godina. Već u 2001./2002. godini treba početi s izgradnjom demonstracijskog postrojenja od 1 000 do 2 000 t/godišnje s postupnim porastom iduće godine (2002./2003.) na 5 000 t, odnosno 10 000 t/godišnje. Takvo bi postrojenje moglo biti izgrađeno u zapadnom dijelu Hrvatske, u sklopu već postojećih pogona domaće naftne industrije, kako bi što prije postalo rentabilno. Ono bi u sljedećih 5 godina dostiglo kapacitet od 45 000 t/godišnje metilestera i bilo iskorišteno za proizvodnju smjesa mineralne i biokomponente (Eurodizel) u skladu s potrebama hrvatskog tržišta. Predviđena su dva tipa goriva: "Eurodizel", gorivo proizvedeno po europskoj normi EN590, koje može sadržavati 1,5 - 5,0% biokomponente, te "Biodizel30", gorivo proizvedeno s ciljem zamjene današnjeg "Plavog dizela", koje bi sadržavalo 25 - 30% biokomponente.

Ovakav porast izgradnje postrojenja za proizvodnju biodizela ubrzao bi se, pa čak i povećao ukoliko bi Hrvatska potakla zamjenu plavog dizelskog goriva odgovarajućim biodizelskim gorivom. Posebno pitanje ostaje šumarstvo, vodozaštitna područja, građevinarstvo, parkovi prirode i nacionalni parkovi, te javni gradski prijevoz i taksi službe kao potencijalno i vrlo opravdano područje za korištenje biodizela zbog potrebe zaštite okoliša.

Pri ekonomskoj analizi proizvodnje biodizelskog goriva u Hrvatskoj potrebno je u obzir uzeti sve osnovne dijelove lanca koji čine proizvodnja uljene repice, prerada repice u sirovo ulje, proizvodnja metilnog estera repičinog ulja te dodavanje estera u određenom postotku u smjese s mineralnim dizelima. Ovdje su se analizirala tri osnovna organizacijsko-gospodarska modela proizvodnje i korištenja biodizelskog goriva u Hrvatskoj, koji su radi jednostavnosti označeni kao "Model A", "Model B" te "Model C". Analiza cijene proizvodnje biodizela i isplativosti proizvodnog lanca provedena je za sva tri opisana modela korištenjem tabličnog modela koji je za ovu svrhu konstruiran. Treba naglasiti da je pouzdanost i točnost izlaznih podataka iz modela isključivo ovisna o kvaliteti ulaznih podataka, a da neki potrebni ulazni podaci za Hrvatsku jednostavno nisu postojali, pa su preneseni uz korekciju iz stranih izvora, a do nekih je bilo teško ili čak nemoguće doći. Prikazani proračuni donose okvirne vrijednosti temeljene na procjenama i osnovnim pretpostavkama navedenim u tekstu studije, koje su autori uspoređivali iz raznih izvora. Može se ipak zaključiti da je provedena ekonomska analiza proizvodnog niza u okviru točnosti uobičajene za razinu studije podobnosti, te da predstavlja dobru osnovu za odlučivanje u ovoj fazi projekta. Za veću pouzdanost i točnost podataka, bilo bi potrebno sve podatke sakupiti na demonstracijskoj proizvodnji (proizvodnom nizu) realiziranom u hrvatskim uvjetima, što se i predlaže kao aktivnost u sljedećoj fazi provedbe projekta. Zaključeno je:

- U svakom promatranom modelu postoji potreba za određenim vidom novčanih poticaja (poticaji za uzgoj uljane repice ili proizvodnju biodizela, smanjena stopa PDV-a ili oslobođenje od dijela trošarine);
- Pri sadašnjim poticajima za uzgoj uljane repice, proizvodnja u modelu A je isplativa, a u druga dva modela su protrebni dodatni poticaji;
- Potrebni poticaji se smanjuju, odnosno proizvodnja postaje isplativija ako se dijelovi proizvodnog lanca međusobno integriraju što je više moguće;
- S obzirom da potreba za poticajima ovisi o kapacitetu proizvodnje u ukupnom lancu, potrebno je donijeti jasnu strategiju i dinamiku poticanja i proizvodnje biodizelskog goriva.

Prvi model (model A) obuhvaća zatvoreni sustav unutar poljoprivrednog poduzeća povezanog s kooperantima te bi u tom slučaju primarna ratarska proizvodnja bila povezana s doradom, skladištenjem, prešanjem, te esterifikacijom. U tom slučaju bi se biodizel i sačma proizvodili za vlastite potrebe, odnosno potrebe poduzeća i kooperanata, a glicerol (s možebitnim viškom biodizela i sačme) bi se prodavao na tržištu. Ovakav bi model zahtijevao samo poticajna sredstva za uzgoj uljane repice, odnosno za primarnu proizvodnju. Rezultati proračuna pokazuju da je uz pretpostavljenu dobit od 10%, u ovom modelu ovisno o proizvodnom kapacitetu (5 000 do 15 000 tona/godišnje) moguće proizvesti biodizel po cijeni od 3,15 do 4,00 kn/litri bez obračuna PDV-a (za vlastite potrebe), odnosno po cijeni od 3,56 do 5,31 kn/litri uz obračun PDV-a (za prodaju). Uspoređuju li se ove vrijednosti s prodajnom cijenom mineralnog dizela, jasno je da u većini slučajeva nije potrebno dodatno utjecati na smanjenje cijene, ali i da je dobit proizvođača i veća od pretpostavljenih 10%, te da ovaj model predstavlja jednu od obećavajućih mogućnosti proizvodnje biodizela u Hrvatskoj.

Drugi se model (model B) sastoji od dvije zasebne jedinice, odnosno proizvodnje zrna uljane repice te ugovorno povezivanje primarne proizvodnje s drugom cjelinom koju čine dorada, skladištenje, prešanje i esterifikacija. U tom slučaju bi se biodizel koristio jednim manjim udjelom za vlastite potebe, a većina biodizela, ali i sačma i glicerol prodavali bi se na tržištu. Ovakav bi model zahtijevao poticajna sredstva za uzgoj uljane repice za primarnu proizvodnju, te ili smanjenje PDV-a s 22% na 11% i/ili poticajna sredstva za proizvodnju metil estera u iznosu od 1 300 do 2 550 kn/t biodizela, u ovisnosti o kapacitetu kako bi se cijena biodizela zadržala na razini 10% nižoj od cijene eurodizela. Bez poticajnih sredstava za proizvodnju biodizela, a uz stopu PDV-a od 22% u ovom je modelu moguće proizvesti biodizel po cijeni od 6,50 do 7,53 kn/litri (kapaciteti proizvodnje 5 000, 10 000 i 15 000 tona/godišnje).

Treći model (model C) pretpostavlja kupovinu sirovog ulja na tržištu ili temeljem trajnog ugovora. Proiz-

vodnja metilnog estera bila bi u sklopu već postojećih pogona domaće naftne industrije te bi se taj ester koristio za proizvodnju smjesa mineralnog dizelgoriva i biokomponente u skladu s potrebama hrvatskog tržišta u okviru vlastitog pogona uz pretpostavljenu dobit od 10%. Promatra se godišnji kapacitet proizvodnje biodizela od 45 000, 15 000, 10 000 i 5 000 tona, a PDV se obračunava samo na proizvedenu smjesu mineralne i biokomponente na kraju procesa, za koju se obračunava i trošarina. Iako se od 1. travnja 2001. godine uvodi i dodatno davanje u iznosu od 40 lipa po litri, ono nije uzeto u obzir u proračunu radi vremenski ograničenog roka dovršetka studije. Za kompenzaciju razlike u cijeni mineralne i biodizelske komponente pri miješanju; autori procjenjuju da je realno moguće očekivati smanjenje trošarine, dok se stopa PDV-a na konačni proizvod neće moći mijenjati. Visina potrebnog smanjenja trošarine ovisi o udjelu biokomponente (1,5 ili 5%), cijeni sirovog ulja te kapacitetu za proizvodnju biokomponente, a ovisno o promatranim ekonomskim čimbenicima iznosi između 0,015 i 0,221 kuna po litri proizvedenog goriva. Ukoliko se proizvodi smjesa s udjelom biokomponente od 30% (Biodizel30), što se može koristiti kao zamjena za postojeći "plavi dizel", potreban poticaj po proizvedenoj litri takvog goriva zavisi prvenstveno o kapacitetu proizvodnje metilnog estera i o ulaznoj cijeni sirovog ulja. Za kapacitete od 5 000 do 45 000 t/godišnje metilnog estera i za ulazne cijene ulja od 2 000 kn/l do 4 000 kn/l potrebno sniženje trošarine kreće se od 0,29 do 1,32 kuna po litri proizvedenog goriva.

LITERATURA

[1] T. KRIČKA, J. DOMAC et al.: "Projekt BIODIZEL – Uvodenje proizvodnje biodizelskog goriva u Republiku Hrvatsku". Zagreb: Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva, 2001.

[2] G. GRANIĆ: et al., Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske. Zagreb: Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", 1998.

[3] J. DOMAC, V. KRSTULOVIĆ, D. RAJKOVIĆ: "Održivi razvitak otoka i obnovljivi izvori energije – Cres 2000." // VI[th] International Symposium Waste Management – Zagreb, 15.-17. studenoga 2000.

[4] B. VUK et al. 2001.: "Energija u Hrvatskoj 1995-1999. Godišnji energetski pregled", Zagreb: Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, 2000.

[5] INA, 2001, Izravno priopćenje

ENERGY AND ECONOMY ASPECTS OF BIODIESEL PRODUCTION IN CROATIA

Bio-diesel is an engine fuel obtained from rape or other oil crops, and its characteristics are the same as the ones of the usual diesel obtained from mineral oils. It is used as a substitute for mineral diesel or mixed with it. At the end of 2001 the Croatian Government initiated and has since offered support for the BIO-DIESEL Project as part of the BIOEN National Energy Programme. An economic analysis of the bio-diesel production in Croatia should take into account all of the basic chain parts, i.e. rape production, rape processing to obtain crude oil, methyl ester production from the oil and mixing of ester in a certain percentage with mineral diesel. In the work three basic organisational and economic models of bio-diesel production and usage in Croatia have been analysed. For all three models, a review of the production price and the production chain profitability has been carried out by means of a table model designed for that purpose. It is shown that all models need some kind of subsidy and that these subsidies become smaller and the production more financially feasible if parts of the production chain are integrated. The need for subsidies depends on the production capacity, so there is a definite need for a clear strategy and dynamics of subsidies relating to bio-diesel production.

ENERGETISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNGSWEISEN DER ERZEUGUNG VON BIODIESEL-BRENNSTOFFEN IN KROATIEN

Biodiesel ist ein aus Rapsöl oder aus anderen Pflanzenölen erzeugter Motorbrennstoff, dessen Eigenschaften jenen des klassischen aus Mineralölen erzeugten Dieselbrennstoff gleich sind. Als Vertausch-Motorenbrennstoff wird Biodiesel genutzt allein, oder im bestimmten Verhältniss mit dem aus Mineralölen erzeugten Dieselbrennstoff gemischt. Ende des Jahres 2000 hat die Regierung der Republik Kroatien die Unterstützung der Erzeugung von Biodiesel, durch den Anstoss dem Entwurf BIODIESEL im Rahmen des Nationalen Energieprogrammes BIOEN, gegeben. In der wirtschaftlichen Bewertung der Biodieselbrennstoffertigung in Kroatien sind alle Grundbestandteile der Erzeugungskette -bestehend aus der Rapserzeugung, der Rapsverarbeitung in Rohöl, Herstellung des Rapsölmetilesters sowie dessen Beimengens im bestimmten Prozent den mineralöligen Dieselbrennstoffen - zu berücksichtigen. In dieser Arbeit sind drei organisatorisch-wirtschaftliche Arten der Erzeugung und der Verwendung des Biodiesels in Kroatien betrachtet worden und für alle drei der Preis der Erzeugungskosten und die Erträglichkeit der Erzeugungskette unter Verwendung eines eigens zu diesem Zweck entworfenen Tabellenmodels bewertet. Es ist gezeigt worden, dass bei jeder betrachteten Erzeugungsart bestimmte Formen monetärer Beiträge eine klare Strategie und Dynamik der Anregungen der Biodieselerzeugung schaffen und daher notwendig sind. Diese Beiträge werden kleiner, bzw. die Erzeugung lohnt sich besser, wenn Teile der Produktionskette integriert werden. Da die Notwendigkeit der Anregungen von der Erzeugungskapazität der ganzen Kette abhängig ist, soll man klare Strategie und klare Anregungsdynamik für Biodieselbrennstoff schaffen..

Naslov pisaca:

Mr. sc. Julije Domac, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

dr. sc. Branka Jelavić, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

prof. dr. sc. Tajana Krička, dipl. ing.
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-07-02.

UČINKOVITOST MALIH I MIKRO KOGENERACIJA

Prof. dr. sc. Radmilo P r o t i ć, Zagreb

UDK 620.91:338.49
STRUČNI ČLANAK

Razmatra se učinkovitost malih i mikro kogeneracija različite izvedbe za decentraliziranu proizvodnju električne energije i topline u odnosu na velike energetske sustave. Osim učinkovitosti analizira se ekonomska i ekološka prednost danas i u budućnosti.

Ključne riječi: centralizirani i decentralizirani sustavi, male i mikrokogeneracije, učinkovitost, konkurentnost, ekonomičnost, zaštita životne sredine.

Uvod

U protekloj dekadi potrošnja prirodnog plina ubrzano se razvijala posebno u proizvodnji električne energije. Povećana potrošnja potencirana je rastućim zalihama prirodnog plina, razvitkom prometa specijalnim tankerima – metanijerima, interkontinentalnim plinovodima, te napretkom u tehnologiji izgaranja. Posebna pozornost pridaje se sniženju kapitalnih troškova. Istodobno, tržište energije doživjelo je radikalne promjene u porastu brige za smanjenje plinova staklenika ("Greenhouse Gases" – GHG) te ostalih polutanata – zagađivača životne sredine.

Liberalizacija tržišta privukla je mnoge nezavisne proizvođače energije, što je rezultiralo novim rješenjima u opskrbi energije, (u proizvodnji i prometu), ali i u načinu financiranja projekata, posebno u domeni malih i mikro kogeneracija, što je doprinijelo dramatičnim promjenama u energetskom lancu.

Progres u razvitku energetskog gospodarstva bio je vođen ekonomijom u izboru "goriva". "Energetska kriza" rasprave o "Greenhouse efects" – doprinijele su sve većoj pozornosti radi poboljšanja učinkovitosti kao jednom od najvažnijih marketinških problema.

Trendovi razvitka proizvodnje električne energije i topline idu u pravcu malih decentraliziranih jedinica za poznatog kupca, što je u suprotnosti s ekonomskom logikom minimizacije troškova velikih centraliziranih jedinica. Buduća pretvorba energije za proizvodnju električne energije i topline sve će više biti zastupljena u malim jedinicama. Niže cijene energije će biti rezultat uvođenja učinkovitih tehnologija pretvorbe, ali u otvorenom tržištu i tržištu gdje je provedena deregulacija. Međutim, važnu ulogu u sniženju cijena energije igrat će konkurencija nezavisnih proizvođača kojih će biti sve više na tržištu.

Realno poboljšanje u energetskoj učinkovitosti polazi od teoretskih postavki nužnosti uvođenja novih energetskih tehnologija s konkurentnim cijenama u cijelom energetskom lancu. To uključuje nacrte, dizajne, konstrukcije i izvedbu, sposobnost djelovanja sustavnih dijelova i uređaja koji su bili odlučujući čimbenici u nastojanju poboljšanja energetske učinkovitosti.

Male jedinice kogeneracije kao na primjer, plinski stroj, plinska turbina, goriva ćelija i dr. moraju biti proizvedene u što većem broju, jer masovna proizvodnja zahtijeva velik obujam tržišta.

1. OSNOVNA OBILJEŽJA RADA KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

1.1. Pod kogeneracijom se podrazumijeva istodobna proizvodnja električne energije i toplinske energije za poznatog korisnika smještenog na malom prostoru s elektroenergetskom snagom manjom od 10 MWe. Proces se odvija s maksimalnom uporabom kemijske energije goriva i učinkovitošću do 90%. Da bi se ostavila navedena učinkovitost preduvjet je velik broj sati rada tijekom godine. (7).

U gore citiranoj definiciji nije naznačena podjela na male i mikro kogeneracije unutar kogeneracije do 10 MWe. Međutim, M. Šunić kogeneracijska postrojenja dijeli u dvije skupine do 100 kW i od 100 do 5.000 kW uvažavajući karakteristike elektroenergetske mreže i načina priključenja na tu mrežu (7. str. 63).

Kako je u naslovu članka naglašena podjela na male i mikro kogeneracije, to će se u nastavku objasniti zašto smo se opredijelili na takvu podjelu.

Na 21. World Gas Conference, Nice, 2000., u referatima Buholza (12), Johnsona (14) i dr. posebno se tretiraju male, a posebno mikro kogeneracije. Obično

se mikro kogeneracije svrstavaju one do 200 kWe elektroenergetske snage, a male kogeneracije preko 200 kWe do 10 MWe.

Diferencijacija između malih i mikro kogeneracija je nužna jer je njihova proizvodnja i namjena specifična, što će se vidjeti tijekom izlaganja.

1.2. Otvoreno tržište pridonijelo je velikoj konkurenciji, tako da se po mišljenju mnogih stručnjaka energija počela tretirati kao i svaka druga roba.

Velik broj različitih mehanizama utječe na trendove energetske učinkovitosti, na ponudu i potražnju u energetskom sektoru.

Podržavanjem dugoročne tendencije smanjenja godišnje potrošnje energije po jedinici proizvoda za 0,5 do 0,8 postotaka, ili smanjenje energije po jedinici GDP (Gross Domestic Product), osnovne su pretpostavke dugoročne podržavane energetske politike.

Efektivni troškovi ("Cost effective") potencijalne učinkovite tehnologije zavisit će od procjene očekivanih tako i od tekućih cijena goriva, profitabilnosti kompanije, raspoloživosti i troškovima kapitala, te relativno kratkog vremena povrata kapitala. Povrat kapitala za investicije radi povećanja učinkovitosti ili poboljšanja tehnološkog procesa u razdoblju od 3 ili manje godina je uobičajeno u zemljama OECD. Međutim, za vrijeme "duboke" recesije povrat kapitala ("pay back") se smanjuje na 1-2 godine u mnogim kompanijama.

1.3. Neke važnije odrednice rada kogeneracijskog postrojenja:

- broj sati rada tijekom godine treba biti veći od 4000,
- velika prilagođenost tehničkim i ekonomskim uvjetima,
- mogućnost uporabe plina – čak 90% kogeneracijskih postrojenja koristi plin,
- važan čimbenik je cijena el. energije i pogonskog goriva i njihov međusobni odnos,
- što duže razdoblje korištenja topline tijekom zimskog ali i ljetnog razdoblja,
- poželjno je da se proizvedena toplina što više koristi za tehnološke svrhe, što je ekonomičnije, nego za zagrijavanje prostorija, ali to ne bi trebalo da bude pravilo,
- ekološka taksa pomaže sve većoj uporabi kogeneracije, ali i povećanoj potrošnji plina (7).

2. STRUKTURA OSNOVNIH KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

Razvitkom kogeneracije i usmjeravanjem radi podmirenja potreba širokog kruga potrošača, povećao se na tržištu broj pogonskih postrojenja. Dok su klasične kogeneracije u pravilu velikog kapaciteta usmjerene na podmirenje potreba prvenstveno u industriji, male i mikro kogeneracije služe za podmirenje potreba određenog potrošača.

Disperzija malih i mikro kogeneracija je odraz potrebe širokog kruga potrošača el. energije i topline. (uslužne djelatnosti, kućanstva, bolnice, škole, hoteli i dr.).

U nastavku će se prikazati struktura malih i mikro kogeneracija s glavnim karakteristikama.

2.1. Plinski motori u pravilu pretvaraju kemijsku energiju goriva u mehanički rad, a ovaj u električnu energiju u postotku između 30-50% zavisno od kvalitete goriva i tehničke izvedbe stroja.

Porastom sve veće pozornosti zaštiti životne sredine, to je tražnja za čistim tehnologijama sve izraženija.

Od 1993. godine Japan Gas association započela je na razvitku tehnologije keramičkog plinskog stroja, pogonjenim prirodnim plinom ("Ceramic Gas Engines" – CGE) uz financijsku pomoć Ministarstva za međunarodnu trgovinu (MITI). Stroj je od keramike, lagan, kompaktna energetska jedinica, s visokom učinkovitošću u proizvodnji energije, osposobljen da koristi otpadnu toplinu ispušnih plinova, uz eliminaciju potrebe za hlađenjem vodom. Povećanje temperatura ispušnih plinova omogućava bolje iskorištenje otpadne topline u obliku pare.

Premda su japanske uredske prostorije imale mogućnost da postanu potencijalno veliko tržište i za sustav klasične kogeneracije, omjer topline, električne energije, kod znatno veće tražnje el. energije nego topline, nije bio pogodan za eksploataciju. Novi stroj je omogućio da se koristi i na tržištu na kojem ranije nije bio prisutan.

Tablica 1. Prikaz tehnologije kogeneracije keramičkog stroja

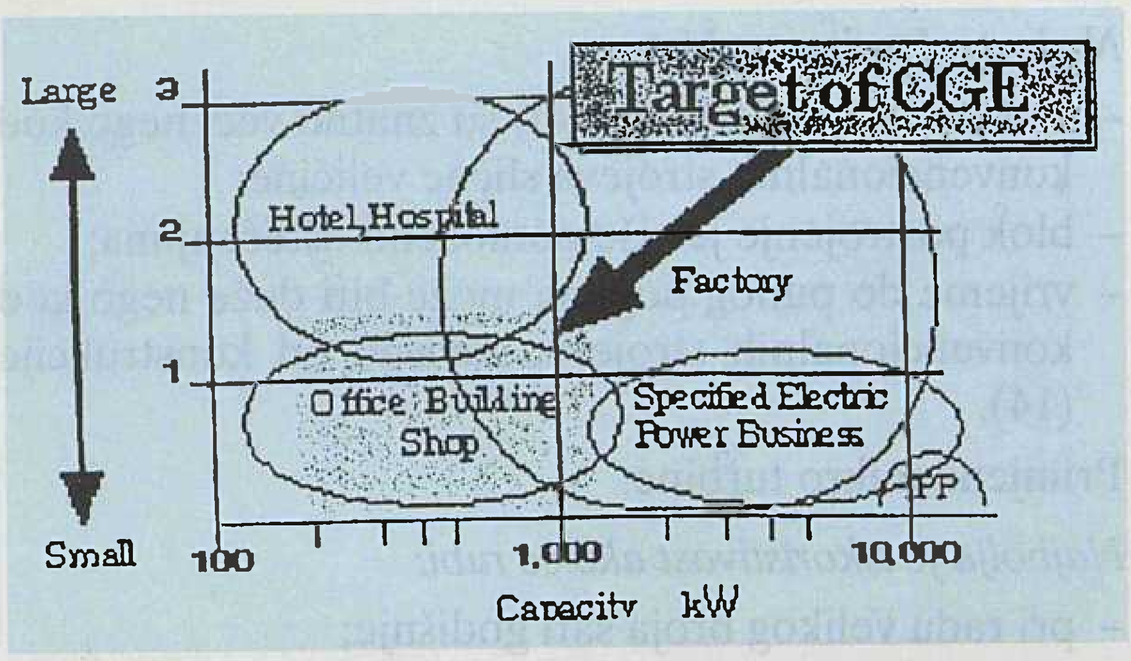
Učinkovitost proizvodnje topline (termička)	50%
Učinkovitost proizvodnje el. energije	46%
Emisija NO_x	40 ppm 0_2 = 0%
Snaga uređaja (output power) (kapacitet)	200 kW

Izvor: [11]

Razvitak stroja je ostvaren u tri tehnička područja:

a) Razvitak visoko učinkovitog dizel stroja s unutarnjim izgaranjem pogonjenog prirodnim plinom s odgovarajućim sustavom prihvata ispušnih plinova;
b) Osvajanje keramičkog materijala visoke kakvoće koji je poslužio kao sastavni dio stroja;
c) Razvitkom učinkovite tehnologije smanjena je emisija NO_x uporabom ispušnih visoko temperaturnih plinova CGE (4) (slika 1 i 2)

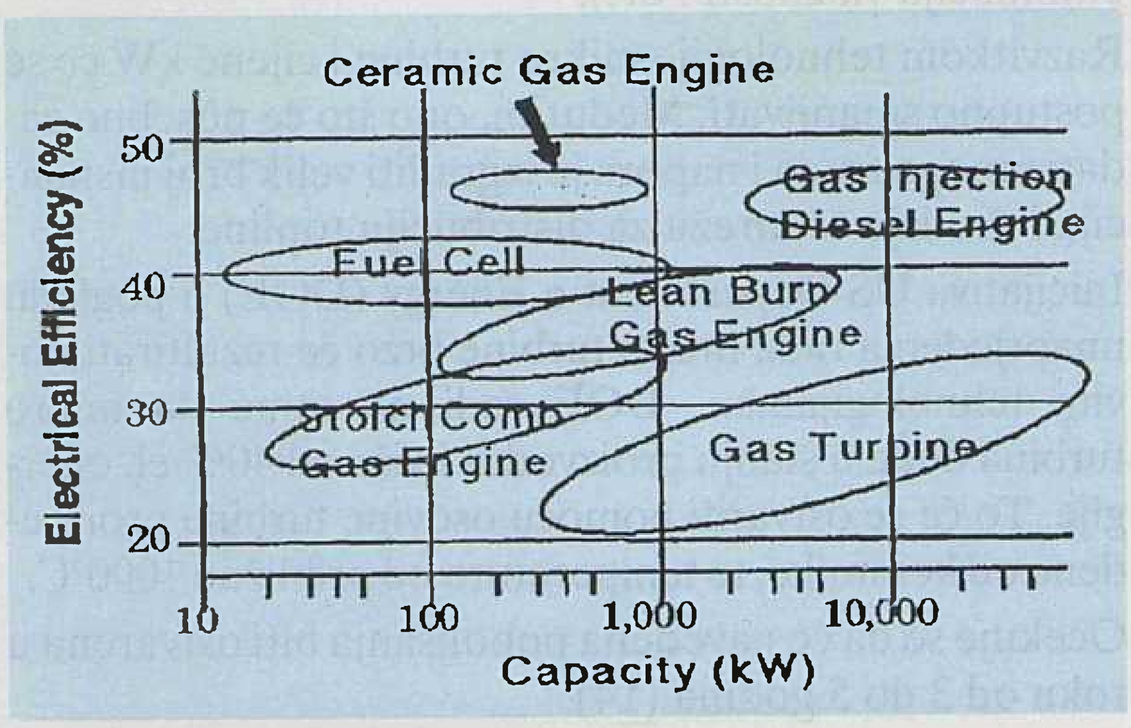
2.2. U procesu kogeneracije plinske turbine koriste se, u pravilu, za postizanje snage od 1.6 do 10 MWe. Imaju lošije elektroenergetske karakteristike u odnosu na motore, ali zato imaju bolje toplinske karakteristike. Toplinsku energiju moguće je rabiti iz ispušnih plinova, čija temperatura iznosi približno 650°C. Ta



Slika 1. Tržište kogeneracijskog keramičkog stroja

a) Hotel, Bolnica
b) Tvornica
c) Ured, Trgovina
d) Specifična postrojenja u elektronici

Snaga kW
Large – Velike
Small – Male
Izvor: [11]



Slika 2. Učinkovitost kogeneracijskog keramičkog stroja

Legenda:
– Keramički kogeneracijski stroj
– Plinski dizel stroj
– Goriva ćelija
– Plinski stroj "mršavo" gorivo
– Klasični plinski stroj
– Plinska turbina
  • Kapacitet (kW)
  • Učinkovitost u proizvodnji električne energije

Izvor: [11]

toplina se može koristiti za proizvodnju pare visokog tlaka ili za direktne procese sušenja. Kako ispušni plinovi plinskih turbina sadrže približno 15% kisika, ti se plinovi mogu koristiti za loženje dodatnom kotlu. Stupanj iskoristivosti se poveća, pa iskoristivost kotla doseže i do 94%, a iskoristivost goriva, dok se proizvodnja el. energije kreće i do 52%, uz veću regulaciju opterećenja. Osnovna obilježja rada kogeneracije plinske turbine:

– upotrebljavaju se kod snaga od 1,6 do 10 MWe;
– imaju niža elektroenergetska svojstva u odnosu na plinske motore;
– veće toplinske vrijednosti u odnosu na plinske motore;
– specifična potrošnja goriva po jedinici energije je veća nego kod motora;
– snaga uređaja se mijenja s promjenom okoline temperature;
– može da radi u paketnoj izvedbi (7).

2.3. U Danskoj više od 50% kuća za stanovanje osnovu grijanja predstavlja decentralizirana kogeneracija. Ona (tj. kogeneracija) predstavlja važnu polugu Danske u radi ispunjenja zahtjeva Kyoto Protocola – kao i drugih međunarodnih sporazuma za smanjenje plinova staklenika (GHG).

Od 1984. godine prirodni plin je prisutan na danskom tržištu. Od tada se stalno povećava udio kogeneracije koji se bazira na plinskim motorima ("reciklocatting engines") veličine od 100 kW do nekoliko MW.

Od 1997. godine u Danskoj se odvija program za plinski stroj tipa DACHs od 5.5 kW el. energije i 13 kW topline. Njemačka kompanija Fichtel and Sachs AG razvila je taj stroj. Danas je približno 2.600 jedinica u pogonu, pretežno u Njemačkoj.

U Danskoj, NESA (lokalna kompanija za distribuciju el. energije u suradnji sa Shell-om, instalirala je i isprobala 10 jedinica.

Plinski stroj koristi "siromašno" gorivo ("lean burning"), s odgovarajućom regulacijom, izmjenjivačem topline, katalizatorom za oksidaciju i prigušivačem zvuka. Kontrola rada stroja omogućena je na udaljenost. Potencijalno tržište u Danskoj su škole, sportski centri, administrativne zgrade, hoteli, restorani i trgovine.

2.3.1. Za sada postoje tri proizvođača malih plinskih turbina u Europi, kapaciteta od 30 kWe do 100 kWe koji prodaju proizvode putem svoje trgovinske mreže ili u zajedničkom aranžmanu. Konkurencija će osigurati brzi progres u tehničkom smislu te smanjenje troškova proizvodnje. Izgleda da su tradicionalne zapreke za kogeneraciju malih kapaciteta svladane i otvoreno je široko polje uporabe u uslužnom sektoru (10).

Tablica 2. Usporedni podaci za strojeve DACHS i Köhler and Ziegel

Stroj	Snaga kW	$CO^{\oplus}$ mg/m³ n	$NO_x^{\oplus}$ mg/m³ n	$UHC^{\oplus}$ mg/m³ n	Helij
DACHS (Danska)	5,5	10-180	100-370	50-400	25-27
Köhler and Ziegel (Njemačka)	40	50-150	25-50	130-150	29

$^{\oplus}$ kod 5% O_2
U HC = nesagorivi ugljikovodici
Izvor: [18]

Jačina registriranog zvuka iznosi približno 57 dB (A). Oba stroja koriste katalizator za oksidaciju radi smanjenja emisije CO i UHC.

Katalizator je u funkciji i nakon 14.000 sati rada koji se tijekom reakcije kemijski ne mijenja.

U pogledu ekonomičnosti stroja, razvitak cijena energije (1999.) bio je na štetu širenja ove vrste tehnologije. Naime, cijene prirodnog plina su se povećale za približno 50%. Međutim, cijene el. energije su bile stabilne.

Povrat kapitala iznosi 10 i više godina ("pay back"). To je stvarnost na početku 2000. godine, s malom mogućnošću prodora na tržište (18).

2.4. Autor svrstava u grupu mikro turbina one čiji se kapacitet kreće od 30-300 kW. Kao u svakoj aktualnoj temi pomiješane su stvarne činjenice i mit oko tog malog postrojenja za proizvodnju el. energije i topline (14).

Danas postoji sedam programa mikro turbina u Europi, Sj. Americi i Japanu. To su: Honeywell u suradnji sa Signalom, Capstone, Ingersoll Rand (NREC); Eliot, Turbec, (Volvo/ABB); Bowman i Toyota. Osim navedenih kompanija, ima izvjestan broj koje također sudjeluju u razvitku projekta.

Japansko ministarstvo za vanjsku trgovinu i industriju (MITI) nedavno je oformilo komisiju radi unaprjeđenja razvitka mikro turbinske tehnologije. U tu komisiju su uključene svjetski poznate industrije, pretežno automobilske (Hitachi, Toshiba, Mitsubishi, Toyota, Kawasaki – teška industrija te IHT).

Konkurentna rješenja su ponuđena za strojeve od strane Ingersoll Rand od 70 kW te Toyote od 300 kW. Oba modela se baziraju na potrebama automobilske industrije. U prvom stadiju turbine pokreće kompresor, a u drugom radna sposobnost stroja (load).

Takva konstrukcija stroja omogućava dulji život turbine, a potencijalno i većoj učinkovitosti uz eliminaciju gubitaka kao posljedice velike brzine električnog generatora i elektronike ("power electronic") (14).

Prednosti uporabe mikro turbine:

- kompaktan uređaj u odnosu prema konvencionalnim usporedivim kapacitetima gorivih ćelija;
- zanemariva vibracija;
- buka se relativno lako smanjuje zahvaljujući visokoj frekvenciji;
- niska emisija štetnih tvari – Mnogi uređaji imaju manju emisiju NO_x i CO u odnosu prema naizmjeničnim strojevima ("reciprocating engines") koji rabe slična goriva;
- niski troškovi održavanja;
- sposobnost da rabe različita goriva;
- stroj je konstruiran da radi 24 sata – 7 dana tjedno;
- pojednostavljeno je iskorištenje topline obzirom da je sva toplina ponovo vraćena preko ispušne cijevi za otpadne plinove;
- gdje je problem buke i vibracije;
- širok obujam topline zraka (200-250°C) može se učinkovito koristiti (14).

Nedostaci mikro turbine:

- troškovi kapitala (osnovni) su znatno veći nego kod konvencionalnih strojeva slične veličine;
- blok postrojenje je više podloženo oštećenjima;
- vrijeme do punog pogona može biti duže nego kod konvencionalnih strojeva, zavisno od konstrukcije (14).

Primjena mikro turbine:

Najbolja je iskoristivost ako se rabi:

- pri radu velikog broja sati godišnje;
- pri radu koji zahtijeva puno opterećenje (14)

Uvođenje mikro turbine u industriju, smatralo se, da to predstavlja "cijepanje tehnologije ("disruptive tehnology") jer su fundamentalno utjecale na rad i proizvodnju el. energije. Međutim, sada su mikro turbine raspoložive, a kroz pet godina tehnologija će biti, vjerojatno, više evolutivna nego revolucionarna.

Asortiman proizvoda koji koriste otpadnu toplinu je u porastu – (skladište topline, asimilacija hladnoće, eliminacija vlažnosti i dr.).

Razvitkom tehnologije mikro turbine i cijene kW će se postupno smanjivati. Međutim, ono što će posebno zadati mnogo truda i napora je izgraditi velik broj instalacija i uređaja te mrežu za distribuciju topline.

Inicijativa US Department-a Energy (DOE) u pogledu unaprjeđenja rada mikro turbine brzo će rezultirati novim tehnologijama. DOE radi na tome da mikro turbina bude u stanju proizvoditi i više od 40% el. energije. To će se ostvariti pomoću osovine turbine proizvedene od keramike, te temperatura od približno 1000°C.

Očekuje se da će navedena poboljšanja biti ostvarena u roku od 3 do 5 godina (14).

2.4.1. Procjenjuje se da je tržište zainteresirano za male, odnosno mikro kogeneracije od 30 kW do 200 kW. To je raspon koji odgovara uslužnom sektoru, ali ne i isključivo. Tehničke barijere su otklonjene. Međutim, u daljnjem razvitku gorivih ćelija potrebno je postići poboljšanje ekonomičnosti goriva, veću pouzdanost u radu, niže troškove kapitala (nižu proizvodnu cijenu) te niže troškove održavanja (10).

2.5. **Parna turbina** ima najlošiju elektroenergetsku učinkovitost u odnosu prema plinskom stroju i plinskoj turbini. Međutim, parna turbina ima velike mogućnosti uporabe (otpadne) topline. Iz rashladnog sustava ispušnih plinova koristi se vrela i hladna voda, pare niskog, srednjeg i visokog tlaka. Proizvodnja el. energije iznosi od 18 do 22%.

2.6. Uporaba gorivih ćelija kao kogeneracijskih postrojenja uzrokovana je prednostima u odnosu na motore i turbine. Širok je raspon mogućnosti uporabe gorivih ćelija za proizvodnju el. energije i topline, pa se ta postrojenja sve više rabe iz slijedećih razloga:

- proizvodnja se odvija s nižim toplinskim opterećenjem u odnosu prema motorima i turbinama;

- moguće je postići visoku učinkovitost kod malih i velikih postrojenja;
- goriva ćelija provodi el. energiju i toplinsku energiju izravno iz kemijske energije plina elektrokemijskom reakcijom bez standardnog izgaranja goriva;
- emisija NO_x prouzročena izgaranjem je zanemariva i iznosi svega 10 ppm. Visoka učinkovitost osigurava i znatno manju emisiju CO_2 koja je također zanemariva;
- postrojenja gorivih ćelija mogu se izgraditi samo gdje je potreba za el. energijom i toplinom, uključujući i podzemne prostorije urbanih prostora;
- visok stupanj iskorištenja goriva – u električnom dijelu do 50%, a u toplinskom i do 45%;
- mogućnost uporabe raznih vrsta plinova bogatim vodikom;
- ne stvaraju buku prilikom rada;
- mogu rabiti vrlo niski tlak plina;
- utjecaj na okoliš je praktički zanemariv;
- toplinsku energiju je moguće dobiti kao toplu vodu i niskotlačnu paru (7,20).

2.6.1. Tehnologija gorivih ćelija je čista i učinkovito koristi gorivo, nemaju pokretnih dijelova što pojeftinjuje održavanje. Međutim, njihova proizvodnja je za sada dosta skupa, a i pouzdanost nije dokazana u pogledu izdržljivosti materijala.

Gorive ćelije kapaciteta 200 kWe ("Phosphoric Acid Technology") nalaze se na tržištu godinama. Opće je mišljenje, međutim, da nisu dovoljno "zrele" ("mature") da bi zauzele značajnije mjesto na tržištu. Treba istaći da se ta tehnologija podržava na tržištu. Nedavno je iz automobilske industrije preuzeta goriva ćelija ("Proton exchange membrane" – PEM). Te gorive ćelije mogu osigurati toplu vodu od 90°C, a raspon njihovog kapaciteta prikladan je za kogeneraciju u uslužnom sektoru. Predviđa se, da će se neke od njih koristiti kao prototip za stacionirane kogeneracije.

U pogledu razvitka kogeneracije gorive ćelije PEM predviđa se da bi bila na tržištu (masovna proizvodnja) u roku od četiri do sedam godina.

Zahvaljujući činjenici elektrolit PEM (PEFC) gorive ćelije, polymer mebrane, daleko je najjeftiniji način proizvodnje el. energije i topline iz vodika. S obzirom na prilično jednostavnu strukturu koja u kombinaciji s radnom temperaturom od 80° do 90°C – prikladan je za opskrbu stambenih zgrada, kuća za stanovanje, privatnih kuća, u bližoj budućnosti i u automobilskoj industriji.

Mnogi od vodećih proizvođača u svijetu uključile su se u razvitak gorive ćelije za putnička vozila i autobuse, koje bi trebale zamijeniti konvencionalne motore s unutarnjim izgaranjem.

2.6.2. Ozbiljni napori su uloženi s ciljem smanjenja broja galvanskih elemenata i poboljšanja kvalitete goriva. S obzirom na primjenu u putničkim vozilima, trebat će prilagoditi i veličinu gorivih ćelija. Međutim, najveća je pozornost usmjerena ipak osim na veličinu, na težinu, i izbor goriva te kako smanjiti troškove proizvodnje gorivih ćelija. Kad je riječ o izboru goriva, onda je bez premca ukapljeni vodik. Međutim na današnjem stupnju razvitka vodik nije moguće nabaviti na benzinskim postajama. Taj problem je moguće riješiti kad bude riješeno uskladištenje ukapljenog vodika. Prednost vodika je i u tome što ne

Tablica 3. Pregled različnih vrsta gorivih ćelija, proizvodna svojstva i mogućnost primjene

Vrsta gorive ćelije	Gorivo	Radna temperatura	Elektrolit	Mogućnost primjene
AFC Alkalne Fuel Cell	Čist Vodik	70°C	Lužina	Zračni brodovi, primjena u rudarstvu
PEM (PEFC) Proton Exchange Mebrane Fuel Cell	Vodik uključujući male količine CO_2 i N_2	80°C	Polymer mebrana	Mali obrt, kompjuterska oprema, kuće (familijarne) rezidencije, auto, autobus
PAFC Phosforic Acid Fuel Cell	Vodik s dodatkom malih količina CO_2 i N_2	200°C	Fosforna kiselina	Apartmani, uredske prostorije, javni bazeni za kupanje
MCFC Molten Carbonate Fuel Cell	Vodik CO	Približno 650°C	Otopljen lithium i kalijev karbonat	Apartmani, kuće, industrijski kompleksi
SOFC Solid Oxid Fuel Cell	Vodi, CO, methane	Približno 850°C	Sloj keramike	Obiteljske kuće, apartmani, industrijski kompleksi

Izvor: Wilfried Bucholz – How will energing technologies impact the future of Micro and Small scale Cogeneration 21-WGC-6-9 June 2000. Nice – France

zahtijeva proces reformiranja. Diskusije se vode i o mogućnostima uporabe metanola, benzina. Metanol se proizvodi svuda, ali emisija štetnih tvari će se povećati, uz opasku da sadrži u mnogo manjem obujmu ugljikovodike. Zbog toga je potrebno namješavanje benzenom ili aditivima. Najveći problem je nedostatak mreže za distribuciju. Osim toga, metanol je otrovni materijal koji zahtijeva rukovanje s najvećim oprezom.

Ukoliko benzin bude izabran kao gorivo, postojeća kompletna infrastruktura može se koristiti. Negativna strana uporabe benzina je povećana emisija štetnih tvari posebno CO_2. Međutim, ova se opaska odnosi na sadašnju tehnologiju proizvodnje benzina.

2.6.3. Primjena gorivih ćelija je jednostavnija u stambenim zagradama nego primjena u prometu (automobil, kamion i dr.). U posljednje vrijeme u SAD, Njemačkoj, Japanu razne kompanije istražuju i testiraju gorivu ćeliju PEM ("Proton Exchange Mebrane Fuel Cell"), malog kapaciteta, za uporabu u obiteljskim kućama i apartmanima. Jedna od tih kogeneracijskih jedinica pod nazivom "Home Energy Centre" (HEC) proizvodi DAIS Corporation - Odessa - Florida – USA. Jedinica je sastavljen i kompletirana od strane HGC – Hamburg Gas Consult GmbH (Hamburg – Njemačka). Za sada je 6 Alpha jedinica instalirano za različne primjene u Njemačkoj.

Prva jedinica HEC bila je kupljena od Hein Gas Hamburger Gas Werke GmbH, a instalirana u kolovozu 1999. godine u višekatnici s 38 apartmana. Zgrada se nalazi u Harburgu južnom predgrađu Hamburga. Jedinica se sastoji od dva svežnja gorivih ćelija ("Cell stacks") svaki kapaciteta od po 1,75 kW.

Pored visoke ukupne učinkovitosti gorive ćelije u usporedbi sa standardnim parnim kotlom ("Condensing boiler") i termoelektranama pogonjenih ugljenom, goriva ćelija drastično smanjuje emisiju štetnih tvari (ugljikovodike C_nHm, CO_2, NO_x). Daljnja značajka gorivih ćelija je učinkovitost u proizvodnji el. energije koja doseže do 50% (PEM).

Tablica 4. Potreba za električnom energijom i toplinom u raznim tipovima stambenih zgrada te udio kogeneracije gorive ćelije u podmirenju tražnje

Tip zgrade	Obiteljska kuća	Zgrada sa 6 apartmana	Zgrada sa 12 apartmana	Jedinica mjere
Potražnja el. energije	4,300	29,000	55,000	kWhe - godišnje
Proizvedena od HEC-a	95%	60%	37%	
Potražnja topline	17,000	51,000	86,000	kWh_{th} - godišnje
Proizvedene od HEC-a	100%	41%	25%	

Izvor [12]

Zanimljivo je da se u kombiniranoj potrošnji energije u stambenim zgradama (tabl. 4) potrošnja prirodnog plina povećala između 30 i 40% uz smanjenje emisije CO_2 između 11 i 20% ali i ostalih plinova staklenika.

Zgrade su građene prema njemačkim standardima iz 1995. godine (12).

Uz poboljšanje ekonomičnosti u proizvodnji gorivih ćelija, njihova je uporaba determinirana smanjenjem proizvodnih troškova. To je moguće ostvariti u masovnoj proizvodnji, odnosno potražnji.

Pretpostavlja se da će Alpha goriva ćelija biti u serijskoj proizvodnji u 2003. godini.

Podatak koji privlači našu posebnu pozornost glasi: "Očekuje se da bi HEC – fuel cell mogla imati pretežni udio u opskrbi energijom stambenih zgrada u Njemačkoj u razdoblju od pet do deset godina (12). Podatak koji izaziva divljenje, ali i oprez i sumnju.

2.6.4. Kompanija Sulzer Hexis Ltd osnovana 1997. godine, aktivna je u razvitku proizvodnji i marketinškoj ponudi gorive ćelije, koja je ekološki i ekonomski primjerena u području kogeneracije.

Sulzer Hexis je razvio gorivu ćeliju SOFC (Solid Oxid Fuel Cell) visokih temperaturnih svojstava, posebnih karakteristika materijala, procesa kontrole i cjelovitosti sustava.

Sustav gorive ćelije, u današnje doba, bio je razvijen da zadovolji potražnju kućanstva u el. energiji. Neiskorištena toplina se može istodobno koristi i za opskrbu toplom vodom (grijanje i dr.).

Prva generacija gorive ćelije Hexis sistema snage 1 kW električne energije, uz učinkovitost od 40%, planirana je za 2001. godinu.

Solid oxide fuel cells (SOFC) izabrana je zbog njenih prednosti – jednostavnom u fazi pripreme goriva. To omogućava širok raspon uporabe goriva fosilnog i biološkog podrijetla. U 2001. godini goriva ćelija Hexis koristit će prirodni plin kao pogonsku snagu.

Oxid fuel cell – goriva ćelija je jačine 1 kW el. i 2 do 3 kW topline koja se može pohraniti, dok se ne ukaže potreba za njenu uporabu.

Od rujna 1998. godine poboljšan je rad gorive ćelije SOFC, tako da su pokusi dobili dugoročno obilježje, pa je istodobno goriva ćelija u radu u šest gradova u svijetu: Bazelu, Oldenburgu, Duisburgu, Tokiju, Bilbao i Groningen (Nizozemska).

Jedinice u tim gradovima bile su u pogonu 21.000 radnih sati i proizvele, približno, 10.000 kWh el. energije koja je predana u javnu el. mrežu. Očekuje se da bi se broj sati el. energije u 2000. godini mogao barem udvostručiti, s obzirom da će sustav biti duže vrijeme u pogonu.

Podaci za prvi kvartal 2000. godine potvrđuju realnost predviđanja. Naime, u tom razdoblju gorive ćelije bile su u pogonu 9.000 sati, uz maksimalnu učinkovitost od 40% proizvodnje el. energije (13).

Tablica 5. Tehnički podaci gorive ćelije (DOFC – Solid Oxid fuel cells) – Hexis system

Promjer	120 mm
Visina	518 mm
Broj ćelija	70
Ukupna površina (Cell Ariea)	0.7 m^2
Radna temperatura	950°C
Napon	39 V
Jakost	27 A
Snaga	1053 W
Gorivo	Prirodni plin iz niskotlačne mreže (lit. 13)

Obilježja i prednosti gorive ćelije Hexis system:

- Fleksibilnost u izboru goriva;
- Uporaba tijekom cijele godine;
- Visoka učinkovitost;
- Nema emisije NO_x ni CO;
- Niski troškovi održavanja uz tih rad bez buke (13).

2.6.5. Načela rada Stirling motora bila su poznata skoro prije 200 godina. Međutim, do nedavna, tehnički problemi i troškovi investiranja bila su zapreka širenju ove tehnologije uporabe goriva. Stirling stroj može rabiti sve vrste goriva, kao gorivo izvan pokretne stubline.

Rad stroja je tih i iz razloga zaštite životne sredine prihvatljiv. Očekuje se da će za nekoliko godina biti spreman za tržište u konkurenciji s izmjeničnim strojevima i gorivim ćelijama. U 1999. godini dvije danske kompanije NSA i DONG istodobno su testirale u laboratorijima vrlo male Stirling strojeve od 0,8 kWe, i 5 kWe topline.

Ispitivanja su obavljena u uvjetima rada s prekidima, a druga, u kontinuiranom radu. Stroj je bio u radu 1400 sati, a registrirani su sljedeći rezultati: h el. = 8%, a h (topl.) = 81%. Ukupna učinkovitost je blizu prihvatljivih 89%.

Prilično mala proizvodnja el. energije može zadovoljiti potrebe većine kućanstava. Emisija CO = 180 ppm, a NO_x 100 ppm kod 5% O_2. Jačina zvuka kreće se na razini od 43 dB (A). Posebno se ukazuje na okolnost da razina cijena prirodnog plina u odnosu na niske cijene energije mogu biti zapreka bržem prodoru sustava Stirling motora. Tehnički problemi su po svoj prilici riješeni, ostaje da se znatno poboljša ekonomičnost proizvodnje Stirling motora (18).

3. INVESTICIJSKA ULAGANJA I TROŠKOVI ODRŽAVANJA

3.1. Ekonomičnost proizvodnje malih i mikro kogeneracija određena je troškovima kapitala, troškovima goriva te troškovima održavanja. U troškove kapitala spadaju troškovi kapitala ("interest costs") i amortizacija (otpis – write offs). Specifične investicije se kreću između 600 US$/kW do 2000 US$/kW, zavisno od zemlje proizvođača i veličine kapaciteta. Male jedinice su skuplje, s obzirom na mali obujam proizvodnje. Glavni razlog relativno visokih troškova investicija su relativno visoki troškovi kontrole i dodatne opreme nezavisno od veličine postrojenja (grafikon 1).

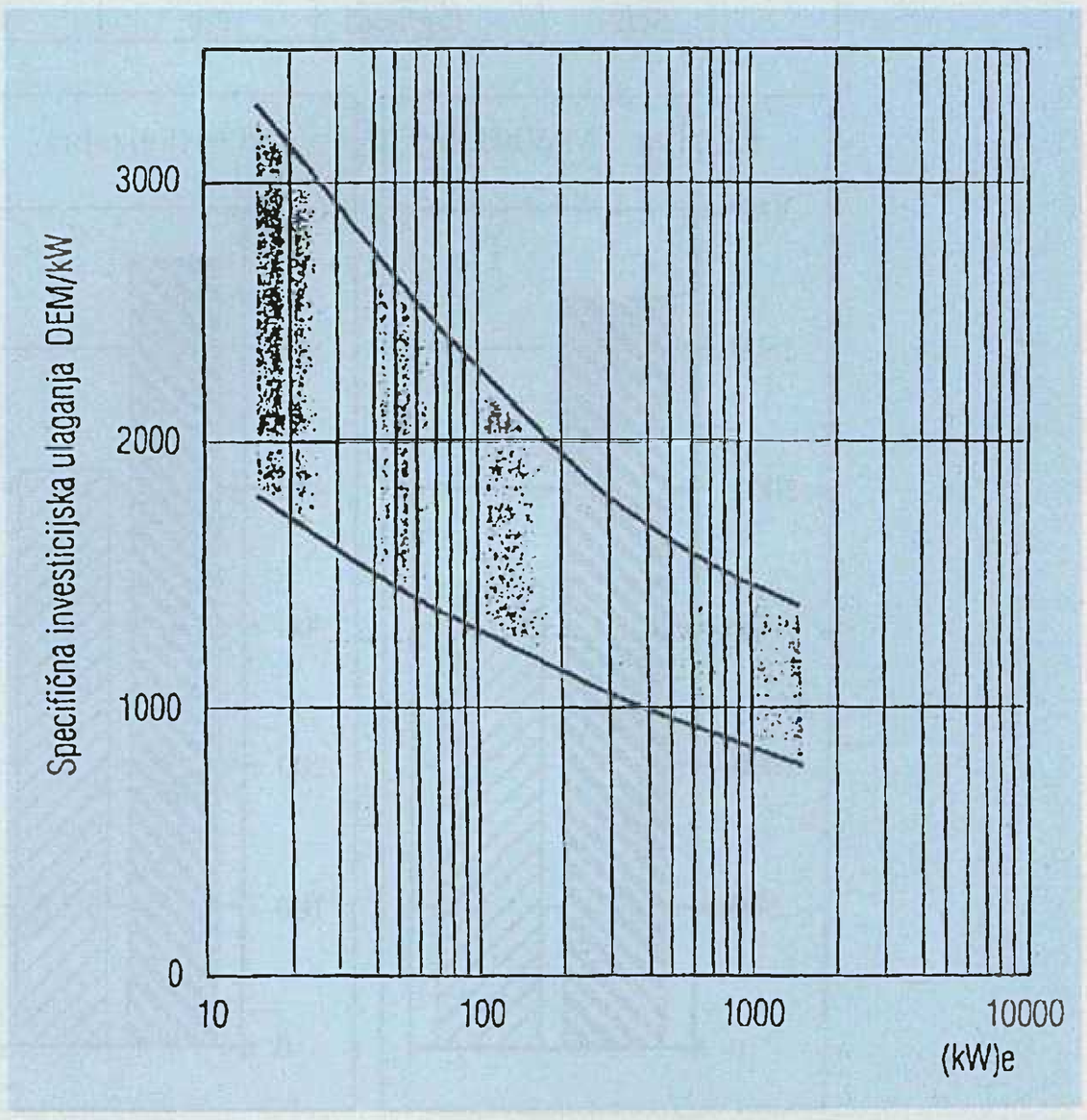
Postrojenja koja se rade po narudžbi su u pravilu skuplja od onih koja se proizvode serijski.

Plinski motor koji radi na načelu paljenja iskrom ("spark ignition") u odnosu na primjer, fuel cells ne zahtijeva znatno veće investicije po kW nego moderno postrojenje velikog kapaciteta – termocentrale. Tehnička amortizacija postrojenja može biti duža od 15 godina, što je također konkurentno velikim termocentralama (19).

Vrlo je instruktivan podatak o kretanju investicija u plinske naizmjenične mikro kogeneracijske strojeve u Danskoj. Proizvođači, su Fichtel and Sachs, Köhler and Siegel, Tedom i CES. Investicije se kreću od 386 US$ za $kW_{(el)}$ – za stroj kapaciteta od 5,5 kWe_l do 209 US$ za stroj od 51 kWe_l. Povrat kapitala ("pay back") iznosi 10 i više godina.

3.2. Troškovi održavanja i operativni troškovi malih jedinica kreću se od 0,01 i 0,03 US$/kWh. Troškovi iznad 0,01 US$/kWh su razlog za razmišljanje.

Suvremena konstrukcija kao i praćenje procesa i kontrola doprinose uspješnom radu stroja. Da bi se osigurala ekonomičnost i pouzdanost rada jedinice kogeneracije, potrebno je da besprijekorno funkcionira sustav managmenta koji se sastoji u primanju informacija te upozorenja o eventualnim nedostacima u radu jedinice.



Grafikon 1. Investicijska ulaganja u kogeneracijska postrojenja paketne izvedbe s plinskim motorom

Izvor: [7]

3.3. Važna karika u oblikovanju cijena proizvoda kogeneracije predstavlja cijena goriva.

Većina tarifnih sustava prodaje prirodnog plina preferira veliku i konstantnu potrošnju, pa je cijena plina ovisna o obujmu i stalnosti prodaje.

4. EKOLOŠKI ASPEKTI UPORABE KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

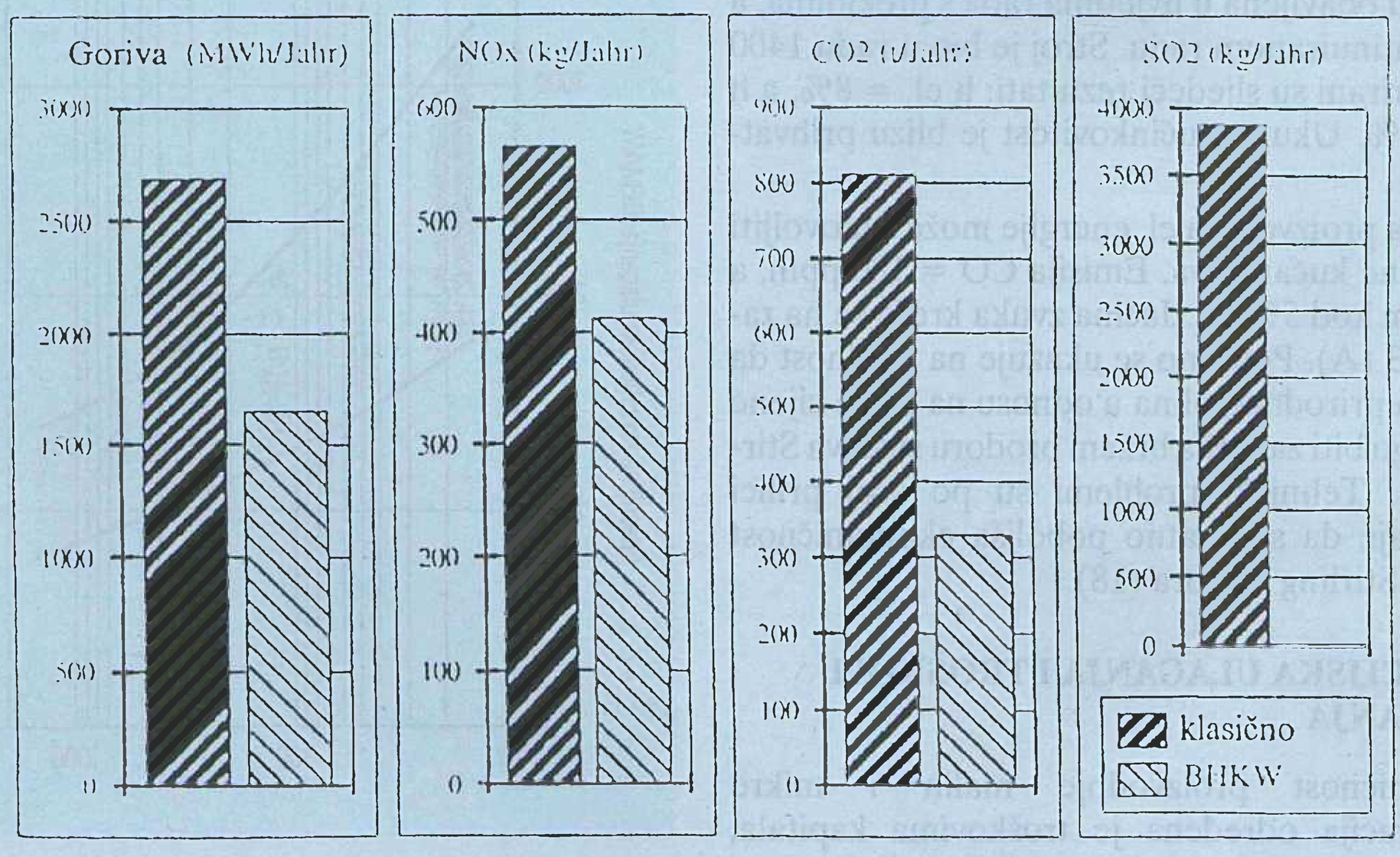
4.1. Kogeneracijska postrojenja u pravilu znatno manje zagađuju okoliš u odnosu prema klasičnim elektroenergetskim postrojenjima, ovisno o primijenjenoj tehnologiji, goriva koje se rabi te učinkovitosti postrojenja. Na osnovi iskustva kogeneracijska postrojenja štede se 35% do 40% primarne energije, koja se pretvara u sekundarnu, a na taj način se istodobno smanjuje zagađivanje okoliša. Tako se na primjer smanjuje emisija CO_2 za 59%, a NO_x za približno 26% ukoliko su postrojenja pogonjena prirodnim plinom.

Međutim, u pravilu kogeneracijska postrojenja nemaju visoke dimnjake tako da emitirani plinovi znatno opterećuju neposredno područje (7).

4.2. Znatan napredak u proizvodnji mikro kogeneracija učinjen je u Njemačkoj, gdje je proizvedena jedinica BHkW – Model 110 i S (grafikon 2,3 i 4). Ono

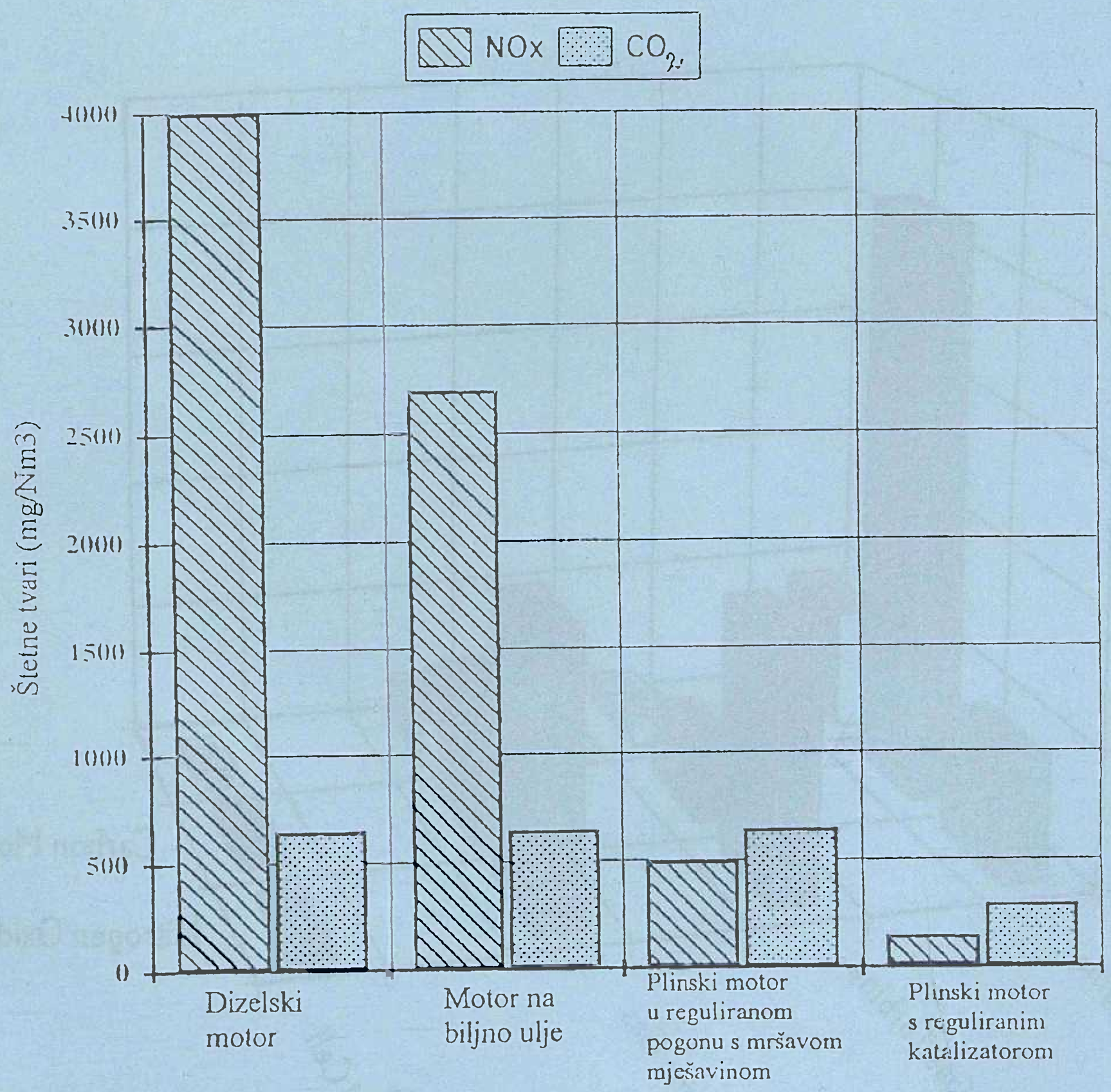
Smanjenje zagađenja okoliša
postignuto s BHKW-modulom GG 110i S
Kogeneracijske izvedbe
u odnosu na proizvodnju električne energije u termoelektranama na ugljen i proizvodnju toplinske energije u uljnim kotlovima, uz istu količinu korištene energije, godišnje:

		BHKW	Termoelektr.	Kotao	Zbroj	Ušteda	%
Električna snaga	(kW)	110	110				
Toplinski učinak	(kW)	193		193			
Potrebe goriva	(kW)	331					
Vrijeme rada	(h/god)	5000	·				
Elektr. korisna energ.	(MWh/god)	550,0	550,0		550,0		
Toplin. koris. energ.	(MWh/god.)	965,0		965,0	965,0		
Stupanj djelovanja			34,0	90,0			
Potrebe goriva (ugljena/ulja/plina)	(MWh/god.)	1655,0	1617,6	1072,2	2689,9	1034,9	38,5
NOx – faktor emisije		0,25	0,25	0,15	*)		
CO2 – faktor emisije		200	330	260	*)		
SO2 – faktor emisije (g/kWh)		0,0018	2,10	0,45	*)		
Emisije štetnih tvari							
NOx	(kg/god.)	413,8	404,4	160,8	565,2	151,5	26,8
CO2	(t/god.)	331,0	533,8	278,8	812,6	481,6	59,3
SO2	(kg/god)	3,0	3397,1	482,5	3879,6	3876,6	99,8



Grafikon 2. Kogeneracijske izvedbe
Izvor: [8]

Emisije štetnih tvari tijekom pogona kogeneracijskog postrojenja



Štetne tvari		NO_x mg/Nm^3	CO_2 mg/Nm^3	
Dizelski motor	<	4000	650	(TA-zrak-granica)
Motor na biljno ulje	<	2700	650	
Plinski motor u regul. pogonu s mršavom mješ.	<	500	650	(TA-zrak-granica)
Plinski motor s reguliranim katalizatorom	<	150	300	

Grafikon 3.
Izvor: [8]

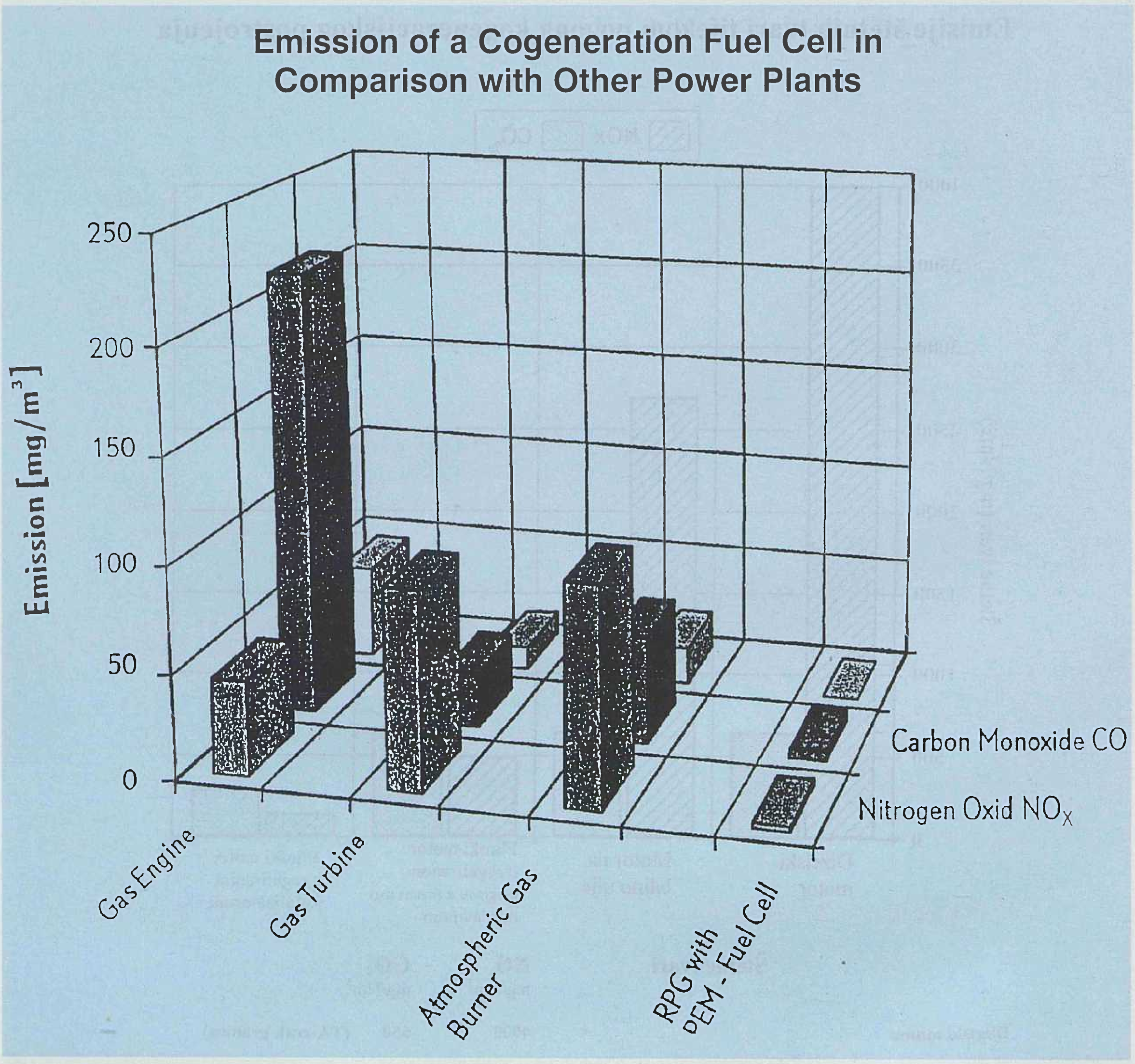
što je posebno značajno jest podatak da postrojenje pogonjeno prirodnim plinom ostvaruje uštedu u primarnoj energiji, u odnosu na postrojenje približno iste veličine pogonjeno ugljenom, 38,5% uz istodobno smanjenje emisije CO_2 za 59,3% te NO_x za 26,8%.

Krajem 1999. godine, u Njemačkoj, je bilo u pogonu 6000 jedinica.

4.3. Emisija štetnih tvari ostvarena u gorivoj ćeliji PEM znatno je manja u usporedbi s ostalim elektroenergetskim postrojenjima. To se reljefno očitava u graf. 4. Emisija CO i NO_x je zanemariva.

5. PROCJENE BUDUĆE PROIZVODNJE MALIH I MIKRO KOGENERACIJA

5.1. Bitna su obilježja suvremenog svijeta, između ostalog, i sve veća potrošnja energije, posebice el. energije. S obzirom da je u dijelu svijeta gotovo nedostupna el. energija (posebno zemlje južno od Sahare), to potencira buduće potrebe u elektroenergetskim objektima. Vjerujem u progres, koji će bar u skromnom obujmu poboljšati društveni i životni standard i tih zemalja u skoroj budućnosti, što će se odraziti i na potrošnju el. energije.



Grafikon 4. Emisija kogeneracije gorive ćelije PEM u usporedbi s ostalim elektroenergetskim postrojenjima

Legenda:
– Gas Engine – plinski stroj
– Gas Turbine – plinska turbina
– Atmospheric Gas Burner – atmosferski plinski plamenik
– PEM – Fuel Cell – goriva ćelija PEM

Izvor: [12]

Deregulacija i liberalizacija u proizvodnji i potrošnji el. energije u elektroprivrednim poduzećima, brzo će transformirati nove učinke proizvodnje i potrošnje el. energije, u čemu znatan udio imaju i male i mikro kogeneracije.

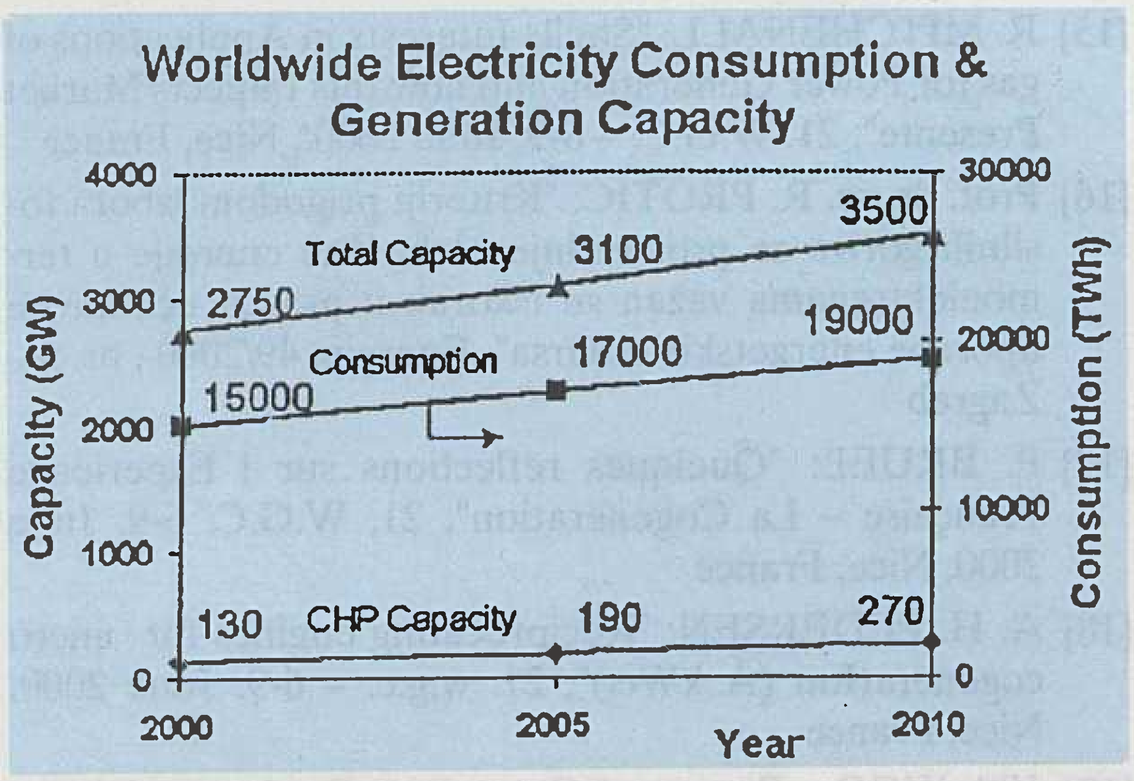
Deregulacija će pridonijeti ne samo smanjenju utjecaja monopola centraliziranih elektroenergetskih kompanija, nego i disperziji kogeneracije kapaciteta do 10 MW. Istodobno razvijat će se konkurentnost između kompanija, koje se bave proizvodnom i potrošnjom energije proizvedene u kogeneracijskom sustavu.

5.2. U razdoblju od 2000. do 2010. godine, potrošnja el. energije u svijetu rast će s prosječnom godišnjom stopom od 2,4%.

Istodobno se predviđa da će godišnja stopa rasta razvitka kapaciteta kogeneracije do 10 MW iznositi 10%.

Kapaciteti kogeneracije danas iznose 4,7% od ukupnih kapaciteta za proizvodnju el. energije, a tijekom 2010. godine njihov udio će se povećati na 7,7% (graf. 5).

U sklopu razmatranja tendencija strukturalnih promjena u proizvodnji malih i mikro kogeneracija, podaci u tablici 6 i slici 3 to najbolje ilustriraju.

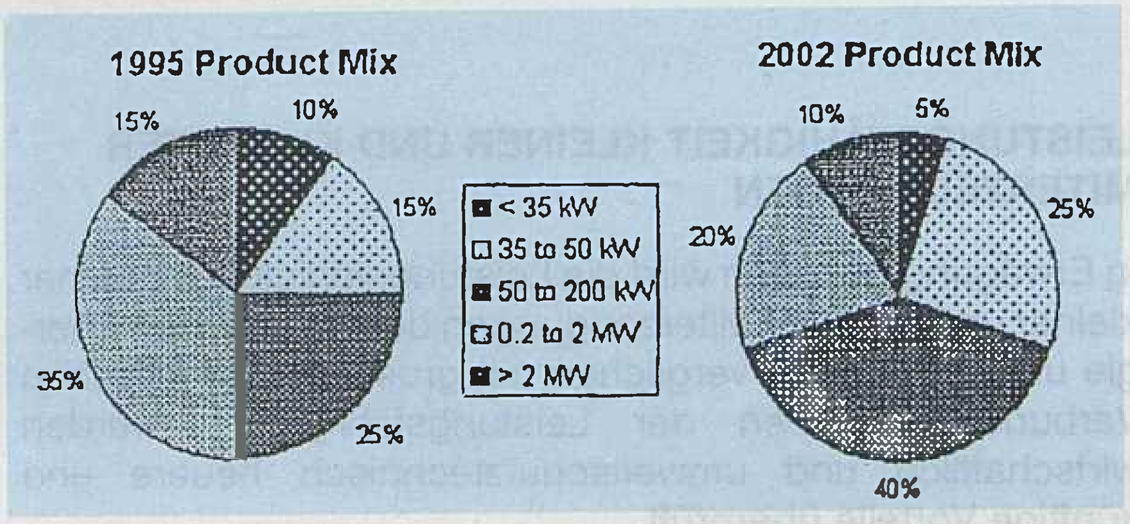


Grafikon 5. Projekcija buduće potrošnje i proizvodnih kapaciteta električne energije u svijetu

Izvor: [10]

Tablica 6. Očekivana struktura proizvodnje malih i mikro kogeneracija

1995.		2002.
	%	%
Snaga do 35 kW	10	5
Snaga od 35 do 50 kW	15	25
Snaga od 50 do 200 kW	25	40
Snaga od 0,2 do 2 MW	35	20
Veće snage od 2 MW- 10 MW	15	10
Ukupno	**100,0**	**100,0** (lit. 10)



Slika 3 – Struktura proizvodnje malih i mikro kogeneracija (1995 i 2002).

Izvor: [10]

Iz tablice 6 može se zaključiti da će najveći porast zabilježiti mikro kogeneracije kapaciteta od 50 do 200 kW tj. od 25% na 40% udjela u ukupnoj proizvodnji el. energije.

Predviđa se da će u Europi do 2010. godine biti instalirano približno 30 GW snage mikro kogeneracija u 300.000 jedinica malih turbina kapaciteta u rasponu između 30 do 200 kW (10).

Visoka učinkovitost kogeneracija pogonjenih plinom predstavljaju znatan doprinos u smanjenju emisije otrovnih plinova i plinova staklenika koju generiraju relativno slabi učinkoviti sistemi. Osim toga, dobrobit se sastoji i u minimalnim gubicima energije što ima za posljedicu smanjenje u investicijama za nove objekte.

5.3. U strategiji energetskog razvitka Republike Hrvatske (1998.) predviđa se također brz razvitak malih kogeneracija iz kojih bi proizvedena toplina u 2030. godini iznosila 4% od ukupne proizvodnje. Posebno se predviđa brz razvitak malih kogeneracija u sektoru kućanstva, usluga, bolnica, administrativnih i sportskih objekata te u većini i manjim sustavima područnog grijanja.

Osim toga, predviđa se, da bi u tim postrojenjima u 2030. godini bilo proizvedeno 1 TWh el. energije.

Kao ulazna energija za kombiniranu proizvodnju toplinske i el. energije predviđa se korištenje prirodnog plina s 46% te derivata nafte, biomase i sunčeve energije s 54%. Udio obnovljivih izvora energije dosegao bi čak 38% (4).

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Budućnost će pokazati kako dosadašnji razvitak malih i mikro kogeneracija opravdava predvidivi razvitak u idućim godinama. Tehnologija kogeneracij treba biti troškovno učinkovitija zahvaljujući masovnoj proizvodnji. Osim toga, ta tehnologija će ponuditi potrošaču više fleksibilnosti i pouzdanja nego konvencionalni centralizirani sustavi.

Decentralizacija proizvodnje el. energije brzo će odgovoriti na promjene u pogledu zahtjeva potrošača.

Decentralizirana proizvodnja el. energije omogućit će brže prilagođavanje kapaciteta u mreži el. energije. Poboljšanje zaštite životne sredine, zahvaljujući većoj učinkovitosti kogeneracije za mnoge zemlje, posebno najrazvijenije, može biti važno oruđe u ostvarenju njihovih ciljeva u sferi smanjenja emisije CO_2 i drugih plinova staklenika.

Proizvodnja el. energije predstavljat će dio buduće potražnje prirodnog plina. Porast neće doći sama po sebi, trebat će uložiti dosta rada i kreativnih razmišljanja, a to se posebno odnosi na očekivanu ekspanziju decentralizirane proizvodnje el. energije i topline uporabom malih i mikro kogeneracija.

Prirodni plin je gorivo koje će biti most od fosilnih goriva do obnovljivih izvora energije, a istodobno i most od centraliziranih energetskih sustava do fleksibilnijih decentraliziranih.

Koja će se od postojećih mikro tehnologija pokazati dominantna u budućnosti, teško je predvidjeti. Izmjenični strojevi kapaciteta u rasponu od 1 do 30 kW, bit će dominantni na tržištu koje u stopu prati razvitak mikro turbina. Izmjeničnim strojevima će u skoroj budućnosti, u razdoblju od deset godina biti konkurentni gorive ćelije i Sterling strojevi.

S obzirom da proizvodnja malih kogeneracija ima dugu tradiciju, to zaslužuje epitet klasične. Proizvodnja malih kogeneracija odvijat će se usporedno s potrebama gospodarstva, uslužnih djelatnosti, područnog grijanja i dr.

U razdoblju od 2000. do 2010. godine, u svijetu godišnja stopa rasta razvitka kapaciteta kogenracije do 10 MW iznosit će 10%, tako da bi udio malih i mikro kogeneracija u 2010. godini iznosio 7,7% od ukupno instaliranih kapaciteta za proizvodnju el. energije. U 2000. godini kapacitet malih i mikro kogeneracija iznosio je 4,7%.

Na pragu smo snažnih evolutivnih promjena, od centralizirane proizvodnje i potrošnje el. energije i topline prema učinkovitijoj decentraliziranoj. Budućnost će pokazati koliko su naša optimistična očekivanja bila realna.

LITERATURA

[1] H. J. RASMUSEN: "Technological Progress and the Energy Challenges – The Role of Natural Gas", Revue de l´Ënergie N° 508 Juillet-aout 1999., Paris str. 391.

[2] Dr. K. BRENDOW: "Energy Sector Deregulation and Technical Development" – Revue de l´Ënergie N° 508 Juillet-aout 1999., Paris str. 393-397.

[3] J. CHESSHIRE: "New Policy for Energy RD and D – and Inovation in Liberalised Markets", Revue de l´Ënergie N° 508 Juillet-aout 1999., Paris str. 416-420.

[4] Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske, Ministarstvo gospodarstva RH – Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, srpanj 1998.

[5] Energija u Hrvatskoj: 1991-1995. - Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva RH, Energetski institut "Hrvoje Požar" – Zagreb, listopad 1996.

[6] Energija u Hrvatskoj 1995-1999. - Godišnji energetski pregled - Ministarstvo gospodarstva RH, Energetski institut "Hrvoje Požar" – Zagreb, prosinac 2000.

[7] M. ŠUNIĆ: "Efikasnost koegeneracijskih postrojenja", Energetika – Marketing, Zagreb, 1996.

[8] "Das Massgeschniderte Energie konzept f ür die Versorgung mit Strom and Wärme" 16. Međunarodni znanstveno-stručni susret stručnjaka za plin – Opatija, 2-4.05.2001., Hrvatska

[9] 21. World gas Conference Nice – June 6-9. 2000. France, Round Table 71.

[10] A. JULIA: "Pushing small Scale Cogeneration info the Market – 21. W.G.C. Nice, june 6-9. 2000. France

[11] K. IKEDA, H. SAKAMOTO, H. IWAMOTO – Development of the Ceramic Natural gas Engine (CGE) Cogeneration system", 21. W.G.C. June 6-9. 2000. Nice, France

[12] W. BUCHOLZ: "How will Emerging Technologies Impact the Future of Micro and small Cogenerations?", 21. W.G.C. – June 6-9. 2000. Nice, France

[13] Dr. M. SCHMIDT, R. DIETHELM: "The Hexis Project: Natural gas Powered Fuel Cell Cogeneration Systems for Domestic Use", 21. W.G.C. – June 6-9.2000. Nice, France

[14] J. T. JOHNSON: "How Will Emerging Technologies impact the Future of Micro and Small. Scale Cogeneration – Small gas Turbine", 21. W.G.C. – June 6-9-2000. Nice, France

[15] R. MITCHENALL: "Shells Interests in Applications of gas for Power Generation and how this Impects Market Presente", 21. W.G.C. – 6-9. June 2000., Nice, France

[16] Prof. dr. sc. R. PROTIĆ: "Kriteriji prigodom izbora fosilnih goriva za proizvodnju električne energije u termoelektranama važan su iskorak u pravcu učinkovite uporabe energetskih resursa", Energija 49/2000., br. 5 – Zagreb

[17] P. BRUEL: "Quelques reflections sur l´Experience Française – La Cogeneration", 21. W.G.C. 6-9. June 2000. Nice, France

[18] A. H. PEDERSEN: "Reciprocating engines for micro cogeneratIon (Â kWe_l)", 21. w.g.c. – 6-9. June 2000. Nice, France

[19] 19th WGC – Report of Committee F – Industrial and Comercial Utilization of Gases – State of the Art of Small – Scale cogeneration – Milan 20/23.06.1994.

[20] Prof. dr. sc. R. PROTIĆ– "Uporaba prirodnog plina u proizvodnji električne energije pomoću gorivih ćelija (Fuel Cells)", Energija – god. 46, broja 1, Zagreb, veljača 1997.

EFFICIENCY OF SMALL AND MICRO COGENERATIONS

The efficiency of small and micro cogenerations of different construction for decentralised electric energy and heat production related to big energy systems is given. Beside efficiency, economic and ecological advantages are analysed now and in the future.

LEISTUNGSFÄHIGKEIT KLEINER UND KLEINSTER MITERZEUGUNGEN

In Erwägung gezogen wird die Leistungsfähigkeit einsamer kleiner und kleinster Miterzeugungen der elektrischen Energie und der Wärme verglichen mit grossen energetischen Verbunden.. Neben der Leistungsfähigkeit werden wirtschaftlich und umweltschutztechnisch heuere und künftige Vorteile überprüft.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Radmilo Protić, dipl. oec.
Dobri dol 54
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-10-01.

POUZDANOST KOMPONENTI I SUSTAVA UZEMLJENJA GRADSKE TS 10(20)/0.4 kV

Mr. sc. Pavle F i l k o, Osijek

UDK 621.317.1:621.316.1
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Rad prikazuje analizu pouzdanosti komponenti i sustava uzemljivača gradske TS 10(20)/0.4 kV. Cilj je pokazati vrijednosti pokazatelja pouzdanosti pojedinih komponenti uzemljenja i sustava uzemljenja u cjelini. Podaci o kvarovima su prikupljeni i analizirani na stvarnoj mreži TS 10(20)/0.4 kV grada Osijeka.

Ključne riječi: sustav uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV, pouzdanost komponenti i sustava uzemljivača, izračun veličina pojedinih pokazatelja pouzdanosti uzemljenja.

1. UVOD

Sustav uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV, pogotovo u gradskim sredinama, je tema o kojoj se, na prvi pogled, sve reklo. Takvim, vjerujem nenamjerno nemarnim odnosom, smanjeno je daljnje istraživanje uzemljenja, uzemljivačkih sustava i njegovih komponenti. Ovim radom pokušavamo drugim pristupom otvoriti novi pogled na uobičajene metode određivanja toga važnog dijela elektroenergetskog sustava. Uzemljivačima TS 10(20)/0.4 kV se od projektnog zadatka preko projektiranja, izvođenja pa do održavanja u pogonu ne pridaje dovoljna pozornost, možda i zato jer postoji uvjerenje da se o njima sve zna. Stoga pogledajmo što o uzemljivačima gradskih TS može reći pouzdanost, sve prisutnija disciplina u analizi svekolikog elektroenergetskog sustava.

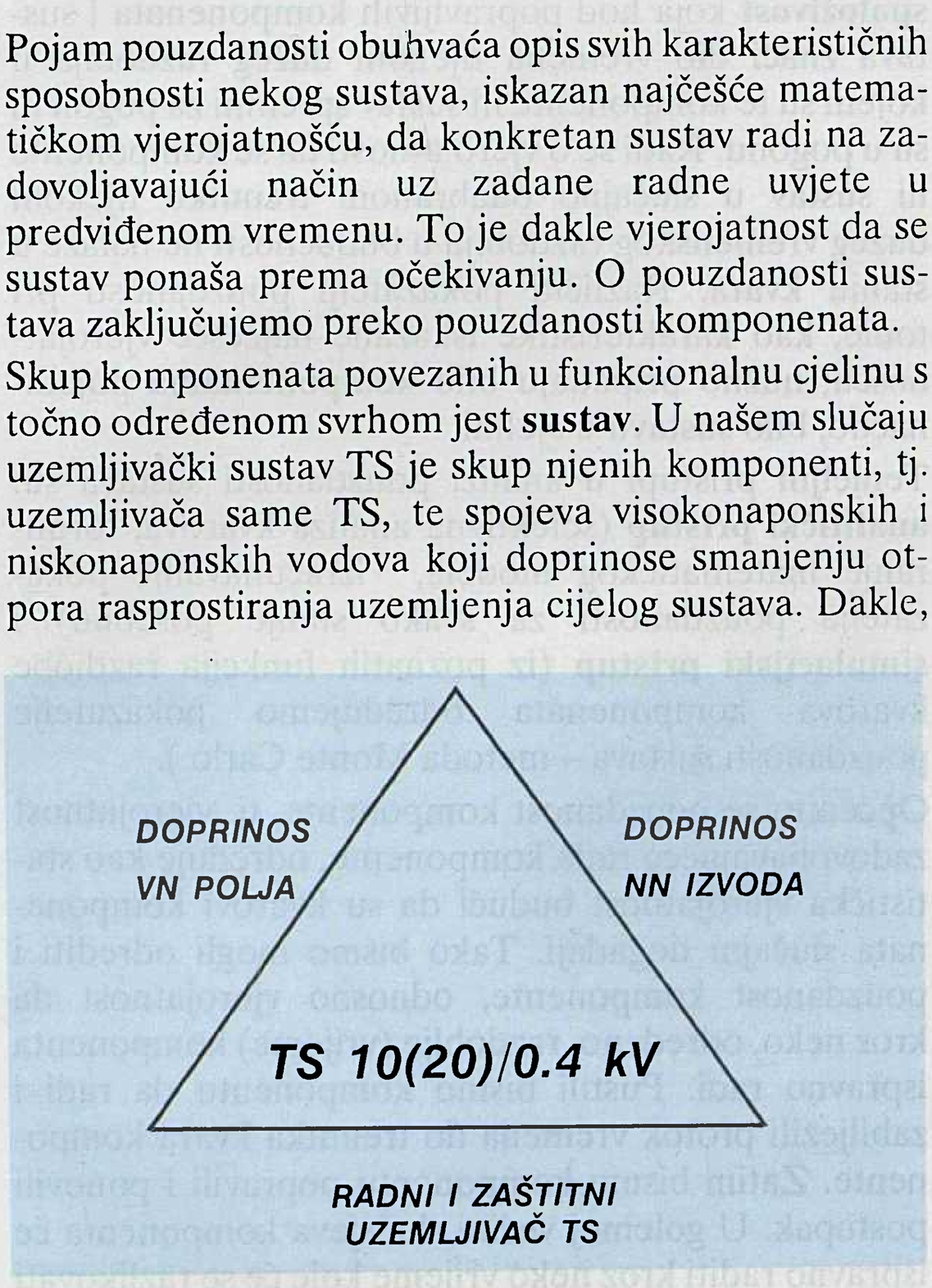
Izvedba sustava uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV ovisi o načinu uzemljenja neutralne točke napojne TS (110/10(20) kV ili 35/10(20) kV) tj. o ograničenoj struji jednopolnog kratkog spoja. Za naš slučaj to je struja 300 A. Takav sustav uzemljenja gradskih TS 10(20)/0.4 kV općenito možemo zamisliti kao trokut (slika 1). U njemu su stranice pojedini uzemljivači, tj. osnovni uzemljivač same TS, dakle radni i zaštitni uzemljivač, zatim doprinos uzemljenju sustava TS preko plašteva visokonaponskih napojnih kabela te treća stranica – doprinos uzemljenju sustava TS putem nul-vodiča i/ili plašteva niskonaponskih kabela ili izvoda kojima iznosimo električnu energiju iz TS.

Prikupljanje podataka o uzemljivačima TS 10(20)/0.4 kV jest ponajveći problem jer tako sistematiziranih podataka nema. Stoga je početna zadaća bila da se prikupi, sistematizira i izradi baza podataka o uzemljenju i kvarovima na uzemljenju preko 200 TS u gradu Osijeku. Potom je izvršena analiza pouzdanosti dijelova uzemljivačkog sustava i sustava u cjelini.

2. O POUZDANOSTI

Pojam pouzdanosti obuhvaća opis svih karakterističnih sposobnosti nekog sustava, iskazan najčešće matematičkom vjerojatnošću, da konkretan sustav radi na zadovoljavajući način uz zadane radne uvjete u predviđenom vremenu. To je dakle vjerojatnost da se sustav ponaša prema očekivanju. O pouzdanosti sustava zaključujemo preko pouzdanosti komponenata.

Skup komponenata povezanih u funkcionalnu cjelinu s točno određenom svrhom jest **sustav**. U našem slučaju uzemljivački sustav TS je skup njenih komponenti, tj. uzemljivača same TS, te spojeva visokonaponskih i niskonaponskih vodova koji doprinose smanjenju otpora rasprostiranja uzemljenja cijelog sustava. Dakle,



Slika 1. Sustav uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV

komponenta je cjelina čija se pouzdanost ne može određivati rastavljajući je u dijelove. Rad na zadovoljavajući način jest rad u inženjerskim okvirima u kojima se promatra sustav.

Pouzdanost sustava se u potpunosti određuje s dva osnovna pojma, a to su: **statička pouzdanost** (ili adekvatnost, dostatnost) i **dinamička pouzdanost** (ili sigurnost). Pod pojmom statičke pouzdanosti se podrazumijeva mogućnost pokrivanja ukupnih zahtjeva na sustav vodeći računa o planiranim i neplaniranim prekidima pogona (kvarovima) komponenata sustava, kao i pogonskim ograničenjima sustava i njegovih komponenata. Sustav se u osnovi promatra stacionarno, a analiza obuhvaća sve moguće poremećaje. Pod pojmom dinamičke pouzdanosti se podrazumijeva i sposobnost sustava da ispravno radi i poslije iznenadnih poremećaja nastalih kao posljedica kvarova i ispada komponenata sustava. Dakle, sustav se promatra dinamički, a analizom su obuhvaćeni poremećaji i prilike u sustavu neposredno nakon pojave poremećaja.

Ovakva određenja pouzdanosti podrazumijevaju da je rad sustava i njegovih komponenata uspješan ako tijekom zadanog vremena nisu ispali iz pogona zbog kvarova ili nekih drugih poremećaja. Dakle, tu nije uključena mogućnost popravka i nastavljanja pogona nakon kvara. Zbog toga se promatraju dodatne mjere pouzdanosti koje uključuju sposobnost komponenata i sustava da se nakon kvara poprave i vrate u pogon. Najvažniji pokazatelj pouzdanosti za takav slučaj je **raspoloživost** koja kod popravljivih komponenata i sustava znači dio vremena tijekom dužeg razdoblja u kojem su te komponente ili sustav spremni za pogon ili su u pogonu. Radi se o vjerojatnosti da se komponente ili sustav u slučajno odabranom trenutku tijekom dužeg vremenskog razdoblja u budućnosti ne nalaze u stanju kvara. Različiti pokazatelji pouzdanosti pri tome, kao karakteristike iskazane najčešće vjerojatnošću, nužno pripadaju bilo komponentama pojedinačno, bilo sustavu u cjelini.

Temeljni pristupi u analizi pouzdanosti sustava su: **analitički pristup** (selektivna analiza kvarova, formiranje matematičkog modela, izračunavanje pokazatelja pouzdanosti za svako stanje posebno) i **simulacijski pristup** (iz poznatih funkcija razdiobe kvarova komponenata određujemo pokazatelje pouzdanosti sustava – metoda Monte Carlo).

Općenito se pouzdanost komponente, tj. vjerojatnost zadovoljavajućeg rada komponente, određuje kao statistička vjerojatnost budući da su kvarovi komponenata slučajni događaji. Tako bismo mogli odrediti i pouzdanost komponente, odnosno vjerojatnost da kroz neko, određeno, razdoblje (vrijeme) komponenta ispravno radi. Pustili bismo komponentu da radi i zabilježili protok vremena do trenutka kvara komponente. Zatim bismo komponentu popravili i ponovili postupak. U golemoj većini slučajeva komponenta će ispravno raditi kroz neko vrijeme koje će se razlikovati od prethodnog. Budući da trajanje tog vremena, vremena do kvara komponente, može teoretski poprimiti bilo koju vrijednost veću od nule i manju od beskonačne, prihvaćamo da je vrijeme do kvara komponente kontinuirana slučajna varijabla. Kada bismo zatim mogli odrediti funkciju razdiobe (distribucije) slučajne varijable τ, koja je vrijeme do kvara komponente, dobili bismo vjerojatnost kvara komponente prije isteka vremena t , tj. **nepouzdanost komponente**:

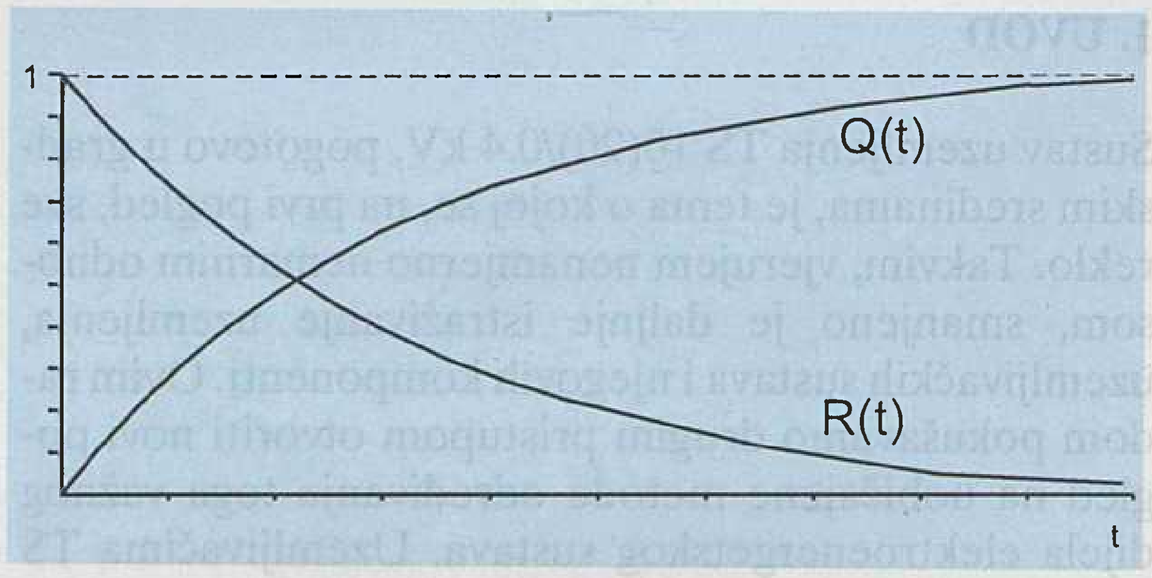
$$Q(t) = P\{\tau \le t\}$$

Tada bismo mogli odredili i vjerojatnost ispravnog rada komponente kroz vrijeme t, tj. **pouzdanost komponente** :

$$R(t) = 1 - Q(t) = P\{\tau \ge t\}$$

gdje je τ vrijeme kroz koje komponenta radi ispravno. Logičan je izraz $R(t) + Q(t) = 1$, jer komponenta ili radi unutar vremena t ili se pokvarila prije isteka vremena t.

Tipičan je oblik funkcije pouzdanosti pokazan na slici 2. Ona opada monotono od vrijednosti R(0)=1 prema nuli kada vrijeme trajanja rada komponente teži prema beskonačnosti. Obrnuto vrijedi za funkciju nepouzdanosti.

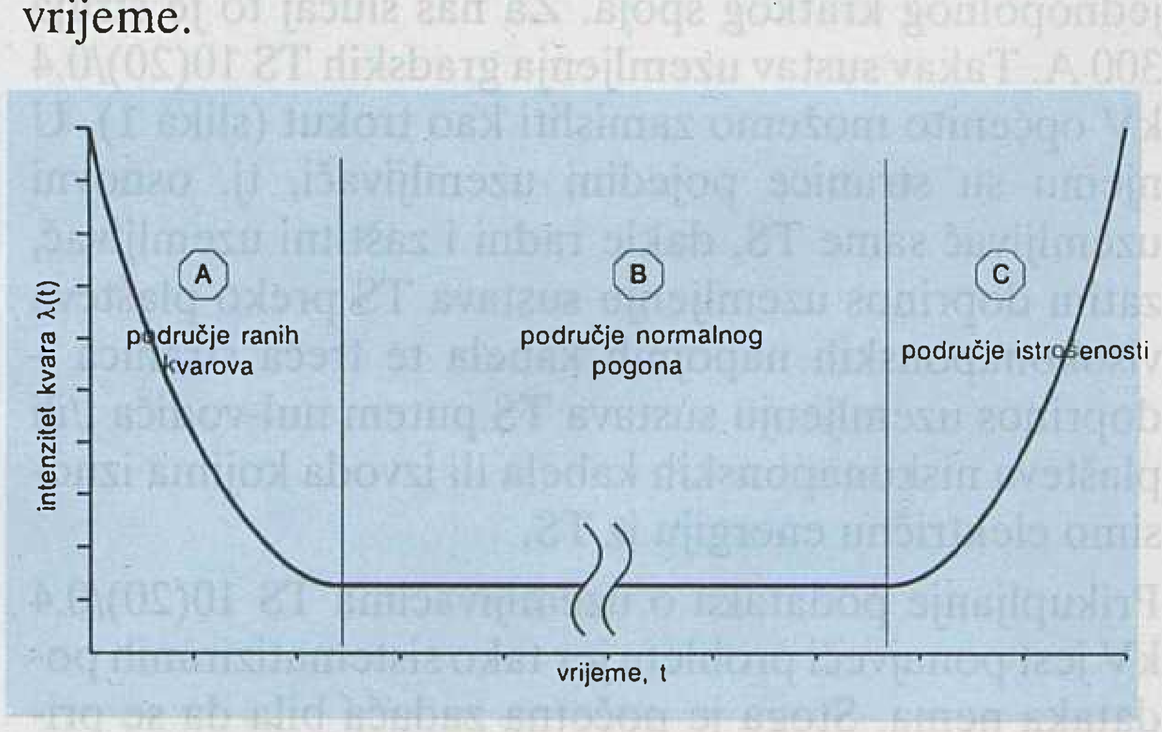


Slika 2. Funkcije pouzdanosti i nepouzdanosti komponente

Pored navedenih, postoje još neke veličine koje karakteriziraju komponentu. To su **intenzitet kvara komponente** $\lambda(t)$ i **srednje vrijeme do kvara** m .

Kako se vidi, a to i sva dostupna literatura iz područja pouzdanosti potvrđuje, u elektroenergetskom sustavu najkorišteniji je eksponencijalni oblik funkcije pouzdanosti i to s konstantnom funkcijom intenziteta kvara.

Na sljedećoj slici vidi se oblik te funkcije u odnosu na vrijeme.



Slika 3. Intenzitet kvara komponente

Prikazana krivulja pokazuje tri vremenska područja u kojima se intenzitet kvara komponente (ili sustava) ponaša po bitno drukčijim zakonima. Prvo područje (A) određuje visok intenzitet kvarova koji eksponencijalno pada. To se objašnjava činjenicom kvarova koji nastaju u probnoj fazi uporabe dok se sustav ne uhoda, tj. dok se ne otklone "dječje bolesti" . Elektroenergetski sustav čine komponente za koje se s dovoljnom točnošću može uzeti da područje ranih kvarova završava s testiranjima i probnim pogonom, dakle, s prvih nekoliko stotina sati rada, što je zanemarivo u odnosu na višegodišnji pogon (područje B) koji se i godišnje mjeri tisućama sati rada ili pripravnosti za rad. S druge strane, područje istrošenosti (područje C) odgađa se redovitim pregledima, zamjenama, održavanjima i remontima, te nastupa pri samom kraju životnog vijeka koji je u pravilu vrlo dug. Treće područje (C) pokazuje tendenciju eksponencijalnog porasta broja kvarova, a to je posljedica starenja i trošenja komponenti. Zbog svega toga se, sa zadovoljavajućom točnošću, područje promatranja komponenti i sustava ograničava na područje normalne eksploatacije (područje B). Kako je u tom periodu intenzitet kvara konstantan, karakteristične veličine pouzdanosti dane su sljedećim izrazima:

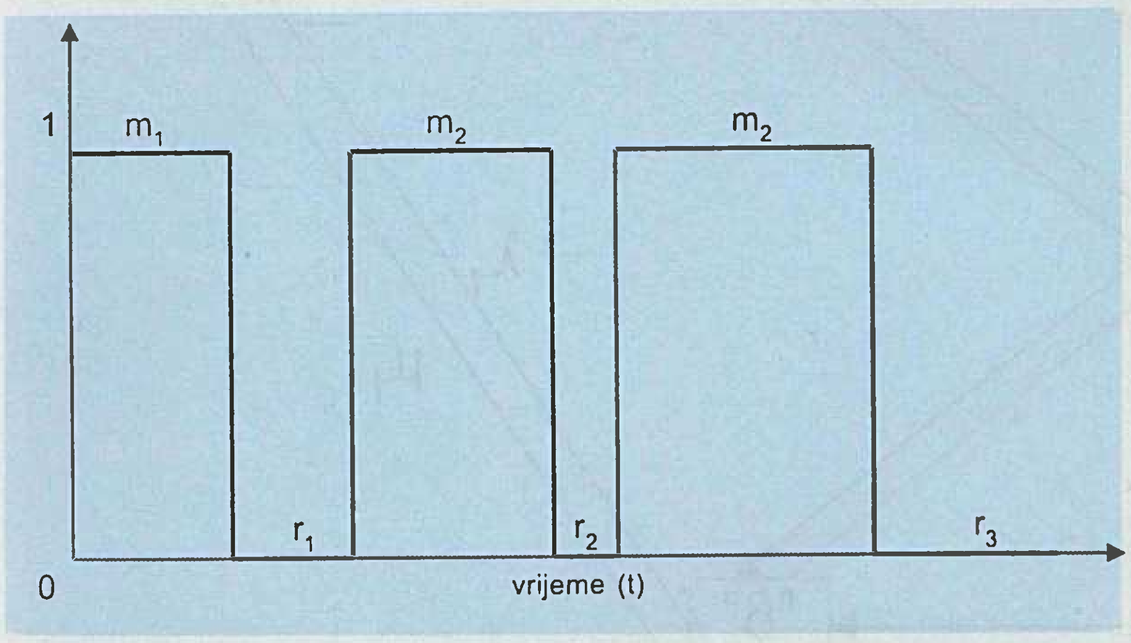
$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda \cdot dt} = e^{-\lambda \cdot t}$ - pouzdanost

$q(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ - funkcija gustoće vjerojatnosti kvara

$Q(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}$ - nepouzdanost

$m = \frac{1}{\lambda}$ - srednje vrijeme do kvara

Komponenta elektroenergetskog sustava je prava obnovljiva komponenta koja radi ispravno do nastupa kvara. Nakon toga komponenta se isključuje iz pogona i popravlja ili zamjenjuje novom. Smatra se da je stanje komponente nakon popravka identično stanju prije kvara. Tako se životni vijek komponente produžava i vremenski tijek komponente predstavlja cikličnu funkciju dvaju stanja, rada i popravka. Sljedeća slika pokazuje tijek životnog ciklusa obnovljive komponente.



Slika 4. Funkcija rada komponente

Pretpostavka je kako je vrijeme trajanja ispravnog rada slučajna veličina s poznatom funkcijom razdiobe kao i da je vrijeme trajanja popravka slučajna veličina. Elementi elektroenergetskog sustava spadaju u skupinu obnovljivih komponenata (npr. elementi uzemljivača i dr.) i kod njih se uvodi pojam funkcije raspoloživosti.

Stacionarna raspoloživost *A(t)* predstavlja matematičku vjerojatnost da će komponenta ili sustav raditi u trenutku promatranja. Na prethodnoj slici prikazana je funkcija rada jedne takve obnovljive komponente. Ističu se periodi rada, prikazani vremenom ispravnog rada m_i, u odnosu na periode kvara prikazanih vremenom popravka r_i. Iz toga slijedi **prosječno (srednje) vrijeme trajanja ispravnog rada** (do kvara) m:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i}{n}$$

Ako promatramo komponentu kroz dulji vremenski period, bit ćemo u mogućnosti odrediti i **prosječno (srednje) vrijeme popravka** r:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_i}{n}$$

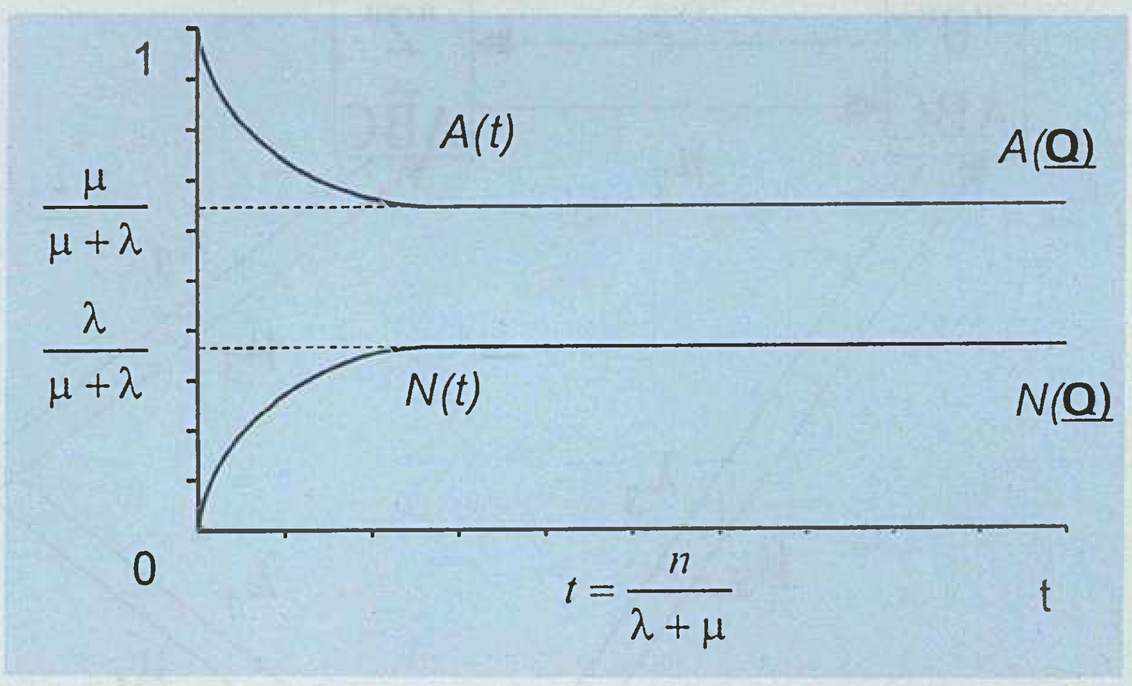
Tijekom životne dobi obnovljive komponente (uzemljivača), razdoblja rada i popravka slučajne su veličine sa svojim funkcijama razdiobe. Na temelju tih funkcija razdiobe mogu se odrediti očekivana (srednja) vremena trajanja rada i popravka koja su jednaka onim u prethodnim izrazima. Literatura [2] daje sljedeći izraz za **stacionarnu raspoloživost komponente**:

$$A = \frac{m}{m+r}$$

Stacionarna neraspoloživost komponente tada je:

$$N = 1 - A = \frac{r}{m+r}$$

Raspoloživost i neraspoloživost komponente imaju svoju konačnu vrijednost kada vrijeme promatranja komponente raste u velike vrijednosti. To se vidi na sljedećoj slici.



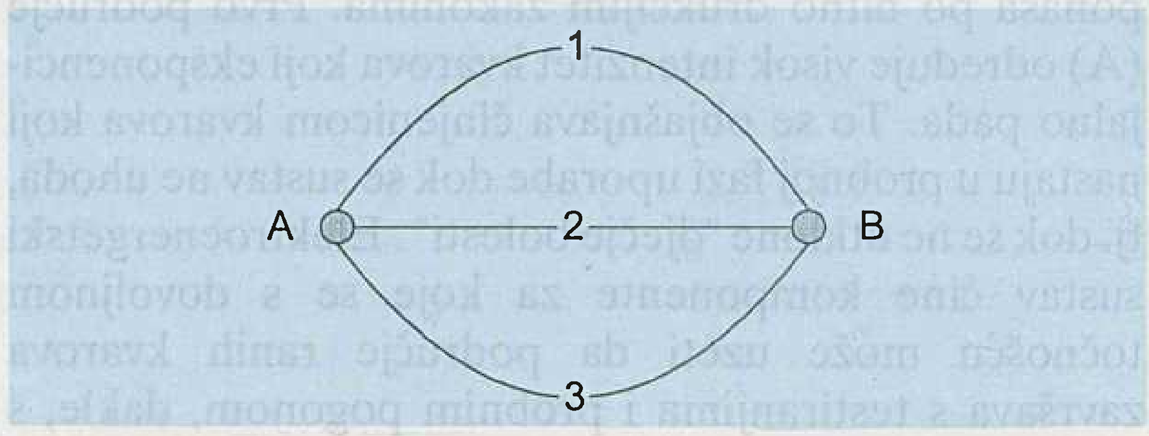
Slika 5. Funkcija raspoloživosti i neraspoloživosti komponente

3. MODEL SUSTAVA S TRI KOMPONENTE (UZEMLJENJE TS)

Razmatranja provedena u prethodnom poglavlju, mogu se primijeniti na bilo koji broj neovisnih komponenata, koje su povezane u bilo kakav funkcionalni sus-

tav poznate strukture, čiji se rad u potpunosti može prikazati nizom stanja u prostoru stanja, odnosno modelom stanja i prijelaza između tih stanja. Uz navedeno, još je jedini uvjet da su poznate vrijednosti stacionarne raspoloživosti i neraspoloživosti komponenata, ili točnije, stacionarne vjerojatnosti stanja svake od komponenata. Stacionarne vjerojatnosti stanja, raspoloživosti ili neraspoloživosti sustava, izvode se direktno iz stacionarnih vjerojatnosti stanja, raspoloživosti i neraspoloživosti komponenata, već prema stanjima komponenata, te kombinaciji ili grupi stanja sustava, koja u prostoru stanja znači raspoloživost ili neraspoloživost sustava. To znači da se uvijek mora voditi računa o specifičnoj građi sustava i njegovim funkcionalnim karakteristikama, jer je samo tako moguće u prostoru svih mogućih stanja iste isticati i grupirati prema određenim kriterijima, npr. kriterijima uspješnog rada.

Konačno, da prikažemo navedeno, poslužit ćemo se sustavom uzemljivača gradske KTS 10(20)/0.4 kV, tj. trima komponentama (uzemljivač TS - 1, uzemljivač susjednih TS preko VN kabela – 2, i uzemljivač niskog napona preko nul-vodiča - 3). Model pouzdanosti sustava je prikazan na sljedećoj slici:



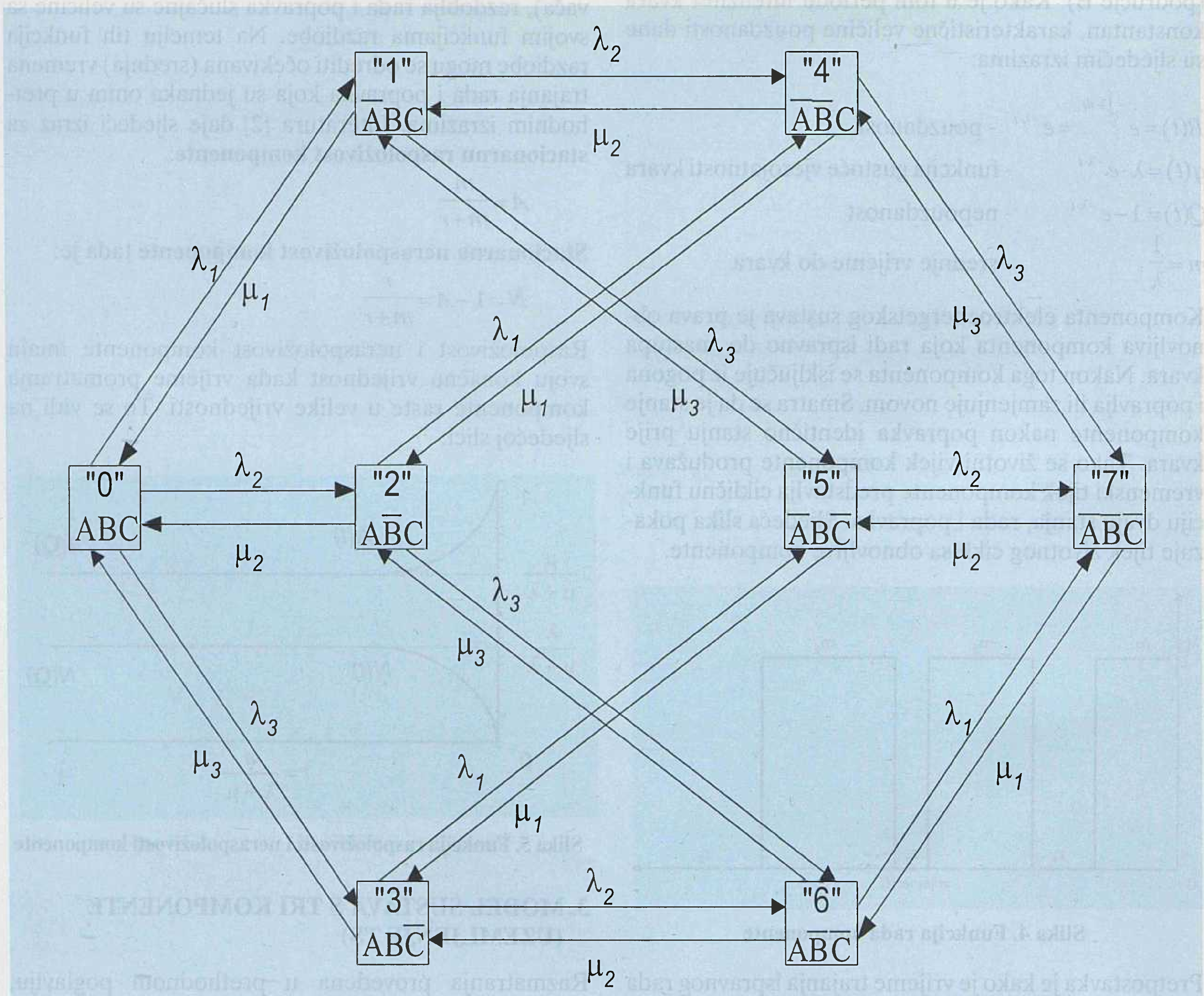
Slika 6. Model sustava uzemljenja TS s tri komponente

Poznate **stacionarne vrijednosti raspoloživosti i neraspoloživosti komponenata** su:

$$A_1(\infty)=\frac{\mu_1}{\lambda_1+\mu_1} \quad A_2(\infty)=\frac{\mu_2}{\lambda_2+\mu_2} \quad A_3(\infty)=\frac{\mu_3}{\lambda_3+\mu_3}$$

$$N_1(\infty)=\frac{\lambda_1}{\lambda_1+\mu_1} \quad N_2(\infty)=\frac{\lambda_2}{\lambda_2+\mu_2} \quad N_3(\infty)=\frac{\lambda_3}{\lambda_3+\mu_3}$$

Sva stanja prostora i međuveze tih stanja možemo vidjeti na sljedećoj slici:



Slika 7. Model uzemljenja TS s tri komponente

Vjerojatnosti stanja takvog sustava u prostoru stanja dana su u sljedećoj tablici.

Tablica 1. Stanja sustava prema slici 7

Redni broj	Stanje sustava	Stanje komponente* 1.	2.	3.	Vjerojatnosti stanja sustava	Frekvencije stanja sustava
1.	"0"	1	1	1	$P_{"0"} = A_1A_2A_3$	$f_{"0"} = f_1A_2A_3 + f_2A_1A_3 + f_3A_1A_2$
2.	"1"	0	1	1	$P_{"1"} = N_1A_2A_3$	$f_{"1"} = f_1A_2A_3 + f_2N_1A_3 + f_3N_1A_2$
3.	"2"	1	0	1	$P_{"2"} = A_1N_2A_3$	$f_{"2"} = f_1N_2A_3 + f_2A_1A_3 + f_3A_1N_2$
4.	"3"	1	1	0	$P_{"3"} = A_1A_2N_3$	$f_{"3"} = f_1A_2N_3 + f_2A_1N_3 + f_3A_1A_2$
5.	"4"	0	0	1	$P_{"4"} = N_1N_2A_3$	$f_{"4"} = f_1N_2A_3 + f_2N_1A_3 + f_3N_1N_2$
6.	"5"	0	1	0	$P_{"5"} = N_1A_2N_3$	$f_{"5"} = f_1A_2N_3 + f_2N_1N_3 + f_3N_1A_2$
7.	"6"	1	0	0	$P_{"6"} = A_1N_2N_3$	$f_{"6"} = f_1N_2N_3 + f_2A_1N_3 + f_3A_1N_2$
8.	"7"	0	0	0	$P_{"7"} = N_1N_2N_3$	$f_{"7"} = f_1N_2N_3 + f_2N_1N_3 + f_3N_1N_2$

* 1 - komponenta u stanju ispravnosti; 0 - komponenta u stanju kvara

Izraz za **stacionarnu raspoloživost** sustava glasi:

$$A(\infty) = A_1(\infty)A_2(\infty)A_3(\infty) = \frac{\mu_1\mu_2\mu_3}{(\lambda_1+\mu_1)(\lambda_2+\mu_2)(\lambda_3+\mu_3)}$$

Frekvencija kvara takvog sustava je:

$$f = f_1N_2N_3 + f_2N_1N_3 + f_3N_1N_2$$

a **srednje vrijeme popravka kvara** tog sustava je:

$$r = \frac{r_1r_2r_3}{r_1r_2 + r_2r_3 + r_1r_3} = \frac{1}{\mu_1+\mu_2+\mu_3}$$

Frekvencije pojedinih stanja se mogu vidjeti u tablici 1, a vrijeme boravka u svakom stanju je:

$$m = T_{"0"} = \frac{1}{\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3},\quad T_{"1"} = \frac{1}{\mu_1+\lambda_2+\lambda_3},$$

$$T_{"2"} = \frac{1}{\mu_2+\lambda_1+\lambda_3},\quad T_{"3"} = \frac{1}{\mu_3+\lambda_1+\lambda_2},$$

$$T_{"4"} = \frac{1}{\mu_1+\mu_2+\lambda_3},\quad T_{"5"} = \frac{1}{\mu_1+\mu_3+\lambda_2},$$

$$T_{"6"} = \frac{1}{\lambda_1+\mu_2+\mu_3},\quad r = T_{"7"} = \frac{1}{\mu_1+\mu_2+\mu_3}$$

4. PRORAČUN KARAKTERISTIČNIH VELIČINA POUZDANOSTI

a) Karakteristične veličine pouzdanosti komponenata uzemljivača transformatorske stanice 10(20)/0.4 kV

a1) *Uzemljivači susjednih TS preko plašteva napojnih visokonaponskih kabela*

Ulazne veličine:

- 279 KTS-ova u gradu Osijeku
- 497 vodova 10 kV (KDV-a) (N)
- ukupne duljine 182 km
- 12 kvarova godišnje (n) (promatrajući samo kvar na kabel glavi, spojnici, građevinsko oštećenje ili bilo koji sličan kvar koji za posljedicu ima potpuni fizički prekid VN kabela dakle i prekid spoja sa uzemljivačem TS)
- srednje vrijeme trajanja kvara 60 sati godišnje po svim VN kabelima u gradu Osijeku godišnje.

Ako je "n" broj kvarova (prekida) svih VN kabela prosječno 12, u gradu Osijeku, to je dakle intenzitet takvih kvarova $\frac{12}{1.82} = 6.59$ na 100 km gradske visokonaponske kabelske mreže godišnje.

Učestalost kvarova (potpunog prekida kabela) računamo po izrazu:

$$f = \frac{n}{N\cdot T} = \frac{12}{497\cdot 1} = 2.4145\cdot 10^{-2}\,(1/god)$$

Srednje vrijeme trajanja kvara (r) je prosječno 60 sati po godini, pa je broj sati pogona (srednje vrijeme ispravnog rada), m=8760-60=8700 sati po godini u gradu Osijeku.

Slijedi stacionarna raspoloživost (vjerojatnost ispravnosti) VN komponente:

$$A = \frac{m}{m+r} = \frac{8700}{8760} = 0.993151$$

pa je intenzitet kvara jednog VN kabela kao komponente uzemljivačkog sustava:

$$\lambda = \frac{f}{A} = \frac{0.024145}{0.993151} = 0.024312(1/god)$$

Poznavajući stacionarnu raspoloživost, stacionarna neraspoloživost (vjerojatnost kvara) je:

$$N = 1 - A = 1 - 0.993151 = 6.849\cdot 10^{-3}$$

pa je intenzitet popravka jednog VN kabela:

$$\mu = \frac{f}{N} = \frac{0.024145}{0.007} = 3.5253(1/god).$$

a2) *Uzemljivači NN mreže preko nul-vodiča i plašteva niskonaponskih kabela*

Ulazne veličine:

- 279 KTS-ova u gradu Osijeku

- 1953 NN kabelskih vodova (N)
- ukupne duljine 488 km
- 36 kvarova (potpunog prekida) godišnje (n) (promatran samo kvar na kabel glavi, spojnici, građevinsko oštećenje ili bilo koji sličan kvar koji za posljedicu ima potpuni fizički prekid NN kabela, dakle i prekid spoja sa uzemljivačem TS)
- srednje vrijeme trajanja kvara 72 sata godišnje po svim NN kabelima u gradu Osijeku godišnje.

Ako je "n" broj kvarova (prekida) svih NN kabela prosječno 36, u gradu Osijeku, to je dakle intenzitet takvih kvarova $\frac{36}{4.88} = 7.38$ na 100 km kabelske niskonaponske mreže godišnje.

Učestalost kvarova (potpunog prekida kabela) računamo po izrazu:

$$f = \frac{n}{N \cdot T} = \frac{36}{1953 \cdot 1} = 1.8433 \cdot 10^{-2} \, (1/god)$$

Srednje vrijeme trajanja kvara (r) je prosječno 72 sata po godini i svim NN kabelima (izvodima), pa je broj sati pogona (srednje vrijeme ispravnog rada, m=8760-72=8688 sati po godini u gradu Osijeku.

Slijedi stacionarna raspoloživost (vjerojatnost ispravnosti) NN komponente:

$$A = \frac{m}{m+r} = \frac{8688}{8760} = 0.991781$$

pa je intenzitet kvara jednog NN kabela kao komponente uzemljivačkog sustava:

$$\lambda = \frac{f}{A} = \frac{0.018433}{0.991781} = 1.8586 \cdot 10^{-12} \, (1/god)$$

Poznavajući stacionarnu raspoloživost, stacionarna neraspoloživost (vjerojatnost kvara) je:

$$N = 1 - A = 1 - 0.991781 = 8.219 \cdot 10^{-3}$$

pa je intenzitet popravka jednog NN kabela:

$$\mu = \frac{f}{N} = \frac{0.018433}{0.008219} = 2.24273 (1/god).$$

a3) *Združeni (radni i zaštitni) uzemljivač – osnovni uzemljivač transformatorske stanice*

Ulazne veličine:

- 279 KTS-ova u gradu Osijeku (N)
- procjena je 0.3 kvara godišnje (n) (prekida trake za uzemljenje, spoja na prsten i slično kao posljedica građevinskog oštećenja, oslabljenja mehaničkog i/ili električkog spoja, uključivo prekid zbog mjerenja otpora uzemljenja)
- procijenjeno prosječno srednje vrijeme trajanja kvara 0.9 sati po godini u gradu Osijeku.

Ako je "n" broj kvarova (prekida) na uzemljivačkim trakama radnog i/ili zaštitnog (osnovnog) uzemljivača TS, procijenjen na prosječno 0.3 u gradu Osijeku, to je dakle intenzitet takvih kvarova $\frac{0.3}{2.79} = 0.10753$ na 100 TS-a godišnje.

Učestalost kvarova (potpunog prekida spoja s uzemljenjem TS) računamo po izrazu:

$$f = \frac{n}{N \cdot T} = \frac{0.3}{279 \cdot 1} = 1.07527 \cdot 10^{-3} \, (1/god)$$

Srednje vrijeme trajanja kvara (r) je procijenjeno na prosječno 0.9 sati po godini, pa je broj sati pogona (srednje vrijeme ispravnog rada), m=8760-0.9=8759.1 sati po godini u gradu Osijeku.

Slijedi stacionarna raspoloživost (vjerojatnost ispravnosti) te komponente uzemljivačkog sustava:

$$A = \frac{m}{m+r} = \frac{8759.1}{8760} = 0.999897$$

pa je intenzitet kvara ovog uzemljivača TS kao komponente uzemljivačkog sustava:

$$\lambda = \frac{f}{A} = \frac{0.00107527}{0.999897} = 1.07538 \cdot 10^{-3} \, (1/god)$$

Poznavajući stacionarnu raspoloživost, stacionarna neraspoloživost (vjerojatnost kvara) je:

$$N = 1 - A = 1 - 0.999897 = 1.03 \cdot 10^{-4}$$

pa je intenzitet popravka osnovnog uzemljivača jedne TS:

$$\mu = \frac{f}{N} = \frac{0.00107527}{0.000103} = 10.4395 (1/god).$$

b) Karakteristične veličine pouzdanosti sustava uzemljenja TS s tri komponente

Ulazne veličine komponenti:

1. osnovni uzemljivač TS :
   - $f_1 = 1.07527\ 10^{-3}$ *(1/god)*
   - $A_1 = 0.999897$
   - $\lambda_1 = 1.07538\ 10^{-3}$ *(1/god)*
   - $N_1 = 1.03\ 10^{-4}$
   - $\mu_1 = 10.4395$ *(1/god)*
2. uzemljivač susjednih TS preko VN kabela:
   - $f_2 = 2.4145\ 10^{-2}$ *(1/god)*
   - $A_2 = 0.993151$
   - $\lambda_2 = 2.4312\ 10^{-2}$ *(1/god)*
   - $N_2 = 6.849\ 10^{-3}$
   - $\mu_2 = 3.5253$ *(1/god)*
3. uzemljivači NN mreže preko NN izvoda:
   - $f_3 = 1.8433\ 10^{-2}$ *(1/god)*
   - $A_3 = 0.991781$
   - $\lambda_3 = 1.8587\ 10^{-2}$ *(1/god)*
   - $N_3 = 8.219\ 10^{-3}$
   - $\mu_3 = 2.2427$ *(1/god)*.

b1) *Ako promatramo ovaj sustav s ispravnim komponentama (stanje "0"), karakteristične veličine pouzdanosti su sljedeće:*

Frekvencija (učestalost) kvarova sustava uzemljenja s tri komponente je:

$$f = f_1 A_2 A_3 + f_2 A_1 A_3 + f_3 A_1 A_2 = 4.3308 \cdot 10^{-2} (1/god)$$

Stacionarna raspoloživost (vjerojatnost ispravnosti) ovog sustava iznosi:

$$A = A_1 A_2 A_3 = 0.98489$$

Srednje vrijeme trajanja kvara ovog sustava je:

$$m = T = \frac{1}{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3} = 22.741 (sati/god)$$

Intenzitet kvara uzemljivačkog sustava kao cjeline je:

$$\lambda = \frac{f}{A} = 4.3972 \cdot 10^{-2} (1/god)$$

Stacionarna neraspoloživost (vjerojatnost kvara) sustava iznosi :

$$N = 1 - A = 1.511 \cdot 10^{-2}$$

I intenzitet popravka uzemljivačkog sustava iznosi:

$$\mu = \frac{f}{N} = 2.8662 \quad (1/god).$$

b2) *Ako promatramo sustav u stanju kvara jedne komponente, npr. NN izvoda (3. komponenta, stanje "3"), karakteristične veličine pouzdanosti su sljedeće:*

Frekvencija (učestalost) kvarova sustava uzemljenja u tom stanju je:

$$f = f_1 A_2 N_3 + f_2 A_1 N_3 + f_3 A_1 A_2 = 1.8512 \cdot 10^{-2} (1/god)$$

Vjerojatnost stanja sustava iznosi:

$$P_{"3"} = A_1 A_2 N_3 = 8.1619 \cdot 10^{-3}$$

Vrijeme boravka u ovom stanju je:

$$T_{"3"} = \frac{1}{\mu_3 + \lambda_1 + \lambda_2} = 0.4409 \quad (sati/god)$$

Intenzitet kvara uzemljivačkog sustava u ovom stanju je:

$$\lambda = \frac{f}{A} = 2.2681 \quad (1/god)$$

I intenzitet popravka uzemljivačkog sustava u ovakvom stanju iznosi:

$$\mu = \frac{f}{N} = 1.8664 \cdot 10^{-2} \quad (1/god).$$

b3) *Ako promatramo sustav u stanju kvara dvije komponente, npr. VN kabela i NN izvoda (2. i 3. komponenta, stanje "6"), karakteristične veličine pouzdanosti su sljedeće:*

Frekvencija (učestalost) kvarova sustava uzemljenja u tom stanju je:

$$f = f_1 N_2 N_3 + f_2 A_1 N_3 + f_3 A_1 N_2 = 3.472 \cdot 10^{-4} (1/god)$$

Vjerojatnost ovog stanja sustava iznosi:

$$P_{"6"} = A_1 N_2 N_3 = 5.6286 \cdot 10^{-5}$$

Vrijeme boravka u ovom stanju je:

$$T_{"6"} = \frac{1}{\lambda_1 + \mu_2 + \mu_3} = 0.17334 \quad (sati/god)$$

Intenzitet kvara uzemljivačkog sustava u ovom stanju je:

$$\lambda = \frac{f}{A} = 5.7691 \quad (1/god)$$

I intenzitet popravka uzemljivačkog sustava u ovakvom stanju iznosi:

$$\mu = \frac{f}{N} = 3.2474 \cdot 10^{-4} \quad (1/god).$$

b4) *Karakteristične veličine pouzdanosti sustava u svim stanjima, tj. u svim kombinacijama kvarova komponenti (prema tablici 1 i pripadajućim izrazima) dane su u sljedećoj tablici:*

Tablica 2. Karakteristične veličine pouzdanosti za sustav uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV s tri komponente

Red. broj	Stanje sustava	Stanje komponente 1.	2.	3.	Frekvencije stanja sustava (1/god.)	Stac. raspoloživost (vjeroj. ispravnosti)	Vrijeme boravka u stanju T (sati/god.)	Intenzitet kvara (1/god.)	Vjerojatnost kvara	Intenzitet popravka (1/god.)
1.	"0"	1	1	1	$4.3308\ 10^{-2}$	A = 0.98489	m = 22.741	$4.3972\ 10^{-2}$	$1.511\ 10^{-2}$	2.8662
2.	"1"	0	1	1	$1.0635\ 10^{-3}$	$P_{"1"} = 1.0145\ 10^{-4}$	$9.5398\ 10^{-2}$	10.483	0.9999	$1.0636\ 10^{-3}$
3.	"2"	1	0	1	$2.4078\ 10^{-2}$	$P_{"2"} = 6.792\ 10^{-3}$	0.28209	3.5451	0.99321	$2.4243\ 10^{-2}$
4.	"3"	1	1	0	$1.8512\ 10^{-2}$	$P_{"3"} = 8.1619\ 10^{-3}$	0.4409	2.2681	0.99184	$1.8664\ 10^{-2}$
5.	"4"	0	0	1	$9.7835\ 10^{-6}$	$P_{"4"} = 6.9965\ 10^{-7}$	$7.1513\ 10^{-2}$	13.983	0.9999994	$9.7835\ 10^{-6}$
6.	"5"	0	1	0	$1.0683\ 10^{-5}$	$P_{"5"} = 8.4076\ 10^{-7}$	$7.87\ 10^{-2}$	12.706	0.99999916	$1.0683\ 10^{-5}$
7.	"6"	1	0	0	$3.2472\ 10^{-4}$	$P_{"6"} = 5.6286\ 10^{-5}$	0.17334	5.7691	0.99994	$3.2474\ 10^{-4}$
8.	"7"	0	0	0	$9.3973\ 10^{-8}$	$N = 5.7981\ 10^{-9}$	$r = 6.17\ 10^{-2}$	16.208	0.999999995	$9.3973\ 10^{-8}$

Napomena. - 1 - komponenta u stanju ispravnosti; 0 - komponenta u stanju kvara
- komponenta 1. – osnovni uzemljivač
- komponenta 2. - uzemljivač susjednih TS preko VN kabela
- komponenta 3. – uzemljivači NN mreže preko NN izvoda.

4. ZAKLJUČAK

Analizom dostupnih podataka iz dnevnika operatora mreže 10 i 0.4 kV, u gradu Osijeku, posljednjih pet godina, prosječno godišnje se događa 12 potpunih prekida visokonaponskog kabela. Također je analizom zapisa o prekidima ustanovljeno da oni prosječno traju 5 sati po prekidu. Za niskonaponsku mrežu istovrsni podaci su sljedeći: prosječno 36 prekida godišnje s dva sata trajanja prekida. Kvarovi osnovnog uzemljivačkog sustava TS su: prosječno 0.3 kvara godišnje s 0.9 sati trajanja kvara godišnje.

Prethodno poglavlje predočava proračun kojim se pokazuju vrijednosti karakterističnih veličina pouzdanosti komponenata i sustava uzemljenja TS. Po učestalosti kvarova prvi je VN kabel s 2.41 u 100 godina, a zadnji osnovni uzemljivač TS s 1.07 u 1000 godina, iako NN kabeli imaju veći intenzitet od 7.38 na 100 km NN mreže godišnje od VN kabela s 6.59 na 100 km. Razlog je u tome što je NN kabela gotovo 4 puta više od VN kabela.

Po stacionarnoj raspoloživosti, tj. vjerojatnosti ispravnosti, najbolji je naravno osnovni uzemljivač s 99.989 % vjerojatnošću ispravnosti, slijedi VN kabel s 99.31 %, te NN kabel s 99.18 %.

Po intenzitetu kvara prvi je VN kabel s 2.43 kvara u 100 godina, slijedi NN kabel s 1.86 kvarova u 100 godina, a najbolji je osnovni uzemljivač TS s 1.07 kvarova u 1000 godina.

Najveći intenzitet popravka ima osnovni uzemljivač TS s 10.44, slijedi VN kabel s 3.53, pa NN kabel s 2.24 popravka godišnje, što znači da se VN kabel gotovo 3 puta, a NN kabel nešto manje od 5 puta lošije popravlja od osnovnog uzemljivača. Time je slikovitije prikazana vjerojatnost ispravnosti, a potvrđene velike razlike komponenti sustava uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV u intenzitetu kvara.

Kada promatramo sustav uzemljenja TS 10(20)/0.4 kV kao paralelni spoj sve tri komponente (tablica C2), ističu se dva ekstrema. Prvi je u stanju sustava "0" kada su sve tri komponente ispravne (što je i normalno željeno stanje koje se održava popravcima kod kvara i redovnim održavanjem) sa stacionarnom raspoloživošću od 98.49 %, s mogućim srednjim vremenom trajanja kvara od 22.74 sata godišnje, intenzitetom kvara od 4.4 kvara u 100 godina i intenzitetom popravka od 2.87. Ističe se frekvencija tog stanja od 4,33 u 100 godina. Drugi ekstrem je kada su sve tri komponente sustava uzemljenja u kvaru (što je i teoretski nemoguće jer je to slučaj kada TS uopće nije u nikakvom pogonu, tj. ne postoji kao elektroenergetski objekt) no i za to stanje pouzdanost daje veličine.

Stanje s kvarom samo osnovnog uzemljivača ima frekvenciju od 1.06 kvarova u 1000 godina, s kvarom samo VN kabela od 2.41, a stanje s kvarom samo NN kabela ima frekvenciju od 1.85 kvarova u 100 godina.

LITERATURA

[1] V. MIKULIČIĆ, M. URBIHA-FEUERBACH: "Analiza pouzdanosti i raspoloživosti u Elektroenergetskom sustavu", I, II, III, IV ETF, Zagreb, 1976.-1977.

[2] S. NIKOLOVSKI: "Osnove analize pouzdanosti elektroenergetskog sustava", ETF, Osijek 1995.

[3] R. BILLINTON, R. N. ALLAN: "Reliabilitty Evaluation of Power Systems", Third Printing, 1990.

[4] R. BILLINTON, R. N. ALLAN: "Reliability of Large Elektric power Systems", 1998.

[5] V. MIKULIČIĆ, Z. ŠIMIĆ, S. NIKOLOVSKI: "Ovisnost raspoloživosti razdjelne mreže o smještaju i šemi TS 110/x kV", Savjetovanje HK CIGRE, Cavtat 1997.

RELIABILITY OF URBAN 10(20)/0.4 kV TS GROUNDING COMPONENTS AND SYSTEM

In the paper a reliability analysis of urban 10(20)/0.4 kV TS grounding components and system is given. The aim is to show the reliability parameters' value of certain components and the whole system. Failure data have been collected and analysed on the existing 10(20)/0.4 kV TS network of the town of Osijek.

ZUVERLÄSSIGKEIT DER BESTANDTEILE DES ERDUNGSSYSTEMS EINES STÄDTISCHEN 10(20)/04 kV UMSPANNWERKES

Die Arbeit stellt die Überprüfung der Zuverlässigkeit von Bestandteilen und von der Gesammtheit des Erdungssystems eines städtischen 10(20)/04 kV Umspannwerkes.

Ziel dieser Arbeit ist die Zuverlässigkeits-Kennzifferwerte einzelner Bestandteile und des ganzen Erdungssystems anzuzeigen. Die Angaben über entstandene Fehler sind am bestehenden Netz der städtischen 10(20)/04 kV Umspannwerke der Stadt Osijek angesammelt, und die Fehler selbst untersucht worden.

Naslov pisca:

Mr. sc. Pavle Filko, dipl. ing.
HEP DP "Elektroslavonija" Osijek
Šet. kard. F. Šepera 1a,
31000 Osijek, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-09-04.

STRATEGIJA ISPITIVANJA CIJEVI PAROGENERATORA PWR NUKLEARNIH ELEKTRANA

Mr. sc. Željko P o s t r u ž i n, Zagreb

UDK 621.039.51:618.1
PREGLEDNI ČLANAK

U radu nuklearne elektrane sigurnost zauzima značajno mjesto. Parogenerator, kao jedna od glavnih komponenata primarnog kruga, igra važnu ulogu u sigurnosti, stabilnosti rada i produktivnosti nuklearne elektrane. Integritet parogeneratora, potrebno je u tom smislu, stalno održavati i time omogućiti visok stupanj raspoloživosti rada elektrane.
Za postizanje tog cilja, potrebno je provesti različite aktivnosti pregleda i održavanja komponenti za vrijeme redovitih prekida rada elektrane.
Dosadašnje iskustvo pokazuje da su PWR[1] parogeneratori vrlo osjetljivi zbog oštećenja cijevi različitim mehanizmima. Periodična ispitivanja parogeneratora, jednako kao i inicijalna ispitivanja, osnovne su aktivnosti za postizanje spomenutih ciljeva.

Ključne riječi: parogenerator, vrtložne struje, ispitivanje, propisi.

1. ISPITIVANJE PAROGENERATORA

Pod pojmom "ispitivanje parogeneratora" podrazumijeva se ispitivanje cijevi i cijevne stijene parogeneratora. Cilj ispitivanja je saznanje o integritetu cijevi i cijevne stijene parogeneratora s aspekta mogućih oštećenja, koja bi mogla biti uzrokom potencijalnog propuštanja primarnog hladioca u sekundarni krug elektrane. S tom svrhom primjenjuje se, kao najefikasnija, metoda ispitivanja pomoću vrtložnih struja.

2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA DEFINIRANJE STRATEGIJE ISPITIVANJA

Strategija pogonskog ispitivanja igra vrlo važnu ulogu u radu svake pojedine nuklearne elektrane. Pri tom treba uzeti u razmatranje mnogo čimbenika, kao što su:

- nacionalni propisi
- tehnička specifikacija određene nuklearne elektrane
- pogonsko iskustvo (iznenadni zastoji zbog curenja cijevi parogeneratora ili njihovog puknuća, status kondenzatorskih cijevi, kemijska kontrola hladioca, različiti neželjeni događaji za vrijeme rada parogeneratora, itd.)
- primijenjena tehnika ispitivanja vrtložnim strujama (bobbin[2] sonde, rotirajuće sonde, sonde s nizom zavojnica, itd.)
- rezultati ispitivanja (npr. baza podataka od prethodnih ispitivanja)
- rezultati istraživanja (istraživanja koja se odnose na izvađene cijevi iz parogeneratora, širenje mehanizama oštećenja, saznanja o uzrocima oštećenja, lokacijama oštećenja, itd.)
- pristup kriterijima čepljenja (opći kriterij prema dubini oštećenja, specifični kriterij lokacije)
- radno iskustvo drugih sličnih elektrana.

3. PODJELA ISPITIVANJA PWR PAROGENERATORA

Osnovno ispitivanje

Osnovno ispitivanje provodi se nakon instalacije parogeneratora, a prije uključenja u pogon. Rezultati, dobiveni osnovnim ispitivanjem, daju uvid o mogućim oštećenjima nastalim prigodom proizvodnje i za vrijeme instalacije parogeneratora.

Prvo pogonsko ispitivanje nakon osnovnog ispitivanja

Svrha prvog pogonskog ispitivanja je prikupljanje informacija o:

- oštećenjima cijevi nastalim prilikom proizvodnje, te o ostalim oštećenjima cijevi pronađenim tijekom osnovnog ispitivanja.
- mogućoj pojavi različitih tipova oštećenja cijevi nastalih nakon osnovnog ispitivanja.

Dobiveni rezultati daju osnovne podatke za planiranje sljedećih ispitivanja.

---

[1] PWR- Pressurized Water Reactor (nuklearne elektrane s tlačnovodnim reaktorima)

[2] "Bobbin "sonda - klasična sonda za ispitivanje cijevi parogeneratora, radi u diferencijalnom i apsolutnom režimu, sastoji se od dvije zavojnice namotane po obodu tijela sonde.

Sljedeća pogonska ispitivanja

Pogonskim ispitivanjima prikupljaju se informacije, kao što su:

- stupanj porasta oštećenja cijevi nastalih u radu parogeneratora između dva ispitivanja
- moguća pojava novih oštećenja cijevi nastalih u radu parogeneratora između dva ispitivanja.

Pri pogonskom ispitivanju rezultati se mogu klasificirati u dvije osnovne skupine, a to je postojanje ili nepostojanje aktivnog mehanizma[3] oštećenja cijevi.

Stečena iskustva ispitivanja PWR parogeneratora, te uz to postojeći propisi, čine bazu za određivanje strategije ispitivanja.

4. ISKUSTVA ISPITIVANJA PWR PAROGENERATORA METODOM VRTLOŽNIH STRUJA

Postoji nekoliko tipova poznatih mehanizama oštećenja[4] cijevi PWR parogeneratora. Načelno mogu biti podijeljeni u dvije glavne grupe:

Mehanički mehanizmi oštećenja

- *Trošenje* – volumno odnošenje materijala uzrokovano mehaničkim utjecajem kontakta dvaju materijala;
- *Zamor* – degradacija materijala nastala širenjem oštećenja u materijalu uslijed promjenljivog mehaničkog opterećenja;
- *Abrazija* – oblik erozije (gubitak materijala) uzrokovan udarom čestica krutina i/ili tekućina o površinu materijala.

Kemijski mehanizmi oštećenja

- *Međugranularni napad* – oštećenje uslijed korozije koje se širi po granicama zrna u materijalu;
- *Jamičasta korozija* – korozijski proces uzrokovan lokalnim galvanskim razlikama potencijala u cijevima i neravnomjernom brzinom korodiranja površine;
- *Stanjenje* – volumetrijsko odnošenje materijala cijevi, lokalna korozija uzrokovana kemijskim procesom uz prisustvo fosfatne kiseline;
- *PWSCC (Primary Water Stress Corrosion Cracking)* – stvaranje pukotine uslijed naponske korozije na primarnoj strani cijevi.

Intenzitet određenog mehanizma oštećenja ovisi o nekoliko čimbenika, kao što su:

1. kemija vode
2. uvjeti (režim) rada
3. položaj cijevi u cijevnom snopu
4. položaj oštećenja na cijevi
5. svojstva materijala cijevi
6. proces proizvodnje parogeneratora.

Uzimajući u obzir morfologiju, oštećenje može biti prepoznato kao:

- pukotina (međugranularni napad, PWSCC)
- površinski gubitak materijala (trošenje, stanjenje)
- volumno oštećenje (jamičasta korozija).

Promatrajući s aspekta strategije ispitivanja, vrlo je važno kakvo je ponašanje mehanizama oštećenja. Tako je moguće prepoznati dva tipa mehanizama oštećenja:

1. aktivni mehanizmi oštećenja
2. ne aktivni mehanizmi oštećenja.

Informacije o postojećim mehanizmima oštećenja mogu biti prikupljene korištenjem različitih tehnika ispitivanja metodom vrtložnih struja (EC[5] metoda). Svaka pojedina tehnika EC metode ima svoje karakteristike, prednosti i nedostatke. Kratak pregled karakteristika raznih EC tehnika ispitivanja prikazan je u tablici 1.

Za ispitivanje parogeneratora metodom vrtložnih struja, moguće je iz prethodne tablice donijeti sljedeće zaključke:

1. Bobbin tehnika je najprikladnija tehnika za brzo ispitivanje cijevi PWR parogeneratora, za prikupljanje osnovnih podataka o mogućem oštećenju.
2. Rotirajuća tehnika je najprikladnija tehnika ispitivanja s ciljem prikupljanja dodatnih informacija o oštećenjima pronađenim pomoću bobbin tehnike ispitivanja, isto tako za ispitivanje područja promjene geometrije cijevi.

Potrebno je napomenuti da se u najnovije vrijeme razvijaju nove rotirajuće tehnike ispitivanja. Primjena novih tipova sondi je korištenje rotirajućeg magnetskog polja umjesto rotirajuće zavojnice. S obzirom na vrlo veliku brzinu rotirajućeg magnetskog polja, moguće je dobiti slične rezultate kao i sa standardnom rotirajućom sondom, a brzinom snimanja kao kod bobin sonde. To znači da nova sonda ima prednosti klasične rotirajuće sonde i bobbin sonde zajedno. Budućnost će pokazati kako će nova sonda utjecati na rezultate ispitivanja.

Značajni doprinos određivanju strategije ispitivanja je saznanje o mehanizmima oštećenja, koja se, u osnovi, sastoje od sljedećih podataka:

- vrsta procesa degradacije (stanjenje, jamičasta korozija, PWSCC, međugranularni napad/SCC, trošenje, itd.)
- lokacija degradacije (*položaj na cijevi:* slobodna dužina, ispod potpornih struktura, ispod antivibracijskih elemenata, pri vrhu cijevne stijene, unutar cijevne stijene, *položaj u sklopu cijevne stijene:* red i kolona cijevi, područje cijevne stijene parogeneratora, itd.)

---

[3] Pojava novih signala oštećenja, povezanih s mehanizmima oštećenja, koji su bili utvrđeni za vrijeme pogonskog ispitivanja ili prethodno pronadeni signali oštećenja tog tipa, kojima je signal narastao u odnosu na osnovno ispitivanje.

[4] U nedostatku adekvatnih hrvatskih naziva vrsta oštećenja, u tekstu su korišteni nazivi oštećenja na engleskom jeziku.

[5] EC – Eddy Current (vrtložne struje)

Tablica 1. Osnovne karakteristike različitih EC tehnika ispitivanja

Tip EC tehnike	Sposobnost detekcije	Napomena
Bobbin tehnika	**1.** Dubina oštećenja **2.** Volumen oštećenja 3. Aksijalna lokacija oštećenja	Mogućnost mjerenja dužine oštećenja postoji (direktna funkcija velike aksijalne brzine), ali je pogreška mjerenja mnogo veća nego pomoću rotirajuće tehnike.
Rotirajuća tehnika	**4. Dužina oštećenja** **5.** Širina oštećenja **6.** Oblik oštećenja **7.** Orijentacija oštećenja 8. Mogućnost razlikovanja nekoliko oštećenja na jednoj aksijalnoj lokaciji 9. Mogućnost ispitivanja dijelova cijevi s promjenama geometrije (ulegnuće, ispupćenje, prijelazna područja, zakrivljenost).	Mogućnost mjerenja dubine oštećenja postoji, ali je pogreška mjerenja veća nego kod primjene bobbin tehnike. Osnovni nedostatak uporabe rotirajuće tehnike sastoji se u maloj brzini ispitivanja u usporedbi s ostalim tehnikama ispitivanja (i do 30 puta sporija).
Tehnika s nizom površinskih zavojnica	**1.** Dužina oštećenja **2.** Širina oštećenja **3.** Orijentacija oštećenja **4.** Mogućnost razlikovanja više oštećenja na jednoj aksijalnoj lokaciji	Sve spomenute mogućnosti su bitno manje u usporedbi s adekvatnim mogućnostima ispitivanja bobbin tehnike i rotirajuće tehnike.

Napomena. "Dužina" je orijentirana u smjeru osi cijevi, a "širina" u smjeru oboda cijevi.

- porast učestalosti određenog tipa oštećenja
- uzroci oštećenja (istjecanja u kondenzatoru, prisustvo bakrenih slitina u sekundarnom krugu, kemijsko čišćenje, nepredvidljivi događaji, itd.).

U nekim slučajevima, kao što pokazuje iskustvo, postoji veliko neslaganje broja pronađenih oštećenja, raspodjele oštećenja (uzduž cijevnog snopa i u sklopu cijevne stijene), te trend širenja oštećenja na parogeneratorima iste elektrane. To znači da je potrebno stvoriti bazu podataka za svaki parogenerator.

U mnogim slučajevima, postojanje aktivnog mehanizma oštećenja uključuje:

- proširenje opsega ispitivanja,
- smanjenje intervala između dvaju ispitivanja,
- moguću primjenu različitih tehnika ispitivanja.

Pravilno definiranim opsegom i intervalom ispitivanja pomoću vrtložnih struja, kao i primjenom adekvatne tehnike ispitivanja, moguće je postići pouzdan nadzor za očuvanje integriteta cijevnog snopa parogeneratora.

5. PROPISI I PREPORUKE U SAD

Postoji mnogo nacionalnih propisa u zemljama s vlastitim nuklearnim programima. Najrasprostranjeniji u svijetu su propisi Sjedinjenih Američkih Država. U sljedećem poglavlju bit će prikazan kratak pregled propisa i prakse ispitivanja PWR parogeneratora u SAD s diskusijom o novim dokumentima.

Postoje dva osnovna dokumenta u SAD koji pokrivaju opseg ispitivanja parogeneratora PWR elektrana. Prvi i najpoznatiji dokument je "NRC Regulatory Guide 1.83 - Inservice Inspection of Pressurized Water Reactor Steam Generator Tubes" (Pogonsko ispitivanje cijevi parogeneratora tlačnovodnih nuklearnih elektrana), koji predstavlja stanje regulatornog organa SAD (US NRC[6]) i osnovni je obvezatni dokument u SAD. Nedostatak ovog dokumenta je taj što je on vrlo star (1975), te njime nije pokrivena današnja tehnologija ispitivanja parogeneratora, kao i nova saznanja o ponašanju oštećenja cijevi parogeneratora. Drugi dokument, koji proizlazi iz najnovijih iskustava industrije i ispitivanja, je EPRI[7] document "TR-107569-V1R5: PWR Steam Generator Examination Guidelines" (Smjernice za ispitivanje PWR parogeneratora), revizija 5 (1997) koji je u sadašnje vrijeme najnapredniji dokument, ali nije obvezatan za primjenu. Osim spomenutih dokumenata NRC je u fazi pripreme novog dokumenta pod naslovom "Steam Generator Tube Integrity " (Integritet cijevi parogeneratora) koji je u obliku koncepta (Draft DG-1074). Spomenuti dokument trebao bi u budućnosti zamijeniti R.G 1.83 i RG 1.121 "Bases for Plugging Degraded PWR Steam Generator Tubes" - 08/1976 (Osnove za čepljenje oštećenih cijevi PWR parogeneratora).

U tablici 2 prikazane su, ukratko, smjernice za ispitivanje parogeneratora obuhvaćene spomenutim dokumentima, a njihova usporedba prikazana je u dijagramima 1 i 2.

---

[6] US NRC (United States Regulatory Commission)

[7] EPRI (Electric Power Research Institute)

Tablica 2.

Dokument	**Osnovno ispitivanje**
NRC R.G. 1.83	100% cijelom dužinom – metoda vrtložnih struja ili alternativna metoda
NRC Draft DG-1074	100% cijelom dužinom – uobičajena metoda bezrazornog ispitivanja (npr., metoda vrtložnih struja s bobbin sondom). Dodatna ispitivanja s osjetljivijom tehnikom ispitivanja (npr. rotacijska tehnika vrtložnih struja) pri pojavi neuobičajenih i iskrivljenih signala.
EPRI TR-107569-V1R5	100% cijelom dužinom – uobičajena metoda bezrazornog ispitivanja s bobbin sondom. Dodatna ispitivanja pri pojavi neuobičajenih uvjeta rotacijskom tehnikom vrtložnih struja.
Dokument	**Ostala pogonska ispitivanja**
NRC R.G. 1.83	*Opseg:* Prvo ispitivanje – svi parogeneratori, min. 3% od svakog. Sva ostala ispitivanja – potrebno je ispitati prigodom svakog ispitivanja barem 3% ukupnog broja cijevi u svakom parogeneratoru, ili jedan parogenerator u opsegu 3% ukupnog broja cijevi svih parogeneratora, pod uvjetom da prvo ispitivanje pokaže da se svi parogeneratori ponašaju slično. U opseg ispitivanja treba uključiti sve nezačepljene cijevi s oštećenjima 20%, te cijevi u područjima s potencijalnim problemima.
	Uzimanje uzoraka: Prema slučajnom odabiru, osim kada iskustvo na sličnim elektranama pokaže kritično područje za ispitivanje. Također treba ispitati sve nezačepljene cijevi, koje otprije imaju izmjereno oštećenje 20%. U ovisnosti o rezultatima ispitivanja vrtložnim strujama, opseg može biti povećan do 100% slijedeći "Posebne zahtjeve uzimanja uzoraka".
	Interval: Prvo ispitivanje – nakon 6 (EFPM[8]) mjeseci rada elektrane ali prije 24 kalendarska mjeseca.Sljedeća ispitivanja: ne kraće od 12, niti duže od 24 kalendarska mjeseca nakon osnovnog ispitivanja. Ako dva susjedna ispitivanja rezultiraju s manje od 10% cijevi s pronađenim oštećenjima (20%) i ne značajno (10%) povećanje oštećenja cijevi s osnovno otkrivenim oštećenjima, frekvencija ispitivanja može se povećati u intervalu i do 40 mjeseci.
	Tehnika vrtložnih struja: standardna bobbin tehnika ispitivanja
NRC Draft DG-1074	*Opseg:* Minimalni opseg 20% cijevi koje su ostale u pogonu, u ovisnosti od prisutnosti (da li je prisutan) aktivnog mehanizma oštećenja i njegovih karakteristika (položaj, intenzitet, stupanj širenja, itd.
	Uzimanje uzoraka: Početni uzorak: 20% cijevi svakog parogeneratora, koje su u pogonu (cijelom dužinom, uzimajući u obzir iskustvo na određenim i sličnim elektranama, uvjetima rada, itd.). Prošireni uzorak: u slučaju pronalaska aktivnog tipa oštećenja, za vrijeme početnog uzimanja uzoraka, potrebno je ispitati 100% cijevi dotičnog parogeneratora, koje su ostale u pogonu, sve dok nije moguće pokazati da je taj tip oštećenja ograničen na nekom kritičnom području. Ako se tip oštećenja pojavi u kritičnom području, prošireni uzorak može biti ograničen na definirano područje, koje se sastoji od kritičnog područja i okolnog pojasa.
	Interval: Prvo ispitivanje: između 6 i 24 EFPM. Sljedeća ispitivanja: frekvencija ispitivanja treba biti odabrana tako da procjena pogona[9] pokaže da će biti zadovoljena provedba kriterija integriteta cijevi[10] do sljedećeg planiranog ispitivanja dotičnog parogeneratora. Nadalje, niti jedan parogenerator ne smije raditi više od dva goriva ciklusa između pogonskih ispitivanja. Nakon neplaniranih obustava pogona, kao što je curenje cijevi iz primarnog u sekundarni krug, seizmičke pojave OBE, LOCA, MSLB, MFLB[11].
	Tehnika vrtložnih struja: standardna bobbin tehnika ispitivanja. Dodatna ispitivanja, za neuobičajene uvjete ili signale, s osjetljivijom tehnikom ispitivanja bez razaranja (npr. rotirajućom sondom).

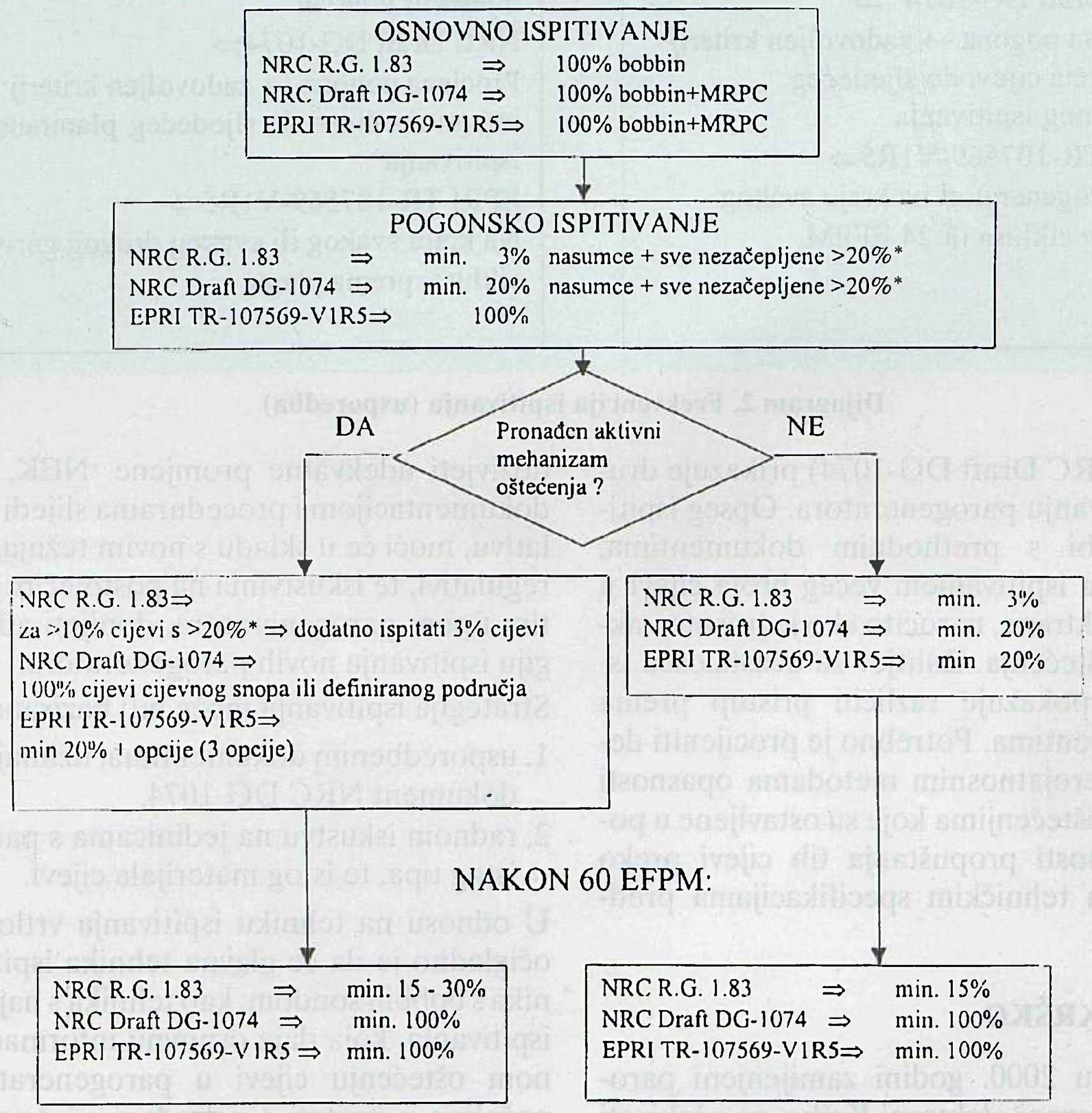
[8] EFPM (Effective Fuel Power Months) –Mjeseci efektivnog rada elektrane

[9] procjena pogona – procjena koja treba osigurati uvjet da će cijevi parogeneratora zadovoljavati kriterij integriteta cijevi do slijedećeg ispitivanja

[10] kriterij integriteta cijevi - omogućuje, ako je zadovoljen, razumnu sigurnost da će integritet cijevi ostati dosljedan s postojećim dobivenim dozvolama za pogon

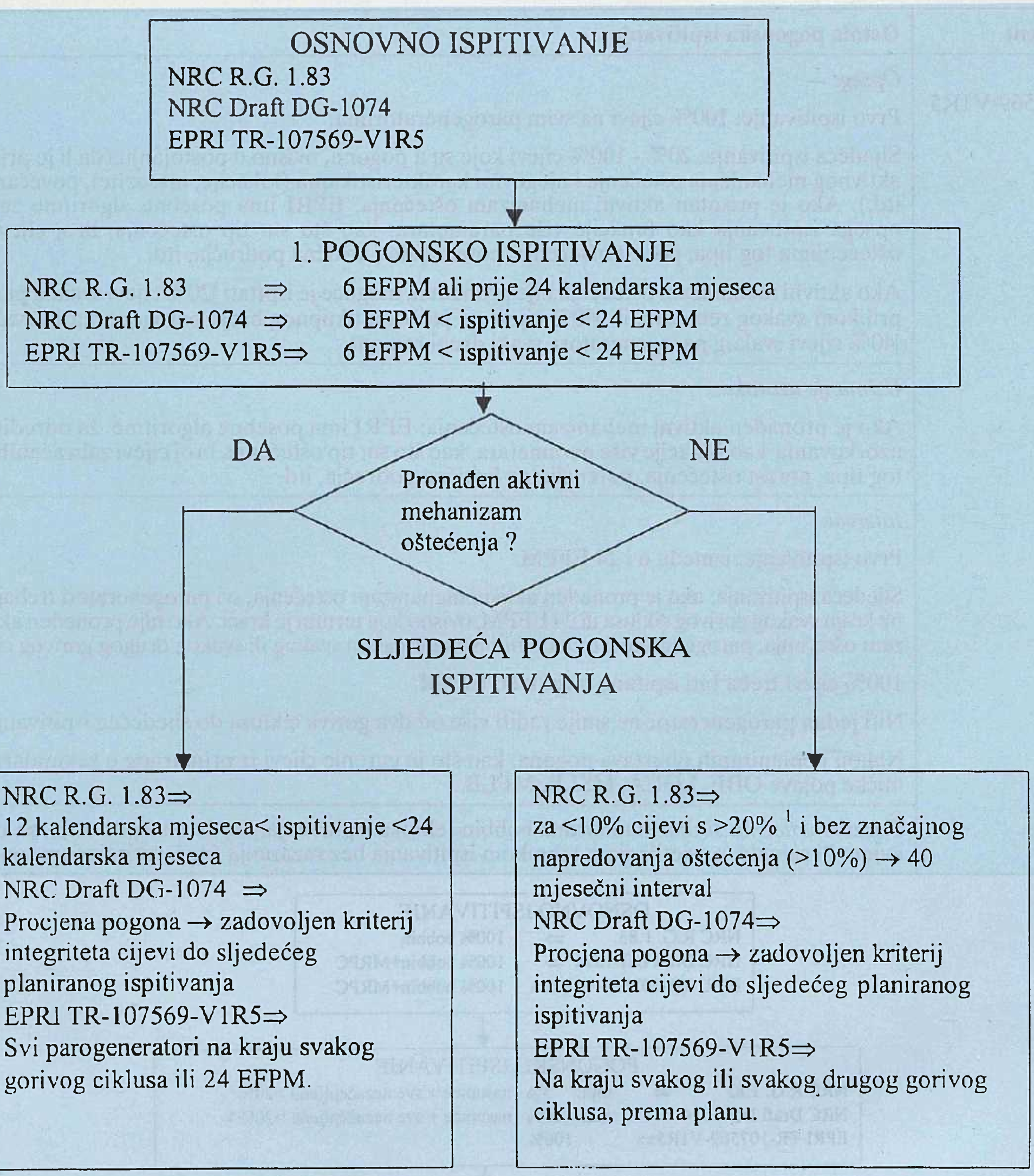
[11] OBE (Operating Basis Earthquake), LOCA (Loss-of-coolant accident), MSLB, MFLB (Main steam line or feedwater line break)

Dokument	Ostala pogonska ispitivanja
EPRI TR-107569-V1R5	*Opseg:* Prvo ispitivanje: 100% cijevi na svim parogeneratorima. Sljedeća ispitivanja: 20% - 100% cijevi koje su u pogonu, ovisno o postojanju (da li je prisutan ili nije) aktivnog mehanizma oštećenja i njegovim karakteristikama (lokacije, intenzitet, povećanje oštećenja, itd.). Ako je prisutan aktivni mehanizam oštećenja, EPRI ima posebne algoritme za određivanje opsega ispitivanja kao funkcije više parametara, kao što su: tip oštećenja, broj cijevi zahvaćenih oštećenjima tog tipa, porast oštećenja, potencijalna kritična područja, itd. Ako aktivni mehanizam oštećenja nije pronađen, moguće je ispitati]20% cijevi svakog parogeneratora prilikom svakog remonta, ili]40% cijevi na polovini ukupnog broja parogeneratora svaki remont, ili]40% cijevi svakog parogeneratora svaki drugi remont.
	Uzimanje uzoraka: Ako je pronađen aktivni mehanizam oštećenja: EPRI ima posebne algoritme za određivanje sustava uzorkovanja kao funkcije više parametara, kao što su: tip oštećenja, broj cijevi zahvaćenih oštećenjima tog tipa, porast oštećenja, potencijalna kritična područja, itd.
	Interval: Prvo ispitivanje: između 6 i 24 EFPM. Sljedeća ispitivanja: ako je pronađen aktivni mehanizam oštećenja, svi parogeneratori trebaju biti ispitani na kraju svakog gorivog ciklusa ili 24 EFPM, ovisno koji termin je kraći. Ako nije pronađen aktivni mehanizam oštećenja, parogeneratori trebaju biti ispitani nakon svakog ili svakog drugog gorivog ciklusa. 100% cijevi treba biti ispitano u roku 60 EFPM. Niti jedan parogenerator ne smije raditi više od dva goriva ciklusa do sljedećeg ispitivanja. Nakon neplaniranih obustava pogona, kao što je curenje cijevi iz primarnog u sekundarni krug, seizmičke pojave OBE, LOCA, MSLB, MFLB.
	Tehnika vrtložnih struja: standardna bobbin tehnika ispitivanja. Dodatna ispitivanja, za neuobičajene uvjete ili signale, s osjetljivijom tehnikom ispitivanja bez razaranja (npr. rotirajućom sondom).



Dijagram 1. Opseg ispitivanja (usporedba)

* udio pronađenog oštećenja dubine stijenke cijevi



Dijagram 2. Frekvencija ispitivanja (usporedba)

Novi dokument (NRC Draft DG-1074) prikazuje drugačiji pristup ispitivanju parogeneratora. Opseg ispitivanja, u usporedbi s prethodnim dokumentima, pokazuje zahtjev za ispitivanjem većeg broja cijevi u gorivom ciklusu elektrane, naročito ako je prisutan aktivni mehanizam oštećenja. Zahtjev za učestalošću ispitivanja također pokazuje različiti pristup prema prethodnim dokumentima. Potrebno je procijeniti determinističkim i vjerojatnosnim metodama opasnosti od pucanja cijevi s oštećenjima koje su ostavljene u pogonu, kao i opasnosti propuštanja tih cijevi preko granica dopuštenih tehničkim specifikacijama predmetnih elektrana.

6. OSVRT NA NE KRŠKO

S obzirom da su u 2000. godini zamijenjeni parogeneratori u Nuklearnoj elektrani Krško, za očekivati je da će i strategija pristupa ispitivanja parogeneratora doživjeti adekvatne promjene. NEK, elektrana koja dokumentacijom i procedurama slijedi američku regulativu, moći će u skladu s novim težnjama u američkoj regulativi, te iskustvima na postojećim jedinicama s istim tipom parogeneratora, donijeti adekvatnu strategiju ispitivanja novih parogeneratora.

Strategija ispitivanja može biti bazirana na:

1. usporedbenim dokumentima, uzimajući u obzir novi dokument NRC DG-1074.
2. radnom iskustvu na jedinicama s parogeneratorima istog tipa, te istog materijala cijevi.

U odnosu na tehniku ispitivanja vrtložnim strujama, očigledno je da će glavna tehnika ispitivanja biti tehnika s bobbin sondom, kao tehnika s najvećom brzinom ispitivanja, koja daje osnovnu informaciju o eventualnom oštećenju cijevi u parogeneratoru. Dodatno, poželjno je ispitati, u određenim intervalima, različita područja interesa (prelazna područja, potporne struk-

ture u zoni savijenih cijevi, potporne strukture u zoni ravnih dijelova cijevi, itd.) s drugim tipovima sondi (rotirajuća, s ukriženim zavojnicama), koje posjeduju dodatne mogućnosti detekcije u odnosu na standardnu bobbin sondu.

Kvalitetno odabrana strategija ispitivanja novih parogeneratora svakako može imati pozitivan utjecaj na sigurnost i pouzdanost rada parogeneratora, a time i same Nuklearne elektrane Krško.

LITERATURA

[1] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Regulatory Guide 1.83 "Inservice Inspection of Pressurized Water Reactor Steam Generator Tubes", Revision 1, July 1975

[2] EPRI: PWR Steam Generator Examination Guidelines: Revision 5, TR-107569-V1R5, September 1997

[3] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Draft Regulatory Guide DG-1074), Steam Generator Tube Integrity, December 1998

TESTING STRATEGY OF PWR NUCLEAR PLANTS' STEAM GENERATOR PIPES

In the operation of nuclear plants security plays a significant role. Steam generator as one of the main components of the primary cycle, has an important role in the security, operation stability and productivity of a plant. In that sense it is necessary to permanently keep the integrity of a steam generator, thus enabling a high degree of the plant's availability. To meet that goal different observation activities are necessary as well as maintenance of components during the scheduled plant maintenance.

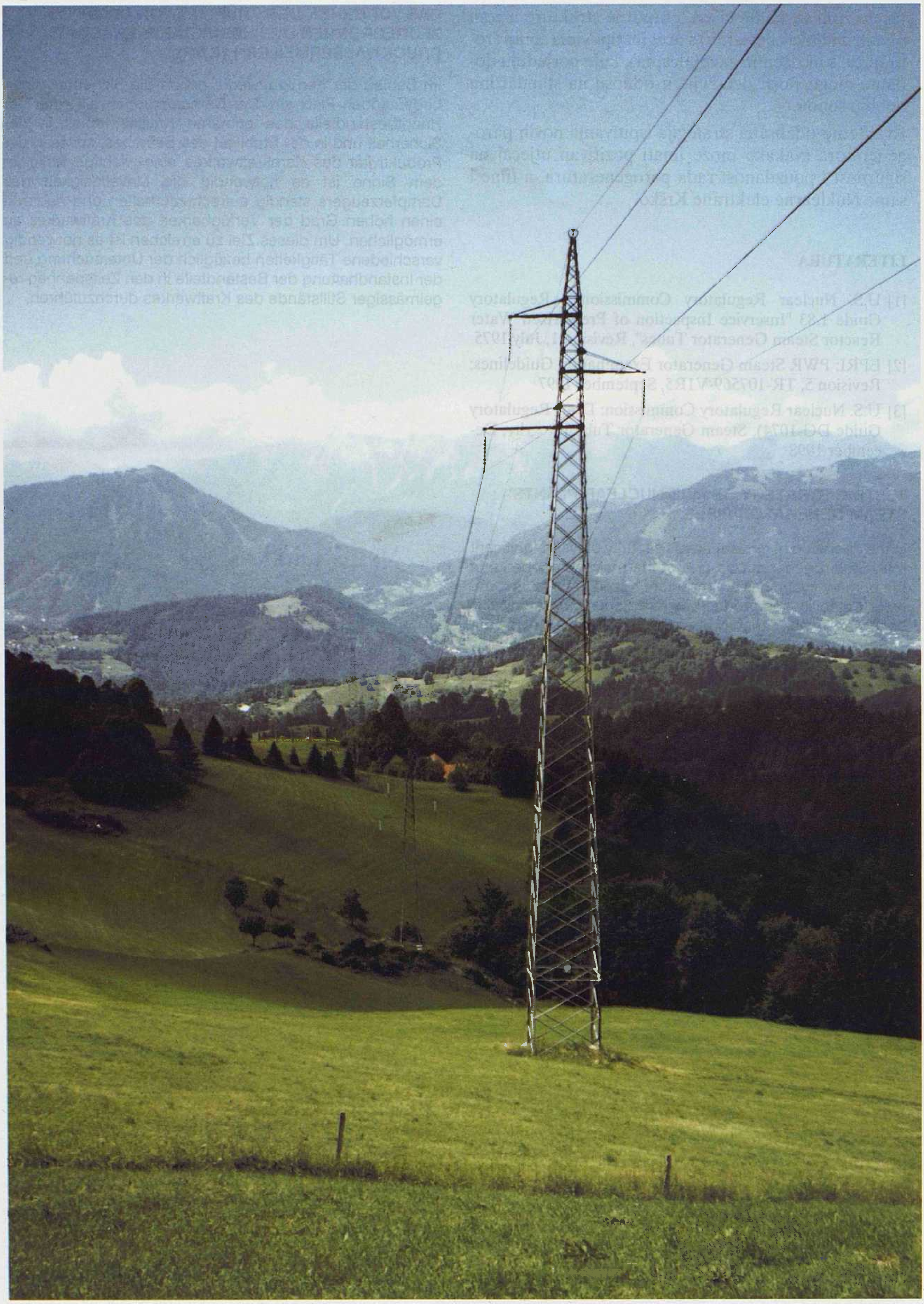
DAS VORGEHEN DER PRÜFUNG VON DAMPFERZEUGERRÖHREN DER KERNKRAFTWERKE MIT DRUCKWASSERMEILERN (PWR)

Im Betrieb der Kernkraftwerke nimmt die Sicherheit einen bedeutenden Platz ein. Der Dampferzeuger, als einer der Hauptbestandteile des primären Kreises, spielt in der Sicherheit und in der Stabilität des Betriebes, sowie in der Produktivität des Kernkraftwerkes eine wichtige Rolle. In dem Sinne ist es notwendig die Makellosigkeit des Dampferzeugers ständig aufrechtzuerhalten und dadurch einen hohen Grad der Verfügbarkeit des Kraftwerkes zu ermöglichen. Um dieses Ziel zu erreichen ist es notwendig verschiedene Tätigkeiten bezüglich der Untersuchung und der Instandhaltung der Bestandteile in den Zeitspannen regelmässiger Stillstände des Kraftwerkes durchzuführen.

Naslov pisca:

Mr. sc. Željko Postružin, dipl. ing.
INETEC - Institut za nuklearnu tehnologiju
Koturaška 51, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-09-07.



IZMJENA MONTREALSKOG PROTOKOLA O TVARIMA KOJE ONEČIŠĆUJU OZONSKI OMOTAČ

U Narodnim novinama – dodatak - Međunarodni ugovori broj 12, od 14. studenog 2001. godine objavljen je Zakon o potvrđivanju Izmjena Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač. Zakonom se potvrđuje Izmjena usvojena u Pekingu 3. prosinca 1999. godine. Za provedbu ovog Zakona nadležno je Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja. Dozvole za uvoz, odnosno izvoz tvari koje podliježu Montrealskom protokolu i ovom Zakonu izdaje Ministarstvo gospodarstva uz prethodno pribavljeno miljenje Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja.

Danom donošenja ovog Zakona u Republici Hrvatskoj ne stupa na snagu ova izmjena Montrealskog protokola. Ona će stupiti na snagu kad to bude objavljeno u skladu s odredbom članka 30. svaka 3. Zakona o sklapanju i izvravanju međunarodnih ugovora.

Nije na odmet podsjetiti se na aktivnosti i dokumente vezane uz zaštitu ozonskog omotača.

Godine 1985. potpisana je Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača, koju je do danas potpisalo dvadesetak zemalja. Iza toga je počelo 1987. godine potpisivanje Montrealskog protokola, kojeg je do danas potpisalo oko pedesetak zemalja. Uslijedilo je ratifikaciranje Bečke konvencije kao i ratifikacija Montrealskog protokola, to je učinila većina zemalja.

Uslijedilo je nekoliko dopuna i izmjena Montrealskog protokola:

– 1990. godine u Londonu
– 1992. godine u Kopenhagenu
– 1997. godine u Montrealu te
– 1997. godine u Pekingu.

U Republici Hrvatskoj 1993. godine (NN – Međunarodni ugovori broj 11) proglašen je zakon kojim se potvrđuju dopune Montrealskog protokola donešene 1990. godine u Londonu.

Zakon o potvrđivanju izmjene Montrealskog protokola donešene u Kopenhagenu 1992. godine objavljen je 1996. godine (NN – Međunarodni ugovori broj 8).

Zakon o potvrđivanju izmjene Montrealskog protokola doneene u Montrealu 1997. godine objavljen je 2000. godine (NN – Međunarodni ugovori broj 10). Ova izmjena, prema objavi na temelju Zakona o sklapanju i izvršavanju međunarodnih ugovora iz listopada 2000. godine, stupila je na snagu 7. prosinca 2000. godine.

SBK

NOVI ZAKON O JAVNOJ NABAVI

Krajem prošle godine donesen je novi Zakon o javnoj nabavi. Objavljen je u Narodnim novinama broj 117, od 24. prosinca 2001. godine. Stupanjem na snagu ovog Zakona prestaje vrijediti stari Zakon o nabavi roba, usluga i ustupanja radova iz 1997. godine (Narodne novine broj 142, od 31. prosinca 1997.).

Zakon je podijeljen u 13 dijelova:

1. Opće odredbe
2. Djelokrug
3. Vrijednost nabave
4. Način nabave
5. Početak postupka nabave
6. Oglašavanje i priopćavanje
7. Dokumentacija za nadmetanje
8. Ponuda
9. Odabir
10. Provedba zakona i nadzor
11. Prigovor i žalba na nepravilnosti u postupku nabave
12. Kaznene odredbe
13. Prijelazne i završne odredbe.

Prema općim odredbama ovim novim Zakonom se uređuju uvjeti i postupci javne nabave koji prethode sklapanju ugovora o nabavi robe i usluga te ustupanja radova, a u svrhu djelotvornog korištenja proračunskih i drugih sredstava te poticanja slobodnog tržišnog nadmetanja.

U članku 2, u odnosu na stari zakon, redefinirani su temeljni pojmovi i uvedeni novi (postupci nabave, javna nabava, natjecatelj, prihvatljiva ponuda, natječaj i dr.).

U članku 3 utvrđena su opća načela nabave kao što su pravodobnost pokretanja postupka nabave, ravnopravnost sudjelovanja u postupku nabave, javnost i transparentnost.

U drugom dijelu, u člancima 4 do 6 utvrđuje se djelokrug tj. obveznici primjene Zakona (državna i druga tijela, pravne osobe te pravne osobe koje obavljaju jednu ili više djelatnosti u vodoopskrbi, energetici, prometu i telekomunikacijama), naručitelji u djelatnosti vodoopskrbe, energetike, prometa i telekomunikacija te izuzeća.

Prema članku 5. naručitelj u djelatnosti energetike (vodoopskrbe, prometa i telekomunikacija) jest pravna osoba s posebnim ili isključivim pravom (ovlastima):

- koja obavlja jednu ili više djelatnosti upravljanja ili raspolaganja s nepokretnim mrežama za javnu opskrbu (proizvodnja, prijenos i distribucija i opskrba strujom, plinom i toplinskom energijom te pitkom vodom)
- koja između ostalog dio državnog teritorija koristi u svrhu upravljanja ili raspolaganja javnim telekomunikacijskim mrežama ili pružanja jedne ili više javnih telekomunikacijskih usluga.

Treći dio u člancima 7 i 8 utvrđuje vrijednost nabave i određivanje vrijednosti nabave, tj. metoda određivanja vrijednosti nabave.

U četvrtom dijelu u člancima 9 do 13 utvrđen je način nabave roba i usluga te ustupanja radova. Provodi se. javnim nadmetanjem u otvorenom postupku nabave, nadmetanjem po pozivu u ograničenom postupku nabave te izravnom pogodbom u pregovaračkom postupku nabave.

Peti dio u člancima 14 do16 utvrđen je početak postupka nabave. U članku 15 propisuje se obveza osnivanja stručnog povjerenstva. Naručitelj treba prije početka postupka nabave donijeti pismenu odluku o osnivanju stručnog povjerenstva za pripremu i provedbu postupka nabave.

Ta odluka mora sadržati:

- podatke o naručitelju (naziv, sjedište, adresu, matični broj), evidencijski broj nabave
- podatke o odgovornoj osobi naručitelja, članovima povjerenstva i voditelju povjerenstva (ime i prezime, zanimanje)
- predmet, način i rok provedbe postupka nabave
- planiranu vrijednosti nabave
- način i uvjete plaćanja te način kojim su osigurana financijska sredstva za nabavu
- ostale uvjete nabave
- datum i potpis ovlaštene osobe naručitelja.

Stručno povjerenstvo za nabavu sastoji se od najmanje tri člana za provedbu postupka nabave.

Stručno povjerenstvo za nabavu priprema i provodi postupak nabave, usmjerava rad stručnih službi naručitelja, neovisnih stručnih osoba ili zastupnika koje naručitelj ovlasti za obavljanje određenih poslova vezanih za potrebe postupka nabave.

Odgovorna osoba naručitelja odgovara za odabrani način nabave, za pripremu i provedbu postupka nabave sukladno ovom Zakonu. Članovi stručnog povjerenstva za nabavu odgovorni su za svoj rad naručitelju.

U šestom dijelu u člancima 17 do 25 utvrđen je način oglašavanja i priopćavanja. U članku 17 definirano je javno objavljivanje u objavi koja može biti:

- prethodna obavijest o nabavi
- poziv za nadmetanje
- obavijest o sklapanju ugovora
- poziv za kvalifikaciju ponuditelja
- periodična obavijest.

Poziv za nadmetanje koriste samo pravne osobe koje obavljaju djelatnost energetike, vodoopskrbe, prometa i telekomunikacija.

Članak 18 definira prethodnu obavijest o nabavikoju može na početku proračunske ili poslovne godine naručitelj javno objaviti za ukupnu nabavu istovrsne robe i usluge koju predvida u sljedećih 12 mjeseci, ako je ukupna procijenjena vrijednost nabave jednaka ili veća od 750.000 EUR kao i za ukupnu nabavu istovrsnih radova koju predvida u sljedećih 12 mjeseci, ako je ukupna procijenjena vrijednost radova jednaka ili veća od 5.000.000 EUR. Prethodna obavijest o nabavi sadrži podatke o naručitelju, vrsti, količini i vrijednosti nabave, očekivanom početku i roku nabave, ostale podatke u vezi s predmetom i uvjetima nabave te podatke o slanju i primitku obavijesti.

Prema članku 19 naručitelj mora javno objaviti:

- poziv za javno nadmetanje
- poziv za nadmetanje po pozivu u prvom stupnju
- poziv za nadmetanje izravnom pogodbom u pregovaračkom postupku.

Ovisno o vrsti poziv sadrži: evidencijski broj nabave, podatke o naručitelju (naziv, sjedište, matični broj) i predmetu nabave (vrsti, količini, opsegu, grupi ili dijelu nabave predmeta nabave označene rednim brojem ako je za njih dopušteno podnijeti ponudu), uvjete plaćanja, jamstva, mjesto izvršenja, rok ili završetak isporuke, uvjete o sposobnosti ponuditelja, kriterije odabira, upute za pribavljanje dokumentacije za nadmetanje, vri–je–me i mjesto podnošenja zahtjeva za sudjelovanje u postupku nabave odnosno ponude i otvaranja ponuda, rok za dostavu ponude odnosno zahtjeva za sudjelovanje u postupku nabave i druge potrebne podatke.

Obavijest o sklapanju ugovora utvrđena je člankom 20. Prema tomu naručitelj mora u roku od 30 dana od dana sklapanja ugovora javno objaviti obavijest o sklapanju ugovora. Ova obavijest ne mora se objaviti ako bi objavljivanje takvih informacija onemogućilo provedbu zakona ili bi na drugi način bilo suprotno javnom interesu, ako bi štetilo legitimnim poslovnim interesima subjekata ili bi moglo štetiti nadmetanju ponuditelja.

Obavijest o sklapanju ugovora sadrži podatke o naručitelju (naziv, sjedište, matični broj), predmetu, načinu i uvjetima nabave, odabranom ponuditelju i ponudi, te druge podatke.

Poziv za kvalifikaciju utvrđen je u članku 21 koji kaže da je kvalifikacijski postupak prvi stupanj ograničenog postupka nabave kojim se mogu koristiti naručitelji koji obavljaju djelatnost u vezi s proizvodnjom, prijenosom, distribucijom i opskrbom strujom, plinom i toplinskom energijom (članak 5).

Prema članku 22, ovi isti naručitelji mogu se koristiti periodičnom obavijesti koja sadrži:

- podatke o naručitelju (naziv, sjedište, adresu, matični broj), podatke o predmetu nabave, vrsti, količini, opsegu, vrijednosti, očekivanom roku nabave i druge podatke
- napomenu da će se nabava obaviti na temelju ograničenog ili pregovaračkog postupka bez daljnjeg objavljivanja poziva na nadmetanje, te poziv natjecateljima da zainteresiranost potvrde prijavom u pisanom obliku.

Naručitelj mora naknadno, ali najduže 12 mjeseci od dana oglašavanja periodične obavijesti, pozvati sve natjecatelje da potvrde svoj interes na temelju detaljne informacije o nabavi.

U članku 23 utvrđen je način objavljivanja.

Naručitelj mora u »Narodnim novinama« objaviti objave za sve nabave u vrijednosti jednakoj ili većoj od **200.000,00 kuna.** Poziv za nadmetanje može biti objavljen i u ostalim sredstvima priopćavanja, glasilima, ili na drugi način, uz uvjet da nije objavljen prije nego u »Narodnim novinama«.

U »Narodnim novinama« i u Službenom listu Europske zajednice javno se objavljuju objave za:

- nabavu robe i usluga:
  - za vrijednosti nabave jednake i veće od 200.000 EUR, odnosno 130.000 EUR za posebne vrste usluga
  - za vrijednosti nabave jednake i veće od 400.000 EUR u djelatnosti energetike
  - za vrijednosti nabave jednake ili veće od 600.000 EUR u djelatnosti telekomunikacija
- ustupanje radova za vrijednosti nabave jednake ili veće od 5.000.000 EUR.

Članak 24 određuje obvezu vođenja godišnje i izrade godišnjeg izvješća o sklopljenim ugovorima o nabavi u prethodnoj godini koje sadržava podatke o naručitelju (naziv, adresu, matični broj):izvješća, koje dostavlja Uredu za javnu nabavu od 1. do 31. ožujka tekuće godine.

Način priopćavanja utvrđen je u članku 25. Svi dokumenti – priopćenja, obavijesti, pozivi, odluke, zahtjevi, godišnja izvješća, godišnje prijave i ostali dopisi sukladno zakonu moraju biti dostavljeni u pisanom obliku.

Sedmi dio u člancima 26 do 46 utvrđuje dokumentaciju za nadmetanje.

Dokumentacija za nadmetanje u postupku javnog sadrži sljedeće bitne dijelove:

- poziv za nadmetanje
- uputu ponuditeljima za izradu ponude
- obrazac ponude

– izjavu o prihvaćanju općih i posebnih uvjeta
– prijedlog ugovora
– specifikaciju i ostalu potrebnu dokumentaciju.

Također je utvrđena i dokumentacija za nadmetanje u prvom i u drugom stupnju ograničenog postupka nadmetanja po pozivu

Upute ponuditeljima obuhvaćene su člankom 27 i sadrže sljedeće bitne podatke:

– ime, adresu naručitelja, broj telefona i telefaksa
– mjesto isporuke, izvođenja radova ili obavljanja usluge
– opis predmeta nabave, vrstu, kvalitetu, opseg ili količinu
– način dokazivanja, dokaze i dokumentaciju koje ponuditelji trebaju podnijeti u svrhu dokazivanja sposobnosti
– pravni oblik ako je primjereno i uvjete koje zajednički ponuditelji i nositelj ponude moraju ispuniti za zajedničku ponudu
– način izračuna cijene predmeta nabave, sadržaj cijene, troškove prijevoza, osiguranja, provizije, carine, poreza, nepromjenjivost cijene ili način promjene cijene
– valutu u kojoj cijena ponude treba biti izražena i način preračunavanja valute
– rok, način i uvjete plaćanja
– zahtjev u svezi s jamstvom za ponudu i za izvršenje ugovora
– početak i rok isporuke ili završetka, ili dinamiku isporuke
– rok valjanosti ponude
– dodatne kriterije odabira najpovoljnije ponude uz cijenu, ako se primjenjuju, razmjernu vrijednost pojedinih kriterija, te način primjene i obračuna
– jezik ili jezike na kojima se dostavlja ponuda
– datum, vrijeme i mjesto podnošenja i otvaranja ponuda
– naziv i adresu službe, ime osobe naručitelja za vezu i način komunikacije s ponuditeljima
– potrebne izjave
– zabranu inačica (varijanti) i alternativnih ponuda, te minimalne uvjete, način usporedbe i ocjenjivanja takvih ponuda ako su dopuštene
– opis načina izrade, oblik i sadržaj ponude
– opće uvjete ugovora ili prijedlog ugovora, ako je primjereno
– način i rok priopćavanja odabira
– pravo podnošenja prigovora.

U članku 28 utvrđena je procedura dostave dokumentacije. Naručitelj mora od dana oglašavanja javnog nadmetanja omogućiti zainteresiranim osobama uvid u dokumentaciju za nadmetanje, odnosno mora na zahtjev ponuditelja istu dati ponuditelju najkasnije u roku od šest dana od dana primitka zahtjeva ponuditelja ili predočenja dokaza o plaćanju dokumentacije ako je uvjet, a najkasnije četiri dana prije roka za podnošenje ponuda.

Nadalje, traži se istodobnost upućivanja dokumentacije ponuditeljima bez ograničenja roka podnošenja zahtjeva za dostavu dokumentacije za nadmetanje.

Imena ponuditelja koji su tražili ili dobili dokumentaciju za nadmetanje tajni su do otvaranja ponuda.

Naručitelj i ponuditelj mogu dokumentaciju za nadmetanje upotrijebiti za svoje potrebe ili je trećim osobama mogu proslijediti samo uz suglasnost druge strane.

Cijena dokumentacije utvrđena je u članku 29 tako, da obuhvaća samo cijenu kopije i/ili dostave.

Člancima 30, 31 i 32 utvrđeno je kako se daju i u kojem roku objašnjenja dokumentacije. Zatim, kako se postupa u slučaju kada naručitelj promijeni uvjete nadmetanja objavljene u pozivu u roku za dostavu ponude.

Predmet nabave i podjela predmeta nabave, primjena tehničkih normi te opis predmeta nabave utvrđeni su u člancima 33, 34 i 35.

Sposobnost ponuditelja i dokazi o sposobnosti utvrđeni su u člancima 36 i 37.

Prema članku 36 ponuditelji u postupku nabave moraju dokazati svoju sposobnost kroz:

– pravnu sposobnost
– poslovnu sposobnost
– financijsku i gospodarsku sposobnost
– tehničku sposobnost
– kadrovsku sposobnost
– strukovnu ovlast – članstvo u strukovnoj udruzi ili registru kao nužan uvjet za obavljanje predmetne nabave.

Ako je ponuda zajednička ponuditelji moraju dokazati zajedničku sposobnost za ukupnu ponudu i pojedinačnu sposobnost za svoj dio ponude.

Ukoliko je ponuditelj nesposoban, naručitelj će ga isključiti iz sudjelovanja u postupku nabave u slijedećim situacijama:

– ako je pokrenut stečajni postupak, osim u slučaju postojanja pravomoćnog rješenja o potvrdi stečajnog plana
– ako je u postupku likvidacije ili je prestao poslovati
– ako je odgovornoj osobi ponuditelja izrečena pravomoćna presuda u kaznenom postupku u proteklih pet godina koja je povezana s djelatnošću
– ako nije uredno izvršio prethodno preuzete obveze prema naručiteljima iz ovoga Zakona ili je načinio propuste
– ako nije ispunio obvezu plaćanja svih dospjelih poreznih obveza i obveza za mirovinsko i zdravstveno osiguranje
– ako nije dao ili je dao netočne podatke ili izjave ili je prikrio podatke u svezi s dokazima o sposobnosti ili predmetu nabave
– ako nije ispunio ostale uvjete u svezi sa strukovnom ovlasti.

Prema članku 37 ponuditelji, da bi dokazali svoju sposobnost, moraju predočiti slijedeće dokaze o sposobnosti:

– izvod iz sudskoga, strukovnog ili trgovačkog registra države sjedišta ili u državi sjedišta propisana potvrda ili izjava umjesto potvrde
– odgovarajuća bankarska izjava ili dokaz o pokriću osigurana odgovornosti iz djelatnosti, jamstvo za ponudu, jamstvo za dobro izvršenje obveza, prikaz bilanci ili izvoda bilanci ili izvješća ako u državi sjedištu osobe moraju biti objavljeni, te izjava o ukupnom prometu u prethodne tri godine
– izvod iz kaznene evidencije ili jednakovrijedna potvrda sudskih ili upravnih tijela države sjedišta za odgovornu osobu
– potvrda mjerodavne ustanove mirovinskog i zdravstvenog osiguranja, izvješće porezne uprave ili jednakovrijedni dokumenti države sjedišta
– potvrda naručitelja prema članku 4. ovoga Zakona, o uredno ispunjenim ugovorima za robe i usluge u prethodne tri godine, a za radove u prethodnih pet godina potvrde o kakvoći, izobrazbi, strukovnoj osposobljenosti i broju zaposlenih
– izjava o tehničkoj opremljenosti, opremi, uređajima, sredstvima, osoblju, kapacitetima, načinima osiguranja kakvoće i udjelu podisporučitelja u ponudi i strukovnoj ovlasti
– uzorci i fotografije.

Ako naručitelj zahtijeva potvrdu kakvoće, te predočenje potvrda neovisnih ovlaštenih tijela na osnovi europskih normi mora prihvatiti jednakovrijedne potvrde ovlaštenih drugih tijela država Europske zajednice. Naručitelj mora prihvatiti dokaz o mjerama osiguranja kakvoće u drugom obliku ako ponuditelj pruži dokaz o tome da nema mogućnost ili pravo na traženje odnosnih potvrda.

Sudjelovanje podisporučitelja, zajednička ponuda, cijena i izmjena cijene ponude, rok izvršenja ugovora, jamstva, valjanost i jezik ponude utvrđeni su u člancima 38 do 45.

Članci 40 i 41 utvrđuje cijenu i izmjenu cijene ponude. Ponuditelj dostavlja ponudu s cijenom, bez poreza, u kunama ili u valuti kako je to utvrđeno u dokumentaciji za nadmetanje. Cijena ponude piše se brojkama i slovima.

Cijena ponude izražava se za cjelokupan predmet nabave ili ako je to dopušteno u dokumentaciji za nadmetanje posebno za svaku grupu ili dijelove predmeta nabave koji su predmet nadmetanja.

U cijenu ponude su uračunati svi troškovi i popusti na ukupnu cijenu ponude, bez poreza koji se iskazuje posebno iza cijene, osim ako u dokumentaciji za nadmetanje nije drugačije navedeno.

Alternativna cijena ponude, cijena za cijeli predmet nabave i istodobno za pojedinu grupu ili dio predmeta nabave, ponude u relativnom iznosu bez cijene u apsolutnom iznosu i ponude pod uvjetima koji nisu predviđeni dokumentacijom za nadmetanje, nisu dopuštene.

U dokumentaciji za nadmetanje naručitelj mora odrediti način izračuna cijene, sadržaj cijene, uvjete, rok i način plaćanja cijene. Naručitelj u dokumentaciji za nadmetanje mora utvrditi valutu ili valute u kojima se može izraziti cijena ponude, te valutu u kojoj će biti preračunate cijene i financijsku instituciju čiji će se tečaj primijeniti za preračunavanje valute ponude u tu valutu na navedeni datum otvaranja ponuda.

Što se tiče izmjene cijene, cijena za nabave s rokom izvršenja ugovora do 12 mjeseci ne može se povećavati. Povećanje cijene moguće je za dugoročne ugovore za nabavu s rokom izvršenja dužim od 12 mjeseci. Način i uvjet izmjene cijene moraju biti određeni u dokumentaciji za nadmetanje sukladno Zakonu o obveznim odnosima.

Prema članku 43 naručitelj može u ponudi tražiti jamstvo za ponudu sukladno roku valjanosti ponude. Naručitelj je obvezan u dokumentaciji za nadmetanje odrediti iznos, oblik i uvjete s jamstvom, izdavateljem jamstva i pravom na jamstvo i gubitak jamstva. Jamstvo treba biti do visine moguće štete. Vraćanje jamstva ne smije biti odgođeno na neki kasniji rok nego što je to potrebno za zaštitu naručitelja od štetnih posljedica. Jamstvo za dobro izvršenje obveza iz ugovora naručitelj ne zahtijeva uz ponudu, osim pisma namjere izdavatelja jamstva o davanju takva jamstva ponuditelju, ako njegova ponuda bude odabrana kao najpovoljnija. Naručitelj može prije isteka roka jamstva od ponuditelja zatražiti produženje roka. Ponuditelj može odbiti zahtjev bez gubitka prava na jamstvo za ponudu.

Ponuditelj gubi pravo na povrat jamstva za ponudu ako:

- opozove ili izmijeni ponudu poslije roka za dostavu ponuda
- ne potpiše ugovor o nabavi
- ne dostavi jamstvo za dobro izvršenje ugovora.

Rok valjanosti ponude utvrđen je u članku 44, prema kojem se rok valjanosti ponude obvezno navodi u ponudi i ne može biti kraći od 60 dana od dana otvaranja ponuda. Nadalje, naručitelj može zatražiti primjereno produženje roka valjanosti ponude. Zahtjev za produženje roka valjanosti ponude i odgovor ponuditelja na zahtjev u pisanom su obliku. Ponuditelj može odbiti zahtjev za produženje roka valjanosti, bez gubitka jamstva za ponudu. Ako se ponuditelj suglasi sa zahtjevom za produženje roka valjanosti ponude, ne može mijenjati ponudu, a jamstvo za ponudu mora se produžiti.

Kriteriji odabira najpovoljnije ponude utvrđeni su u članku 46 u kojem s enavodi da će za odabir najpovoljnije ponude naručitelj u pozivu za nadmetanje i u dokumentaciji za nadmetanje utvrditi kriterije odabira najpovoljnije ponude. Prema ovom članku najpovoljnija ponuda jest prihvatljiva:

- ponuda s najnižom cijenom ili
- ekonomski najpovoljnija ponuda na temelju cijene i dodatnih kriterija za odabir najpovoljnije ponude sukladno dokumentaciji za nadmetanje.

Pri određivanju ekonomski najpovoljnije ponude naručitelj u dokumentaciji za nadmetanje, ovisno o predmetu nabave, može osim cijene ponude primijeniti dodatne kriterije: rok plaćanja, rok isporuke ili izvršenja nabave, jamstvo za kakvoću, financijske pokazatelje, visinu kapitala i broj zaposlenih u svezi sa sjedištem tvrtke, učinkovitost i tehničku prednost, tekuće troškove održavanja, kvalitetu, estetsko i funkcionalno obilježje, usluge i tehničku pomoć poslije isporuke.

Uvjeti za sposobnost ponuditelja ne mogu biti kriteriji odabira.

Ako naručitelj uz cijenu koristi i dodatne kriterije odabira, tada mora u dokumentaciji za nadmetanje navesti dodatne kriterije po redoslijedu važnosti i obvezno odrediti njihovu razmjernu vrijednost u ukupnom sustavu vrednovanja od 1% do 100% te način izračuna.

Udio cijene uredit će se provedbenim propisima u sustavu vrednovanja.

U postupku nadmetanja po pozivu jedini kriterij za odabir najpovoljnije ponude jest najniža cijena.

Stručno povjerenstvo obvezno je prije izrade dokumentacije za nadmetanje pripremiti izvješće o razlozima primjene dodatnih kriterija i obrazložiti ih.

U osmom dijelu u člancima 47 do 53 utvrđuje se što je ponuda, što ona sadrži, kakav ima oblik, kako se dostavlja, zaprima i pohranjuje te koji su rokovi i kako se određuju.

U članku 47 utvrđuje se sadržaj ponude. Prema tome ponuda sadrži slijedeće dijelove:

- obrazac ponude za nadmetanje ispunjen na način propisan dokumentacijom za nadmetanje i potpisan od ponuditelja
- jamstvo ako je traženo
- dokaze ponuditelja o ispunjavanju uvjeta i zahtjeva iz dokumentacije za nadmetanje i o sposobnosti ponuditelja za izvršenje ugovora
- ostalu dokumentaciju koju ponuditelj podnosi u skladu s uvjetima iz dokumentacije za nadmetanje.

Dostavljanje i zaprimanje ponude utvrđeno je u člancima 50 i 51. Ponuditelji dostavljaju ponudu u pisanom obliku, zatvorenoj i zapečaćenoj omotnici.

Ponuditelj može dostaviti samo jednu ponudu za cjelokupan predmet nabave, ili posebno za svaku grupu ili dio za koji je dopušteno dostaviti ponudu sukladno uvjetima iz dokumentacije za nadmetanje.

Ponuditelj koji je samostalno podnio ponudu ne smije istodobno sudjelovati u zajedničkoj ponudi za isti predmet nabave, grupu ili dio predmeta nabave.

Ponuda se dostavlja u dvostrukim omotnicama. Na vanjskom je omotu adresa naručitelja s naznakom »za nadmetanje - ne otvaraj« te s ostalim naznakama koje su navedene u dokumentaciji za nadmetanje, a na unutarnjem je omotu adresa ponuditelja.

Ponuda mora biti dostavljena najkasnije do datuma i u vrijeme određeno u dokumentaciji za nadmetanje za otvaranje ponuda. Naručitelj će na zahtjev dati ponuditelju potvrdu o datumu i vremenu primitka ponude.

Ponude koje nisu pristigle u propisanom roku neće se otvarati i vraćaju se ponuditelju neotvorene.

Kod zaprimanja ponude naručitelj na omotnici ponude naznačuje datum i vrijeme zaprimanja ponude. Podaci o zaprimljenim ponudama, ponuditeljima i broju ponuda tajni su do otvaranja ponuda.

Što se tiče pohranjivanja, ponude se pohranjuju tako da su dostupne isključivo ovlaštenim osobama.

Rokovi i datum doatav eponude te računanje rokova utvrđeni su u člancima 52 i 53. Naručitelj mora odrediti rokove koji omogućavaju ponuditelju dovoljno vremena za izradu i dostavu ponude. U dokumentaciji za nadmetanje kao i u pozivu za nadmetanje mora navesti isti datum, mjesto i vrijeme za dostavu i otvaranje ponuda. Krajnji rok za dostavu ponuda ujedno je i rok za otvaranje ponuda.

Što se tiče računanja rokova, u postupku javnog nadmetanja najkraći je rok za dostavu ponuda 52 dana od dana slanja zahtjeva za oglašavanje poziva za javno nadmetanje.

Najkraći rok za dostavu ponuda po pozivu za javno nadmetanje, po ubrzanom postupku, računa se od dana slanja poziva za oglašavanje i za djelatnost energetike i telekomunikacija iznosi 22 dana.

»Narodne novine« će objaviti poziv za nadmetanje u roku ne kraćem od 12 dana od dana slanja zahtjeva za oglašavanje, a najkasnije u roku od 5 dana ako je obavijest poslana elektroničkom poštom, teleksom ili telefaksom.

Rok za dostavu ponuda u postupku nabave robe, usluga, te ustupanja radova ne može biti kraći od 10 dana od dana oglašavanja u »Narodnim novinama«.

Deveti dio u člancima 54 do 68 utvrđuje pravila odabira ponude i javnog otvaranja, pregled, ocjenu i usporedbu ponuda, objašnjenja, pregovaranje i cijene, što je prihvatljiva, a što neprihvatljiva ponuda, odabir, provjeru dokaza o sposobnosti i odluku naručitelja. Nadalje, utvrđuje se način poništenja nadmetanja, što je tajnost, kakv je ugovor o nabavi te pohrana dokumentacije.

Pregled, ocjena i usporedba ponuda utvrđena je u članku 55. Pregled, ocjenu i usporedbu ponuda obavlja stručno povjerenstvo naručitelja. U navedenom postupku naručitelju mogu pomagati posebne stručne službe i/ili stručne osobe.

Naručitelj je obvezan voditi zapisnik o pregledu, ocjeni i usporedbi ponuda koji sadrži:

- broj nadmetanja
- predmet nabave
- ime i adresu sjedišta ponuditeljâ koji su podnijeli ponudu prema redoslijedu iz zapisnika o javnom otvaranju ponuda
- analitički prikaz traženih i danih dokaza koji se odnose na sposobnosti ponuditelja i ocjenu sposobnosti i prihvatljivosti ponude
- cijenu ponuda za predmet nabave, odnosno za grupe ili dijelove predmeta nabave
- kriterije i razmjernu vrijednost kriterija za utvrđivanje najpovoljnije ponude, ako su dodatni kriteriji, uz cijenu, predviđeni u dokumentaciji za nadmetanje, te njihov izračun za svaku ponudu
- usporedni prikaz ocjene, analize ponuda i mišljenje stručne službe ili osobe, ako se naručitelj služio njihovim uslugama
- obrazloženje o odabiru najpovoljnije ponude
- obrazloženje ako su sve ponude odbijene
- obrazloženje razloga ako postupak nabave nije završio odabirom
- popis priloga uz zapisnik i navedene priloge
- datum zapisnika te potpis svih članova povjerenstva.

Ocjeni ponuda pristupa se na način da se provjeri sadržaj ponude, sukladno dokumentaciji za nadmetanje i uvjetima nadmetanja.

Nepravodobne se i nepotpune ponude ne razmatraju.

Postupak je procjene sve do odabira povjerljiv. Zapisnik i podaci koji se odnose na pregled, objašnjenje, procjenu, usporedbu i odabir mogu biti predočeni na uvid ponuditeljima poslije primitka odluke o odabiru ponude do roka ulaganja žalbe.

Što je prihvatljiva ponuda utvrđeno je u članku 59. Prema tom članku prihvatljiva ponuda jest ponuda sposobnog ponuditelja:

- koja je potpuno sukladna dokumentaciji za nadmetanje, ili
- koja sadrži nebitne otklone u ponudi ili predočenim dokazima uz ponudu, a koji ne mijenjaju svojstva, uvjete i druge zahtjeve iz dokumentacije za nadmetanje, ili
- koja sadrži manje pogreške ili previde koji bitno ne mijenjaju ponudu.

Ponude za koje se utvrdi da su prihvatljive, naručitelj će pregledati te provjeriti imaju li računske pogreške. Naručitelj će ispraviti pogrešku na sljedeći način:

- ako se iznosi u brojkama i slovima razlikuju, mjerodavan je iznos izražen slovima,
- ako postoji razlika između jedinične cijene i ukupne cijene, mjerodavna je jedinična cijena, a ukupna cijena bit će ispravljena. Ako je pogrešno postavljanje decimalnog zareza u jediničnoj cijeni, prevladat će ukupna cijena, a jedinična cijena bit će ispravljena.

Iznos naveden u ponudi bit će od naručitelja ispravljen u skladu s prethodno navedenim postupkom ispravljanja pogrešaka. Naručitelj će ispraviti računske pogreške koje otkrije i o tome odmah obavijestiti ponuditelja čija je ponuda ispravljena, te zatražiti od ponuditelja da u roku od tri dana od dana primitka obavijesti potvrdi prihvaćanje ispravke računske pogreške. Ako nakon obavijesti o pogrešci ponuditelj ne odgovori i ne prihvati ispravljeni iznos, ponuda će biti odbijena. Ponuda s računskom pogreškom neprihvatljiva je ako zbroj apsolutnih iznosa svih ispravaka, više ili manje, iznosi više od 5% prvobitno ponuđene konačne cijene bez PDV-a.

Pri ustupanju radova po načelu »ključ u ruke«, konačna ponuđena cijena uključuje sve troškove, obveze i davanja osim poreza, te vrijedi bez obzira na računske pogreške.

Iznosi ponuda koji se dobiju na temelju provjere unose se u zapisnik o pregledu, ocjeni i odabiru ponuda. Na zahtjev ponuditelja naručitelj će omogućiti uvid u zapisnik o pregledu, ocjeni i usporedbi ponuda.

U članku 61 obuhvaćen je odabir ponuda. Naručitelj će za predmet nabave, grupu ili dio predmeta nabave za koje je

bilo dopušteno podnijeti ponudu odabrati samo jednu najpovoljniju ponudu između prihvatljivih ponuda.

Naručitelj mora primijeniti samo kriterije i razmjerne vrijednosti kriterija koje je naveo u dokumentaciji za nadmetanje.

Ako naručitelj u dokumentaciji za nadmetanje nije naveo dodatne kriterije uz cijenu, najpovoljnija ponuda jest ponuda s najnižom cijenom za istu vrstu i svojstva robe, usluga ili radova.

Naručitelj može odabrati najpovoljniju ponudu između najmanje dvije

Ako su dvije ili više ponuda ravnopravne prema kriterijima dodjele, prednost ima ponuda ponuditelja sukladno Zakonu o područjima posebne državne skrbi.

U članku 68 utvrđeno je što znače pojmovi prijevara i korupcija.

U desetom dijelu u članku 69 utvrđuje se provedba Zakona i nadzor. Prema tom članku, Ured za javnu nabavu stručna je služba Vlade Republike Hrvatske ovlaštena za provedbu, nadzor i primjenu ovoga Zakona i podzakonskih propisa u području nabave, koja daje prethodnu suglasnost, upute i mišljenja korisnicima u pogledu primjene ovoga Zakona, prikuplja, evidentira, obrađuje i analizira podatke o nabavi, podnosi prekršajnom sudu zahtjev za pokretanje prekršajnog postupka, odnosno kaznenu prijavu Državnom odvjetništvu, sudjeluje u izradi nacrta prijedloga zakona i podzakonskih akata koji se odnose na nabavu o općim uvjetima, pravilima i postupcima nabave, priprema i provodi program izobrazbe subjekata i promidžbu zakona, sudjeluje u radu međunarodnih institucija glede nabave, te obavlja i druge poslove iz svoga djelokruga.

Na zahtjev Ureda za javnu nabavu naručitelj mora omogućiti uvid u dokumentaciju za nadmetanje.

Jedanaesti dio u člancima 70 do 73 daje upute kako i kada uložiti prigovor i žalbu Državnoj komisiji za kontrolu postupka nabave te se sudski zaštititi u slučaju nepravilnosti u postupku nabave.

Dvanaesti dio u članku 74 utvrđuje kaznene odredbe za prekršaj.

Trinaesti dio u člancima 75 do 80 utvrđuje prijelazne i završne odredbe. U članku 75 utvrđuje se da će Vlada Republike Hrvatske osnovat u roku od godine dana od dana stupanja na snagu ovoga Zakona Ured za javnu nabavu.

Nadalje, do osnivanja Ureda za javnu nabavu i Državne komisije njihove poslove će obavljati Ministarstvo financija, Uprava za nabavu.

Prema članku 76, Vlada Republike Hrvatske donijet će provedbene propise u roku od 30 dana od dana stupanja na snagu ovoga Zakon koji se odnose na postupak nabave roba, radova i usluga male vrijednosti, opće odredbe za nabavu robe, za nabavu usluga, te za ustupanje radova i metodologiju pripreme, ocjene i izvedbe investicijskih projekata.

Člankom 80 utvrđuje se da ovaj Zakon stupa na snagu 1. siječnja 2002.

SBK

NACIONALNA ZAKLADA ZA ZNANOST, VISOKO ŠKOLSTVO I TEHNOLOGIJSKI RAZVOJ

Hrvatski sabor je na sjednici 14. prosinca 2001. godine donio Zakon o nacionalnoj zakladi za znanost, visoko školstvo i tehnologijski razvoj Republike Hrvatske (Zaklada). Zakon je objavljen u Narodnim novinama broj 117 od 24. prosinca 2001. godine.

Zakonom su utvrđene opće odredbe, zakladna svrha, tijela, osnovna imovina Zaklade, financiranje, financijsko poslovanje i nadzor nad radom Zaklade, odgovornost, statut i drugi opći akti.

Na pitanja koja nisu utvrđena ovim Zakonom primjenjuju se Zakona o zakladama i fondacijama (Narodne novine 36/95 i 64/2001).

Svrha Zaklade je promoviranje i sufinanciranje znanosti, visokog školstva i tehnologijskog razvoja Republike Hrvatske s temeljnim ciljem osiguranja gospodarskog razvoja i poticanja zapošljavanja.

Zakladom upravlja Upravni odbor od sedam članova, koje imenuje Hrvatski sabor.

Članove predlažu:

– Rektorski zbor visokih učilišta RH
– jsvni znanstvenoistraživački instituti
– Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
– Nacionalno znanstveno vijeće
– Nacionalno vijeće z avisoku naobrazbu.
– Ministar znanosti i tehnologije (2 člana).

Rad Zaklade utvrđen je statutom, poslovnikom o radu, pravilnikom o uvjetima i postupku za dodjelu sredstava za ostvarivanje svrhe Zaklade.

Osnovnu imovinu Zaklade čini iznos 2.025.000,00 kuna koji će na samostalni račun Zaklade uplatiti Ministarstvo znanosti i tehnologije na teret stavaka proračuna ovog Ministarstva.

Zaklada sefinancira iz prihoda od osnovne imovine, darovnica i drugih prihoda. Osim toga ostvaruje i prihod iz Fonda za razvoj i zapošljavanje u visini utvrđenoj financijskim planom Fonda te po osnovi Zakona o zakladama i fundacijama. Također stječe prihod od popratnih aktivnosti kao što su organiziranje dobrotvornih priredbi, izrada i prodaja tiskovina, amblema, značaka i sl. Od drugih prihoda to su 1 % udjela u dobiti od komercijalizacije znanstvenih i tehnologijskih otkrića koje RH financira. U slučaju da Zaklada financira projekte, postotak budućeg udjela u dobiti od znanstvenog ili tehnologijskog otkrića, utvrđuje se posebnim ugovorom sklopljenim između nositelja projekta i Zaklade, s tim da taj postotak ne može biti manji od 10 %.

SBK

TS 110/20 kV DUBEC – DRUGA ETAPA IZGRADNJE

Trafostanica 110/20 kV Dubec s obzirom na položaj TS 400/220/110 kV Žerjavinec ima jednaku ulogu u 110 kV sustavu sjeveroistočng dijela grada grada Zagreba kao to ima TS Botinec u odnosu na TS 400/110 kV Tumbri za južni dio gradskog područja ili to će imati 110 kV rekonstruirano rasklopite TS Rakitje u odnosu na buduću TS 400/110 kV Zlodi za zapadni dio grada.

Dispozicija postrojenja 110 kV i rasplet 110 kV vodova TS Dubec rijeena je na način da bi se postigla optimalna raspodjela opterećenja uzduž sabirnica to je od posebnog značaja pri velikim tokovima snage od TS Žerjavinec prema užem području grada Zagreba. Rasklopno postrojenje 110 kV u TS Dubec koncipirano je kao tipsko složeno postrojenje s dva sustava cijevnih sabirnica za 10 polja:

- dalekovodna polja DV 110 kV Resnik 1 i 2, DV 110 kV Žerjavinec 1 i 2, DV 110 kV Ksaver 1 i 2, KV 110 kV Maksimir
- trafopolja na 110 kV strani TR 1 i TR 2 i
- spojno polje glavnih sabirnica.

Prema projektu iz 1985. godine dinamika izgradnje odvija se u tri etape.

Prva etapa izgradnje TS 110/20 kV Dubec zavrena je krajem 1989. godine.

Izvedene su 110 kV sabirnice sa 5 polja na koje su priključeni: DV 110 kV Resnik 1, DV 110 kV Ksaver, transformator TR 1 prijenosnog omjera 110/10 kV, snage 40 MVA, te transformator TR 2 prijenosnog omjera 110/10 kV snage 40 MVA.

U 2001. godini odvijali su se radovi na izgradnji i opremanju druge etape gradnje TS 110/20 kV Dubec. U ovoj etapi obuhvaćeni su radovi u 110 kV rasklopitu na produženju 110 kV sabirnica za 5 polja. Građevinski radovi u ovoj etapi s opremanjem obuhvaćaju 90 posto radova prema projektu. Ove radove je neophodno izvesti zbog skorog početka izgradnje TS 400/220/110 kV Žerjavinec. U drugoj etapi najprije se opremaju dva 110 kV dalekovodna i jedno 110 kV spojno polje. Iza toga slijedi opremanje jo dva nova 110 kV dalekovodna polja. Na izvođenju građevinskih radova nije bilo većih tekoća. Vrijeme je bilo prikladno, pa se mogao potivati rok za zavretak radova od 100 dana.

U trećoj etapi izgradnje jo treba opremiti i pustiti u rad 110 kV Maksimir.

SBK

TS 110/30 kV RESNIK

Krajem 1956. godine ušla je u pogon kao provizorij transformatorska stanica Resnik 110/30 kV, s transformatorom 10 MVA. Ona je trebala postati jaka pojna točka za napajanje istočnog dijela Zagreba. Naime, nakon izgradnje voda HE Jajce – Zagreb ova transformatorska stanica trebala je prihvatiti energiju iz Bosne. TS Resnik priključena je na mrežu 110 kV jednim vodom na TS Klaru, a drugim na TE Jertovec. Time je dobivena zamka vodova oko Zagreba. Takvo je pojačanje bilo potrebno, jer su tada u TE Jertovac ušla u pogon dva nova turbogeneratora po 12,5 MW, a u Resnik je dolazila enerija iz TS Jajce. U nastavku kompletiranja stanice transformator 10 MVA zamijenjen je s dva regulacijska transformatora sa po 60 MVA.

Prije dvadesetak godina u TS Resnik načinjena je rekonstrukcija opreme, a nakon toga prije šest godina i druga rekonstrukcija i zamjena opreme. Najprije su zamijenjeni rastavljači 110kV i dio opreme u poljima. Kako TS Resnik nije bila uključena u sustav daljinskog upravljanja i nadzor iz CDU Mraclin i Nacionalnog dispečerskog centra, načinjeni su adekvatni zahvati koji omogućuju daljinsko upravljanje iz CDU. Istovremeno je zamijenjen i jedan energetski transformator te stavljena u rad zaštita sabirnica i zaštita od zatajenja prekidača za 110kV postrojenje. Instalirana je i kondenzatorska bateriju od 14+16MVAr, čime je omogućen rad kompenzacije sustava.

U 2001. godini montirano je zaštitno uže s optičkim vlaknima na dalekovodu prema Mraclinu, pa je, s već prije položenim kabelom, ostvarena veza s NDC-om. Također je načinjena veza optičkim kabelom sa TS Dubec. Time se zatvorio komunikacijski prsten u prijenosnoj mreži u Zagrebu i okolici.

Kako se rekonstrukcijom i zamjenom opreme postiže povećana sigurnost rada, planira se i daljnja rekonstrukcija ove tranformatorske stanice kao i zamjena opreme. Ponajprije potrebno je zamijeniti sustav istosmjernog napajanja i razvoda, koji je temeljni uvjet sigurnog rada. Od većih zahvata uslijedit će saniranje i kompletna zamjena dotrajalih betonskih portala i sabirničkog sustava. Naime, došlo je do bitnog povećanja struja kratkog spoja uzrokovanih proširenjem TE-TO Zagreb (izgradnjom kombi kogeneracijskog postrojenja) i izgradnje TS Žerjavinec.

SBK

REMONT HE SENJ

Nakon dugotrajnih istražnih radova načinjena je koncepcija energetskog rješenja, temeljem koje je donesena odluka o izgradnji HE Senj. Prema koncepciji predviđena je izgradnja dolinske pregrade (nasuta brana) Sklope – nizvodno od Gospića, odnosno akumulacije Kruščica na rijeci Lici. Zahvaćene bi se vode Like iz akumulacije Kruščica vodile spojnim tunelom Lika – Gacka u Gacku. Kanalom bi se dalje vode obiju rijeka provodile kroz Švičko polje, a zatim gravitacijskim tunelom Gornja Švica – Gusić polje, da bi se konačno tlačnim tunelom dovele do vodne i zasunske komore u Hrmotinama i dalje tlačnim cjevovodom do turbina u podzemnoj strojarnici u uvali Male Grbote kod Senja. Rješenjem je predviđeno da se energetski koristi hidropotencijal voda Like koja će se regulirano ispuštati iz akumulacije Kruščica na padu koji stvara predviđena gradnja brane Sklope u HE Sklope.

HE Senj počela je s proizvodnjom električne energije krajem 1965. godine. U to vrijeme elektrana je bila najveći elektroenergetski objekt u zemlji. U podzemnoj strojarnici smještena su tri glavna agregata i jedan kućni transformator te transformatori spojeni u bloku. Dva agregata su spojena na sabirnice 110 kV, a treći na 220 kV.

Turbine su tipa Francis, svaka snage 72 MW i 600 o/min.

Generatorski napon je 10,5 kV i 50 Hz. Generatori su snage 80 MW, cos ö = 0,9, 600 o/min. Spojeni su u blok spoju s transformastorima: dva na transformatore snage 80 MW i prijenosnog omjera 10,5/121 kV i treći prijenosnog omjera 10,5/242 kV.

Spoj transformatora s rasklopnim postrojenjem izveden je uljnim kabelima 110 i 220 kV.

Na obali, u neposrednoj blizini strojarnice smješteno je rasklopno postrojenje HE Senj 220/110 kV. Kao što je rečeno, na sabirnice 110 kV spojena su dva generatora i tri dalekovodna polja. Na sabirnice 220 kV spojen je treći generator s dva dalekovodna polja, od kojih jedan ide u rasklopno postrojenje Brinje u koje je uveden i izvede dalekovod DV 220 kV Split – Zagreb. Sabirnice 220/110 kV povezane su među transformatorom snage150 MVA i prijenosnog omjera 115/220 kV.

Na sabirnice 110 kV priključen je još i regulacijski transformator 110 /35 kV snage 10 MVA prijenosnog omjera 121±15/36,75 kV preko kojeg se osigurava vlastita potrošnja elektrane i napajanje okolnih mjesta.

Osnovni podaci prikazani su u tablicama 1 i 2.

Polovicom 2001. godine prišlo se remontu elektrane, koji je zapravo najveći remont u životnom vijeku elektrane. Radi se remont:

- na agregatima (1 i 2, a treći je u tijeku)
- na generatorima (zamjena sustava uzbude na sva tri generatora)

Tablica 1 – Osnovni podaci

Akumulacija Kruščica				
	Uspor	- maksimalni radni	(m n: m.)	554,0
	Volumen	- maksimalnog uspora	(hm^3)	142,0
		- minimalnog uspora	(hm^3)	3,0
		- korisni	(hm^3)	139,0
Kompenzacijski bazen Gusić polje				
	Uspor	- maksimalni radni	(m n: m.)	436,5
		- minimalni radni	(m n: m.)	432,0
	Volumen	- korisni	(hm^3)	1,5
	Energetska vrijednost korisnog volumena			
		- Kruščica	(GWh)	139
		- Gusić polje	(GWh)	1,5
Hidroelektrana				
	Bruto pad		(m)	4376,0
	Konstruktivni pad turbine		(m)	410,0
	Srednji energetski ekvivalent		(kWh/m^3)	1,0
	Snaga turbine		(MW)	72,5
	Tip turbine i broj		(komada)	Francis 3
	Snaga generatora		(MVA)	80
	Faktor snage		($\cos \varphi$)	0,90
	Instalirana snaga elektrane		(MW)	216
	Instalirani protok		(m^3/s)	2 x 20
	Brzina vrtnje agregata		(min^{-1})	600
Energija				
	Maksimalna godišnja		(GWh)	1147,7
	Minimalna godišnja		(GWh)	577,7
	Prosječna godišnja		(GWh)	932,5
		- konstantna	(GWh)	193,7
		- varijabilna	(GWh)	738,8

Tablica 2 - Prosječna mjesečna proizvodnja (GWh)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Ukupno
118,6	96,7	88,0	72,7	64,2	53,1	38,3	46,7	81,2	85,3	80,7	107,1	932,5

– zamjena opreme na rasklopištu 220 kV HE Senj (zamjena sabirnica, sabirničkih rastavljača, prekidača 220 kV, linijskih i mjernih rastavljača, strujnih i naponskih mjernih transformatora)
– montaža optičkog kabela na dalekovodima 220 kV Senj–Brinje i Senj–Melina
– generalni remont čistilice fine rešetke zatvarača Gusić polje, Šumećica, Švica i Selište
– sanacija dna bazena Gusić polje, gdje su se pojavila dva ponora te uklanjanje trave i raslinja iz kanala Marasi, dugog 2 kilometra, kojim vode rijeka Gacke i Like dolaze do zatvarača Gusić polje.

Akumulacija za dnevno izravnavanje, koja može primiti oko 1.200 000 kubnih metara vode, što je za rad HE Senja beznačajna količina koja se potroši za nekoliko sati rada elektrane, ispražnjena je , ali se određena količina vode mora očuvati za napajanje vodovoda podvelebitskih naselja. Ona dobivaju vodu iz akumulacija HE Senj i nemaju zamjenskih sustava vodoopskrbe. Zbog toga HE Senj nikad ne može u potpunosti ispustiti svu vodu što itekako usporava i otežava izvođenje remonata.

SBK

MODELIRANJE ENERGETSKIH ZNAČAJKI PLINSKO-TURBINSKIH BLOKOVA U EL-TO ZAGREB PROGRAMSKIM PAKETIMA "THERMOFLOW"

Sektor za razvoj Hrvatske elektroprivrede ugovorio je s Ekonergom studiju navedenog naslova, čija je svrha bila izrada režimske karte i energetskih karakteristika za dva

kogeneracijska plinsko-turbinska bloka (električne snage 2x26 MW) instalirana u EL-TO Zagreb, korištenjem programskih paketa firme "Thermoflow". Naime, HEP je nabavio programske pakete navedene firme: GT PRO, GT MASTER, PDE, PEACE, QTPRO, GT Tamplate, PoweDraw i E-Link. Ovi paketi namijenjeni su projektiranju plinskih kombi postrojenja na razini idejnih rješenja i s tog gledišta imaju određena ograničenja. Za njihovu primjenu na postojeća postrojenja potrebno je načiniti prilagodbe vezane uz točnost matematičkog modeliranja u cijelom njihovom području rada. Za konkretnu primjenu u EL-TO Zagreb korišteni su neki od programskih paketa, odnosno programi koji opisuju termodinamički proces plinsko turbinskih postrojenja: GT PRO, GT MASTER, te programi za upravljanje podacima: GT Tamplate i E-Link.

Studija je dovršena i verificirana. Rezultati ovog istraživanja sažeti su u zaključku koji se u izvornom obliku prenosi.

"Izrada matematičkog modela kogeneracijskog plinsko--turbinskog bloka koji opisuje proces pretvorbe energije unutar njega nije jednostavna, a nabavljeni programski paketi firme "Thermoflow" u tom smislu mogu pružiti veliku korist.

Kao što je i bilo za očekivati, definirani model (u prvom koraku) programskim paketom "GT PRO" nije dao zadovoljavajuće poklapanje rezultata s projektnim podacima. Međutim smišljenim korištenjem mogućnosti koje pružaju programski paketi (posebno "GT MASTER"), kao i relativno velika širina prilagodbi koje je moguće vršiti omogućili su izradu takovog modela čiji su se rezultati sa zadovoljavajućom točnošću poklopili s projektnim podacima. Osnovni energetski pokazatelji poklopili su se s točnošću od 1 % za bazna opterećenja, dok razlike za snižena opterećenja nisu prelazila 2,5 %. Na nivou 2 % poklopili su se rezultati matematičkog modeliranja i projektnih podataka za kotao utilizator.

Sam proces prilagodbe osnovnog matematičkog modela projektnim vrijednostima bio je složen i otežan zbog relativno šturih podataka kojima se raspolagalo. Naime, isti su obuhvaćali uglavnom konačne energetske pokazatelje. Kada bi projektni podaci obuhvaćali radne i energetske pokazatelje pojedinih komponenti postrojenja, gotovo da i ne bi bilo značajnijih poteškoća pri prilagodbi.

Jasno je da energetske karakteristike utvrđene matematičkim modelom prilagođenim projektnim podacima ne moraju dovoljno točno opisivati i stvarno stanje postrojenja, pogotovo tokom višegodišnje eksploatacije. Prilagodbu matematičkog modela stvarnom stanju moguće je provesti analogno prethodnom postupku, ali tada treba koristiti podatke odgovarajućih mjerenja. Danas se nova termoenergetska postrojenja izvode s kompjuteriziranim sistemima regulacije i vođenja, a niz pogonskih parametara i podataka o stanju opreme se pohranjuju. Te pohranjene podatke moguće jekoristiti upravo u tu svrhu. Međutim iskustva s modeliranog postrojenja pokazala su kako arrhivirani fond podataka nije dovoljan. Neke od potrebnih veličina jesu mjerene, ali se ne pohranjuju, dok bi za neke trebalo organizirati posebna mjerenja. Prikupljanje pripadajućih (korespondentnih) podataka u tom slučaju bilo bi otežano zbog tri izvora podatak mjerenih veličina čije bi prikupljanje trebalo sinkronizirati. Praktično to bi značilo organiziranje posebnih mjerenja.

Međutim pokazalo se da je moguće za plinsko-turbinske blokove u EL-TO Zagreb i na bazi postojećeg fonda podataka, energetske karakteristike utvrđene na bazi projektnih podataka, korigirati na način da dovoljno točno prezentiraju stvarno stanje postrojenja.

Potrebno je napomenuti kako nabavljeni programski paketi "Thermoflow" nisu prikladni za pogonsko korištenje u smislu termodinamičkog bilanciranja sa svrhom utvrđivanja pogonskih i energetskih pokazatelja rada. Osnovni razlog je sam koncept, a i cijena korištenja progrmaskih paketa. Primjerenije je, korištenjem programskih paketa izraditi energetske karakteristike konkretnog postrojenja, te ih u prikladnom opsegu i obliku dati na raspolaganje korisniku. Osim grafičkih prikaza (koji su preferirani u ovom radu) energetske karakteristike moguće je dati i u drugim oblicima prikladnim za rad s računalima. Iste je moguće dati ili u obliku baze podataka s nizom diskretnih točaka dovoljne gustoće ili u obliku korisničkog programa. Iako je izrada korisničkog programa složenija, mišljenja smo da je to prikladnija varijanta, je rpruža više mogućnosti. Takav program moguće je koncipirati na način da osim energetskih pokazatelja korisniku pruža i informacije o pogonskim veličinama."

Studija je pohranjena u stručnoj biblioteci HEP-a koju vodi Sektor za poslovnu informatiku – Odjel za statistiku i dokumentaciju.

SBK

STRUKTURNA PRILAGODBA POSLOVNOG SUSTAVA HEP-a

Donošenjem energetskih zakona stvorene su obveze i utvrđeni rokovi za strukturnu prilagodbu poslovnog sustava HEP-a novim uvjetima.

POLJSKA MAMI INVESTITORE

U kolovozu prošle godine objavljeno je da je Poljska ustupila ekskluzivna prava španjolskoj kompaniji Iberdola na kupnju distribucijskih kompanija grupe G8. za 25 % dionica u G8 Iberdrola nudi 400 milijuna dolara. Tako je Iberdrola izbacila konkurente Electrabel, E.ON Energie i poljski Elerktrim.

Ova prodaja je dio plana poljske vlade o privatizaciji energetskog sektora (Energy Act iz 1997.). Energetski sektor bio je već restrukturiran i poneka energetska proizvodnja i distribucija prodana. G8 je drugi energetski distributer koji se uključuje u prodaju nakon prodaje Upper Silezian distributor GZE u prosincu 2000. godine, poznatog kao "sjeverna grupa" (Northern Group) koja je najveći elektrodistributer u zemlji sa udjelom na tržištu s 16,3 % i prodajom od 16,5 TWh godišnje i oko 2,6 milijuna potrošača.

Prema svojoj veličini i potrošačkoj osnovi G8 je najvredniji čimbenik u poljskoj energetskoj shemi privatizacije koja bi trebala biti dovršena u 2002. godini. Pokriva područja Gdansk, Torun, Slupsk, Plock, Elblag, Olsztyn, Kalisz i Koszalin i ima dobru poziciju na više načina.

G8 posjeduje drugu po večini proizvodnju Elektrowni Patnow-Adamow-Konim (PAK) kao i Swepol podmorski energetski kabel. To će Iberdroli dati prednost pred ostalim konkurentima u poljskom energetskom sektoru te će biti snažno uporište na ovom regionalnom tržištu.

Prema kompaniji Standard & Poor's, Poljska je atraktivno tržište za za investitore iz mnogo razloga. S obzirom na svoje gospodarstvo, populaciju, površinu i industrijsku proizvodnju, Poljska je veliko tržište, naročito ako se gleda istočna i srednja Europa. Također je najnaprednija u tranzitnim gospodarstvima, izostavljajući neke od rizika zemlje vezanih uz ovaj dio svijeta. Poljska ima s obzirom na geografski položaj strateški važan smještaj i ekonomski je bliža zapadnim zemljama od drugih zemalja istočne Europe. S obzirom da je okružuju kontinentalna zapadna Europa, Rusija i i istočna Europa, ima dobar položaj kao tranzitna zemlja za zapadnu Europu.

Napori Poljske na reformiranju svog tržišta i uvođenju konkurencije također privlače investitore koji mogu biti sigurni da će transparentnost regulative i strujne tarife osigurati visoku profitabilnost.

Kolika je važnost Poljske kao konkurenta u europskom tržištu vidi s eu činjenici da su se francuski EdF i švedski Vatenfall uključila u poljski energetski sektor i da djeluju uspješno. EdF je sudjelovao u prvom energetskom privatizacijskom projektu Poljske te ima udio u proizvodnim kompanijama ECK-SA, ZecW SA i Kogenracja.

Zbog svog položaja u središtu europskog tržišta Poljska je važna za Iberdrolu koja ima udjela u Njemačkoj. U 2000. godini Iberdrola je preuzeo 55 % dionica u kompaniji Elektrocieplownie Warszawskie SA u proizvodnji električne i lokalnoj proizvodnji toplinske energije, dok je u 2001. godini kupio dionice u kompaniji GZE, najvećem poljskom distributeru.

Poljska blizina Njemačkoj, najvećem zapadnoeuropskom energetskom tržištu Također je značajna investitorima kao što je Iberdrola jer im može poslužiti kao odskočna daska za ulazak na njemačko tržište. Osim toga, prednost je lakše postići u Poljskoj nego u Njemačkoj, jer se u Poljskoj zbog niže cijene može kupiti veća količina dionica. Osim toga, u Njemačkoj su kompanije manje i ima ih više, dok se u Poljskoj kupnjom dionica jedne kompanije može sudjelovati u velikom opsegu u poljskom energetskom tržištu. Zato se kupnja dionica G8 smatra dobrom prilikom za stjecanje uporišta na strateškom tržištu.

Ukoliko Iberdrola kupi dionice G8, morat će investirati u distribucijsku infrastrukturu na sjevernom području.

Pri kupnji udjela u komapniji Elektrocieplownie Warszawskie SA, Vatenfall se obvezao da će investirati 650 milijuna američkih dolara tijekom 10 godina za modernizaciju postrojenja.

Gotovo na svim razinama elektroenergetske mreže postoji potreba za investiranjem koja je često vezana uz privatizaciju, gdje se kupac ugovorom obvezuje na investiranje u modernizaciju. Uvažavajući tu činjenicu kupac mora računati na ustupak u nabavnoj cijeni za ustupak u investicijskim potrebama.

Osim toga, Iberdrola kao uvjet za kupnju udjela u G8 mora nabaviti generator. U ožujku 2001 Poljska je promijenila uvjete u tenderu. Zatražila je da potencijalni investitor u G8 ponude dionice za jedan od četiri generatora kojima predstoji privatizacija. Ova promjene zahtjeva iznenadila je investitore jer je vertikalna integracija privlačna budućnost. U četiri generatora uključeni su Stalowa Wola, Ostroleka, Kozienice i Dolna Odra. Ovaj zadnji opskrbljuje 4,7 % domaćeg tržišta i bilježi profit od 22,1 milijun američkih dolara u 2000. godini. Zato se smatra da je Iberdrola napravila dobar izbor.

Vatefall se nada da će svoju proizvodnju i distribuciju također integrirati, jer se na većini tržišta postižu koristi od vertikalne integracije. Ukoliko Iberdrola ide tim pravcem bio bi to strateški logičan korak.

PEI – Power Engeneering International, October 2001.

SBK

NEZADOVOLJSTVO ODRŽAVANJEM

Na pitanje da li su europski menadžeri zadovoljni održavanjem, otklanjanjem kvarova i remontom u elektranama (MRO), odgovor je pokušao dati analitičar Harald Thaler iz kompanije Frost &Sullivan na II. konferenciji o obnovi elektrana koja je održana u Amsterdamu u jesen prošle godine.

U elektroprivrednim kompanijama, industrijskim elektranama i nezavisnim energetskim proizvođačima IPPs (Independent Power Producers) dogodile su se značajne promjene u strateškim opredjeljenjima u području MRO. Da bi postale konkuretne kompanije su bile prisiljene snanjivati radnu snagu i oslanjati se na vanjske usluge temeljem ugovora. To se počelo događati u vrijeme kada su energetske kompanije morale snižavati cijene da bi preživjele u novim uvjetima slobodnog energetskog tržišta. Smanjivale su broj zaposlenih na svim razinama, pa i na održavanju postrojenja. S obzirom na kvalitetu rada i tehničko znanje, to je značilo duže vrijeme čekanja i pogoršanje stanja postrojenja.

Deregulacija energetske industrije širom Europe značila je kraj starim sigurnostima kada je cijenu rada i održavanja postrojenja plaćao potrošač kroz više cijene struje. Sada uprava elektrana traži načine kako smanjiti cijene da bi preživjeli u liberaliziranoj okolini. U elektroprivrednim kompanijama i IPPs usvojena je potpuno nova filozofija održavanja. Dok su se prije strogo poštivale preporuke održavanja i zahtjevi inspekcija, sada to više nije slučaj. Provedena istraživanja MRO strategija u europskim elektranama pokazuju da skoro jedna trećina uprava ne poštuju preporuke održavanja već se oslanjaju na "zdrav razum". Iako to varira od zemlje do zemlje, to je još uvijek trend širom Europe. Uprave uvjeravaju da poznaju svoje elektrane bolje od OEM, te da imaju svoj vlastiti režim održavanja. Inspekcije i preporuke održavanja koje su izdali OEMsi previše su konzervativne i čine održavanje skupim. To navodi mnoge elektrane da radije prihvate strategiju održavanja temeljenu na riziku od kazne nego da poštuju rigidne programe održavanja prema preporukama.

Načinjeno je marketinško izvješće koje se sastoji od end-user studije održavanja elektrana i zahtjeva za podizanje najvišeg stupnja sigurnosti u EU, a koje pokriva elektroprivredne kompanije i industrijska postrojenja kao i IPPs.

U studije se, na temelj na 140 detaljnih intervjua s menadžerima i opširnog upitnika, provodi detaljna analiza razine zadovoljstva sa različitim aspektima propisa OEM. Prvi rezultati pokazuju da je cijena glavni element nezadovoljstva. Čini se da OEM koristi svoju jaku poziciju i industrijsku strukturu da umjetno zadrži cijene visokim. Mnogi menadžeri se osjećaju kao u klopci jer zbog nedostatka konkurencije plaćaju visoku cijenu.

Drugi kritični čimbenik je kvaliteta rada. Nestašica tehnički obrazovnih centara unutar nekih EMO ima za posljedicu pad standarda.

Kad se u tom svjetlu promatraju kompanije koje se bave održavanjem, Kompanija Ansaldo je rangiran vrlo nisko s obzirom na kvalitetu, dok se Alstom izdvaja zbog ekstremno loše usluge.

International Power Generation, September 2001.

SBK

NOVO IME ZA FRANCUSKU NUKLEARNU INDUSTRIJU

Novo ime za reorganiziranu nuklearnu industriju Francuske jest AREVA. Reorganizaciju je uzrokovao nestanak FRAMATOME-a te stvaranje holding grupe koja će imati glavnu kontrolu u Komisiji za atomsku energiju AEC (Atomic Energy Commission).

Holding grupa obuhvaća dva područja – Cogema i nuklearni sektor Framatoma sačinjavaju prvi sektor, dok Framatomova podružnica FCI i vladin holding u STMicroelectronics sačinjavaju drugi sektor.

Power Engineering International, October 2001.

SBK

SUPRAVODLJIVI VODIČ ZA TRANSFORMATORE

Buduća ageneracija električnih vlakova trošit će značajno manje energije od današnjih zahvaljujući razvoju prvog supravodljivog kabela (HTS Cable). Kabel je proizveden u kompaniji Siemens – Erlangen. Čine ga mikroskopski sitne čestice lomljive keramike ukomponirane u slitinu srebra. Preko okretnog postolja, uz odžarivanje formirana je žičana struktura. Istraživači su koristili tehnologiju iz proizvodnje traansformatora pomoću koje je nekolikoHTS traka formirano u kabel. Ova metoda prokrčila je put za široku proizvodnju fleksibilnih, visoko kapacitetnih kabela s vrlo malim gubicima.

Ukupno je uvedeno trinaest strukova žice u 400 m dugačak kabel. Zatim je kabel instaliran u model HTS transformatora izlazne snage 1 MVA, što je dovoljno za pogon jednog vlaka. Nova tehnologija može smanjiti težinu pojedinog transformatora za trećinu bez promjene izlaznih veličina. Dodatno, koeficijent iskoristivosti kod sadašnjih transformatora ove namjene je oko 90 %, dok s vodičima od navedenih materijala postiže se iskoristivost od 98 %.

New World – Siemens Magazine, September 2001, No. 3

SBK

NOVA GENERACIJA TERMOELEKTRANA NA LIGNIT

Ujedinjenjem Njemačke u jednu državu u istočnoj Njemačkoj je zbog zahtjeva za zaštitu okoliša te niskog sttupnja iskorištenja isključeno iz pogona više od 8700 MW instalirane snage iz termoelektrana, većinom na lignit. Novoformirana kompanija VEAG preuzela je obvezu da nadoknadi ukinute kapacitete te da se uključi u liberalizirano tržište energije u EU.

Nakon više od pet godina gradnje puštena je u pogon prva u nizu termoelektrana Boxberg, instalirane snage 907 MW, s pogonom na lignit s vrlo malom emisijom CO_2 koja udovoljava najstrožim kriterijima te s ukupnim stupnjem iskorištenja cijelog postrojenja od 48,5 %, što je svjetski rekord.

Turbinsko postrojenje projektirao je Siemens. Primijenjeni su novi načini proračuna i konstrukcije, niz novih tehničkih unapređenja tako da je to putokaz nove generacije parnih turbina, čiji je koeficijent iskoristivosti 97,5 %.

Turbinski kompleks dugačak je 55 m i sastoji se iz 5 kućišta (segmenata)

– 1 visokotlačni dio

– 1 srednjetlačni dio

– 3 niskotlačna dijela.

Ležajevi su postavljeni na temelje i odvojeni su od kućišta turbine.

Jedno protočna visokotlačna turbina teška je 120 tona i kompletno je završena u tvornici. Novost je što je kućište jednodjelno. Rotor je monoblok koji se spaja sa srednjetlačnom turbinom preko hidraulučki ekspandiranih klinova. Konstrukcija je rotaciono simetrična čime su poništene deformacije od termičkog šoka i postignuto kratko vrijeme starta.

Srednjetlačna turbina ima 2 protoka, dvodjelno kućište i teška je 260 tona. Sastavljena je u elektrani na licu mjesta. Donji dio kućišta postavljen je direktno na temelje. Da bi se smanjilo vrijeme montaže polovice su maksimalno završene kod proizvođača.

Niskotlačni dio se sastoji iz tri jedinice s dva protoka. Ukupno je težak više od 400 tona i sastavljen je u elektrani. Niski gubici ostvareni su posebnim oblikovanjem vanjskog i unutarnjeg kućišta i toplinskim štitovima.

Lopatice visokotlačnog i srednjetlačnog dijela projektirane su primjenom nove 3D CFD metode proračuna. Ova metoda je samo na oblikovanju lopatica povećala ukupnu iskoristivost za 2 %. Ova metoda također donosi značajno manje vibracije sistema, tako da su izbačeni elementi koji su ujednačavali protok pare.

Move metode proračuna 3D CFD, nova tehnološka unapređenja i nova geometrija difuzora smanjili su gubitke u postrojenju i povećali korisni učinak do veličine koja je izazov i cilj ostalim proizvođačima opreme za termoelektrane.

International Power Generation, October 2001.

SBK

Energija

Godište 51 (2002) Br. 1

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1383

UDK 621.317.1:621.316.1
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/1, 51-58

POUZDANOST KOMPONENTI I SUSTAVA UZEMLJENJA GRADSKE TS 10(20)/0.4 kV

Mr. sc. Pavle Filko, dipl. ing. el.

HEP – DP Elektroslavonija Osijek, Šetalište kardinala F. Šepera 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

Rad prikazuje analizu pouzdanosti komponenti i sustava uzemljivača gradske TS 10(20)/0.4 kV. Cilj je pokazati vrijednosti pokazatelja pouzdanosti pojedinih komponenti uzemljenja i sustava uzemljenja u cjelini. Podaci o kvarovima su prikupljeni i analizirani na stvarnoj mreži TS 10(20)/0.4 kV grada Osijeka.

(Lit. 5, sl. 7 – original na hrvatskom jeziku)

Autor:
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/51-58/2002.

ENERGIJA 1384

UDK 621.31.001
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/1, 23-30

ANALIZA ENERGETSKOG SEKTORA SA STAJALIŠTA EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

Željko Jurić, dipl. ing. – mr. sc. Goran Slipac, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku se daje pregled emisija stakleničkih plinova iz energetike, doprinos tih emisija ukupnim emisijama na području Republike Hrvatske te usporedba s odgovarajućim emisijama drugih europskih zemalja.
Analiziran je razvoj energetskog sektora sa stajališta emisije stakleničkih plinova. Polazište za analizu je *business-as usual* Republike Hrvatske. U radu su razmatrane mogućnosti smanjenja emisije stakleničkih plinova u odnosu na *business-as usual* scenarij. Analizirane su mjere u sektorima energetske potrošnje (industrija, promet, kućanstva i usluge) i elektroenergetici, pri čemu su određeni potencijali smanjenja emisije i marginalni troškovi promatranih mjera.
Na kraju su prikazane i očekivane projekcije emisija stakleničkih plinova iz energetskog sektora, koje ukazuju na velike teškoće pri ispunjavanju obveze iz Kyoto protokola.

(Lit. 9, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)

Autori:
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/23-30/2002.

ENERGIJA 1385

UDK 620.95
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/1, 31-38

ENERGETSKI I EKONOMSKI ASPEKTI PROIZVODNJE BIODIZELSKOG GORIVA U HRVATSKOJ

Mr. sc. Julije Domac – dr. sc. Branka Jelavić – prof. dr. sc. Tajana Krička

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Biodizel je motorno gorivo koje se dobiva iz repičinog ulja ili drugih biljnih ulja, a ima svojstva jednaka onima koja ima klasični dizel dobiven iz mineralnih ulja pa se koristi kao zamjena mineralnog dizela ili u određenoj smjesi s njim. Potporu za proizvodnju biodizelskog goriva u Hrvatskoj dala je Vlada Republike Hrvatske, pokretanjem projekta BIODIZEL u sklopu Nacionalnog energetskog programa BIOEN, krajem prošle godine. Pri ekonomskoj analizi proizvodnje biodizelskog goriva u Hrvatskoj potrebno je uzeti u obzir sve osnovne dijelove lanca koji čine proizvodnja uljene repice, prerada repice u sirovo ulje, proizvodnja metilnog estera repičinog ulja te dodavanje estera u određenom postotku u smjese s mineralnim dizelima. U radu su se analizirala tri osnovna organizacijsko-gospodarska modela proizvodnje i korištenja biodizelskog goriva u Hrvatskoj, a analiza cijene proizvodnje biodizela i isplativosti proizvodnog lanca provedena je za sva tri opisana modela korištenjem tabličnog modela koji je za ovu svrhu konstruiran. Pokazano je da u svakom promatranom modelu postoji potreba za određenim vidom novčanih poticaja, da se potrebni poticaji smanjuju, odnosno proizvodnja postaje isplativija ako se dijelovi proizvodnog lanca međusobno integriraju te da je, budući da potreba za poticajima ovisi o kapacitetu proizvodnje u ukupnom lancu, potrebno donijeti jasnu strategiju i dinamiku poticanja i proizvodnje biodizelskog goriva.

(Lit. 5, sl. - – original na hrvatskom jeziku)

Autori:
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/31-38/2002.

ENERGIJA 1385 UDK 620.95

1. Energetski i ekonomski aspekti proizvodnje biodizelskog goriva u Hrvatskoj

I. Domac, J. – Jelavić, B. – Krička, T.

II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Biodizel
Energija
Gorivo
Ekonomska analiza

ENERGIJA 1384 UDK 621.31.001

1. Analiza energetskog sektora sa stajališta emisije staklenčkih plinova

I. Jurić, Ž. – Slipac, G.

II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Emisija
Stakleнički plin
Energetika
Mjere za smanjenje emisije

ENERGIJA 1383 UDK 621.317.1:621.316.1

1. Pouzdanost komponenti i sustava uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV

I. Filko, P.

II. HEP – DP Elektroslavonija Osijek, Šetalište kardinala F. Šepera 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

Sustav uzemljenja gradske TS 10(20)/0.4 kV
Pouzdanost komponenti i sustava uzemljivača
Izračun veličina pojedinih pokazatelja pouzdanosti uzemljenja

Energija

Godište 51 (2002) Br. 1

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1386

UDK 620.9:338.52
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/1, 9-22

TEMELJNI ODNOSI I POSTAVKE ZA TARIFNI SUSTAV PRIRODNOG PLINA

Dr. sc. Mićo Klepo

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

U radu se izlažu rezultati analiza današnje razine i strukture cijena prirodnog plina u Republici Hrvatskoj, te navode preliminarne ocjene elemenata i podloga za izradu tarifnog sustava prirodnog plina. Problemu strukture cijena i tarifa, odnosno tarifnog sustava za prodaju prirodnog plina u ovom radu prilazi se po načelima koja vrijede za sustave tzv. umrežcnih energenata. Kod postavljanja tarifne strukture razlikuju se djelatnosti proizvodnje i nabave plina od njegova transporta i skladištenja, odnosno distribucije i maloprodaje. U ovom se radu izlažu i preispituju one postavke i načela strukture i odnosa tarifnog sustava prirodnog plina koji su vezani za gospodarsku poziciju korištenja transportne plinske mreže, odnosno distributivnih kapaciteta s maloprodajom plina za glavne sektore i kategorije potrošnji plina.

(Lit. 11, sl. 1 – original na hrvatskom jeziku)

Autor:
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/9-22/2002.

ENERGIJA 1387

UDK 620.91:338.49
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/1, 39-50

UČINKOVITOST MALIH I MIKRO KOGENERACIJA

Prof. dr. sc. Radmilo Protić

Dobri dol 54 III, 10000 Zagreb, Hrvatska

Razmatra se učinkovitost malih i mikro kogeneracija različita izvedbe za decentraliziranu proizvodnju električne energije i topline u odnosu na velike energetske sustave. Osim učinkovitosti analizira se ekonomska i ekološka prednost danas i u budućnosti.

(Lit. 20, sl. 8 – original na hrvatskom jeziku)

Autor:
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/39-50/2002.

ENERGIJA 1388

UDK 620.91.001
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/1, 3-8

PROJEKCIJA RAZVOJA ENERGETSKOG SEKTORA U SVIJETU I HRVATSKOJ DO 2020. GODINE

Vedran Uran, dipl. ing.

A. Kovačića 20, 51000 Rijeka, Hrvatska

Cilj je ovog rada bio prikazati projekciju razvoja energetskog sektora u svijetu do 2020. godine temeljenu na referentnom scenariju kojeg je izradila svjetska organizacija IEA (*International Energy Agency*). Moguće promjene u tom razvoju objašnjene su kroz alternativne opcije, također izrađene po istoimenoj organizaciji. Usporedo sa prikazanim svjetskim energetskim tokovima, analiziran je te opisan mogući razvitak energetskog sustava u Hrvatskoj i Primorsko-goranskoj županiji do 2020. godine.

(Lit. 10, sl. 3 – original na hrvatskom jeziku)

Autor:
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/3-8/2002.

ENERGIJA 1388 UDK 620.91.001

1. Projekcija razvoja energetskog sektora u svijetu i Hrvatskoj do 2020. godine
I. *Uran, V.*
II. A. Kovačića 20, 51000 Rijeka, Hrvatska

Razvoj energetskog sektora
Referentni scenarij
Alternativne opcije
Razvitak energetskog sustava

ENERGIJA 1387 UDK 620.91:338.49

1. Učinkovitost malih i mikro kogeneracija
I. *Protić, R.*
II. Dobri dol 54 III, 10000 Zagreb, Hrvatska

Centralizirani i decentralizirani sustavi
Male i mikro kogeneracije
Učinkovitost
Konkurentnost
Ekonomičnost
Zaštita životne sredine

ENERGIJA 1386 UDK 620.9:338.52

1. Temeljni odnosi i postavke za tarifni sustav prirodnog plina
I. *Klepo, M.*
II. Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Cijena prirodnog plina
Tarifni sustav za prodaju prirodnog plina
Tarife transporta i skladištenja plina
Sektori i kategorije potrošnje plina
Tarifni odnosi
Tarifna struktura

Energija

Godište 51 (2002) Br. 1

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1389

UDK 621.039.51:618.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/1, 59-65

STRATEGIJA ISPITIVANJA CIJEVI PAROGENERATORA PWR NUKLEARNIH ELEKTRANA

Mr. sc. Željko Postružin, dipl. ing.

INETEC – Institut za nuklearnu tehnologiju, Koturaška 51, 10000 Zagreb, Hrvatska

U radu nuklearnih elektrana sigurnost zauzima značajno mjesto. Parogenerator, kao jedna od glavnih komponenata primarnog kruga, igra važnu ulogu u sigurnosti, stabilnosti rada i produktivnosti nuklearne elektrane. Potrebno je u tom smislu, integritet parogeneratora stalno održavati i time omogućiti visok stupanj raspoloživosti rada elektrane.
Za postizanje tog cilja potrebno je provesti različite aktivnosti pregleda i održavanja komponenti za vrijeme redovitih prekida rada elektrane.
(Lit. 3, sl. 2 – original na hrvatskom jeziku)

Autor:

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/59-65/2002.

ENERGIJA 1389 UDK 621.039.51:618.1

1. Strategija ispitivanja cijevi parogeneratora PWR nuklearnih elektrana

I. *Postružin Ž.*

II. INETEC – Institut za nuklearnu tehnologiju, Koturaška 51, 10000 Zagreb, Hrvatska

Parogenerator
Vrtložne struje
Ispitivanje
Propisi

Energija

Volume 51 (2002) Nº 1

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1383

UDK 621.317.1:621.316.1
ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 51/2002/1, 51-58

RELIABILITY OF URBAN 10(20)/0.4 kV TS GROUNDING COMPONENTS AND SYSTEM

Pavle Filko, M. Sc.

HEP – DP Elektroslavonija Osijek, Šetalište kardinala F. Šepera 1a, 31000 Osijek, Croatia

In the paper a reliability analysis of urban 10(20)/0.4 kV TS grounding components and system is given. The aim is to show the reliability parameters' value of certain components and the whole system. Failure data have been collected and analysed on the existing 10(20)/0.4 kV TS network of the town of Osijek.

(No. of References: 5, Fig.: 7 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/51-58/2002.

ENERGIJA 1384

UDK 621.31.001
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/1, 23-30

ENERGY SECTOR ANALYSIS FROM THE POINT OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

Željko Jurić, B. Sc. – Goran Slipac, M. Sc.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37,10000 Zagreb, Croatia

In the paper a review of greenhouse gas emissions from the energy sector is given, i.e. their share in the entire emissions at the territory of the Republic of Croatia as well as the comparison with such emissions in other European countries. Energy sector development is analysed from the point of greenhouse gas emissions, beginning with business-as-usual scenario for Croatia. Emission decrease possibilities related to business-as-usual scenario are worked out. Analysed are measures in different sectors of energy consumption (industry, transport, households, services) and electric energy supply, whereby a certain potential of emission reduction is determined together with marginal costs of the measures observed. Finally, expected greenhouse gas emissions from the energy sector are forecast, which point to major problems in meeting the Kyoto obligations.

(No. of References: 9, Fig.: 5 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/23-30/2002.

ENERGIJA 1385

UDK 620.95
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/1, 31-38

ENERGY AND ECONOMY ASPECTS OF BIODIESEL PRODUCTION IN CROATIA

Julije Domac, M. Sc. – Branka Jelavić, D. Sc. – Tajana Krička, Prof. D. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

Bio-diesel is an engine fuel obtained from rape or other oil crops, and its characteristics are the same as the ones of the usual diesel obtained from mineral oils. It is used as a substitute for mineral diesel or mixed with it. At the end of 2001 the Croatian Government initiated and has since offered support for the BIO-DIESEL Project as part of the BIOEN National Energy Programme. An economic analysis of the bio-diesel production in Croatia should take into account all of the basic chain parts, i.e. rape production, rape processing to obtain crude oil, methyl ester production from the oil and mixing of ester in a certain percentage with mineral diesel. In the work three basic organisational and economic models of bio-diesel production and usage in Croatia have been analysed. For all three models, a review of the production price and the production chain profitability has been carried out by means of a table model designed for that purpose. It is shown that all models need some kind of subsidy and that these subsidies become smaller and the production more financially feasible if parts of the production chain are integrated. The need for subsidies depends on the production capacity, so there is a definite need for a clear strategy and dynamics of subsidies relating to bio-diesel production.

(No. of References: 5, Fig.: - – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/31-38/2002.

ENERGIJA 1385 UDK 620.95

1. Energy and Economy Aspects of Bio-diesel Production in Croatia
I. *Domac, J. – Jelavić, B. – Krička, T.*
II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

Bio-diesel
Energy
Fuel
Economic Analysis

ENERGIJA 1384 UDK 621.31.001

1. Energy Sector Analysis from the Point of Greenhouse Gas Emissions
I. *Jurić, Ž. – Slipac, G.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Emission
Greenhouse Gasses
Energy Sector
Measures to Decrease Emissions

ENERGIJA 1383 UDK 621.317.1:621.316.1

1. Reliability of Urban 10(20)/0.4kVTS Grounding Components and System
I. *Filko, P.*
II. HEP – DP Elektroslavonija Osijek, Šetalište kardinala F. Šepera 1a, 31000 Osijek, Croatia

Urban 10(20)/0.4kV TS Grounding System Components' and Grounding System's Reliability Calculation of Certain Grounding Reliability Parameters

Energija

Volume 51 (2002) Nº 1

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1386

UDK 620.9:338.52
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/1, 9-22

BASIC RELATIONS AND ASSUMPTIONS FOR NATURAL GAS TARIFF SYSTEM

Mićo Klepo, D. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

The work analyses results of today's natural gas level and price structure in the Republic of Croatia, including a preliminary evaluation of elements and bases for the elaboration of the natural gas tariff system. The problem of price and tariff structure, i.e. tariff system for natural gas sale is approached following the principles applied for so-called network energy supply. Structure definition makes a distinction among the activities of gas production and procurement, transport and storage, and distribution and sale. This work examines those assumptions and principles of the natural gas tariff system structure and relations, which are connected to the economic position and development of transport gas network usage, i.e. distribution capacities and sale to main gas sectors and categories of gas consumption.

(No. of References: 11, Fig.: 1 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/9-22/2002.

ENERGIJA 1387

UDK 620.91:338.49
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/1, 39-50

EFFICIENCY OF SMALL AND MICRO COGENERATIONS

Radmilo Protić, Prof. D. Sc.

Dobri dol 54, 10000 Zagreb, Croatia

The efficiency of small and micro cogenerations of different construction for decentralised electric energy and heat production related to big energy systems is given. Beside efficiency, economic and ecological advantages are analysed now and in the future.

(No. of References: 20, Fig.: 8 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/39-50/2002.

ENERGIJA 1388

UDK 620.91.001
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/1, 3-8

ENERGY SECTOR DEVELOPMENT SCENARIOS FOR THE WORLD AND CROATIA UNTIL THE YEAR 2020

Vedran Uran, B. Sc.

A. Kovačića 20, 51000 Rijeka, Croatia

The aim of this work is to show the forecast of energy sector development for the world until 2020 based on the reference scenario done by the world organisation IEA - International Energy Agency. Possible changes in that development are explained through alternative options also made by the same organisation. Parallel to the world energy perspectives, possible energy system development for Croatia and Primorsko-goranska County until the year 2020 is also given.

(No. of References: 10, Fig.: 3 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/3-8/2002.

ENERGIJA 1388 UDK 620.91.001

1. Energy Sector Development Scenarios for the World and Croatia Until the Year 2020
I. Uran, V.
II. A. Kovačića 20, 51000 Rijeka, Croatia

Energy Sector Development
Reference Scenario
Alternative Option

ENERGIJA 1387 UDK 620.91:338.49

1. Efficiency of Small and Micro Cogenerations
I. Protić, R.
II. Dobri dol 54, 10000 Zagreb, Croatia

Centralised and Decentralised Systems
Efficiency
Competitiveness
Economy
Environmental Protection

ENERGIJA 1386 UDK 620.9:338.52

1. Basic Relations and Assumptions for Natural Gas Tariff System
I. Klepo, M.
II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

Natural Gas Price
Natural Gas Tariff System
Transport and Storage Tariffs
Sectors and Categories of Gas Consumption
Tariff Relations
Tariff Structure

Energija

Volume 51 (2002) Nº 1

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1389

UDK 621.039.51:618.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/1, 59-65

TESTING STRATEGY OF PWR NUCLEAR PLANTS' STEAM GENERATOR PIPES

Željko Postružin, M. Sc.

INETEC - Institut za nuklearnu tehnologiju, Koturaška 51, 10000 Zagreb, Croatia

In the operation of nuclear plants security plays a significant role. Steam generator as one of the main components of the primary cycle, has an important role in the security, operation stability and productivity of a plant. In that sense it is necessary to permanently keep the integrity of a steam generator, thus enabling a high degree of the plant's availability. To meet that goal different observation activities are necessary as well as maintenance of components during the scheduled plant maintenance.

(No. of References: 3, Fig.: 2 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/1/59-65/2002.

ENERGIJA 1389 UDK 621.039.51:618.1

1. Testing Strategy of PWR Nuclear Power Plants' Steam Generator Pipes

I. *Postružin, Ž.*

II. INETEC - Institut za nuklearnu tehnologiju, Koturaška 51, 10000 Zagreb, Croatia

Steam Generator
Eddy Currents
Testing
Regulation

UDK 621.31 ENJAAC 51 (2) – (2002) – 79-184 ISSN 0013-7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Ivo Čović, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

UREĐIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.
Lektor: Šime *Čagalj,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 51 (2002) Zagreb 2002 Br. 2

SADRŽAJ

Naputak autorima 81

Mikuličić V. – Šimić Z. – Vrbanić I.: Vjerojatnosna procjena tehničkih rizika (Prethodno priopćenje) 85

Mandić N. – Grujić V. – Mandić B.: Model proračuna i praćenja cijena SWEP (Stručni članak) 95

Grujić V. – Mandić N.: Regulacija frekvencije u uvjetima otvorenog tržišta električne energije (Pregledni članak) 123

Blažičko M.: Priključivanje malog termoenergetskog objekta (mTEO) na javni elektroenergetski sustav (Stručni članak) . . 137

Brezovec M. – Kuča D. – Bužić G. – Slunjski M.: Komanda lanca Varaždin – centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi (Stručni članak) 143

Hebel Z. – Kalea M.: Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede od 1995. do 2000. godine (Stručni članak) 153

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja 163

Iz strane stručne literature 173

Fotografija na omotu:

HE ČAKOVEC

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2002 - 02 - 07

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

NAPUTAK AUTORIMA

A. O časopisu

ENERGIJA – časopis Hrvatske elektroprivrede, glasilo je Hrvatske elektroprivrede koja ga objavljuje uz financijsku potporu Ministarstva znanosti i tehnologije.

Časopis se ponajprije bavi tematikom elektroenergetskog sustava, ali je otvoren i za sve priloge s područja energetike. Osnovne teme članaka u časopisu odnose se na planiranje razvoja, izgradnju, pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja i njihovih elemenata te elektroenergetskog sustava kao cjeline. Teme pokrivaju područje proizvodnje, prijenosa i upravljanja, distribucije i opskrbe električnom energijom. U sklopu toga obrađuju se tehnički, ekološki, ekonomski i financijski, informatički i organizacijski, pa i sociološki problemi vezani za elektroenergetski sustav.

U ENERGIJI se tiskaju izvorni znanstveni članci, kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača energetske opreme i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

Da bi autori lakše odredili u koju će kategoriju prema kvaliteti biti uvršten neki članak, donosimo osnovne upute o kategorizaciji članaka.

■ Prema uputama UNESCO-a (PGI-83/WS/10, Pariz, 1983), znanstveni se radovi razvrstavaju u kategorije *izvorni znanstveni rad, prethodno priopćenje, pregledni rad, stručni rad.*

- **Izvorni znanstveni rad** (originalni znanstveni rad, originalno znanstveno djelo; original scientific paper, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja, tehnike ili aparate (npr. doktorska disertacija). Toj kategoriji pripada i dotad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da svaki kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:
  - ponoviti pokus i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granica eksperimentalne pogreške, kako navodi autor
  - ponoviti autorova opažanja, proračune ili teorijske izvode i provesti slična mjerenja.
- **Prethodno priopćenje** (preliminary note, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate koji zahtijevaju objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan ili više podataka koji pripadaju novim znanstvenim informacijama, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na prethodno opisani način.
- **Pregledni rad** (subject review, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojemu je već objavljena informacija, samo je ono u članku objedinjeno i raspravljeno. Autor preglednog članka obvezno treba dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a ako je moguće, u literaturi valja navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.
- **Stručni rad** (professional paper, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge s područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koja se smatraju korisnima za širenje znanja i prilagođavanje izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

Članke namijenjene znanstvenoj i stručnoj rubrici recenziraju najmanje dva (anonimna) recenzenta.

Autor predlaže kategorizaciju članka. Odluku o kategorizaciji članka donosi Uredništvo, na prijedlog recenzenata.

Časopisom se koriste znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima diljem svijeta, kao što su:

- DIALOG Journal Name Finder
- Engineering Index Inc., New York
- Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey
- Current Technology Index, London
- Viniti, Moskva
- Revue Générale de l'éléctricité, Pariz
- Current Bibliography on Science and Technology, Japan, Information Centre, Tokio itd.

B. Pisanje članka

Da bi se članak mogao objaviti u časopisu ENERGIJA, potrebno ga je prirediti na sljedeći način.

1. Članak mora biti dotad neobjavljen. Nakon što ga autor preda ENERGIJI, više ga ne smije ponuditi nijednom drugom uredništvu.
2. Predloženi članak mora sadržavati sljedeće odrednice i to navedenim redosljedom:
   - **Naslov članka** (ne dulji od 15 riječi).
   - **Titulu** (prof., dr. sc., mr. sc.), **puno ime i prezime autora te mjesto stanovanja.**
   - **UDK** (utvrđuje ga posebni suradnik).
   - **Kategorizaciju članka** kakvu predlaže autor: originalni znanstveni rad, prethodno priopćenje, pregledni rad, stručni rad ili izvješće sa savjetovanja, vijest iz svijeta itd. Odluku o kategorizaciji članka donosi Uredništvo, na prijedlog recenzenata.

- **Kratak sažetak** u kojemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba istaknuti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo pokuse što ih je opisao u članku. Sažetak ne smije imati više od 200 riječi.
- **Ključne riječi** (key words) ili izrazi koji čitatelju ukratko naznačuju sadržaj članka. One se po pravilu uzimaju iz naslova članka, a samo eventualno iz sažetka.
- **Uvod** sadrži opis problema i prikaz važnijih rezultata radova opisanih u citiranoj literaturi. Navodi se način rješavanja problema koji se obrađuje u članku, kao i prednosti predloženog postupka.
- **Središnji dio članka** može se sastojati od nekoliko dijelova. Treba izbjegavati matematičke izvode koji opterećuju izlaganje. Neizbježni matematički izvodi mogu se prema potrebi dati kao cjeline, u obliku jednoga ili više priloga. Preporučuje se navođenje primjera kad je potrebno ilustrirati proceduru ili postupak primjene rezultata rada na konkretnom primjeru ili navesti algoritam predložene metode.
- **Zaključak** s navedenim ostvarenim rezultatima i naglašenom djelotvornošću primijenjenog postupka. Treba istaknuti eventualna ograničenja postupka i područja moguće primjene dobivenih rezultata.
- **Literatura** se navodi redosljedom kojim se citira u članku. Kad se autor u tekstu poziva na literaturu, u uglatoj zagradi piše se samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.
- **Navođenje pisca(aca)** – treba navesti akademske titule, imena i prezimena autora te zvanja (dipl. ing., ing., dipl. eoc., iur. itd.), naziv i adresu tvrtke u kojoj je autor zaposlen te adresu za kontakt s uredništvom, ako je moguće s telefonskim brojem, faksom i e-mail adresom.
- Na posebnoj stranici treba napisati **naslov članka, kategorizaciju, sažetak** i **ključne riječi.**
- **Prijevod sažetaka na engleski i njemački jezik;** ako autor vlada jednim od tih jezika, poželjno je da sažetak i ključne riječi prevede. U suprotnome, sažetke će prevesti naši prevoditelji.

C. Priprema rukopisa

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan, rečenice kratke, a izrazi poznati. Članak se piše na hrvatskome (latinicom) ili engleskom jeziku, a za oznake se može upotrebljavati i grčko pismo. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima, latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
2. Članak metrološki i terminološki treba uskladiti sa zakonskim propisima i normama. Pri uporabi jedinica i simbola valja poštovati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI.
3. Pisati valja u trećem licu jednine, ne upotrebljavajući pasivne oblike.
4. Tekst članka dijeli se na poglavlja. Poglavlja se označavaju rednim arapskim brojem. Potpoglavlja, kao dijelovi poglavlja, označavaju se dvjema arapskim brojkama npr. 1.1, 1.2, 1.3,... Potpoglavlje se može podijeliti na još manje cjeline koje se označavaju trima arapskim brojkama, npr. 1.1.1, 1.1.2, ...
5. Bibliografske podatke literature kojom se autor služio treba pisati prema sljedećim primjerima (obratiti pozornost na veličinu slova i interpunkcije).
   - **Knjige**

     [1] LONČAR, J.: "Električka mjerenja", Tehnička knjiga, Zagreb 1965.

     [2] STOJSAVLJEVIĆ, M. – MEHMEDOVIĆ, M. – NEMEC, D.: "Dinamičko ponašanje hrvatskog elektroenergetskog sustava u realnim pogonskim uvjetima", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 2001.
   - **Članci u časopisima**

     [3] CVETKOVIĆ, Z.: "Razvitak Hrvatske elektroprivrede", Energija, 50/2001/2, Zagreb, 2001, str.73–74. (pri čemu 50 označava godište časopisa, 2001. godinu izdavanja, 2 broj sveska, a 73–74 broj stranica)

     [4] DONG, P. – PAN, J.: "Elastic-Plastic Analysis of Cracks in Pressure-Sensitive Materials", International Journal of Solids and Structures, 28/1991/5, str. 1113–1127.
   - **Članci u zbornicima znanstveno-stručnih skupova**

     [5] MEHMEDOVIĆ, M. – NEMEC, D.: "Analiza mjernih signala u elektroenergetskom sustavu Pronyevim postupkom", IV. savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRÉ, Cavtat, listopad 1999.

     [6] GREBE, E. et al: "Analysis and Damping of Inter-Area Oscillations in the UCTE/CENTREL Power System", R. 38–113, XXXVIII. zasjedanje CIGRÉ, Pariz, 2000.
6. Preporučuje se da tekst, uključujući i sve priloge, ne bude dulji od 25 stranica, dok veći opseg treba dogovoriti s glavnim urednikom.
7. Članak mora biti napisan na formatu A4, s razmakom između redaka, bez uvlačenja redaka. Na jednoj stranici treba biti 30 redaka, svaki sa 60 slovnih mjesta. Na lijevoj strani mora biti 4 cm široka rubnica za ispravljanje pogrešaka, ispis uredničkih oznaka i napomena.
8. Stranice na ispisu članka numeriraju se arapskim brojevima na dnu stranice.

9. Preporučuje se da članak bude napisan na računalu, ali će Uredništvo prihvatiti i tekst pisan pisaćim strojem.

- **Pri uporabi pisaćeg stroja i crtanja rukom**:
  - Uredništvu je potrebno dostaviti dva primjerka rada
  - likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se izraditi na posebnom listu, tj. svaka slika na svom listu, a u tekstu, na odgovarajućemu mjestu, autor treba naznačiti samo broj slike, odnosno tablice, dijagrama ili crteža. Crteži trebaju biti nacrtani prema pravilima tehničkog crtanja i obično trostruko veći nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da trostruko smanjena najmanja brojka ili slovo budu veliki 1,5–3 mm
  - svaka ilustracija mora imati redni broj i potpis. Ako ilustracija ili tablica nisu originalni, ispod njih treba navesti izvor.
- **Pri korištenju računalom za izradu teksta, crteža, dijagrama i slika:**
  - tekst je potrebno pisati u jednom stupcu, koristeći se tekst procesorom **Word 97** ili višom verzijom, bez uvlačenja prvog retka u odlomku i bez rastavljanja riječi, bez desnog poravnanja te bez zaglavlja (headera). U tekst treba unijeti slike i tablice na mjestima i u veličini u kojoj će biti objavljene
  - za članak pisan na računalu potrebno je dostaviti jedan ispis te disketu 3,5", uz obvezatnu naznaku naziva i verzije korištenog tekst procesora.
  - svaku sliku treba reproducirati laserskim printerom na poseban list A4; isto vrijedi za tablice i formule
  - svaku sliku treba spremiti u posebnu datoteku i naznačiti na disketi koji je program rabljen. Isto se odnosi na tablice i formule.

Potpuno završene i u skladu s uputama kompletirane članke treba uputiti na adresu:

Hrvatska elektroprivreda
Uredništvo časopisa Energija,
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Objavljeni se članci honoriraju. Autor (i suautori) dobivaju besplatno po jedan primjerak časopisa u kojemu je objavljen njihov rad.

U roku mjesec dana nakon primitka broja u kojemu je objavljen njegov članak autor (prvi) može dostaviti Uredništvu prijedlog ispravaka možebitnih tiskarskih pogrešaka (navodeći stranicu, stupac, redak, uz napomenu što je u članku objavljeno i kako treba glasiti ispravak), da bi se potrebni ispravci mogli objaviti u sljedećem broju časopisa.

Ako bude potrebno, Uredništvo će se obratiti samo prvonavedenom autoru. U slučaju bilo kakvih nejasnoća ili različitih stavova, prihvatit će se samo primjedbe što ih iznese prvi autor. Molimo autore da tu činjenicu uzmu u obzir.

Tako pripremljene radove Uredništvo pregleda, daje ih recenzentima na ocjenu i ako su povoljno ocijenjeni, tehnički se obrade (lektoriraju, grafičko-likovno urede) i pošalju u tiskaru. O tome je li članak primljen ili odbijen, Uredništvo će izvijestiti autora.

Uredništvo

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO
ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar", na temelju Poslovnika o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", te Poslovnika o stipendiranju mladih energetičara, objavljuje

NATJEČAJ

I. Znanstvenim i stručnim djelatnicima dodjeljuju se godišnje nagrade "Hrvoje Požar", u obliku plakete i povelje:

– za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike;

– za inovacije u području energetike;

– za realizirani projekt racionalnog gospodarenja energijom;

– za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte;

– za popularizaciju energetike.

Nagrade se mogu dodijeliti pojedincu, grupi stručnjaka koji su zajedno izvršili nagrađeno djelo, ili organizaciji – nositelju nagrađenog projekta.

Prijedlog za dodjelu godišnjih nagrada, s pismenim obrazloženjem i s priloženom dokumentacijom, mogu podnijeti znanstvene i znanstveno-nastavne organizacije, znanstvena i stručna društva, pojedini znanstveni i javni radnici, te ostale ustanove i trgovačka društva.

II. Studentima energetskog usmjerenja, završnih godina studija i diplomantima, dodjeljuje se 5 godišnjih nagrada "Hrvoje Požar", u obliku povelje i u novčanom iznosu:

– za izvrstan uspjeh u studiju, i/ili za posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike.

Prijedlog za dodjelu godišnje nagrade najboljim studentima energetskog usmjerenja mogu podnijeti znanstveno-nastavne organizacije, sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Prijedlozi se podnose pismeno, s obrazloženjem.

III. Studentima energetskog usmjerenja dodjeljuje se 5 stipendija za stručni dio studija.

Prijedlog za dodjelu stipendija mogu podnijeti sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Kandidati koji se žele natjecati za stipendiju dužni su popuniti upitnik koji mogu dobiti u tajništvu Hrvatskog energetskog društva.

IV. Natječaj je otvoren od 20. ožujka do 20. travnja 2002. godine.

Prijedlozi se podnose tajništvu Hrvatskog energetskog društva, Zagreb, Savska cesta 163, p.p. 141.

Prijava mora sadržavati ime/naziv i adresu predloženika s brojem telefona.

Kandidati, kojima će biti dodijeljene stipendije Zaklade "Hrvoje Požar", neće moći istodobno primati i druge stipendije.

Sve obavijesti mogu se dobiti na tel. 01/ 60 40 609, 63 26 134.

Odluka Glavnog odbora o dodjeli nagrada bit će objavljena u dnevnim listovima i stručnim publikacijama.

VJEROJATNOSNA PROCJENA TEHNIČKIH RIZIKA

Prof. dr. sc. Vladimir M i k u l i č i ć – dr. sc. Zdenko Š i m i ć, Zagreb,
mr. sc. Ivan V r b a n i ć, Jastrebarsko

UDK 614.825:261.31
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Današnje moderno društvo što se, u većini slučajeva, bez dvoumljenja služi svim blagodatima razvijene tehnike, istodobno postaje sve više osjetljivo na moguća neželjena prateća događanja te tehnike: ozljede, narušavanja zdravlja, pa čak i prijevremena smrt, ne razumijevajući, ili ne želeći razumjeti, da kontrola i smanjivanje opasnosti ili rizika uzrokovanog uporabom takve tehnike često ujedno znači i smanjivanje njezine koristi. Tu kontradikciju nastoji razriješiti *vjerojatnosna procjena rizika*, novija znanstvena disciplina koja se u posljednje vrijeme ubrzano razvija.

Članak opisuje analitičke postupke provedbe kvantitativne (vjerojatnosne) procjene rizika zbog rada tehničkih sustava (industrijskih postrojenja).

Ključne riječi: rizik, upravljanje rizikom, vjerojatnosna procjena tehničkog rizika, stablo događaja, stablo kvara, analiza važnosti, mjere važnosti.

1. UVOD

Vjerojatnosna procjena rizika kvantitativna je analiza sveukupnog rizika zbog rada tehničkog sustava. Temelji se na uporabi logičkih metoda stabla događaja i stabla kvara. Njezina je važnost što se u osnovi bavi kvarovima, nedjelovanjima, zastojima, otpovijedima, prekidima, ali i popravcima (predviđanjem, otkrivanjem i otklanjanjem kvarova), održavanjima, obnavljanjima, unaprjeđenjima i poboljšanjima tehničkih sustava, te posljedicama kvarova kako u tehničkim sustavima tako i u okolišu tehničkih sustava, prednost sveobuhvatna temeljitost, a nedostatak dugotrajnost analize i visoka cijena provedbe. Nakana je članka upoznati čitatelja s temeljnim postavkama vjerojatnosne procjena rizika, predočiti mu osnovne postupke i postignuća, misleći pri tome stalno na mogućnosti primjene u tehničkim sustavima.

2. KVALITATIVNA I KVANTITATIVNA PROCJENA RIZIKA

Rizik je potencijalna opasnost gubitka nečega što ima vrijednost, a procjena je rizika postupak prepoznavanja i analize opasnosti, pridruženih različitim ljudskim djelatnostima, te određivanje posljedica i vjerojatnosti gubitka, [3].

U osnovi, procjena rizika može biti kvalitativna i kvantitativna. U kvantitativnim (matematičkim) procjenama rizik je mjera povezanosti vjerojatnosti zbivanja neželjenih događaja i intenziteta neželjenih posljedica takvih događaja. Najčešće, zbog što jednostavnijih proračuna, rizik je jednak njihovom produktu. Temeljeno na razvitku teorije vjerojatnosti jedno je od važnijih postignuća suvremene znanosti i tehnike znanje i mogućnost kvantitativne procjene rizika. To omogućuje upravljanje rizicima (ograničavanje, kontrola rizika, gospodarenje, postupanje s rizicima) s kojima se moderno društvo svakodnevno sučeljava.

Kvalitativna je prosudba rizika stara gotovo isto koliko i čovjek. Upravljanje je rizikom, temeljeno na njegovoj kvalitativnoj procjeni, povezano s otkrićem kotača, koji se kotrlja niz brijeg, ubrzava i stoga ga se mora kočiti. Upravljanje je rizikom provedivo i bez kvantitativne procjene rizika, ali nije djelotvorno i ne jamči dugotrajnost. Tek postavljanjem kvantitativnih kriterija prihvatljivosti rizika, tj. njegovih posljedica, odnosno sigurnosnih ciljeva, problemi postaju jasniji i transparentniji. Upravljanje rizikom je pokušaj zadovoljavanja kvantitativnih kriterija. Procjena pak rizika upućuje na načine upravljanja i provjerava postignuto pomoću najrazličitijih mjera što uključuju pouzdanost, raspoloživost, sigurnost i rizik. Pritom su sigurnost i rizik komplementarni pojmovi: veći stupanj sigurnosti znači manji rizik i obratno.

Upravljanje se rizikom svodi u osnovi na odgovore na pitanje što činiti da se smanji rizik, [3]. Postupak identifikacije, procjene, odabira i primjene djelovanja koja vode sniženju rizika je upravljanje rizikom kojima je izloženo ljudsko zdravlje i okoliš. Istodobno se traže i odgovori na pitanja: kako utječu današnje odluke na buduće mogućnosti i koliko to stoji?

Procjena rizika zahtijeva odgovore na pitanja: što učiniti da se provjeri jesu li rezultati zadovoljavajući,

što se nepoželjno (loše) može dogoditi te koja je vjerojatnost takvog događaja i s kakvim posljedicama?

Pri tome su kvantitativne metode procjene rizika ili

- jednostavne (uhodane, izravne) u obavještavanjima o rizicima u području "normalnih" aktivnosti (uobičajeni, svakodnevni, učestaliji događaji, događaji više vjerojatnosti s manjim opsegom pogubnosti posljedica), čiji se rizici procjenjuju na temelju postojećih podataka o frekvenciji javljanja neželjenih događaja i njihovim posljedicama, ili
- komplicirane (zamršene, opsežne, dugotrajne, zahtjevne, skupe, posredne):
  - vjerojatnosne procjene rizika, radi li se o procjeni rizika malo vjerojatnih događaja s potencijalno velikim (pogubnim) posljedicama (npr. rizik zbog rada nuklearnih elektrana).

3. TEORIJA POUZDANOSTI I VJEROJATNOSNA PROCJENA RIZIKA

Teorija pouzdanosti kao grana tehničkih znanosti razvijala se posljednjih desetljeća vrlo dinamično, a čine je sljedeće discipline: analiza pouzdanosti, raspoloživosti, sigurnosti i rizika. Uzrok je tom snažnom razvoju da tehnički rizici, koji nastaju u industrijskim postrojenjima međudjelovanjem tehnike, ljudi i okoliša, postaju danas sve važnijim. To je posljedica rastuće uloge tehnoloških postupaka u modernom društvu, sve većih posljedica kvarova nastalih u industrijskim postrojenjima i okolišu, kao i zbog sve veće kompleksnosti i kompliciranosti takvih postrojenja. Primjena je teorije pouzdanosti u znanosti i tehnici sveobuhvatna. Konvencionalni se iskustveni i intuitivni pristup procjeni adekvatnosti i sigurnosti tehničkih sustava pokazuje nedostatnim u modernim znanstvenim primjenama i stoga postupno zamjenjuje konzistentnim kvantitativnim metodama analize. Osnovno je i zajedničko traženje pri tome razvitak matematičkog modela kojim će biti opisan tehnički sustav. Takav model može biti relativno jednostavan, ili krajnje kompliciran, no mora uvijek biti uporabljiv za kvantitativnu analizu. U ranim se šezdesetim godinama prošlog stoljeća analiza sigurnosti još uvijek temeljila isključivo na iskustvenom pristupu. Pojam je "procjena rizika" bio nepoznat, a riječ se "pouzdanost" rabila samo na izoliranim, specijalističkim područjima industrije oružja i zrakoplovstva. No, već u drugoj polovici sedamdesetih godina prošlog stoljeća sadržaj analize sigurnosti i rizika postaje sve važniji. Živi se u razdoblju kada se očekivano trajanje životnog vijeka svakog pojedinca produljuje djelomično i zbog boljih tehničkih rješenja koja nisu bezopasna i zbog toga se, usprkos svojoj dobrobiti, sve teže prihvaćaju. Nikada nije i nikada ne će postojati bezrizično tehničko rješenje, bez lakših ili težih posljedica kvarova. Taj se rizik oduvijek nastojao svesti na najmanju moguću mjeru pa su stoga razmišljanja o sigurnosti (riziku) tehnoloških procesa oduvijek bila najvažnija. Trajno se različitim tehničkim sustavima (postrojenjima) povisuje pogonska sigurnost i oni su sigurniji od većine drugih ljudskih djelatnosti. Pri tome je načelo postizanja visoke sigurnosti: ograničenje mogućnost nastanka kvarova i smanjenje posljedica kvarova ukoliko se dogode. To se ostvaruje na temelju načela koja osiguravaju visoki stupanj pouzdanosti: načela odvojenosti, različitosti, zalihosti (redundancije), neovisnosti i "bezopasnog kvara". Time se postiže da pojedinačni kvarovi komponenata u sustavu ne uzrokuju i kvar sustava. Načelo odvojenosti zahtijeva fizičku odvojenost komponenata različitih sigurnosnih sustava u postrojenju, pa stoga mehanički kvar na jednom mjestu ne utječe na sustav komponenata na drugom mjestu. Načelo različitosti omogućuje obavljanje istog zadatka na više načina, a ono zalihosti znači da je više od jedne komponente raspoloživo za neki zadatak. Načelo neovisnosti zahtijeva neovisnost svakog od sigurnosnih sustava o ostalima, a ono "bezopasnog kvara" uvjetuje da kvar komponente ili sustava automatski uzrokuje zbivanja u sustavu koja osiguravaju, dovode sustav u bezopasno stanje.

3.1. Razlikovnost pojmova pouzdanost, sigurnost i rizik

Valja upozoriti na preklapanja, pa često i zabunu, između pojmova pouzdanost, sigurnost i rizik. Pojam rizik sadrži kako vjerojatnost događaja tako i očekivane posljedice događaja i numerički je jednak njihovom produktu. Ako npr. umire godišnje 5000 ljudi u automobilskim nesrećama u nekoj zemlji s 20 milijuna stanovnika, to je pojedinačni rizik (vjerojatnost) smrti svakog od stanovnika u automobilskoj nesreći u godini dana, uz pretpostavku da se svi stanovnici voze u automobilu, $2{,}5*10^{-4}$. Dakako, rizik će često biti posljedica različita od smrti, pa će općenita (tehnička) definicija rizika biti, [6]:

- ***rizik*** [***posljedica/vrijeme***] = ***vjerojatnost (frekvencija)*** [***događaj/vrijeme***] • ***veličina*** [***posljedica/događaj***].

Analiza je rizika nastavak analize sigurnosti i zahtijeva kako razmatranje vjerojatnosti javljanja neželjenog događaja tako i posljedica. Analiza je pak sigurnosti nastavak analize pouzdanosti i odnosi se, kao i ta analiza, na izučavanje kvarova ili ispravnog rada procesa ili sustava, uređaja ili opreme. Međutim, dok analiza pouzdanosti ustanovljuje samo vjerojatnosti javljanja kvarova komponenata, podsustava i sustava, analiza sigurnosti uključuje i dodatna razmatranja jer se želi, uz analizu kvarova i rada opreme, odrediti i što se događa u tehničkom sustavu kada se zbivaju kvarovi, odnosno, odrediti parametre sigurnosti, tj. utvrditi jesu li moguća, i uz koje okolnosti, oštećenja u promatranom sustavu kao i zbog sustava. Utvrdi li faza proučavanja sigurnosti takve mogućnosti, tada se provodi i analiza rizika kako bi se odredile posljedice kvara što mogu ugroziti ljude i (ili) materijalna dobra.

Sintagma, "vjerojatnosna procjena (tehničkog) rizika (VPR)", podrazumijeva proučavanje ponašanja tehničkih sustava (energetskih, industrijskih, inženjerskih postrojenja i uređaja) tijekom pretpostavljenih poremećaja u radu, te obuhvaća:

- proračun rizika (identifikaciju i kvantifikaciju rizika),
- procjenu rizika (postupak vrednovanja i uspoređivanja različitih vidova rizika kojima je izloženo ljudsko društvo) i
- kontrolu rizika (sustavno izlaganje i primjenu principa sigurnosti).

To predstavlja cjelokupni proces poboljšanja sigurnosti (pouzdanosti, raspoloživosti) postrojenja, odnosno snižavanje rizika zbog rada postrojenja. U osnovi takva je analiza disciplinirano i sustavno razmatranje (i predviđanje) pojava i zbivanja u tehničkom sustavu u kojem se dogodio neki teški, malo vjerojatni kvar ili poremećaj, i zatim uzastopce različiti višestruki kvarovi različitih sigurnosnih komponenata, uređaja i sustava (podsustava). Provodi se sažimajući dva pristupa:

- determinističke analize i
- vjerojatnosne analize.

3.2. Determinističke i vjerojatnosne analize

Determinističke analize ocjenjuju ponašanje tehničkih sustava nakon zbivanja pretpostavljenog početnog događaja (poremećaja) ili kvara pomoću matematičkih modela koji opisuju fizičke procese u sustavu (postrojenju). Cilj je odrediti promjene fizičkih veličina te ustanoviti hoće li projektom određene vrijednosti fizičkih veličina komponenata i podsustava biti prekoračene tijekom zbivanja pretpostavljenih kvarova, odnosno koji će scenariji događanja (razvijanja) kvarova rezultirati prekoračenjima i zbog toga neželjenim posljedicama u postrojenju i okolici. Takve se analize nadopunjuju vjerojatnosnim budući da se kvarovi zbivaju kao slučajni događaji a opasnosti se, uzrokovane kvarovima, (uglavnom) ne mogu izravno mjeriti, moraju se procijeniti. Vjerojatnosne se analize stoga usredotočuju na određivanje vjerojatnosti sljedova kvarova koji će izazvati oštećenja sustava opasna i za sustav i za okoliš. Cilj je utvrditi slabosti i nedostatke u projektu, izvedbi, radu i održavanju sigurnosnih i zaštitnih struktura tehničkog sustava, te odrediti važnost komponenata i podsustava (rangirati događaje, kvarove i komponente prema "doprinosu" kvaru) prigodom održavanja ili unaprjeđenja postojeće razine sigurnosti. Posebice, pritom treba odgovoriti na sljedeća pitanja:

- koji su kvarovi mogući,
- koliko se često mogu dogoditi (kolika im je vjerojatnost),
- kakve su im posljedice (kvantifikacija posljedica),
- kako se mogu spriječiti ili ublažiti posljedice.

Vjerojatnosna procjena rizika omogućuje dubok i sveobuhvatan uvid u tehnički postupak odnosno proces te tehnički sustav (opremu), analizu rada i upravljanja, analizu prevladavajućih kvarova i poremećaja u tehničkom sustavu, ovisnosti u sustavu, utjecaj okoliša, osoblja i regulatorne prakse, kao i u analizu ukupnog rizika. To ujedno potiče nove pristupe i razmišljanja u tehnici i tehničkim znanostima te u regulativi i praksi. Time vjerojatnosna procjena rizika postaje ravnopravna metoda donedavno isključivo deterministočkom pristupu ocjeni i upravljanju sigurnosti i rizikom. Ta metoda procjene postaje vodeća u svim oblicima tehničkog planiranja, konstruiranja i eksploatiranja industrijskih postrojenja a obuhvaća:

- sustavno razvijanje kriterija planiranja i konstruiranja za što veću sigurnost koje uzima u obzir važnost i utjecaj nesigurnosti i nepouzdanosti na procjene rizika;
- modeliranje svih tehničkih problema i procjenjivanje izvedbi i rada postrojenja izloženih rizicima; i
- logičke okvire procjenjivanja rizika i dobiti, odnosno procjenjivanja ekonomsko-tehničkih optimalnih rješenja.

Dva su razloga rastućoj ulozi VPR. Prvo, industrijska su postrojenja (tehnički sustavi) postala danas toliko važna da su stoga i potencijalne posljedice poremećaja (nezgoda, kvarova, nesreća) toliko bitne da je nedopustivo iščekivanje statističkih podataka prije nego li se pogreške otklone i posljedice ograniče. Drugo, postrojenja su postala toliko kompliciranа i kompleksna da intuicija i iskustvo nisu više dostatni da omoguće sagledavanje i predviđanje svih mogućih i važnih događaja. Teoretski modeli, što redovito rabe zamršene računalne kompjutorske programe, moraju stoga zamijeniti iskustva prakse. Pritom se modeli temelje na raspoloživim informacijama o ponašanju komponenata u tehničkim sustavima i na poznavanju fizikalnih pojava, uključujući pritom nužno vjerojatnosne analize. Naime, današnje se moderne kvantitativne metode modeliranja, analize i procjenjivanja, bez obzira na stupanj dotjeranosti modela, uključujući i modele laboratorijskih pokusa, osnivaju na idealiziranim pretpostavkama ili uvjetima. Informacije izvedene na temelju takvih kvantitativnih modela stoga mogu ali i ne moraju odražavati stvarnost. Slično, razvitak planiranja i izgradnje industrijskih postrojenja često zahtijeva odluke bez obzira na stupanj kompletnosti i kvalitetu informacije i odluke. Događa se zbog toga da odluke moraju biti formulirane i uz određeni stupanj nepouzdanosti. Činjenica je da se informacije često dobivaju zaključivanjem na osnovi sličnih ili različitih okolnosti ili se temelje na modeliranju. Stoga se radi s različitim stupnjevima nesigurnosti, jer su mnoga tehnička rješenja podložna prirodnim pojavama i procesima sa svojstveno slučajnim ponašanjem. Stanja su takvih pojava prirodno neodređena i ne mogu stoga

biti deterministički opisana. Drugim riječima, utjecaji su nesigurnosti (neizvjesnosti, nestabilnosti) neizbježivi i važni pri planiranju, konstruiranju, izgradnji i uporabi industrijskih postrojenja (tehničkih sustava) pa posljedično tehnička analiza mora sadržavati pojmove i metode procjenjivanja tih utjecaja na konstrukciju, izvedbu i rad tehničkih sustava, kao i metode kvantifikacije nesigurnosti. Posljednjih dvadesetak godina sve su opsežnije primjene vjerojatnosnih analiza u tehničkoj inženjerskoj praksi. Načela takvih analiza temelje se na teoriji vjerojatnosti i njezinim srodnim ili izvedenim područjima: matematičkoj statistici i teoriji odlučivanja, te danas već samostalnoj znanstvenoj disciplini, teoriji pouzdanosti. Time pružaju matematičke temelje modeliranja nepouzdanosti i nesigurnosti i analize njihovog utjecaja na planirane ili već izgrađene tehničke sustave. Korist je i važnost teorije vjerojatnosti i matematičke statistike u analizi uzoraka i kontroli kvalitete dobro poznata. Međutim važnost teorije vjerojatnosti i teorije pouzdanosti premašuje stvarno bilo koju specifičnu primjenu. Kako su načela tih teorija neophodna za pravilno tretiranje nepouzdanosti, nesigurnosti i rizika, to se navedenim teorijama, zajedno sa statističkom teorijom odlučivanja i izvedenom znanstvenom disciplinom - vjerojatnosnom procjenom rizika, posvećuje sve veća pozornost i u donedavno isključivo determinističkoj tehničkoj praksi.

3.3. Vjerojatnosna procjena tehničkog rizika

Temeljni zadaci VPR jesu:

- utvrditi vrste nezgoda (kvarova, nesreća) što se mogu zbiti;
- procijeniti njihove vjerojatnosti;
- kvantificirati posljedice.

Na taj se način mogu sniziti vjerojatnosti zbivanja kvarova i pratećih gubitaka u ljudstvu, ekonomskih gubitaka te onečišćivanja okoliša. Pri tome gubici u ljudstvu uključuju smrt, ozljede, slabost ili nesposobnost, ekonomski gubici, npr. obustavu proizvodnje ili rada, nestandardnu proizvodnju ili oštećenje opreme. Onečišćenje okoliša uključuje utjecaj na zrak, vodu, zemljišta, te druge utjecaje na okolicu: buku, vibracije i sl. Takvi se gubici javljaju kada jedan ili više osnovnih događaja kvara uzrokuju kvar postrojenja (odnosno /sigurnosnih/ sustava ili podsustava postrojenja). Tri su osnovna tipa događaja kvara o kojima se najčešće radi ova:

- događaji kvarova zbog ljudi (pogreške konstrukcije i izvedbe, pogreške osoblja postrojenja, pogreške održavanja);
- događaji kvarova zbog opreme (npr., ispuštanje otrovnih tvari kroz ventil, gubitak maziva u motorima, netočna mjerenja raznih uređaja);
- događaji kvarova zbog djelovanja okolice (potresi ili uleknuća zemljišta, oluje, poplave, požari uzrokovani munjama, ...).

Međutim, kvar je sustava vrlo često uzrokovan i kombinacijom spomenutih vrsta kvarova.

Tipični načini smanjivanja vjerojatnosti kvara postrojenja uključuju:

- zalihost opreme;
- nadzor i održavanje;
- zaštitne i sigurnosne sustave;
- alarmne sustave.

U sklopu svojih mogućnosti VPR omogućuje:

- identificiranje uzročne povezanosti između djelovanja što uzrokuju kvar postrojenja (djelovanje opreme, okolice i ljudi);
- nalaženje putova poboljšanja sigurnosti postrojenja pomoću rekonstrukcije i usklađivanja u postrojenju.

Vjerojatnosna procjena (tehničkog) rizika uključuje (slika 1, [1]):

- upoznavanje postrojenja;
- identifikaciju mogućih kvarova i njihovog djelovanja;
- izgradnju logičkih modela (stabla događaja i stabla kvara);
- kvalitativnu analizu logičkih modela;
- analizu podataka o događajima kvarova;
- kvantitativnu vjerojatnosnu analizu logičkih modela;
- analizu važnosti podsustava i komponenata tehničkog sustava;
- analizu posljedica kvarova u postrojenju i okolišu;
- analizu nesigurnosti kako bi se utvrdio utjecaj pouzdanosti podataka, pretpostavki, postupaka, sveobuhvatnosti (popunosti) analiza i matematičkih modela na rezultate analize.

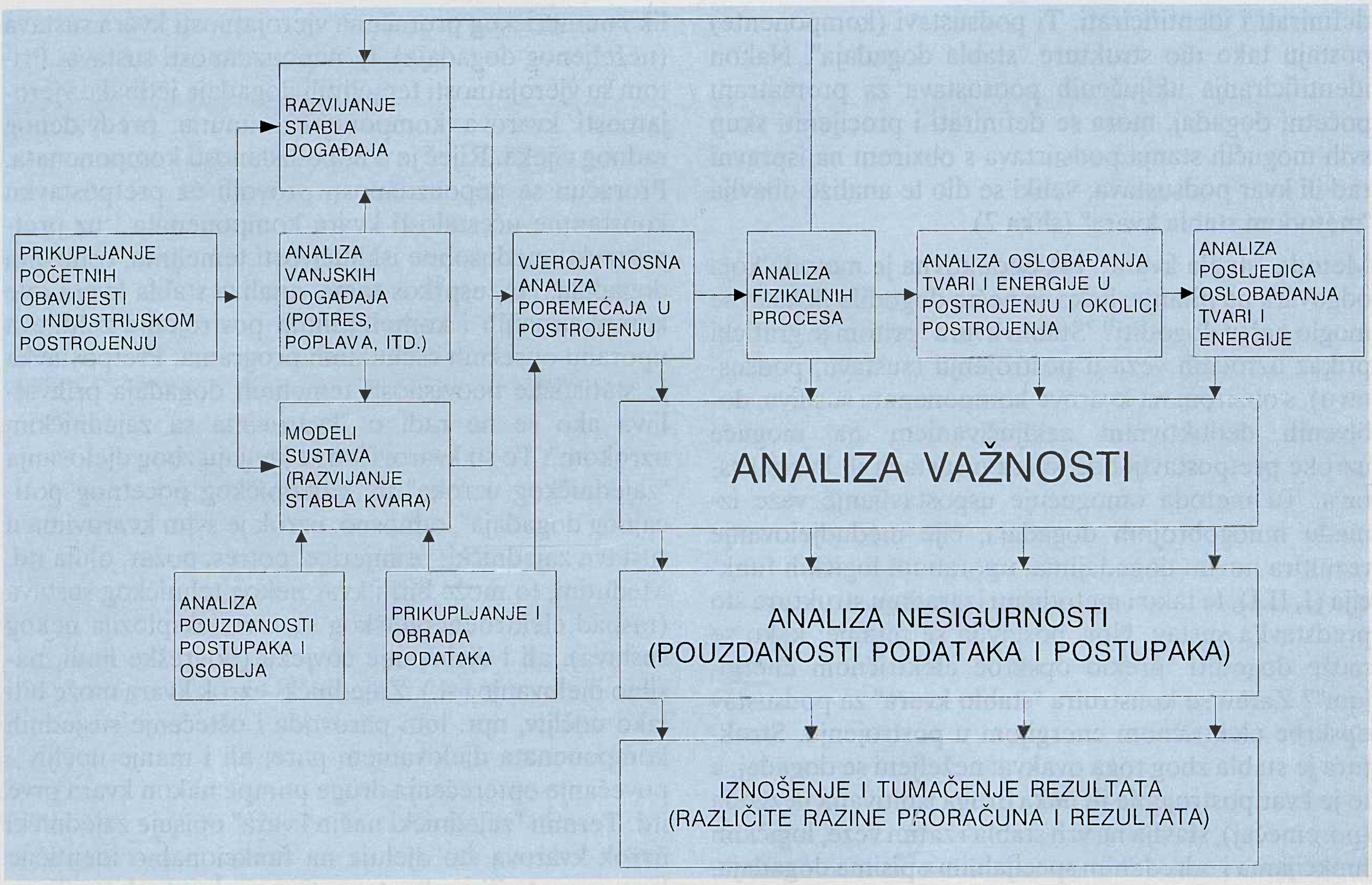
Naime, uzročna se povezanost između djelovanja što uzrokuju kvarove komponenata i kvar sustava najlakše otkriva pomoću dviju logičkih metoda, [6]:

- metode stabla događaja i
- metode stabla kvara.

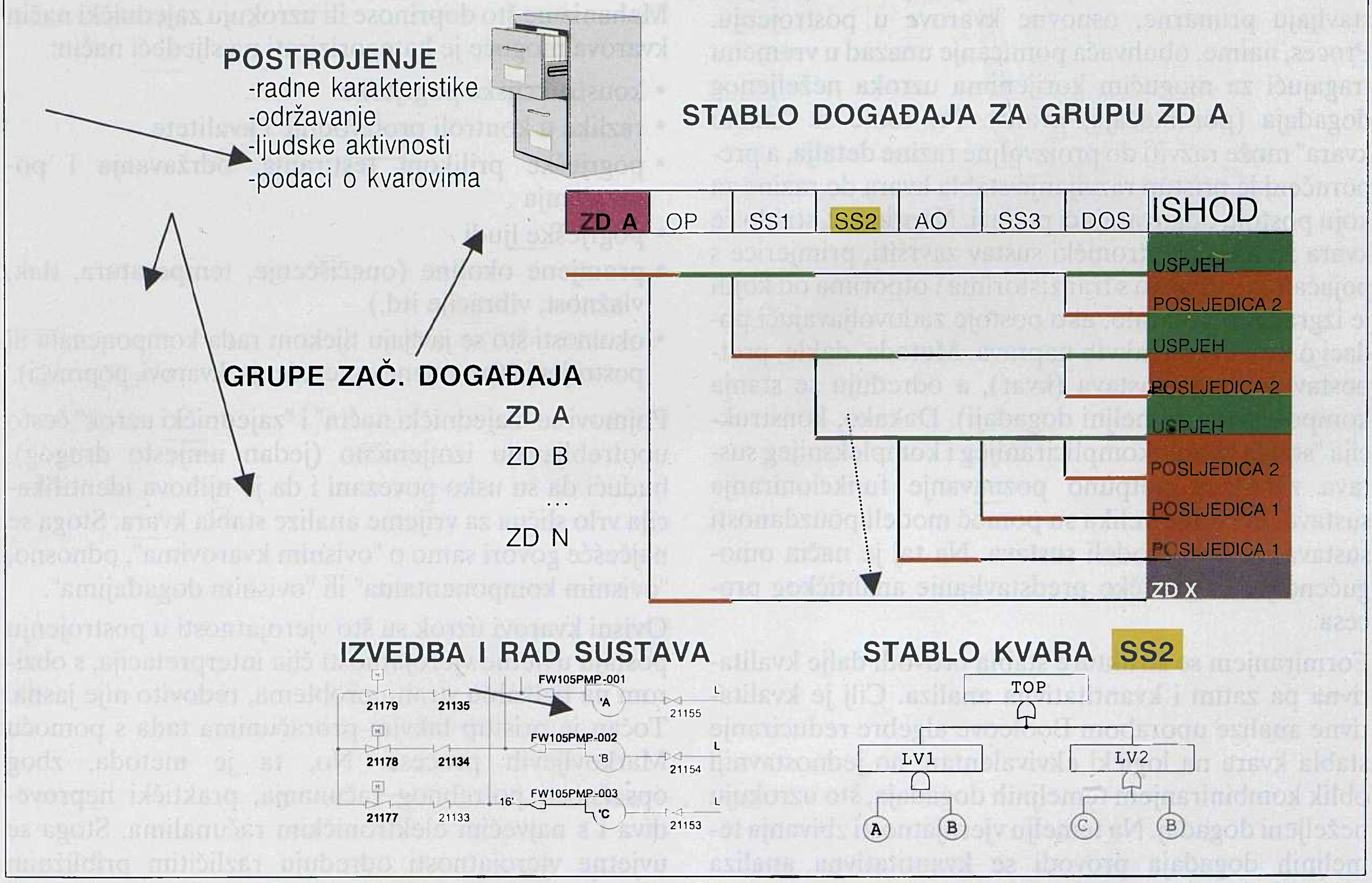
Metoda "stabla događaja" induktivna je metoda identificiranja različitih mogućih ishoda pretpostavljenog početnog događaja (slika 2). Započinje definiranjem (odabiranjem) moguće nezgode (nesreće, poremećaja, kvara) u postrojenju, dakle, inicirajućeg, početnog događaja. Početni događaji pri tome mogu biti različiti događaji kvara u postrojenju, ali i prijelazni događaji poput naglih promjena opterećenja ili gubici opterećenja. Mogu biti potaknuti i događajima izvan postrojenja, no uvijek predstavljaju visoke zahtjeve na siguran rad postrojenja.

3.4. Stabla događaja i stabla kvara

Postavlja se pitanje što se dalje događa ili može dogoditi u postrojenju nakon što se zbio početni događaj? Pretpostavljaju se stanja podsustava i komponenata i određuje njihovo djelovanje na sustav. Trenutkom definiranja početnog događaja svi se podsustavi (komponente), koji se mogu koristiti nakon nezgode, moraju



Slika 1. Postupak provedbe VPR u industrijskom postrojenju



Slika 2. Vjerojatnosna procjena rizika - ilustracija primjene stabla događaja i stabla kvara

definirati i identificirati. Ti podsustavi (komponente) postaju tako dio strukture "stabla događaja". Nakon identificiranja uključenih podsustava za promatrani početni događaj, mora se definirati i procijeniti skup svih mogućih stanja podsustava s obzirom na ispravni rad ili kvar podsustava; veliki se dio te analize obavlja "metodom stabla kvara" (slika 2).

Metoda "stabla kvara", [4], deduktivna je metoda koja odgovara na pitanje: kako se nešto dogodilo ili kako se moglo nešto dogoditi? "Stablo kvara" pritom je grafički prikaz uzročnih veza u postrojenju (sustavu, podsustavu), s obzirom na kvarove komponenata sustava, dobivenih deduktivnim zaključivanjem na moguće uzroke pretpostavljenog kvara u sustavu ili kvara sustava. Ta metoda omogućuje uspostavljanje veze između mnogobrojnih događaja, čije međudjelovanje rezultira novim događajima, uporabom logičkih funkcija (I, ILI), te tako i metodičnu izgradnju strukture što predstavlja sustav. Npr. postavlja se pitanje: kako se može dogoditi "prekid opskrbe električnom energijom"? Zatim se konstruira "stablo kvara" za podsustav opskrbe električnom energijom u postrojenju. Struktura je stabla zbog toga ovakva: neželjeni se događaj, a to je kvar postrojenja ili neka druga ispitivana nezgoda (poremećaj), stavlja na vrh stabla i zatim veže, logičkim funkcijama i određenim specijalnim opisima događaja, s događajima (kvarovima) koji su po svojoj prirodi "osnovniji", odnosno, koji zajedno "pridonose" pretpostavljenom kvaru postrojenja. "Stablo kvara" na taj način završava s temeljnim događajima koji predstavljaju primarne, osnovne kvarove u postrojenju. Proces, naime, obuhvaća pomicanje unazad u vremenu tragajući za mogućim korijenima uzroka neželjenog događaja (poremećaja, kvara). Pri tome se "stablo kvara" može razviti do proizvoljne razine detalja, a preporučeni je pristup razvijanje stabla kvara do razine za koju postoje odgovarajući podaci. Naprimjer, stablo će kvara za neki elektronički sustav završiti, primjerice s pojačalom, umjesto s tranzistorima i otporima od kojih je izgrađeno pojačalo, ako postoje zadovoljavajući podaci o kvarovima takvih naprava. Metoda, dakle, pretpostavlja stanje sustava (kvar), a određuju se stanja komponenata (temeljni događaji). Dakako, konstrukcija "stabla kvara" kompliciranijeg i kompleksnijeg sustava zahtijeva potpuno poznavanje funkcioniranja sustava. Pri tome velika su pomoć modeli pouzdanosti sustava i fizički modeli sustava. Na taj je način omogućeno jasno grafičko predstavljanje analitičkog procesa.

Formiranjem se strukture stabla provodi dalje kvalitativna pa zatim i kvantitativna analiza. Cilj je kvalitativne analize uporabom Booleove algebre reduciranje stabla kvara na logički ekvivalentan, no jednostavniji oblik kombiniranjem temeljnih događaja, što uzrokuju neželjeni događaj. Na temelju vjerojatnosti zbivanja temeljnih događaja provodi se kvantitativna analiza stabla kvara koja se sastoji u transformaciji logičke strukture stabla kvara u ekvivalentni vjerojatnosni oblik i numeričkog proračuna vjerojatnosti kvara sustava (neželjenog događaja), tj. nepouzdanosti sustava. Pritom su vjerojatnosti temeljnih događaja jednake vjerojatnosti kvarova komponenata unutar predviđenog radnog vijeka. Riječ je o nepouzdanosti komponenata. Proračun se nepouzdanosti provodi uz pretpostavku konstantne učestalosti kvara komponenata i uz pretpostavku međusobne isključivosti temeljnih, osnovnih događaja. No, usprkos tome, analiza stabla kvara iole kompliciranijih i kompleksnijih postrojenja zahtijeva uporabu opsežnih računalnih programa. Pretpostavka je statističke neovisnosti temeljnih događaja prihvatljiva ako se ne radi o "kvarovima sa zajedničkim uzrokom". To su kvarovi što se javljaju zbog djelovanja "zajedničkog uzroka" ili "zajedničkog početnog poticajnog događaja", odnosno, uzrok je svim kvarovima u sustavu zajednički: primjerice, potres, požar, oluja itd. Međutim, to može biti i kvar nekog tehničkog sustava (raspad elektroenergetskog sustava, eksplozija nekog sustava), ali i djelovanje čovjeka (pogreške ljudi, nasilno djelovanje i sl.). Zajednički uzrok kvara može biti lako uočljiv, npr. lom parovoda i oštećenje susjednih komponenata djelovanjem pare, ali i manje uočljiv - povećanje opterećenja druge pumpe nakon kvara prve itd. Termin "zajednički način kvara" opisuje zajednički uzrok kvarova što djeluje na funkcionalno identične komponente ili podsustave, tj. na udvostručene ili redundantne, dakle, paralelne komponente ili podsustave, odnosno komponente ili podsustave što obavljaju istu funkciju.

Mehanizme što doprinose ili uzrokuju zajednički način kvarova moguće je kategorizirati na sljedeći način:

- konstrukcijske pogrješke
- razlike u kontroli proizvodnje i kvalitete
- pogrješke prilikom testiranja, održavanja i popravljanja
- pogrješke ljudi
- promjene okoline (onečišćenje, temperatura, tlak, vlažnost, vibracije itd.)
- okolnosti što se javljaju tijekom rada komponenata ili postrojenja (promjene opterećenja, kvarovi, popravci).

Pojmovi se "zajednički način" i "zajednički uzrok" često upotrebljavaju izmjenično (jedan umjesto drugog), budući da su usko povezani i da je njihova identifikacija vrlo slična za vrijeme analize stabla kvara. Stoga se najčešće govori samo o "ovisnim kvarovima", odnosno, "ovisnim komponentama" ili "ovisnim događajima".

Ovisni kvarovi uzrok su što vjerojatnosti u postrojenju postaju uvjetne vjerojatnosti čija interpretacija, s obzirom na fizikalnu stranu problema, redovito nije jasna. Točan je pristup takvim proračunima tada s pomoću Markovljevih procesa. No, ta je metoda, zbog opsežnosti potrebnog računanja, praktički neprovediva i s najvećim elektroničkim računalima. Stoga se uvjetne vjerojatnosti određuju različitim približnim metodama. Pritom treba napomenuti da su današnji napori pri postizanju visoke sigurnosti industrijskih

postrojenja uklanjanje upravo ovisnih kvarova i poboljšanja konstrukcije koja će spriječiti djelovanje zajedničkog uzroka kvarova.

3.5. Kvantitativna analiza stabla kvara

Jednom konstruirano, stablo kvara omogućuje kvantitativnu analizu sigurnosti sustava (postrojenja) u dva koraka.

U prvom se koraku stablo kvara opisuje pomoću niza Booleovih jednadžbi; jedna jednadžba za svaka vrata u stablu. Za svaka su vrata ulazni događaji (poput primarnih događaja kvara) neovisne varijable, a izlazni događaj (neki međudogađaj) ovisna varijabla. Koristeći se pravilima Booleove algebre moguće je riješiti te jednadžbe i dobiti tako međudogađaje i neželjeni događaj (kvar sustava) pojedinačno izražene članovima skupa komponenata koje predstavljaju samo osnovne događaje (kvar komponente). Na taj se način dobivaju svi skupovi (kombinacije) komponenata čiji istodobni kvar uzrokuje i kvar postrojenja (zbivanje neželjenog događaja).

Svi se kvarovi postrojenja (neželjeni događaj) mogu predstaviti kvarovima komponenata koje su članovi tih skupova. Stoga se u drugom koraku vjerojatnost kvara sustava (neželjenog događaja) određuje s pomoću vjerojatnosti unije događaja koji predstavljaju zbivanja kvarova komponenata u skupovima. Vjerojatnost je kvara postrojenja njegova nepouzdanost ili neraspoloživost, ovisno o tome računa li se s nepouzdanošću ili neraspoloživošću komponenata. U općem će slučaju, dakle, biti:

$$Q_S(t)/N_S(t)/ = P(S_1 + S_2 + \cdots + S_n) \qquad (1)$$

gdje je s $Q_s(t)$ označena nepouzdanost postrojenja, s $N_s(t)$ neraspoloživost postrojenja, a sa S_i i-ti skup komponenata (i-ta kombinacija komponenata) čiji istodobni kvar uzrokuje i kvar postrojenja.

Budući da je jednadžbom (1) određena vjerojatnost unije događaja koji se međusobno ne isključuju, to razvijena jednadžba (1) sadrži 2^n-1 članova, dakle, radi se o opsežnom računu:

$$Q_S(t)/N_S(t)/ = \sum_i P(S_i) - \sum_i \sum_j P(S_i S_j) + \sum_i \sum_j \sum_k P(S_i S_j S_k) - \cdots \pm \cdots P(S_1 S_2 \cdots S_n) \qquad (2)$$

4. ANALIZA VAŽNOSTI PODSUSTAVA I KOMPONENATA TEHNIČKOG SUSTAVA

Nakon provedbe vjerojatnosne analize stabla kvara provodi se analiza važnosti (AV), želi li se identificirati i rangirati komponente i sustave (podsustave) važne za sigurnost postrojenja, budući da AV omogućuje:

a) rangiranje komponenata i sustava prema utjecaju na nepouzdanost (neraspoloživost) postrojenja,
b) rangiranje komponenata i sustava (podsustava) prema utjecaju na održavanje postignute razine sigurnosti postrojenja, i
c) rangiranje komponenata i sustava (podsustava) prema utjecaju na povećanje razine sigurnosti.

Na taj način AV omogućuje usporedbu i ocjenu kao i procjenu prikladnosti različitih konstrukcija postrojenja, odnosno sigurnosnih sustava u postrojenju. Primjerice, visoke vrijednosti pod b), za pojedini sigurnosni sustav postrojenja, znače (dramatično) povećanje nesigurnosti postrojenja ukoliko je taj sustav neraspoloživ. U tom slučaju valja se uvjeriti da je pouzdanost (raspoloživost) tog sustava i njegovih komponenata ostvariva i zajamčena. U protivnom radi se o neujednačenoj konstrukciji. Ako su komponente visoko rangirane pod a) morat će biti komponente s inherentno visokom pouzdanošću; u protivnom radi se o lošoj konstrukciji. Najjednostavniji je pak sljedeći primjer "procjene prikladnosti konstrukcije". Ustanovi li se analizom važnosti da je sustav (podsustav) opskrbe električnom energijom potrošača u postrojenju visoko rangiran pod b), takvo se postrojenje smije priključiti jedino na visoko pouzdane dijelove elektroenergetskog sustava.

Analiza se važnosti provodi unutar vjerojatnosne procjene rizika pa zahtijeva stoga, dakako, gotovo identične postupke. To su:

1. identifikacija početnih događaja (Početni događaji su ujedno i početni poremećaji (to mogu biti kvarovi u postrojenju ili vanjska djelovanja koja mogu uzrokovati kvarove u postrojenju ili kvar postrojenja) što iniciraju djelovanje različitih komponenata (sigurnosnih sustava) u postrojenju.)
2. odabir početnog događaja (Najuporabljiviji se rezultati postižu odabirom ozbiljnog događaja kvara u postrojenju, odnosno nekog kvara postrojenja.)
3. specificiranje podataka o osnovnim događajima (kvarovima komponenata) (Specificiranje podataka traži određivanje podataka potrebnih za proračun pouzdanosti (neraspoloživosti) osnovnih događaja (komponenata). To su: učestalosti kvara komponenata, vremena trajanja popravka postrojenja, vjerojatnosti pogrješaka osoblja i frekvencije testiranja i održavanja.)
4. proračun nepouzdanosti (neraspoloživosti) komponenata (osnovnih događaja)
5. konstrukcija logičkog modela (Logički je model stablo kvara svih sustava (podsustava) u postrojenju predviđenih za siguran rad postrojenja.)
6. određivanje skupova (kombinacija) komponenata (To su skupovi komponenata čije nefunkcioniranje uzrokuje nefunkcioniranje sigurnosnog sustava.)
7. matematički model poremećaja (Matematički je model poremećaja Booleovom algebrom ispisana unija događaja kvarova podsustava (komponenata), na temelju stabla događaja, čije istodobno zbivanje izaziva poremećaj (kvar) u postrojenju.)
8. određivanje vjerojatnosti poremećaja (kvara)
9. određivanje važnosti komponenata
10. određivanje mjera važnosti komponenata.

4.1. Mjere važnosti

Mjere su važnosti razvijene s nakanom kvantitativnog procjenjivanja dostignuća konstrukcije, izvedbe i prikladnosti sustava ograničavanja i kontrole rizika, odnosno, povećanja sigurnosti. Na temelju se rezultata AV, naime, definiraju tri matematička izraza, [5], pomoću kojih se kvantificiraju vrijednosti mjera važnosti. Radi se pri tom o

- mjeri smanjenja rizika (MSR),
- mjeri povećanja rizika (MPR) i
- mjeri važnosti komponente (V_{MK}).

Tim se mjerama kvantitativno rangira "doprinos" pojedine komponente i/ili skupova komponenata kvaru (nepouzdanosti, neraspoloživosti) postrojenja, dakle i riziku zbog postojanja postrojenja, i isto tako pojedinih (sigurnosnih) sustava vjerojatnosti zbivanja poremećaja u postrojenju, odnosno i uloga komponente ili sustava u smanjivanju vjerojatnosti kvara postrojenja ili vjerojatnosti pojave poremećaja, odnosno smanjivanju rizika.

MPR kvantificira važnost komponente (podsustava, sustava) u održavanju postignute razine sigurnosti (rizika) postrojenja. Ta mjera pokazuje povišenje vjerojatnosti kvara postrojenja (povišenje vjerojatnosti zbivanja poremećaja) ako se smanji pouzdanost (raspoloživost) komponente (sigurnosnog sustava, podsustava). Istodobno ukazuje na komponentu (sustav, podsustav) čija se pouzdanost (raspoloživost) ne smije snižavati. Komponente su stoga s najvećim mjerama povišenja rizika iznimno važne u procjeni i održavanju sigurnosti (postignute razine rizika), za programe postizanja i kontrole kvalitete i za aktivnosti inspekcije.

MSR kvantificira ulogu komponente (sustava) u daljnjem sniženju rizika (povećanju sigurnosti). Ta mjera pokazuje sniženje vjerojatnosti kvara postrojenja (zbivanja poremećaja u postrojenju) povisi li se pouzdanost (raspoloživost) komponente (sustava, podsustava). Stoga su komponente (sustavi, podsustavi) s najvećim mjerama smanjenja rizika važne za različita nastojanja snižavanja rizika odnosno povećanja sigurnosti.

Konačno, mjera važnosti komponente (sustava, podsustava), V_{MK}, pokazuje koliki je udio te komponente (sustava, podsustava) u postojećoj razini rizika.

MPR komponente (sustava, podsustava) određuje se tako da se najprije odredi povišenje rizika ako je promatrana komponenta (sustav, podsustav) neraspoloživa. Kvantitativna se vrijednost mjere može pritom odrediti na dva načina:

1. određivanjem omjera razine rizika ako je K-ta komponenta (sustav, podsustav) neraspoloživa i postojeće razina rizika:

$$MPR_K = \frac{R_{Kn}}{R_p}, \text{ ili,} \qquad (3)$$

2. određivanjem razlika razine rizika ako je K-ta komponenta (sustav, podsustav) neraspoloživa i postojeće razina rizika,:

$$\overline{MPR}_K = R_{Kn} - R_p, \qquad (4)$$

gdje su: R_p = postojeća razina rizika, a R_{Kn} = razina rizika ako je K-ta komponenta (sustav, podsustav) neraspoloživa.

Različite su mogućnosti odabiranja veličine R_p - "postojeća razina rizika". To može biti, primjerice, vjerojatnost kvara postrojenja, ili očekivani broj smrtnih slučajeva zbog oslobađanja energije i/ili tvari iz postrojenja u okoliš. Ali i nepouzdanost (neraspoloživost) nekog sigurnosnog sustava ili dijelova sustava (podsustava) u postrojenju itd.

Slično, MSR komponente (sustava, podsustava) odredit će se s pomoću sniženja rizika za slučaj povišenja pouzdanosti (raspoloživosti) komponente (sustava, podsustava):

$$MPR_K = \frac{Rp}{R_{Kp}}, \text{ odnosno,} \qquad (5)$$

$$\overline{MPR}_K = R_p - R_{Kp}, \qquad (6)$$

gdje je R_{Kp}= razina rizika ako je pouzdanost (raspoloživost) promatrane komponente (sustava, podsustava) povišena.

U našim ćemo razmatranjima mjere važnosti (3) i (5) određivati pomoću mjere važnosti komponente (sustava, podsustava). Mjera je važnosti komponente (sustava, podsustava) K definirana ovako, [1]:

$$V_{MK} = \frac{\partial\ N_S(t)}{\partial\ K} \frac{P(K)}{P(N_S)} \qquad (7)$$

S $P(N_S)$ označena je numerička vrijednost "postojeće razine rizika" koja će u ovom slučaju biti numerička vrijednost nepouzdanosti (neraspoloživosti) sigurnosnog sustava u postrojenju, s $N_S(t)$ analitički izraz za nepouzdanost (neraspoloživost) tog sustava, s K promatrana komponenta (sustav, podsustav), a s $P(K)$ numerička vrijednost nepouzdanosti (neraspoloživosti) te komponente (sustava, podsustava). Mjere se rizika tada mogu izraziti i na sljedeći način, [1]:

$$MSR_K = \frac{P(N_S)}{P(N_S)\ \text{kad}\ P(K)\to 0} = \frac{P(N_S)}{P(N_S)'} \text{ i} \qquad (8)$$

$$MPR_K = \frac{P(N_S)\ \text{kad}\ P(K)\to 1}{P(N_S)} = \frac{P(N_S)''}{P(N_S)} \qquad (9)$$

gdje je $P(N_s)'$ nepouzdanost (neraspoloživost) sigurnosnog sustava kad nepouzdanost (neraspoloživost) promatrane komponente (sustava, podsustava) teži prema nuli (komponenta (sustav, podsustav) je savršeno pouzdana), a $P(N_s)''$ nepouzdanost (neraspoloživost) sigurnosnog sustava kad vjerojatnost kvara (nepouzdanost, neraspoloživost) promatrane komponente (sustava, podsustava) teži prema jedinici (komponenta (sustav, podsustav) je pokvarena, neras-

položiva, neoperabilna), i zatim ti izrazi pojednostavniti. Mijenja li se, naime, vjerojatnost kvara komponente (sustava, podsustava), mijenjat će se i vjerojatnost kvara sigurnosnog sustava:

$$\Delta P(N_S)_K = \Delta P(K) \cdot \frac{\partial N_S(t)}{\partial K} \qquad (10)$$

Izraz (10), prema (7), možemo pisati i ovako:

$$\Delta P(N_S)_K = \Delta P(K)\ V_{MK} \cdot \frac{P(N_S)}{P(K)} \qquad (11)$$

Kad vjerojatnost kvara komponente (sustava, podsustava) teži prema nuli, promjena vjerojatnosti kvara komponente (sustava, podsustava) teži prema *-P(K)*.
Slijedi:

$$\Delta P(N_S)_K = - V_{MK} \mathrm{P}(N_S) \qquad (12)$$

i (8) postaje:

$$MSR_K = \frac{P(N_S)}{P(N_S) + \Delta P(N_S)_K} = \frac{1}{1 - V_{MK}} \qquad (13)$$

Slično, kad vjerojatnost kvara komponente (sustava, podsustava) teži prema jedinici, promjena je vjerojatnosti kvara komponente (sustava, podsustava):

$$\Delta P(K) = 1 - P(K)$$

Dobiva se za (11):

$$\Delta P(N_S)_K = \left[1 - P(K)\right] V_{MK} \cdot \frac{P(N_S)}{P(K)} \qquad (14)$$

pa (9) postaje:

$$MPR_K = \frac{P(N_S) + \Delta P(N_S)_K}{P(N_S)} = 1 + V_{MK}\left[\frac{1}{P(K)} - 1\right] \qquad (15)$$

Na kraju, nakon analize posljedica zbivanja razmatranog neželjenog događaja u postrojenju i okolišu, često se provodi i analiza nesigurnosti kako bi se utvrdio utjecaj pouzdanosti podataka, pretpostavki, postupaka, sveobuhvatnosti (popunosti) analiza i matematičkih modela na rezultate analize.

5. ZAKLJUČAK

Postupci su vjerojatnosne procjene tehničkog rizika primijenjivi i vrlo djelotvorni prigodom vrednovanja pouzdanosti, raspoloživosti i sigurnosti industrijskog postrojenja (tehničkih sustava), te procjenjivanja rizika zbog rada postrojenja. Vjerojatnosna procjena (tehničkog) rizika omogućuje, naime, uvid u prikladnost konstrukcije i rada postrojenja, omogućuje iznalaženje propusta i slabosti konstrukcija, kvantificiranje pretpostavki o pojavama poremećaja, nedostacima i povoljnostima konstrukcija, kao i kvantificiranje izvora nesigurnosti i njihovih posljedica u postrojenju i okolišu. Posebice analiza važnosti podsustava i komponenata tehničkog sustava, koja se provodi unutar VPR, omogućuje identifikaciju i rangiranje komponenata i podsustava najvažnijih za sigurnost industrijskog postrojenja i tako usporedbu i ocjenu kao i procjenu prikladnosti i dosljednosti različitih (alternativnih) izvedaba postrojenja i postupaka snižavanja rizika zbog rada postrojenja.

LITERATURA

[1] V. MIKULIČIĆ, D. ŠKRLEC, B. TOMIĆ: "Racionalno korištenje energije i sigurnost industrijskih postrojenja", Seminar "Racionalno korištenje energije u industriji", Republički komitet za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo SR Hrvatske, Elektrotehnički fakultet Zagreb, Zagreb, 20. studenoga 1986., Zbornik radova (7.00-7.45)

[2] D. ŠKANATA, V. MIKULIČIĆ: "Rizik, komuniciranje i odlučivanje", Zbornik savjetovanja Hrvatskog društva za sustave i Hrvatske akademije tehničkih znanosti: "Stvaranje stabilnog, prilagodljivog i životno sposobnog hrvatskog gospodarstva u uvjetima globalizacije i nastajanja informacijskog društva", str. 191-197, Zagreb, 1995.

[3] H. KUMAMOTO, E. J. HENLY: "Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists", Second Edition, 1996, IEEE Press Marketing, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08855-1331

[4] W. E. VESELY, F. F. GOLDBERG, N. H. ROBERTS, D. F. HAASL: "Fault Tree Handbook", Systems and Reliability Research Office of Nuclear Regulatory Research U..S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C. 20555

[5] LAMBERT, J. MARTORE: "Importance Ranking of Systems and Components at Nuclear Power Plants: Methodology and Use" Submitted to the International Atornic Energy Agency, to appear in "Manual for Probabilistic Safety Assessment Utilization and Implementation For Safety Decisions", Vienna, 1985.

[6] "IAEA Training Course in PRA Methods in Safety Analysis for NPPS", Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA, Argonne, 1983.

RELIABILITY ASSESSMENT OF TECHNICAL RISKS

Today's modern society, which, in the majority of cases, makes use of all advantages of up-to-date techniques at the same time undoubtedly becomes susceptible to unwanted side effects: injuries, health damage, and even premature death, not understanding or not willing to understand that control and decrease of danger or risk caused by the usage of those techniques means the decrease of its usefulness. *Reliability evaluation of technical risks* tries to resolve this contradiction, as a relatively new scientific discipline that has been developing quickly recently.

The paper describes the analytical tools of quantitative (reliability) risk assessment caused by technical system operation (industrial facilities).

ABSCHÄTZUNG DER WAHRSCHEINLICHKEIT TECHNISCHER RISIKEN

Die moderne Gesellschaft von heute, welche sich meistens, ohne zu zweifeln, mit allen Wohltaten der entwickelten Technik bedient, wird gleichzeitig immer empfindlicher auf ihre mögliche unerwünschte Folgen: Verletzungen, Gesundheitsschaden, sogar voreiliges Sterben, ohne zu

verstehen - oder verstehen wollen-dass die Kontrolle und die Einschränkung der durch die Anwendung einer solchen Technik verursachten Gefahren bzw. Risikos, gleichzeitig die Einschränkung der von ihr errungenen Nutzen bedeutet. Es wird versucht diesen Wiederspruch durch die neue, sich in der letzten Zeit schnell entwickelnde, wissenschaftliche Gattung - *Wahrscheinlichkeitsabschätzung technischer Risiken* - entgegenzukommen.

Im Artikel werden analytische Verfahren zur Durchführung quantitativer (der Wahrscheinlichkeit nach) Abschätzung von, durch den Betrieb technischer Systeme (Industrieanlagen) verursachten Risiken, beschrieben.

Naslov pisaca:

Prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić, dipl. ing.
dr. sc. Zdenko Šimić, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike
i računarstva, Unska 3,
10000 Zagreb, Hrvatska

mr. sc. Ivan Vrbanić, dipl. ing.
Nuklearna elektrana "Krško",
Vrbina 12, 8270 Krško, Slovenija

Uredništvo primilo rukopis:
2001-07-12.

MODEL PRORAČUNA I PRAĆENJA CIJENA SWEP
(Prikaz s primjerom)

Niko M a n d i ć – Vladimir G r u j i ć – Bruno M a n d i ć, Zagreb

UDK 338.52:658.8
STRUČNI ČLANAK

Cijene električne energije na tržištu su vrlo promjenjive. One variraju ovisno od niza parametara i utjecaja. Razvijeni su različiti modeli praćenja cijena. Na europskim i svjetskim burzama cijene električne energije se svakodnevno formiraju, o čemu se informacije distribuiraju preko svih modernih sredstava za komunikaciju, dakako uključujući i Internet stranice.

Švicarski model proračuna i praćenja cijena, skraćeno SWEP, na spot tržištu je jedan od tih modela.

Stoga u svjetlu skorašnjeg uvođenja i otvaranja tržišta električne energije u Republici Hrvatskoj iznesene informacije mogu doprinijeti boljoj informiranosti o stanjima i promjenama cijena na tržištu električne energije. Dakle, ovaj materijal obrađuje samo kratkoročnu problematiku. Namijenjen je boljem upoznavanju s nekim načinima rada i zakonitostima inozemnih spot tržišta.

Ključne riječi: burza, cijena električne energije, spot tržište, SWEP, transakcije.

1. UVOD

U ovom članku izloženi su i ilustrirani odnosi i načini rada tržišta električne energije i to kroz način obračuna indeksa SWEP i na jednostavnom primjeru. U cijelom članku brojčani iznosi cijena uzetih primjerom su sekundarni. Izneseni primjeri i informacije su ilustracija kako su cijene na spot tržištu varirale u tijeku 24 sata ili tijekom tjedna. Upravo takva varijacija za mnoge od nas je novost i tom cilju usmjeren je ovaj rad. Varijacije cijena električne energije su uzrokovane razlikama i utjecajima sezone, mjeseca, dana, sata. Naravno, na razliku i promjenu cijena električne energije primarno utječu odnosi ponude i potražnje. U posebnim slučajevima to su i drugi parametri i utjecaji koji doprinose promjenljivosti cijene. To su stanja akumulacija pojedinih elektrana, klimatske prilike, raspoloživost elektrana u širem smislu, itd. Sve pojmove ovdje obrađene treba primiti u relativnom smislu u odnosu na veličinu našeg sustava i njegove dnevne ili godišnje potrošnje od približno 15 TWh. Što je za nas veliko, za drugi sustav je malo. Članak obrađuje prvenstveno indeks SWEP, njegovo utvrđivanje, ali i pojedino nazivlje i pojmove koji su usko vezani uz njega.

1.1. Kupnja i prodaja energije - specifične pojave u EES-u

Kupnja ili prodaja električne energije za sustav Republike Hrvatske obavlja se na visokonaponskoj (380/220 kV) razini, pri čemu se te aktivnosti općenito nazivaju transakcijom. Kratkoročne transakcije se obavljaju svakog dana (d) pri izradi voznog reda za idući dan (d+1). Ugovaranje kupnje/prodaje energije obavlja se i za duži vremenski period i to općenito po bitno drugačijim kriterijima. Danas način ugovaranja i elemente transakcija u bitnome određuju moderni, dakle brzi i efikasni komunikacijski sustavi. Posebno se tu ističe Internet, ne samo kao sredstvo brze i efikasne, sveprisutne komunikacije i razmjene informacija. Komunikacije ovim pružaju potporu uspješnom poslovanju te podupiru transakcije u elektroenergetskom sektoru i postaju nezaobilazan dio uspješnog poslovanja. Naravno, aktivno korištenje ovakvog vida trženja energije traži i specifične tehničke i financijske uvjete i osiguranja u pravnom smislu.

Postupak utvrđivanja cijene energije pojednostavljeno rečeno teče ovako.[1] Na dan (d) prikupe se odgovarajuće informacije tehničke prirode. To su pogonska stanja, stanje mreže, ograničenja i slično. Na dan (d) do određenog vremena (11:00 do 12:00 sati) na jednom mjestu raspoloživim komunikacijskim sredstvima prikupljaju se i obrade sve informacije i planovi. Iz prikupljenih informacija računa se *obujam* isporuka i *cijena energije*. Rezultati se šalju korisnicima. Nakon reklamacija i otklanjanja mogućih pogrješaka, cijene i obujmi transakcija smatraju se usvojenim. Oni su važeći do idućeg (sutrašnjeg) računanja cijena. Eventualno

[1] U prilogu je primjer procedure trgovanja električnom energijom. On je naveden iz razloga stjecanja uvida o poslu koji je u glavnim crtama sličan protokolima drugih zemalja i tržišta. (PRILOG 1 izvornik : www. lpx. de).

ostvareni SWAP aranžmani su mogući između dvije države, što nije nužno.

Nepoštivanje dogovorenih elemenata ugovora u bilo kom pogledu strogo se sankcionira.

U sadašnjem stanju naš EES orijentiran je pretežito na kupnju energije. Već sada jednu trećinu svojih potreba podmirujemo uvozom. U takvim uvjetima rada, prodaja energije ostvaruje se izvozom energije velikih dotoka. Dotoci najčešće imaju bujični karakter, što na neki način otežava rad. Takvu energiju plasiramo kroz vozni red i satno, tj. tijekom izvršenja voznog reda. Takav način prodaje iz sata u sat zahtijeva pojačanu pozornost i praćenje više parametara počev od dotoka vode, predviđanja iskorištavanja i koordinacije istih, do praćenja tereta na vodovima. Plasmanom dodatne energije iz povećanih dotoka tranzitni pravci dalekovoda su dodatno opterećeni. Veliki hidro proizvođači energije smješteni su na jugu Hrvatske. Susjedna BiH također na tom lokalitetu ima sve svoje veće hidro izvore. Njihovim znatnim angažiranjem tijekom izuzetno velikih dotoka EES je u ovakvom stanju manje dinamički stabilan.[2] Između svih elemenata kao i uvijek treba tražiti optimum. Primjera za takav pojačan tranzit ima više, ali jedan je poseban. Ostvaren je 1995. godine na tek u pogon puštenom dalekovodu 400 kV Konjsko – Melina. Taj dalekovod znači doslovno kvalitetan električki spoj sjevera i juga Hrvatske, jer (tada 1995. godine, a djelomično i sad) je poprečna veza preko BiH nedovoljna i slaba.[3]

Pojavom neočekivano velikih dotoka (količinski i vremenski) za direktnu posljedicu ima prodaju i plasman energije satno, svim zainteresiranim partnerima. Povećani dotoci tijekom vikenda i blagdana su vrlo česti.

Ova se energija ne može planirati i plasirati kroz vozni red iz nekoliko razloga. To je u prvom redu zbog neizvjesnosti količine, mjesta i vremena padalina. Može biti riječ o padalinama koje daju posebno velike dotoke u vremenu od samo 98 sati (od petka do ponedjeljka). Nakon toga intenzitet dotoka opada i svodi se na znatno manje vrijednosti.

Navedene dotoke pravodobno treba uočiti, pravilno količinski procijeniti, a potom iste među prvim ponuđačima plasirati. Riječ prvi ili među prvima implicira dvije iznimno bitne stvari. To su povoljna cijena i slobodan tranzit preko drugih država. Zemlja preko koje se energija tranzitira to odobrava i uslugu naplaćuje. U svakom trenutku tranzit može biti otkazan iz tehničkih razloga. Druga bitna činjenica je da drugi (po redoslijedu prijave), treći i ini ponuđač energije zemljama UCTE-a dobiva znatno nižu cijenu po MWh. Razlog je jasan, veća i opsežnija ponuda ruši cijenu električne energije na spot tržištu.

Bez obzira na ovo saznanje takav plasman energije je ponekad imperativ. Ovo se posebno odnosi na sprječavanje poplava na nekom širem području i ugrožavanja velikih materijalnih dobara (elementarna nepogoda).

Potom može biti riječi o padalinama koje ne daju posebno velike iskoristive[4] dotoke. Još jednom treba podsjetiti, kad HEP može ponuditi energiju iz povećanih dotoka isto čine i elektroprivrede naše regije. Tad je cijena električne energije i vlastita potrošnja obično najniža, a plasman otežan. Iz opisanog je očito da u ovoj igri sudjeluje više čimbenika, a otkazom tranzita preko neke države sve prethodno odlično napravljeno gubi na realizaciji. Sve ove opisane radnje postoje upravo radi te realizacije. I u takvim situacijama ima izlaza koje smo dosad nalazili i dalje ćemo nalaziti. Ovaj dio tržišne utakmice, tako uvjetno nazvan, rađen je i igran i kod nas.[5] On je rezultat djelomično i dosadašnjeg benchmarkinga.[6]

Dosad je HEP najčešće trgovao s tvrtkama iz susjedstva te tvrtkama središnje Europe. Takva konstatacija je već sad prošlost. Broj partnera i obujam transakcija raste i dalje će rasti. Takvom trendu povećanja broja partnera i obujma isporuka nije se moguće, niti treba suprotstavljati. Najbolje je prilagoditi se i ostvariti najbolje moguće financijske učinke.

Značajnu pomoć u definiranju izvozne cijene energije pruža nam uvid u cijene na spot tržištu. One služe samo kao orijentir. Postignuta cijena će biti svakako stvar konkretnog dogovora.

Naši najčešći partneri su GRTN (Italija), ELES (Slovenija), ENRON, ENTRADE, EGL i ATEL (Švicarska), MAVIR (Mađarska), APT i ÖVG (Austrija), HEW (Njemačka), EP BiH itd. Taj popis tvrtki će i dalje rasti.

Na karti Hrvatskog EES-a s okružjem (dalekovodi 380 i 220 KV) slika 20, naznačeni su povezni dalekovodi sa susjednim sustavima.

---

[2] Upućujem na studiju dinamičke stabilnosti sustava s nekoliko varijanti isključenja DV-a. "DINAMIČKO PONAŠANJE HRVATSKOG EES KOD"... od grupe autora Stojsavljević, Mehmedović, Sinovčić, Radić, Rogić, Grujić. STK 38 Cavtat 25.10. 2000. godine. Stanje mreže u BiH 1995. godini kad je ostvaren navedeni slučaj je bilo znatno lošije nego sad. Na primjer veza 220 kV Tuzla – Đakovo nije bila u funkciji itd.

[3] U veljači 2001. godine je šest dana uzastopno isporučivana energija različitim partnerima. To je ostvareno temeljem povećanih dotoka. Ovakvim radom uvijek se preventivno prazne akumulacije, te u cilju sprječavanja ili smanjenja preljeva forsira njihova proizvodnja. Dodatni satni plasman energije izvan voznog reda u siječnju 2001. godine jednog dana iznosio je preko 2000 MWh električna energije za zemlje UCTE-a. Podrazumijeva se da su pri tom sve ostale obveze prema sklopljenim ugovorima ispunjene, a sve manje profitabilne elektrane potisnute.

[4] Pod ovim pojmom se misli reći da sve padaline, ovisno o sljevnom području i konkretne konfiguracije terena ne idu u iskoristivi i prihvatljivi dotok naših hidroelektrana. Moguća je i situacija u praksi da elekranu koja ima dotok ne možemo voziti iz nekih razloga.

[5] Enormna isporuka električne energije iz značajno povećanih dotoka plasirana tijekom izvršenja voznog reda na satnom nivou, ostvarena je od 23. 12. do 27. 12. 1995. godine. U tom periodu zbog sniženog konzuma i toplijeg vremena ovakav plasman bio je nužan. U navedena četiri blagdanska dana, a na osnovi postojeće dokumentacije vidljivo je da je plasirano izvan dogovorenog voznog reda (dodatno) električne energije u iznosu koji nadmašuje ukupnu jednodnevnu potrošnju našeg sustava. Malo je vjerojatno da će se takav plasman uskoro ostvariti!

[6] Benchmarking, primjer nečega koji se koristi kao standard za pravljenje usporedbi [29].

U izradi ovog članka korišteni su mnogobrojni inozemni podaci. Na svakoj slici ili dijagramu u lijevom kutu naveden je izvornik.

1.1.1. *Elementi švicarskog modela proračuna cijena električne energije – SWEP*

Švicarske tvrtke Atel, Egel, te Dow Jones[8] razvile su Švicarski model cjenika, odnosno model praćenja cijena električne energije SWEP. Ova engleska skraćenica označava Swiss Elecricity Price Indeks. Priznat je kao pouzdan pokazatelj kretanja cijena električne energije u Europi. Mnogi europski proizvođači električne energije podržavaju ovakav koncept praćenja cijena na tržištu. Prvi put je objavljen 11. ožujka 1998. godine i od tad je dostupan na web stranicama. Podaci prije ovog datuma dobiveni su simulacijama. Pored SWEP-a postoji još nekoliko modela, odnosno pokazatelja praćenja cijena električne energije na europskom energetskom tržištu. Na navedenim adresama u prilogu moguće je svakodnevno pratiti spot cijene električne energije. Sve se cijene iskazuju i navode bez troškova i cijena tranzita, transformacija i svih sličnih opterećenja koje je nužno uračunati.[9] Naime, električnu energiju nije moguće kupiti po SWEP vrijednosti. Ona iskazuje vrijednosti transakcije *prethodnog dana*, a tekuće cijene su direktno ovisne o događajima na tržištu.Vidi dijagrame na slikama 11, 11a,11b,12.

Burza ne radi[10] za vrijeme vikenda, ali se sve transakcije električnom energijom dogovaraju i za to vrijeme. Za vrijeme vikenda i tijekom blagdana cijene električne energije su niže nego tijekom radnih dana u tjednu. Primjer promjene cijena i obujma za radni i neradni dan je na slici 11b.

Sve tvrtke koje koriste ovaj indeks prijavljuju sve svoje transakcije jednom neovisnom centru koji obavlja uslužnu djelatnost (Dow Jones). On izvrši sve potrebne radnje i vraća informacije korisnicima svojih usluga. Niti jedna transakcija ne može bit izvršena bez propisane procedure. Informacije o transakcijama su tipizirane i u potpunosti opisuju radnju koja je obavljena po svim elementima (vremenu transakcije, trajanju, vrsti, broju, uvjetima itd.). Svakom korisniku poznate su isključivo njegove transakcije i samo informacije o njima. Sve ostale informacije (vezane npr. o obujmu transakcija i slično) o drugim korisnicima su nedostupne.

U ovom pojednostavljenom općem prikazu proračuna indeksa SWEP vrijednosti podrazumijevaju se neke činjenice:

- **Riječ transakcija podrazumijeva ugovore o kupnji i prodaji električne energije na visokonaponskoj 380/220 kV razini.**
- **Načelno, mjesto isporuke električne energije su visokonaponske sabirnice 380/220 kV u Laufenburgu, Švicarska.**

Napomena: U praksi je moguće operativno dogovoriti i drugačiji aranžman. Tako je npr. HEP nedavno isporučio energiju Atelu na austrijsko / slovenskoj granici.

- **Trajanje transakcije po ovoj vrsti ugovora može biti minimalno 1, a maksimalno 24 sata.**

Primjer: Izrada voznog reda dana (d) za idući dan (d+1) jasno podrazumijeva da se za naredni dan (d+1) može uzeti samo energija u vremenskom trajanju od 1 sata do maksimalno 24 sata - tj. cijeli dan. U praksi se mimo dogovorenih tranzita[3] električna energija prodaje za vrijeme vikenda na satnom nivou. Takva prodaja može početi npr. u 22. satu dana (d), a produžiti se u idućim satima dana (d+1).

Naravno, mogu se ugovoriti dugotrajniji aranžmani koji se tretiraju na drugi način.

- **Najmanje 1 sat kupljene/prodate energije mora biti unutar 24 sata dana za koji se vrijednost indeksa SWEP utvrđuje.**

Pri računanju SWEP vrijednosti transakcije se obavljaju po cijenama izračunatim za jedan sat. Za transakcije dulje od jednog sata cijene za svaki sat određene su tako da ukupna vrijednost te *transakcije* ostane nepromijenjena.

Računanje vrijednosti SWEP-a podijeljeno je u dva dijela. U prvom dijelu se određuje cijena za svaki pojedini sat i to svake transakcije. Zatim se izračunava aritmetička srednja vrijednost cijene čiji se težinski faktor procjenjuje vrijednošću odgovarajućeg ugovora.

1.2. Definicije korištenih pojmova, izraza i skraćenica

U ovom dijelu navedeno je nekoliko korisnih skraćenica korištenih u daljnjem tekstu, definicija indeksa DJ i ekonomskih pojmova.

transakcija – pojedinačna kupovina ili prodaja energije u trajanju do 24 sata ugovorena dana (d) za idući dan (d+1) – npr. ugovoreno u (utorak) za idući dan (srijedu);

sve – transakcije – skup svih transakcija ugovorenih za dan(d) npr.(četvrtak);

cijena (transakcija, sat) (C_0) – cijena za ***transakciju*** u CHF/h ;

moguća varijanta, Euro, $, FIM itd.

Od 1. 1. 2002. dvanaest europskih zemalja preuzima Euro kao svoju valutu;

trajanje (transakcije) ***(t)*** – vrijeme trajanja ***transakcije*** u satima;

---

[7] Misli se na elektrane za koje ova mjera ima djelotvornost.

[8] Treba razlikovati ime same tvrtke od pojma i funkcije indeksa Dow Jones, definicija istog dana je u nastavku.

[9] ELES (Slovenija) se od 1. 1. 2002. godine pripravlja za izradu i potpunu provedbu dnevnog petnaestominutnog voznog reda, te računanje u kwh. Ovakvo planiranje i provedba voznog reda ostvareno je već u susjednim zemljama članicama UCTE-a.

[10] U poslovnim krugovima burza koja ne radi tijekom *radnog* tjedna znači velike probleme na vidiku, a druga pojava zvuk zvonca kojim se obilježava početak rada burze je lijepo dobro jutro.

količina (transakcija, sat) – količina električne energije po satima za ***transakciju*** u MWh;

trans_sati – sati relevantni za ***transakciju;***

KPS – karakteristika prilagođenih satnih cijena.

Dow Jones [29] - ***(DJ)*** (str. 268) indeksi cijena dionica koje kotiraju na Njujorškoj burzi i pokazatelji su promjena i obilježja burzovnog poslovanja.

Objavljuju se dnevno u različitim sredstvima priopćavanja, publikacijama iz područja financija, dnevnim novinama, informacijskim servisima. Tumače se kao indeksi, a promjene se ističu u obliku indeksnih poena. Često se rabe i kao indeksi stanja opće gospodarske aktivnosti, u različitim modelima za prosudbu rizika pri donošenju investicijskih i drugih poslovnih odluka. Među najčešće korištenima je Dow Jones prosjek za industrijsku djelatnost. Izračunava se kao aritmetička sredina cijena dionica uzorka 30 najznačajnijih industrijskih poduzeća, npr. General Elektrica, IBM, General Motorsa. Ponderi u aritmetičkoj sredini odražavaju važnost pojedinog poduzeća u skupini. Ponderi se povremeno revidiraju zbog promjena sastava uzorka poduzeća i statistike vlasništva dionica (stock split) [28].

Dow Jones [29] **DJTA** ***Transportation Average*** (prosjek prometa)

"Računa se po cijenama dionica dvadeset većih poduzeća za zračni, cestovni i željeznički promet (prijevozničkih poduzeća)."

Dow Jones [29] ***DJUA Utilities Average*** (prosjek usluga)

"Temelji se na cijenama dionica petnaest vodećih poduzeća za opskrbu električnom energijom i plinom koja pokrivaju cijelu zemlju".

Dow Jones [29] ***DJIA Industrijal Average*** (industrijski prosjek)

"Vjerovatno svjetski najpoznatiji indeks kretanja cijena i dobitka obične dionice na Njujorškoj burzi (NYSE). Temelji se na trideset vodećih američkih industrijskih poduzeća i popularno nazvan ***DOW*** ." Vidi prilog 2 , aktualnih 25 vodećih tvrtki.

Ponder [28] – (str. 683) težinski faktor, broj koji se približava vrijednosti statističkog obilježja ili pokazatelja kako bi mu se izrazila važnost u statističkom izvornom ili izvedenom nizu.

Ponderiranje [28] – određivanje odgovarajuće važnosti pojedinih veličina prigodom izračunavanja srednje vrijednosti.

SWAP [28] aranžman (str. 874) reciprocitetni kreditni aranžman između središnjih banaka dviju zemalja. Nacionalne središnje banke dviju zemalja takvim sporazumom utvrđuju međusobno kreditiranje do jednog iznosa u valuti druge zemlje. Vlade tih zemalja stoga mogu računati u slučaju potrebe i na taj dodatni izvor financijskih sredstava ili deviznih rezervi u inozemstvu. *Ovaj pojam ne treba zamijeniti smislom i pojmom indeksa SWEP i ako su izgovorom vrlo slični!*

Ovdje upotrebljene oznake eksponenata [28] i [29] upućuju na izvornik - literaturu.

Nakon događaja 11.rujna 2001. godine u Americi, **Nikkei** indeks je pao rekordnih 6% što nije zabilježeno u posljednjih trideset godina u ovako kratkom vremenu, istodobno burza nije radila pet *radnih* dana.

U ovom članku su usvojene skraćenice i oznake koje će biti korištene u daljnjem tekstu:

C_0 = **cijena** (transakcija,sat)

C_1=**srednja_dnevna_cijena**

t= **trajanje** (transakcija)

dnevna karakteristika cijena za max.

C_2=**dnevna_k_cijena** (dan,sat)

dnevna karakteristika cijena za min.

C_3= **dnevna_k_cijena** (dan,sat)

ako su sve $C_0 > C_1$

Praktično objašnjenje ovog izraza i postupka navedeno je u brojčanom primjeru računanja indeksa SWEP tablica 2. postupka utvrđivanja indeksa SWEP-a odnosno tablica 2a.

ili ako su sve $C_0 < C_1$

$C"_2$=**dnevna karakteristika cijena**

C_5= **dnevna _rel_k_cijena**(dan,sat)

C_6=**srednja_ rel_k_ cijena** (dan,sat)

C_{ps}= **PS_cijena** (transakcija,sat)

= prilagođena satna cijena

br = **broj_cijena**(sat);

V=**vrijednost**(transakcija,sat);

U_{kv}=**ukupna_ vrijednost**(transakcija);

C_{vi}= **virtualna_cijena**;

SWEP indeks jednak je vrijednosti C_{tp}

C_{tp}=**težinska prosječna** satna cijena;

C_{tp}=$\mathbf{C_{tp}}$(transakcija,sat=12);

V'=V(transakcija,sat=12) tj. od 11:00 do 12:00

Funkcija ovdje korištene podvlake (_) je zadana formatom izraza, ona je potpuno različita od povlake (–) te ih ne treba zamijeniti, time bi smisao izraza bio potpuno drugačiji.

Ovakve su oznake uvedene radi pojednostavljenja formula, bolje preglednosti istih, te boljeg razumijevanja.

1.2.1. *Računanje indeksa SWEP*

U ovom dijelu članka bit će tekstom opisan postupak računanja ovog indeksa korak po korak, potom urađen opći primjer prikazan tablično. Radi utvrđivanja cijena svake transakcije za svaki sat koriste se statistički podaci o svim kupovinama i prodajama električne energije prošlih 20 dana.

PRVI KORAK:

Računanje dnevne cijene izvodi se po sljedećem izrazu:

$$C_1 = \frac{\sum_{\text{sve\_transakcije}} C_0}{\sum_{\text{sve\_transakcije}} t} \qquad (1)$$

Za svaki od 20 dana računa se *srednja vrijednost* (***C1***) cijelog paketa transakcija. Rezultat je jedna cijena za svaki dan (CHF/MWh)

DRUGI KORAK:

Računanje ***dnevne karakteristike cijena*** (C''_2) Individualna dnevna karakteristika cijena definirana je kao maksimum satnih odstupanja od prosječne dnevne cijene. Maksimum satnih odstupanja podrazumijeva dvije ekstremne vrijednosti, tj. minimum i maksimum. Usporedimo li srednju vrijednost cijene tog sata sa srednjom vrijednošću cijene tog dana, dobivamo njen položaj u odnosu na srednju vrijednost cijene (u tablici 2. primjera proračuna SWEP-a kolona označena sa *C*1) cijelog dana. Ovim je njen položaj utvrđen. Ona je maksimalna ili minimalna cijena. Maksimalna je izražena izrazom 2a, minimalna izrazom 2b. Sve gore rečeno iskazano je matematskim izrazima kako i slijedi:

Ako je sve $C_0 > C_1$

$$C_2 = \mathbf{max}_{\text{sve\_transakcije}} (\text{cijena(transakcija,sat)}) \qquad (2a)$$

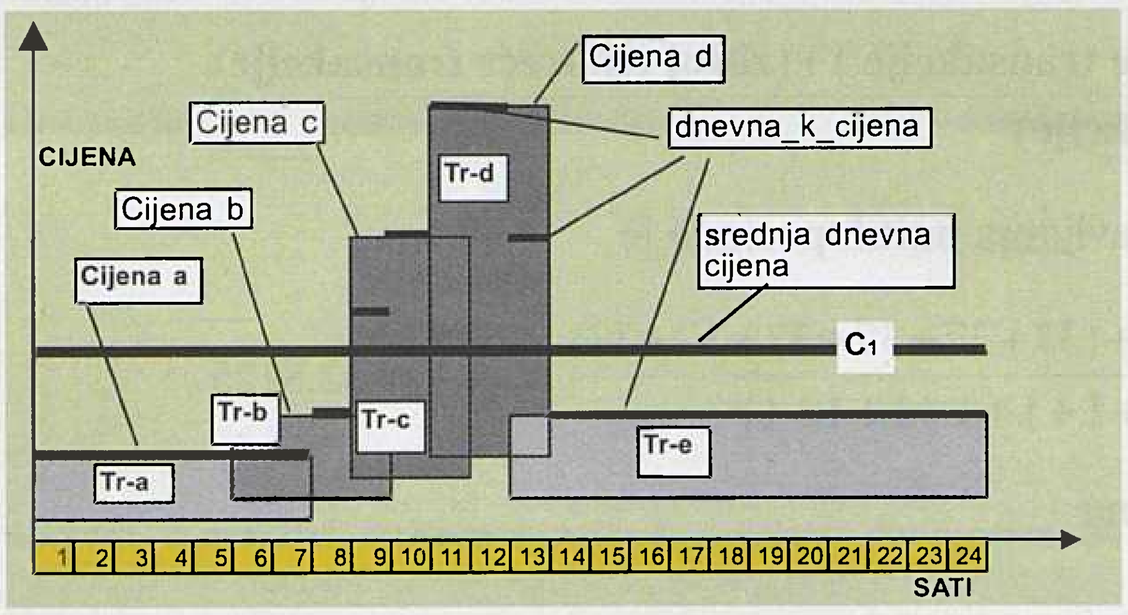
Ili ako su $C_0 < C_1$

$$C_3 = \mathbf{min}_{\text{sve\_transakcije}} (\text{cijena(transakcija,sat)}) \qquad (2b)$$

Dnevna karakteristika cijena

$$C''_2 = \frac{C_2 + C_3}{2} \qquad (3)$$

Ovisno o tome je li srednja vrijednost cijene tog sata ispod srednje vrijednosti cijene tog dana bira se maksimalna ili minimalna cijena. Rezultat je serija od 24 cijene za svaki dan (CHF/MWh)



Slika 1. Grafički prikaz računanja srednje dnevne cijene i dnevne karakteristike cijena. Oznake Tr- a, Tr-b, Tr-c, Tr-d znače transakcija a, b, c, d …Pravokutnik (Tr-a) na grafičkom prikazu opisuje transakciju po vremenu trajanja i cijeni. Zadebljana gornja crta pravokutnika predstavlja dnevnu karakteristiku. Pravac na ovom grafikonu označen C1 predstavlja srednju dnevnu cijenu.

TREĆI KORAK:

Računanje ***dnevne relativne karakteristike cijene*** (C_5). Rezultat dobiven u drugom koraku dijeli se s rezultatom prvog koraka izraza (1)

$$C_5 = \frac{C''_2}{C_1} \qquad (4)$$

Rezultat ovog postupka je serija od 24 koeficijenta za svaki sat. Konkretno brojčano objašnjenje u tablici 3. primjera utvrđivanja vrijednosti ovog indeksa.

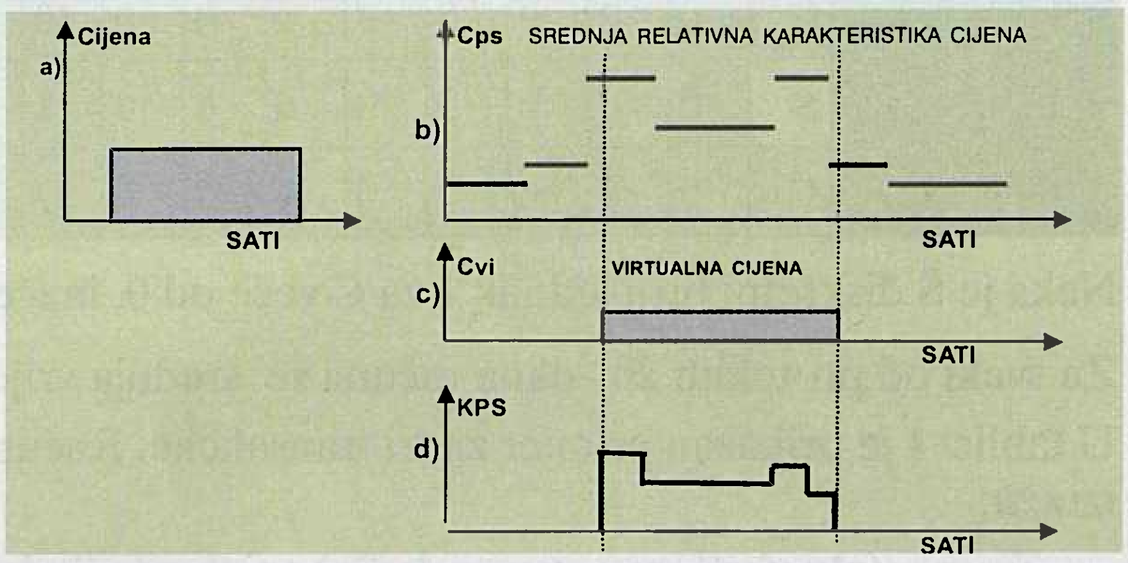
ČETVRTI KORAK:

Računanje ***srednje relativne karakteristike cijene*** (C_6). Taj dio proračuna provodi se s ciljem dobivanja ravne i glatke karakteristike cijena za zadnjih radnih 20 dana iz dnevne relativne karakteristike cijena

$$C_6 = \frac{1}{br} * \sum_{\text{indeks=dan-1}}^{\text{dan-21}} C_5 \qquad (5)$$

gdje je izraz ***br*** broj radnih dana unutar rečenih 20 dana najčešće jednak 20 za pojedine dane i sate. Kad nema transakcija vrijednost ovog izraza je ***br*** 20. Serija 24 koeficijenta ovako dobivena služi za računanje karakteristike prilagođenih satnih cijena KPS. Ovim je prvi dio računanja završen. Za svaku transakciju mora se izračunati KPS cijena. Ona slijedi srednju karakteristiku cijena svakog pojedinog dana. Cilj je zapravo pronaći takvu cijenu da ukupna vrijednost određene transakcije ostane nepromijenjena. Ovakva cijena naziva se *virtualna cijena*.

Grafički prikaz računanja KPS i uvođenje pojma virtualna cijena predočena sličicama a, b, c, d.



Slika 2. Na gornjoj ilustraciji sličica a ove ilustracije prikazuje jednu transakciju pravokutnikom. Ova vizualno određuje cijenu na x osi i vrijeme trajanja transakcije na y osi. Sličica b ilustrira računanje srednje dnevne cijene koja se izvodi po izrazu označenom (1). Sličica c ilustrira uvođenje pojma virtualne cijene kao nužnog faktora koji će ukupni zbroj vrijednosti transakcije očuvati nepromijenjenim. Rezultat ovog postupka je jedna cijena za svaku transakciju. Sličica d prikazuje rezultat množenja virtualne cijene sa srednjom relativnom karakteristikom cijena.

Ukupna vrijednost je

$$U_{\text{kv}} = \sum_{\text{trans\_sati}} V * C_0 \qquad (6)$$

$$= \sum_{\text{trans\_sati}} V * C_{\text{ps}} \qquad (7)$$

gdje je: $C_{\text{ps}} = C_6 * C_{\text{vi}}$ (8)

i predstavlja **prilagođenu satnu cijenu**.

PETI KORAK:

Računanje ***virtualne cijene (Cvi)***. Virtualna cijena je korektivni faktor koji će ukupni zbroj vrijednosti transakcija očuvati nepromijenjen. Koristeći prilagođenu satnu cijenu uz nepromjenjivost izraza (7) i (8) izraz za računanje C_{vi} je:

$$C_{vi} = \frac{\sum_{trans\_sati} V * C_0}{\sum_{trans\_sati} V * C_6} \qquad (9)$$

ovdje je: V=vrijednost=vrijednost(transakcija,sat)

ŠESTI KORAK:

Računanje ***karakteristike prilagođenih cijena***

$$C_{ps} = C_6 * C_{vi}$$

SEDMI KORAK:

Računanje ***vrijednosno-težinskih prosječnih cijena***

$$C_{tp} = \frac{\sum_{sve\_transakcije} C_{ps} * V}{\sum_{sve\_transakcije} V} \qquad (10)$$

$C'_{tp} = C_{tp}$(transakcija,sat=12);
V'=V(transakcija,sat=12). Ovim je završeno računanje SWEP-a.
Ovdje su C_{tp} i v označeni crticom (') koja upućuje na dvanaesti sat (**11:00 – 12:00**).

$$SWEP = C_{tp} = \frac{\sum_{sve\_transakcije} C'_{ps} * v'}{\sum_{sve\_transakcije} v'} \qquad (11)$$

Primjer računanja indeksa SWEP:

U tablicama označenim brojevima od broja 1 do broja 11 na jednostavnom primjeru prikazan je tijek računanja indeksa SWEP.

Računanje srednje dnevne cijene (C1) za tri transakcije

PRVI KORAK:

Tablica 1.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Transakcija 1	S	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cijena	C	0	0	0	0	0	0	0	**28**	**28**	29	29	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transakcija 2	S	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cijena	C	0	0	0	0	0	0	0	0	**30**	**30**	**30**	**35**	**35**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transakcija 3	S	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cijena	C	0	0	0	0	0	0	0	0	**37**	**37**	**37**	**37**	**37**	**37**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Neka je **S** diskretni broj jednak 1 za **C** veće od 0, inače je jednak 0.

Za svaki od proteklih 20 dana računa se srednja vrijednost ($C1$) cijelog paketa transakcija.

U tablici 1 je prikazan primjer za tri transakcije. Računanje dnevne srednje cijene obavlja se po niže navedenom izrazu:

$$C_1 = \frac{\textbf{(zbroj cij. prve transakcije)} + \textbf{(zbroj cij. druge transakcije)} + \textbf{(zbroj cij. treće transakcije)}}{\textbf{(sve transakcije)}}$$

Nakon uvrštavanja, zamjena odnosnih vrijednosti i izostavljanja nultih perioda je

$$C_1 = \frac{(28+28+29+29+29)+(30+30+30+35+35)+(37+37+37+37+37+37)}{(1+1+1+1+1)+(1+1+1+1+1)+(1+1+1+1+1+1+1)} = \frac{525}{16} = 32{,}8125$$

DRUGI KORAK: Računanje dnevne karakteristike cijena

Tablica 2.

Sati	1	2	3	…	8	9	10	11	12	13	14	…	23	24
Maksimalna						**37**	**37**	**37**	**37**	**37**	**37**			
C1					**32,8125**	**32,8125**	**32,8125**	**32,8125**	**32,8125**	**32,8125**	**32,8125**			
Minimalna					**28**	**28**	**29**	**29**	**29**					

Dnevna karakteristika cijena ili individualni profil za dani i sat kroz sve transakcije je maksimalna ili minimalna cijena u tom satu uspoređena s prosječnom dnevnom cijenom jednaka je:

a. aritmètičkoj sredini dviju cijena (za određeni sat) koji se nalaze s bilo koje strane dnevne cijene ili
b. apsolutnom maksimumu ako su sve prijavljene cijene za određeni sat kroz sve transakcije iznad srednje cijene ($C1$) ili
c. apsolutnom minimumu ako su sve prijavljene cijene za određeni sat kroz sve transakcije niže od srednje dnevne cijene.

Srednju dnevnu cijenu koja je izračunata po izrazu (1) upisujemo u srednji red tablice 2. (označena ($C1$)) tako da se sa svake strane ima jednu ekstremnu cijenu.

DRUGI KORAK: Dnevna karakteristika cijena ($C2$") u tablici 2a u nastavku.

ČETVRTI KORAK: Računanje relativne karakteristike cijena ($C5$) za DAN 1 i DAN 2 tj.u tablicama 4 i 5

DRUGI KORAK: Dnevna karakteristika (C_2") se računa

Tablica 2a.

	Sati	Računanje dnevne karakteristike cijene	Karakteristika cijena (C"2)
o1	00--01		
o2	01--02		
…	…		
…	…		
…	…		
8	07--08	28	28
9	08--09	(37+28)/2=	32,5
10	09--10	(37+29)/2=	33
11	10--11	(37+29)/2=	33
12	11--12	(37+29)/2=	33
13	12--13	37	37
14	13--14	37	37
15	14--15		
…	…		
…	…		
23	22--23		
24	23--24		

TREĆI KORAK: Dnevna relativna karakteristika (C_5) se računa kao omjer dnevne relativne i srednje dnevne cijene

Tablica 3.

	Sati	Dnevna relativna karaktristika cijena C2"	Računanje	D. relativna karakteristika cijena (C5)
o1	00--01			
o2	01--02			
…	…			
…	…			
…	…			
o8	07--o8	28	28/32,8125=	0,8533
o9	08--09	33	32,5/32,8125=	0,9905
10	09--10	33	33/32,8125=	1,0060
11	10--11	33	33/32,8125=	1,0060
12	11--12	33	33/32,8125=	1,0060
13	12--13	37	37/32,8125=	1,1276
14	13--14	37	37/32,8125=	1,1276
…	14--15			
…	…			
…	…			
23	22--23			
24	23--24			

Tablica 4.

	Sati - DAN 1.	Dnevna relativna karaktristika cijena C2"	Računanje	Relativna karakteristika cijena (C5)
o1	00--01			
o2	01--02			
…				
…				
o8	07--o8	28	28/32,8125=	0,8533
o9	08--09	33	32,5/32,8125=	0,9905
10	09--10	33	33/32,8125=	1,0060
11	10--11	33	33/32,8125=	1,0060
12	11--12	33	33/32,8125=	1,0060
13	12--13	37	37/32,8125=	1,1276
14	13--14	37	37/32,8125=	1,1276
…	…			
…	…			
23	22--23			
24	23--24			

Tablica 5.

	Sati - DAN 2.	Dnevna relativna karaktristika cijena C2"	Računanje	Relativna karakteristika cijena (C5)
o1	00--01			
o2	01--02			
…	…			
…	…			
o8	07--o8	28	28/32,8125=	0,8533
o9	08--09	33	32,5/32,8125=	0,9905
10	09--10	33	33/32,8125=	1,0060
11	10--11	33	33/32,8125=	1,0060
12	11--12	33	33/32,8125=	1,0060
13	12--13	37	37/32,8125=	1,1276
14	13--14	37	37/32,8125=	1,1276
…	…			
…	…			
23	22--23			
24	23--24			

ČETVRTI KORAK: Računanje relativne karakteristike cijena (*C*5) za DAN 3 i DAN 4 tj. u tablicama 6 i 7

Tablica 6.

	Sati - DAN 3.	Dnevna relativna karaktristika cijena C2"	Računanje	Relativna karakteristika cijena (C5)
o1	00--01			
o2	01--02			
…	…			
…	…			
o8	07--o8			
o9	08--09			
10	09--10	33	33/32,328125=	1,0060
11	10--11	33	33/32,328125=	1,0060
12	11--12	33	33/32,328125=	1,0060
13	12--13	37	33/32,328125=	1,1280
14	13--14	37	33/32,328125=	1,1280
…	…			
…	…			
23	22--23			
24	23--24			

Tablica 7.

	Sati - DAN 4.	Dnevna relativna karak-tristika cijena C2"	Računanje	Relativna karakteristika cijena (C5)
o1	00--01			
o2	01--02			
…	…			
…	…			
o8	07--o8			
o9	08--09			
10	09--10	33	33/32,328125=	1,0060
11	10--11	33	33/32,328125=	1,0060
12	11--12	33	33/32,328125=	1,0060
13	12--13	37	33/32,328125=	1,1280
14	13--14	37	33/32,328125=	1,1280
…	…			
…	…			
23	22--23			
24	23--24			

Utvrđivanje srednje relativne karakteristike cijena (C_6) koristeći podatke u prošlim koracima prikazanim u tablicama 4, 5, 6, 7

Tablica 8.

	Sati	Rel.kar.cij.	Rel.kar.cij.	Rel.kar.cij.	Rel.kar.cij.	Računanje srednje relativne karakteristike cijena	Srednja relativna karakteristika cijena (C6)
		C5					
		Dan1.	Dan2.	Dan3.	Dan4.		
o1	00--01						
o2	01--02						
…							
…							
o8	07--o8	0,8533				0,8533/1 =	0,8533
o9	08--09	0,9905	0,9834			(0,9905+0,9834)/2 =	0,987
10	09--10	1,0056	0,9834	1,0057	1,0057	(1,0056+0,9834+1,0057+1,0057)/4=	1,0001
11	10--11	1,0056	0,9834	1,0057	1,0057	(1,0056+0,9834+1,0057+1,0057)/4=	1,0001
12	11--12	1,0056	1,043	1,0057	1,0057	(1,0056+1,0430+1,0057+1,0057)/4=	1,015
13	12--13	1,1276	1,1027	1,1276	1,1276	(1,1276+1,1027+1,1276+1,1276)/4=	1,1214
14	13--14	1,1276	1,1325	1,1276	1,1276	(1,1276+1,1325+1,1276+1,1276)/4=	1,1288
…							
…							
23	22--23						
24	23--24						

Računanje virtualne cijene *Cv* 1

Tablica 9. **Transakcija 1**

	Sati	Cijena CHF/ MWh	Obujam MWh	C6 CHF/ MWh	Cijena * obujam CHF	C6 *obujam MWh	Cvi za trans. CHF / MWh
o1	00--01						
o2	01--02						
…	…						
…	…						
o8	07--o8	28	100	0,8533	2800	85,33	
o9	08--09	28	100	0,987	2800	98,7	
10	09--10	29	50	1,0001	1450	50,005	
11	10--11	29	75	1,0001	2175	75,008	
12	11--12	29	⇒ 100	⇒ 1,015	2900	101,5	
13	12--13			1,1214			
14	13--14			1,1288			
…	…						
…	…						
23	22--23						
24	23--24						
		SUMA			12125	410,54	
	*Cv*1					12125/410,5425=	29,5341

Tablica 10. **Transakcija 2**

	Sati	Cijena CHF/ MWh	Obujam MWh	C6 CHF/ MWh	Cijena * obujam CHF	C6 *obujam MWh	Cvi za trans.1 CHF / MWh
o1	00--01						
o2	01--02						
…	…						
…	…						
o8	07--o8			0,8533			
o9	08--09	30	50	0,987	1500	49,35	
10	09--10	30	100	1,0001	3000	101,010	
11	10--11	30	200	1,0001	6000	202,02	
12	11--12	35	⇒ 30	⇒ 1,015	1050	30,45	
13	12--13	35	50	1,1214	1750	56,07	
14	13--14			1,1288			
…	…						
…	…						
23	22--23						
24	23--24						
		SUMA			13300	438,9	
	*Cv*2					13300/438,9=	30,303

Za prve dvije transakcije računa se karakteristika prilagođene satne cijene. Karakteristika prilagođenih cijena za obje transakcije je:

Tablica 11.

	Računanje prilagođene satne cijene	Karakteristika prilagođene cijene (Cps)
Transakcija 1	29,5341*1,0150 =	**29,977**
Transakcija 2	30,303*1,0150 =	**30,758**

Utvrđivanje vrijednosno težinskih prosječnih cijena na osnovici iskazanog izraza

$$\mathbf{SWEP} = \frac{29{,}9771 * 100 + 30{,}7575 * 30}{100 + 30}$$

SWEP = 30,1572.

2. GRAFIČKI PRIKAZI I TABLICE

Nakon brojčano-tabličnog primjera utvrđivanja vrijednosti SWEP-a, na stranicama koje slijede prikazani su grafikoni ovog indeksa za protekle tri godine. Povezanost ovog indeksa s Dow Jonesom je evidentna (vidi nekoliko definicija DJ). Stoga je na slici 14 nacrtan usporedni prikaz ova dva pokazatelja za jednaki vremenski interval. SWEP-ova verifikacija na globalnoj razini je potvrđena činjenicom da je izrađen prema načelima Dow Jonesa, jednog od uvažavajućih svjetskih pokazatelja praćenja tržišnih kretanja.
U skandinavskim zemljama, Švedskoj i Norveškoj, koristi se Dow Jones Nordic Indeks. U tim zemljama on je pokazatelj cijena energije na spot tržištu. Na dva grafikona slike 15 imamo njegove promjene ilustrirane primjerom.
Količina tržene energije u svim transakcijama ovisna je o njenoj cijeni, te je ta ovisnost predočena tablicom (1A) i na nekoliko grafikona.

Primjer promjene indeksa SWEP

Tablica 1 A

Datum	Obujam MWh	SWEP CHF/ MWh	Promjena CHF / MWh	Promjena %	Prosjek 20 dana	Prosjek 60 dana
27-ožu-01	**1495**	**36,9401**	2,1863	6,29	43,473	43,7926
26-ožu-01	**1270**	**34,7538**	-1,0453	-2,92	43,734	43,7184
23-ožu-01	**1984**	**35,7991**	-1,4602	-3,92	44,1001	43,6801
22-ožu-01	**879**	**37,2593**	-0,635	-1,68	44,353	43,8093
21-ožu-01	**1460**	**37,8943**	-0,4068	-1,06	44,5304	44,0026
20-ožu-01	**1313**	**38,3011**	-0,4204	-1,09	44,6897	44,2518
19-ožu-01	**861**	**38,7215**	0,1489	0,39	44,7953	44,4452
16-ožu-01	**1005**	**38,5726**	0,4817	1,26	44,9356	44,5376
15-ožu-01	**705**	**38,0909**	-3,7477	-8,96	45,0695	44,6324
14-ožu-01	**705**	38,0909	-3,7477	-8,96	41,2925	43,8273
13-ožu-01	**825**	**41,8386**	-0,0881	-0,21	45,0504	44,7187
12-ožu-01	**715**	**41,9267**	-1,7267	-3,96	44,7357	44,7453
9-ožu-01	**536**	**43,6534**	-3,5575	-7,54	44,6178	44,7705
8-ožu-01	**1266**	**47,2109**	-3,1158	-6,19	44,5002	44,7661
7-ožu-01	**1019**	**50,3267**	1,6595	3,41	44,2741	44,6907
6-ožu-01	**840**	**48,6672**	-5,1142	-9,51	43,8999	44,6057
5-ožu-01	**205**	**53,7814**	3,6748	7,33	43,6845	44,529
2-ožu-01	**490**	**50,1066**	-4,526	-8,28	43,345	44,3904
1-ožu-01	**810**	**54,6326**	1,8805	3,56	43,2678	44,2519
28-vel-01	**540**	**52,7521**	4,5213	9,37	42,9916	44,1129
27-vel-01	**635**	**48,2308**	6,0712	⇑ **14,4**	42,7664	44,0364
26-vel-01	**1225**	**42,1596**	0,0824	0,2	42,8216	44,0506
23-vel-01	**1120**	**42,0772**	1,2203	2,99	43,1023	44,1655
22-vel-01	755	**40,8569**	0,0509	0,12	43,2208	44,2425
21-vel-01	**790**	**40,806**	-0,2744	-0,67	43,3587	44,3564
20-vel-01	**740**	**41,0804**	0,6664	1,65	43,5627	44,4624
19-vel-01	**915**	**40,414**	-1,1134	-2,68	43,92	44,5732
16-vel-01	**1660**	**41,5274**	0,2761	0,67	44,4756	44,7
15-vel-01	**1720**	**41,2513**	3,5425	9,39	44,7894	44,7725
14-vel-01	**1914**	**37,7088**	2,1646	6,09	45,5097	44,8435
13-vel-01	**1159**	**35,5442**	-4,0238	⇓ **-10,17**	46,2391	44,9932
12-vel-01	**895**	**39,568**	-1,7331	-4,2	47,0148	45,186
9-vel-01	**1330**	**41,3011**	-1,3889	-3,25	47,346	45,2894
8-vel-01	**760**	**42,69**	-0,1533	-0,36	47,5387	45,3357
7-vel-01	**1410**	**42,8433**	-1,5146	-3,41	47,5606	45,3299
6-vel-01	**777**	**44,3579**	-2,6339	-5,61	47,5766	45,3663
5-vel-01	**1527**	**46,9918**	-1,5717	-3,24	47,629	45,3322
2-vel-01	**1575**	**48,5635**	-0,5445	-1,11	47,4159	45,2974
1-vel-01	**822**	**49,108**	0,8597	1,78	46,9214	45,2849

Swep@atel.ch

Slike od broja 4 do 11 prikazuju dnevne promjene cijene energije. Iznimku čine slike 11a, koja prikazuje promjene prosječne tjedne cijene tijekom godine i slika 11b, koja prikazuje satne promjene cijene tijekom dana.

U pogledu strukture proizvodnje električne energije, zemlje članice UCTE-a imaju mješovite sustave. Različit je udjel proizvodnje termo, hidro i proizvodnje iz nuklearnih elektrana - kako je prikazano na slikama (16, 17, 18). Za različito strukturirane elektroenergetske sustave pristup i način računanja pokazatelja kretanja cijena je različit.

Republika Hrvatska je u razdoblju od 1996. do 2000. godine ostvarivala proizvodnju i uvoz prikazanu u tablici (2A) i slici (19). Taj prikaz može dati približan uvid u osnovne značajke sustava i pomoći pri opredjeljivanju za neki od načina praćenja cijena.

Naglim zahlađenjem, potražnja za električnom energijom raste, a time i cijena električne energije na spot tržištu. U kišnom i toplom vremenskom razdoblju, cijena energije na spot tržištu stagnira ili pada. Ta promjena se uočava na grafikonima 20 dnevnog, odnosno 60 dnevnog prosjeka.

Varijacije vrijednosti indeksa SWEP tijekom godine su značajne. One su znatno veće od varijacija ekvivalentnih pokazatelja tekućeg goriva i plina. Istodobnom usporedbom odgovarajućih promjena pokazatelja plina, nafte i indeksa SWEP - vidljive su njihove varijacije u postocima. Te promjene su za 1997. godinu bile: SWEP-a 12%, odgovarajući pokazatelj tekućeg goriva 8% i plina 1,7% (slika 3).

Na slici 3 je prikazana usporedba promjene različitih pokazatelja energenata plina, tekućeg goriva i indeksa SWEP. Ovdje je SWEP samo jedan od više pokazatelja kretanja cijena električne energije na spot tržištu.

Tablica 2 A

Proizvodnja i uvoz	**1990**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**		**96/95**	**97/96**	**98/97**	**99/98**	**00/99**
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Ukupno u Hrvatskoj	**9870**	*11892*	*11231*	*11239*	*11299*	*9799*		116,78	94,44	100,07	100,53	86,72
Hidroelektrane	**3650**	7190	5260	5428	6531	5841		139,23	73,16	103,19	120,32	89,44
Termoelektrane	**4030**	2522	3578	4561	4768	3181		92,04	141,9	127,47	104,54	66,72
NE Krško*(naš dio)	**2190**	2180	2393	1250	0	0		95,06	109,8	52,24	0	0
TE Plomin 2	**0**	0	0	0	0	777		0,00	0	0	0	0
Izvan Hrvatske**	**3310**	0	0	0	0	0		0,00	0	0	0	0
Uvoz	**1569**	166	1562	2115	2376	4037		13,60	941	135,4	112,34	169,91
Ukupno raspoloživo u Hrvatskoj	**14749**	**12058**	**12793**	**13354**	**13675**	**13836**		**105,73**	**106,10**	**104,39**	**102,4**	**101,18**

NE Krško*: naš dio električne energije iz ove elektrane ne isporučuje se od 30. srpnja 1998. godine

Izvan Hrvatske**: temeljem ugovora do rata BiH isporučivala energiju iz TE Kakanj, TE Tuzla, TE Gacko i TE Obrenovac (Srbija); energija iz navedenih elektrana u periodu 1996. – 2000. nije isporučivana

Tržište kratkoročnih transakcija naziva se spot tržište. Ono postoji dulje vrijeme i podrazumijeva djelovanje ponude i potražnje. Njegovo postojanje nije posljedica liberalizacije tržišta električne energije u europskim zemljama.

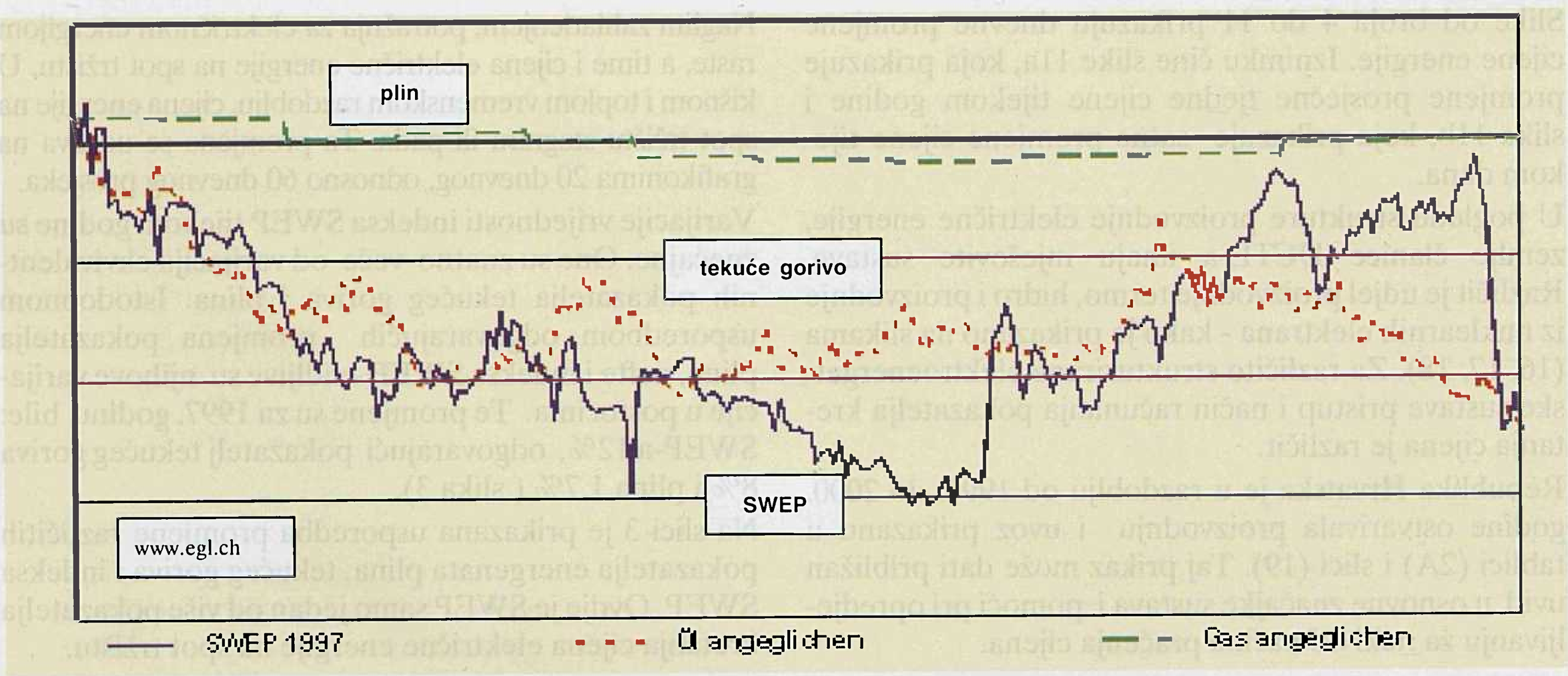
Grafički prikazi promjene indeksa SWEP preslikavaju niz stanja na kratkoročnom tržištu proteklog razdoblja. Svaki prikaz je odraz prošlog stanja spot tržišta promatranog razdoblja, dobiven na temelju brojčanih podataka svrstanih u tablice (primjer tablica 1A). On može biti izrađen za cijelu godinu, tromjesečje ili tjedan. U svakom su prikazu, u okviru istog grafikona, iskazane dnevne promjene indeksa, te promjene prosjeka 20 i 60 dana. Veći kvarovi dijela proizvodno-prijenosnog lanca sustava prema jednakim tržišnim načelima imaju sličan učinak na kratkoročnom tržištu.

U cijene iskazane indeksom SWEP nisu uračunati tranzitni troškovi, ni bilo kakva druga davanja (primjerice, regulacija propisane frekvencije, napona i sličnog). Energija sa spot tržišta ima važnost kratkoročnih isporuka i ne daje dugoročna jamstva u pogledu isporuka.

Prikaz vrijednosti indeksa SWEP za tri godine je na slikama 4, 5, 6. Prve dvije slike prikazuju varijaciju ovog indeksa za cijelu godinu 1999. i 2000. Na slici 6 su obuhvaćena samo tri mjeseca. Grafikoni na njoj su izraženiji zbog manjeg broja korištenih podataka.

Na sve tri slike, grafikoni dnevnih promjena su izlomljeni jer bilježe dnevne promjene ovog indeksa. Kako te vrijednosti preslikavaju stanje i promjene na kratkoročnom tržištu električne energije, njihova izlomljenost je razumljiva. Prikazom prethodnih podataka u obliku prosjeka 20 ili 60 dana izlomljenost krivulje se ublažava. Tako krivulje 20 ili 60 prosjeka naglašavaju i označavaju globalni trend kretanja ovog indeksa na godišnjoj razini.

Slike 4 i 5 prikazuju godišnju promjenu SWEP-a, ali imaju potpuno drukčiji izgled, odnosno iskazuju različito ponašanje tikom godine 1999. i 2000. To je razumljivo jer su promjene SWEP-a i stanja na tržištu električne energije različite tijekom primjerenih godina. Usporedimo li njihove krivulje prosjeka 60 dana za prvu krivulju (slika 4), vidimo da se ona do sredine



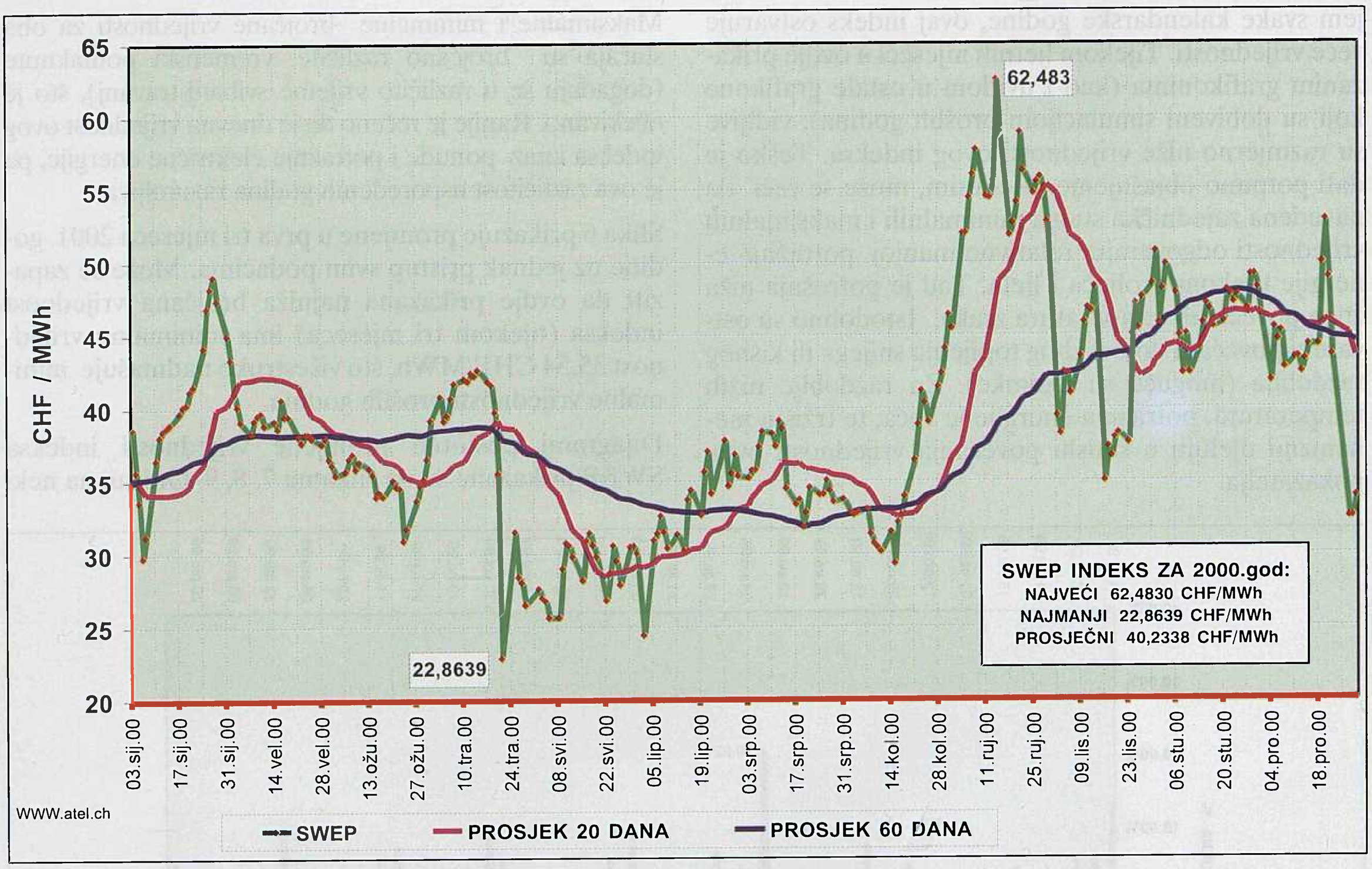
Slika 3. Postotna varijacija indeksa plina, tekućeg goriva i SWEP-a



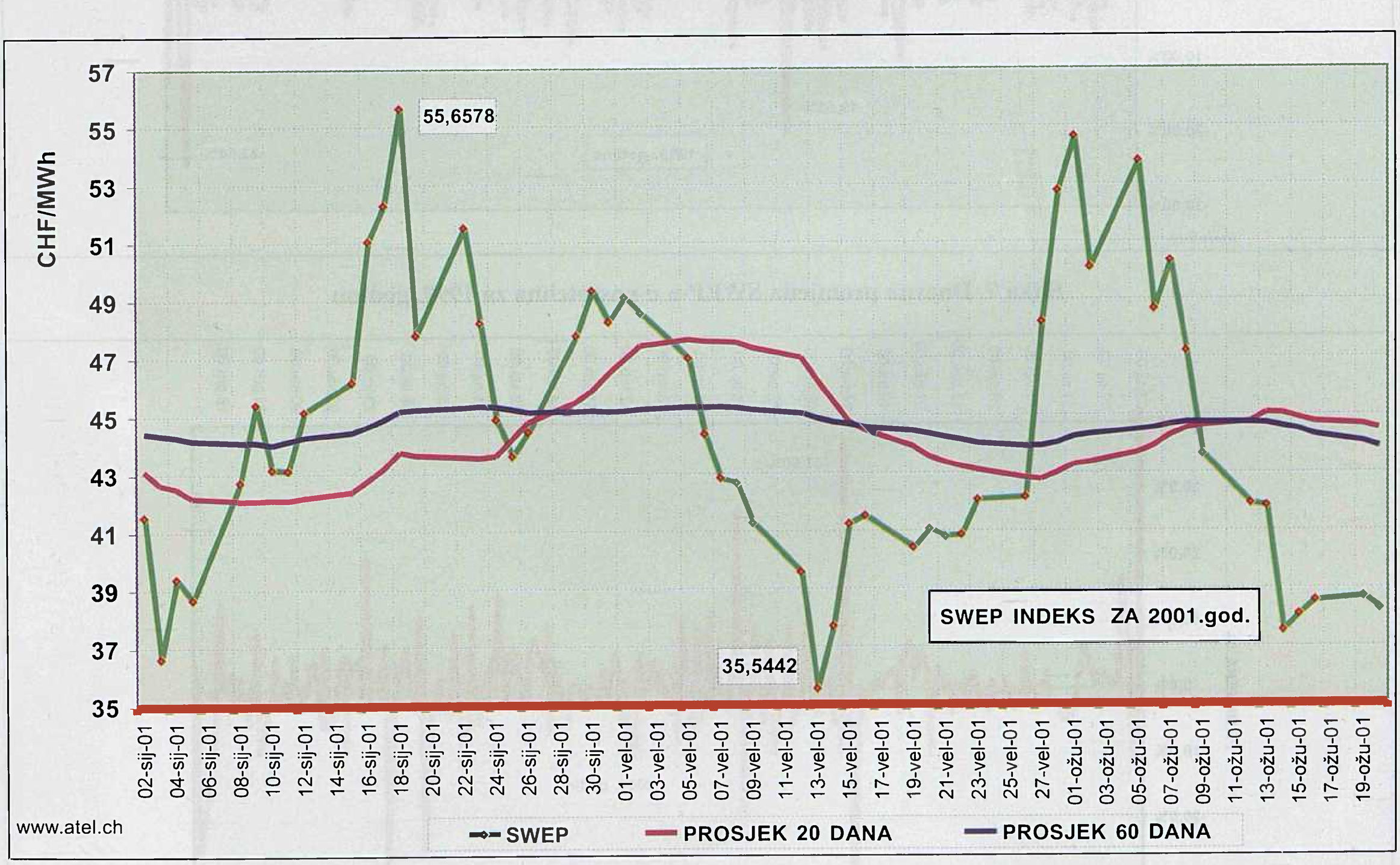
Slika 4. Prikaz vrijednosti indeksa SWEP za 1999. godinu

veljače 1999. godine zadržava na višoj razini cijena. Krajem veljače počinje trend njena pada i traje do početka kolovoza. Najmanju dnevnu vrijednost ovaj pokazatelj ima 16,29 CHF/MWh početkom svibnja. Nakon toga, bilježi trend rasta do kraja godine. Zadnjih deset dana 1999. godine, njegova vrijednost pada. U pojedinim razdobljima ostvaruje veći ili manji gradijent rasta, čemu je uzrok različito stanje na tržištu energije. Maksimalna dnevna vrijednost ostvarena je krajem studenog - 41,53 CHF/MWh.

Jednaki pokazatelj započinje 2000. godinu slijedeći trend kraja 1999. godine koji se nastavlja u kraćem vremenu. Potom raste do sredine veljače i dalje se održava u granicama dostignute razine do kraja travnja, kad dostiže minimalnu dnevnu vrijednost 22,87 CHF/MWh. Nakon toga se zadržava na relativno nižim



Slika 5. Prikaz vrijednosti indeksa SWEP za 2000. godinu



Slika 6. Prikaz vrijednosti indeksa SWEP za prvi dio 2001. godine

vrijednostima do sredine kolovoza. U daljnjem razdoblju njegov trend je rastući. Maksimalna dnevna vrijednost je dostignuta sredinom rujna 62,48 CHF/MWh.

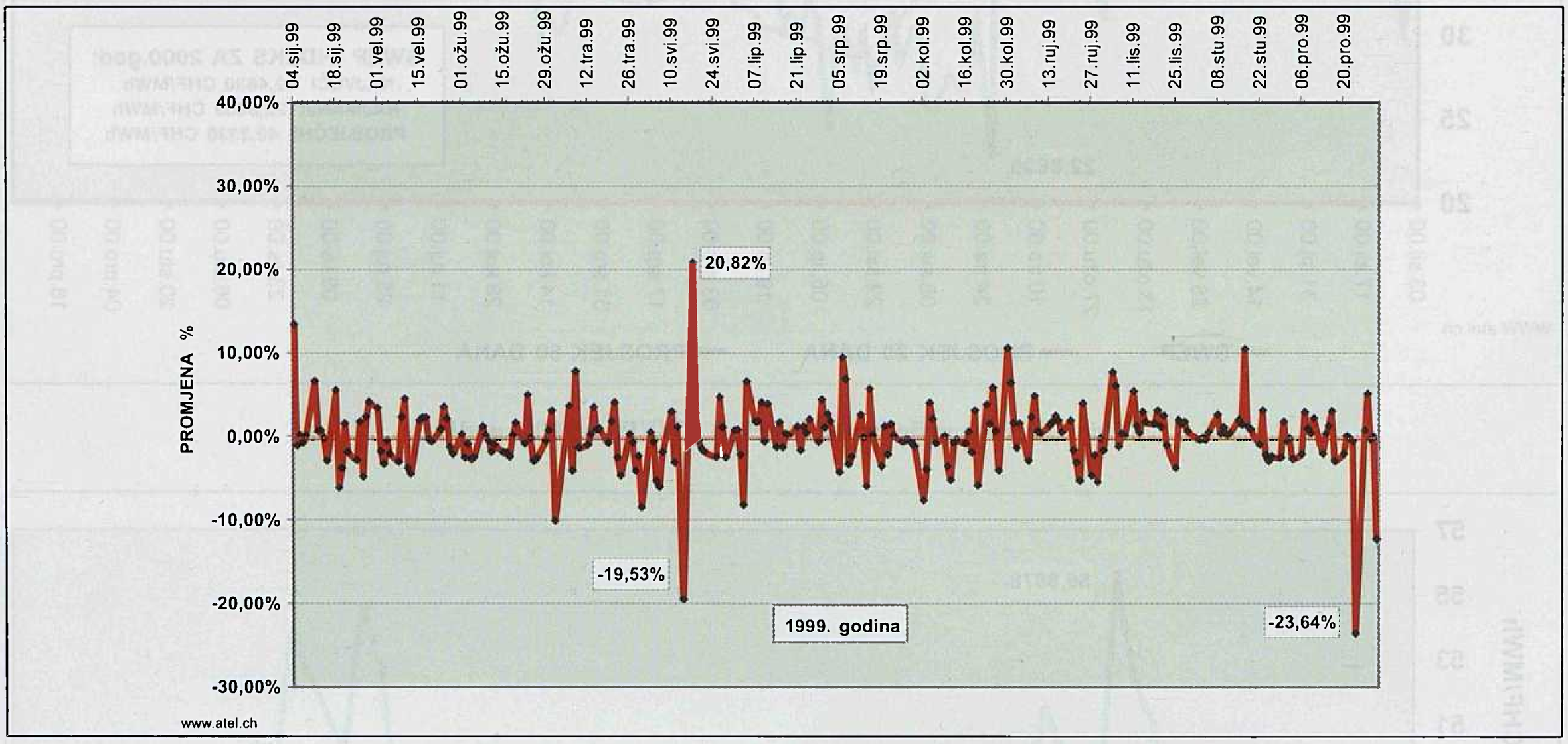
Vidimo da su krivulje prosjeka 60 dana za 1999. i 2000. godinu različite. Što je zajedničko, a što različito u ove dvije istovrsne krivulje? U oba slučaja, početkom i kra-

jem svake kalendarske godine, ovaj indeks ostvaruje veće vrijednosti. Tijekom ljetnih mjeseci u ovdje prikazanim grafikonima (kao i uvidom u ostale grafikone koji su dobiveni simulacijom prošlih godina), vidljive su razmjerno niže vrijednosti ovog indeksa. Teško je dati potpuno objašnjenje. Međutim, može se reći da navedena zajednička stanja minimalnih i maksimalnih vrijednosti odgovaraju relativno manjoj potražnji energije tijekom proljeća i ljeta. Tad je potrošnja niža zbog povećanih temperatura zraka. Istodobno su ostvareni povećani dotoci zbog topljenja snijega ili kišnog razdoblja (moguće su iznimke). Za razdoblje nižih temperatura, potražnja energije je veća, te tržišni mehanizmi djeluju u smislu povećanja vrijednosti ovog pokazatelja.

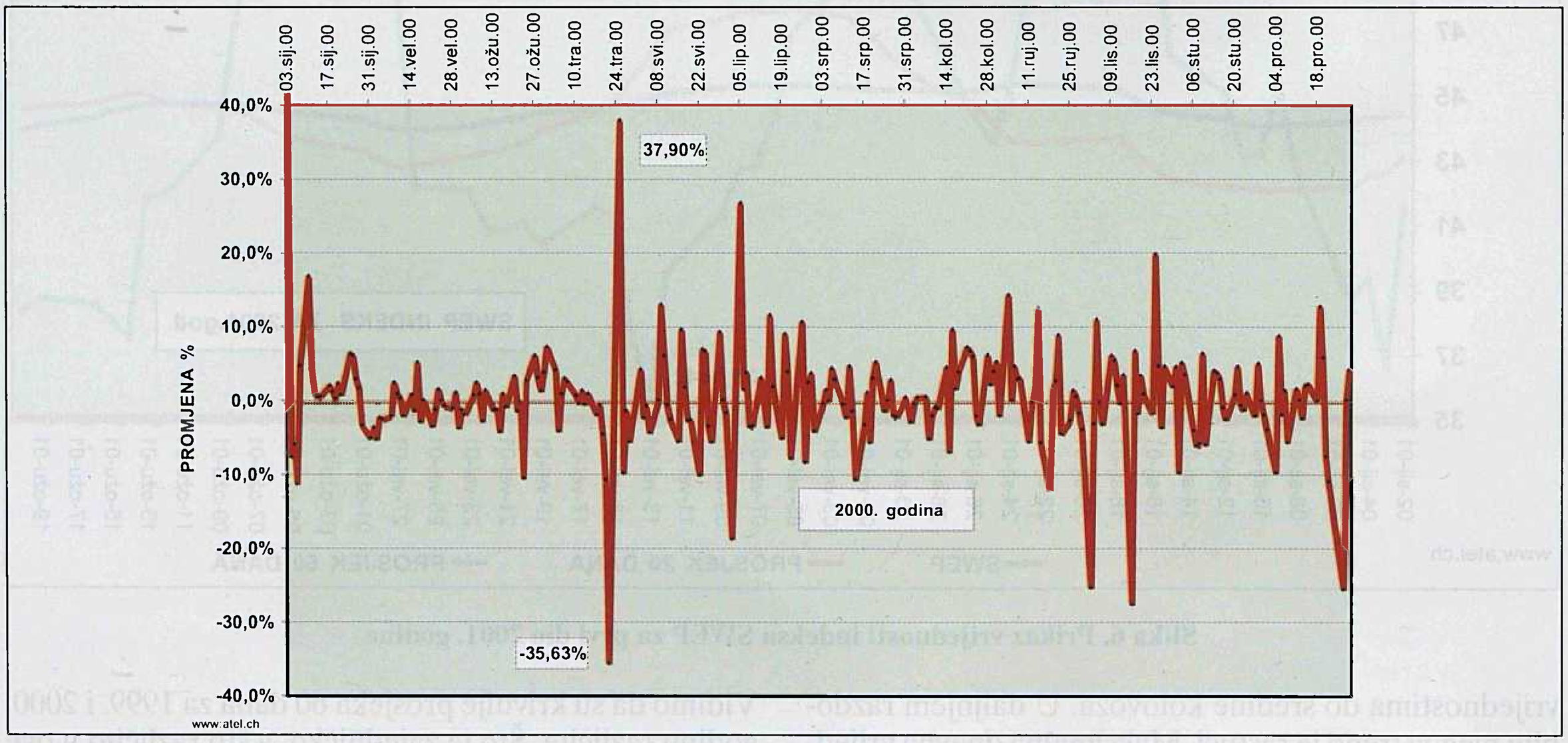
Maksimalne i minimalne brojčane vrijednosti za oba slučaja su brojčano različite, vremenski pomaknute (događaju se u različito vrijeme svibanj-travanj), što je očekivano. Ranije je rečeno da je dnevna vrijednost ovog indeksa izraz ponude i potražnje električne energije, pa je ova različitost uspoređenih godina razumljiva.

Slika 6 prikazuje promjene u prva tri mjeseca 2001. godine uz jednak pristup svim podacima. Može se zapaziti da ovdje prikazana najniža brojčana vrijednost indeksa (tijekom tri mjeseca) ima minimalnu vrijednost 35,54 CHF/MWh, što višestruko nadmašuje minimalne vrijednosti prošlih godina.

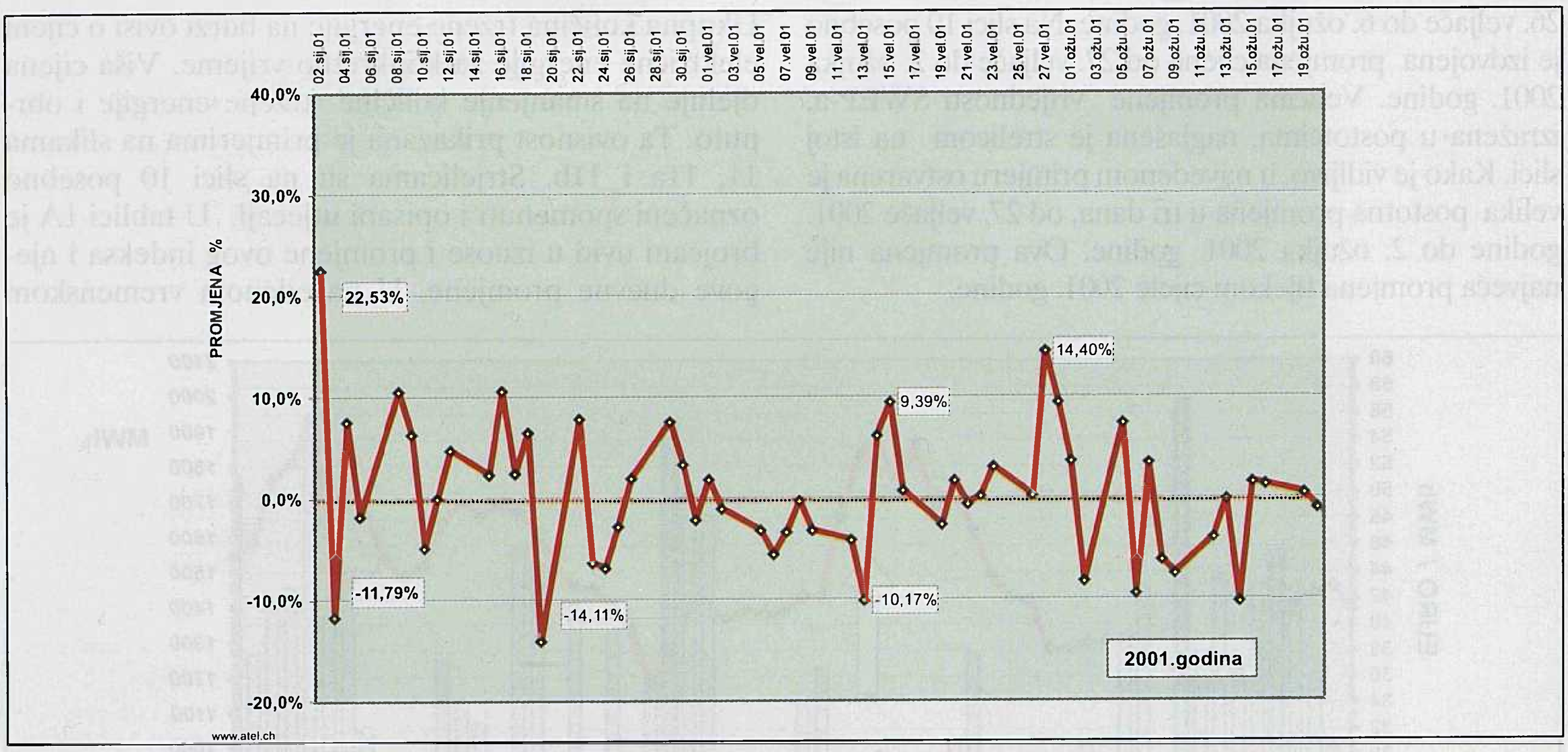
Dijagrami postotne promjene vrijednosti indeksa SWEP prikazane su na slikama 7, 8, 9. Oni su, na neki



Slika 7. Dnevna promjena SWEP-a u postotcima za 1999. godinu



Slika 8. Dnevna promjena SWEP-a u postotcima za 2000. godinu



Slika 9. Dnevna promjena SWEP-a u postotcima za prvi dio 2001. godine

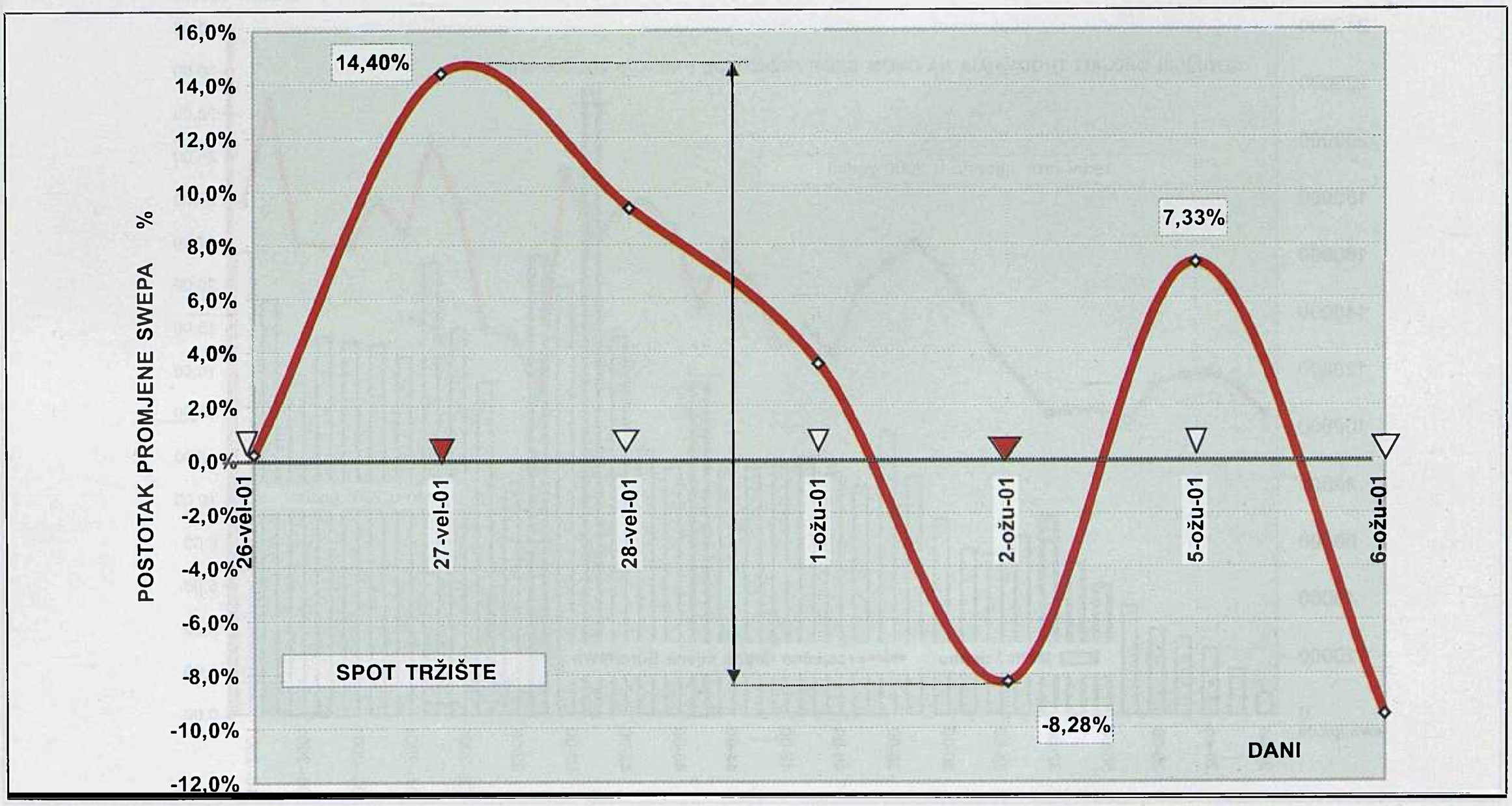
način, izvedenica prethodnih dijagrama. Prikazuju promjenu dnevne postotne vrijednosti aktualnog dana u odnosu na prethodni dan.

Cijene energije se najčešće (i to pogrešno) shvaćaju kao nešto konstantno. Ovi dijagrami prikazuju variranje cijene električne energije na spot tržištu iz dana u dan.

Iz dijagrama 7, 8, 9 vidljive su svakodnevne postotne promjene cijene električne energije u 1999, 2000 i za tri prva mjeseca 2001 godine. Postotna promjena ovog indeksa je u granicama, najčešće, manje od 10 posto za 1999. godinu. Najveće postotno dnevno odstupanje ostvareno je 2000. godine u travnju i iznosilo je 37,9 posto (slika 8) Takva promjena vrijednosti indeksa aktualnog dana, u odnosu na prošli dan 1999. godine, nije zabilježena. U cijeloj 2000. godini, varijacije indeksa su bile veće, a tijekom ljetnih mjeseci vrlo često oko vrijednosti 10 posto. Trend većih postotnih promjena nastavlja se i u 2001. godini.

Na tromjesečnom prikazu indeksa (slika 9) sve promjene su preglednije, jer je broj podataka manji na jednakom predlošku.

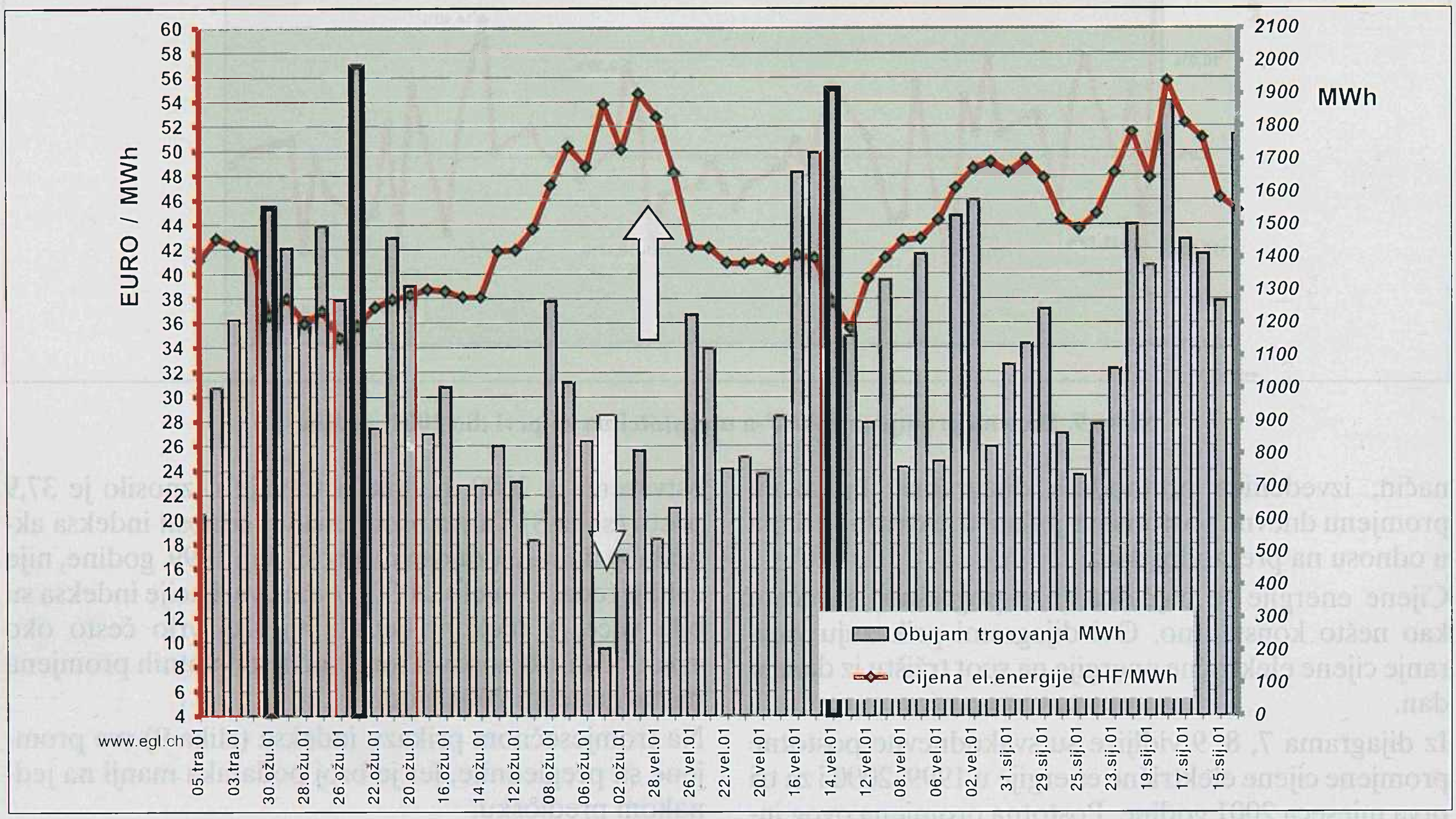
S ciljem iscrpnijeg prikaza dnevnih postotnih promjena, na slici 10 je dijagram za vremensko razdoblje od



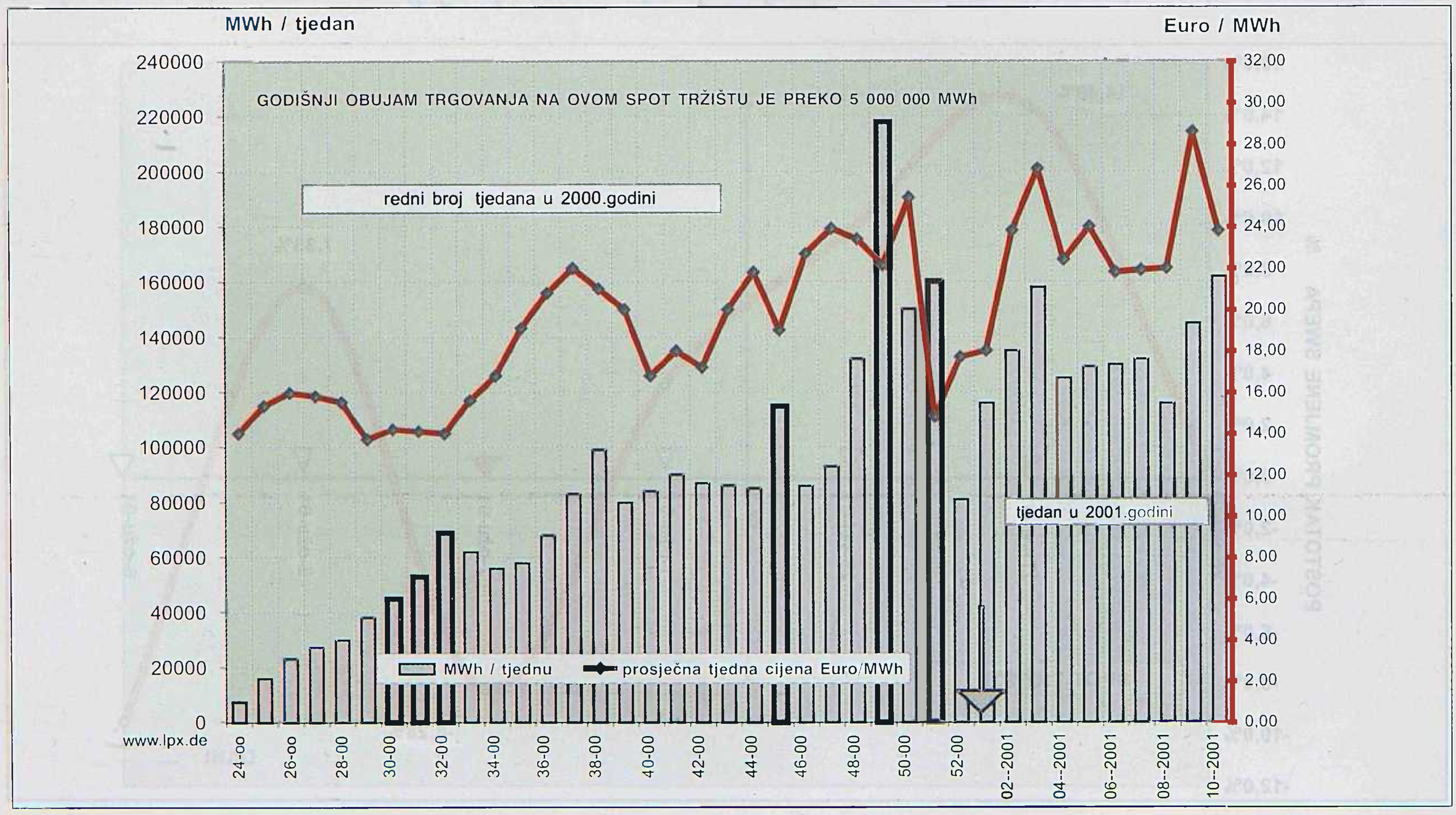
Slika 10. Postotna dnevna promjena SWEP-a tijekom tjedna

26. veljače do 6. ožujka 2001. godine. Na slici 10 posebno je izdvojena promjena cijene od 27. veljače do 2. ožujka 2001. godine. Veličina promjene vrijednosti SWEP-a, izražena u postotcima, naglašena je strelicom na istoj slici. Kako je vidljivo, u navedenom primjeru ostvarena je velika postotna promjena u tri dana, od 27. veljače 2001. godine do 2. ožujka 2001. godine. Ova promjena nije najveća promjena tijekom cijele 2001. godine.

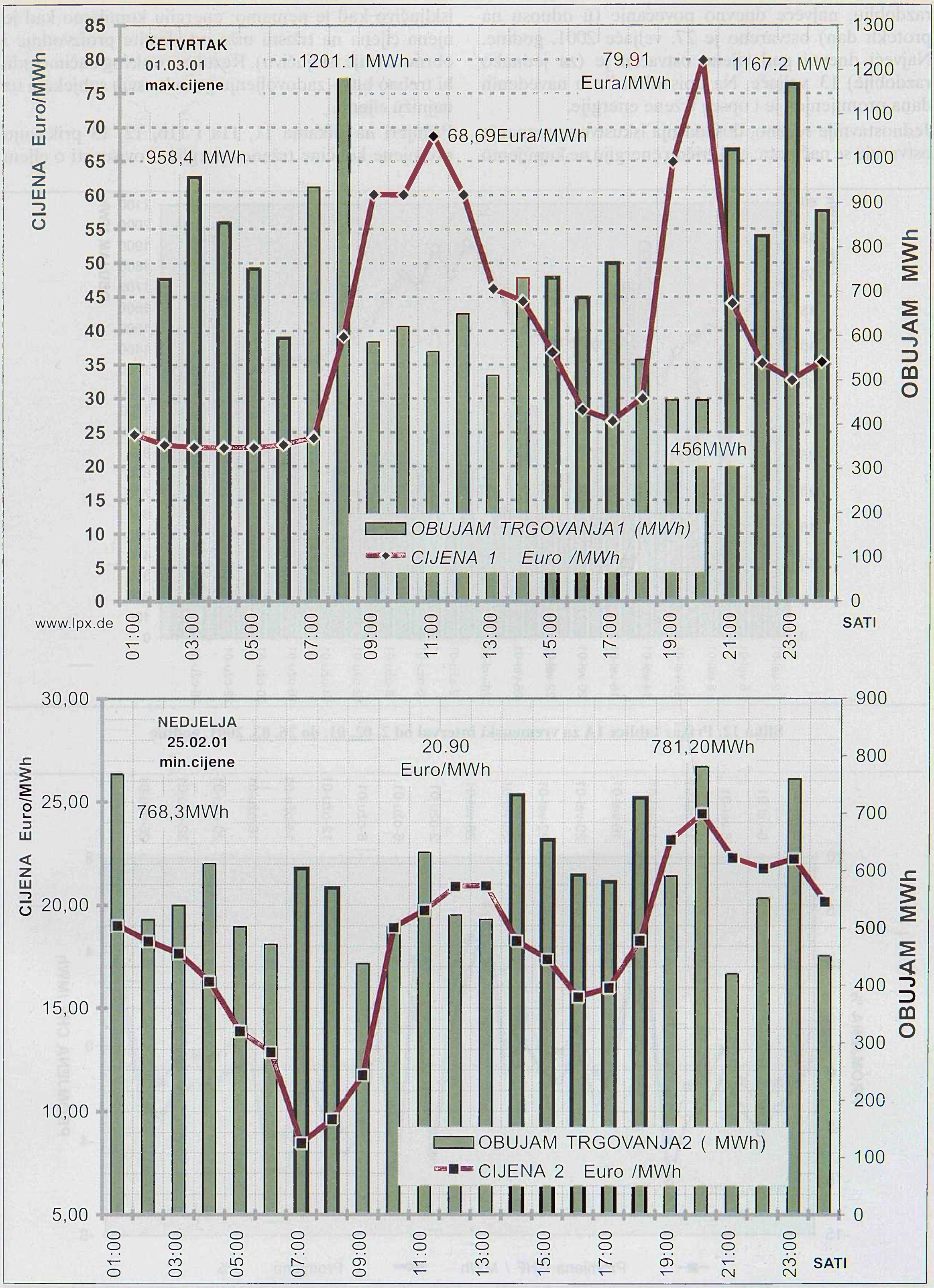
Ukupna količina tržene energije na burzi ovisi o cijeni električne energije za konkretno vrijeme. Viša cijena djeluje na smanjenje količine tržene energije i obrnuto. Ta ovisnost prikazana je primjerima na slikama 11, 11a i 11b. Strjelicama su na slici 10 posebno označeni spomenuti i opisani utjecaji. U tablici 1A je brojčani uvid u iznose i promjene ovog indeksa i njegove dnevne promjene. U navedenom vremenskom



Slika 11. Primjer promjene obujma transakcija (MWh) u ovisnosti od cijene električne energije



Slika 11a. Promjena obujma trgovanja u ovisnosti od prosječne cijene električne energije (spot tržište Leipzig)

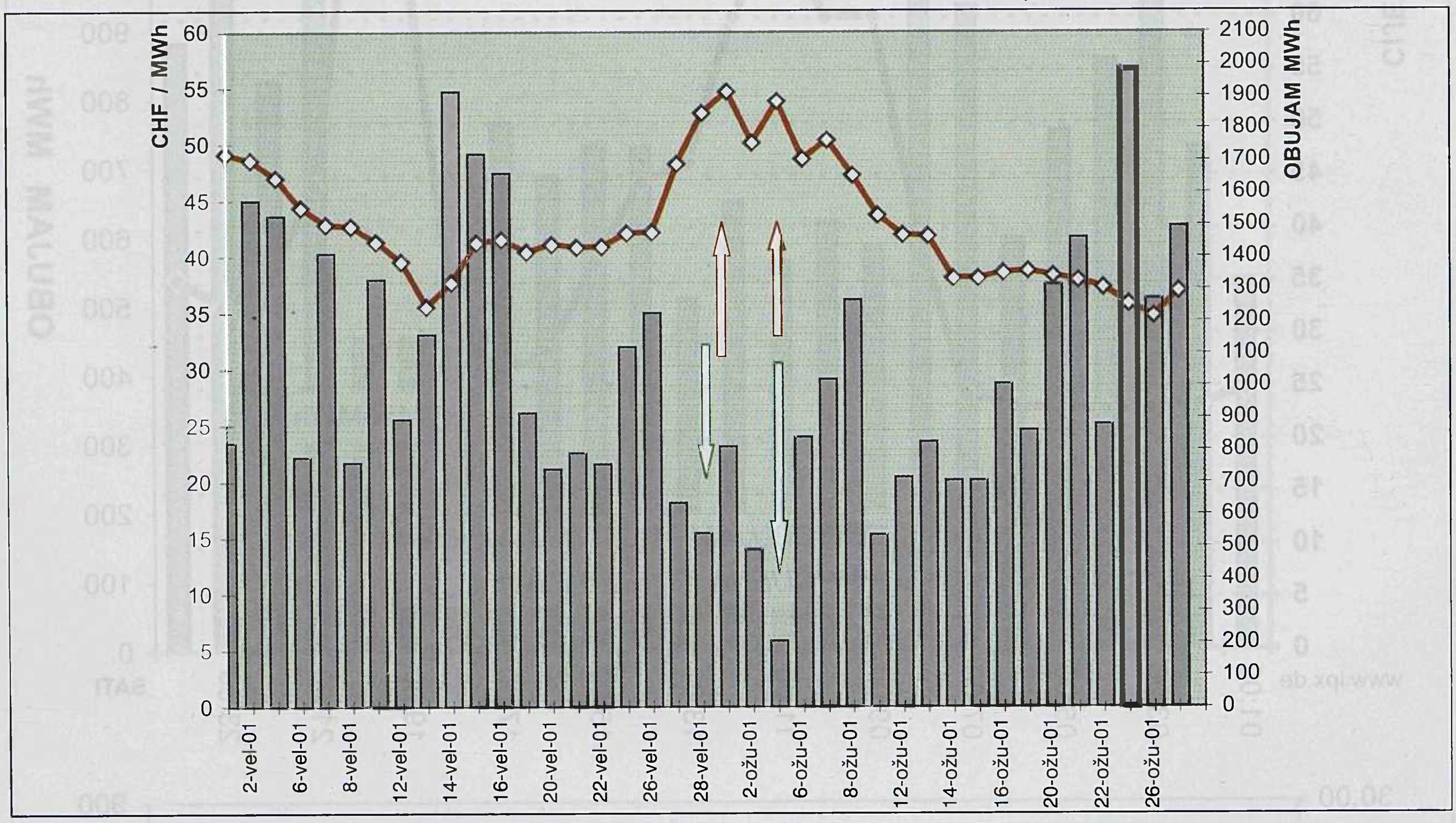


Slika 11b. Dijagram obujma trgovanja na spot tržištu u ovisnosti o cijeni energije za četvrtak i nedjelju

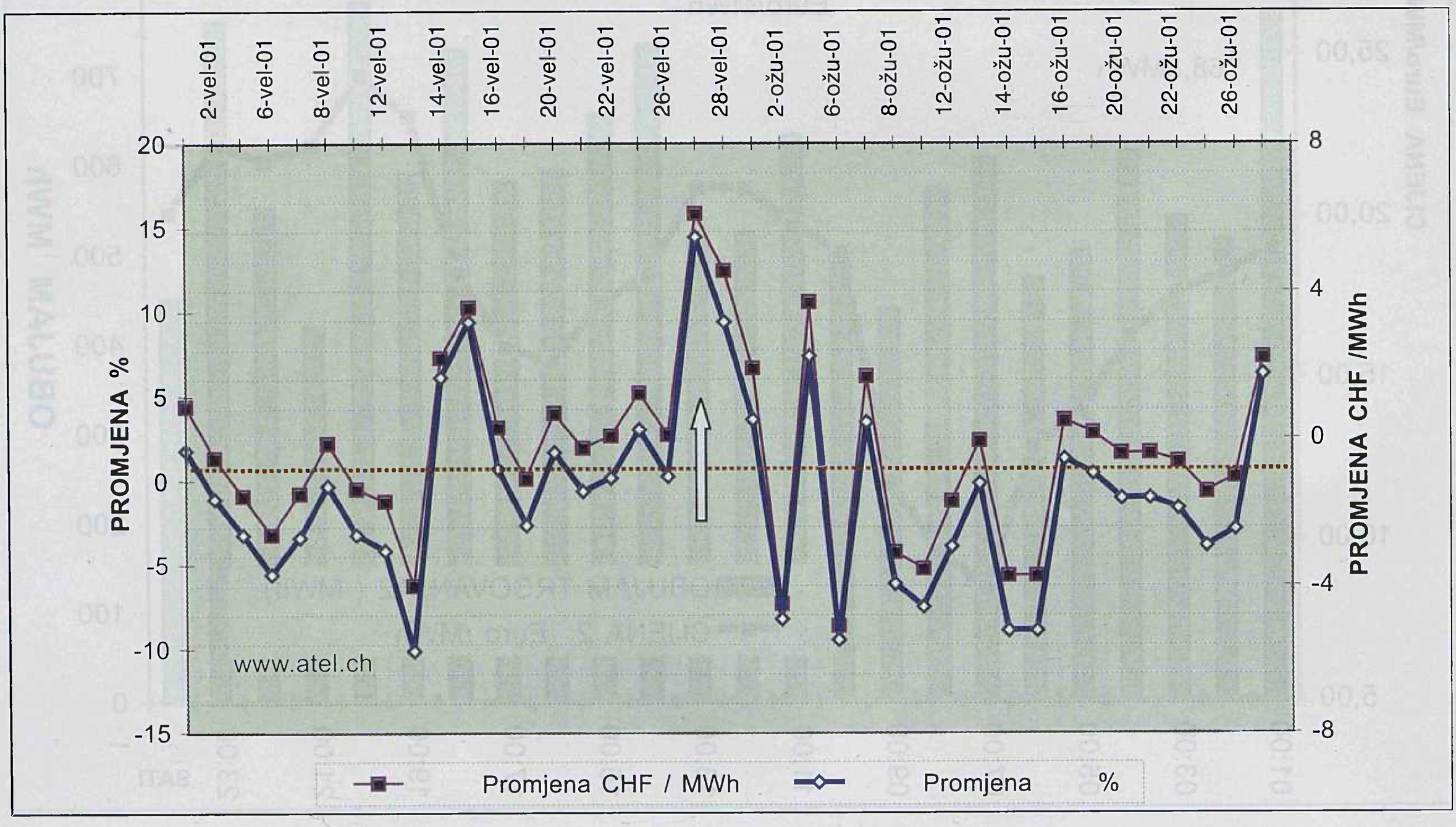
razdoblju, najveće dnevno povećanje (u odnosu na protekli dan) ostvareno je 27. veljače 2001. godine. Najveći dnevni pad cijene ostvaren je (za jednako razdoblje) 13. veljače. Na opisani način u navedenih dana promijenjen je i opseg tržene energije.

Jednostavnije rečeno, dosadašnja iskustvena saznanja ostvaruju se načinom: električnu energiju ne kupujemo isključivo kad je nemamo; energiju kupujemo kad je njena cijena na tržištu niža od vlastite proizvodnje i obrnuto (nije isključivo). Rezultat ovakvog načina rada bi trebao biti – zadovoljenje potreba svih subjekata uz najnižu cijenu.

Primjeri na slikama 11, 11a i 11b, 12, 13 prikazuju promjene količine tržene energije u ovisnosti o cijeni



Slika 12. Prikaz tablice 1A za vremenski interval od 2. 02. 01. do 26. 03. 2001. godine



Slika 13. Apsolutna i relativna promjena SWEP-a za vremenski interval od 02. 02. do 26. 03. 2001. godine

(dnevnoj ili satnoj). Prva od ovdje navedenih slika (slika 11) tu ovisnost naglašava na dnevnoj razini zadebljanim stupcima, slika 11a na tjednoj razini, a slika 11b uz dnevne zakonitosti, prikazuje satnu zakonitost promjene. Samo na ovoj posljednjoj slici prikazana je različitost cijena radnog i neradnog dana u tjednu (četvrtak–nedjelja).

Razmatranjem svih opisanih kretanja mogu se uočiti određena stanja i najčešći načini ponašanja količine tržene energije i cijena. Ukupna dnevna potrošnja električne energije je radnim danom veća od subotnje i nedjeljne potrošnje.U vremenskom intervalu od 9–20 sati (primjereno godišnjem dobu), potrošnja električne energije je najveća. Tad je i količina tržene energije maksimalna, ali to nije isključivo pravilo. Zbog nižih cijena energije noćnih termina, količina prodane/kupljene energije na tržištu može biti veća od dnevnih transakcija (kupnje / prodaje). Prebrzo doneseni zaključak ovdje može vrlo brzo biti demantiran, ali takvu pojavnost valja zapaziti, ali otkloniti isključivost.

Opterećenje interkonekcijskih vodova bilo je ranije znatno manje. Izgradnjom novih objekata, te nižom cijenom energije na istoku, tranzit je znatno povećan (smjer od istoka prema zapadu), a time i opterećenje tranzitnih vodova. Preko interkonekcijskih vodova u tim slučajevima se energija ne tranzitira temeljem postignutih ugovora, nego sukladno Kirhofovim zakonima (tehničkim zakonitostima).

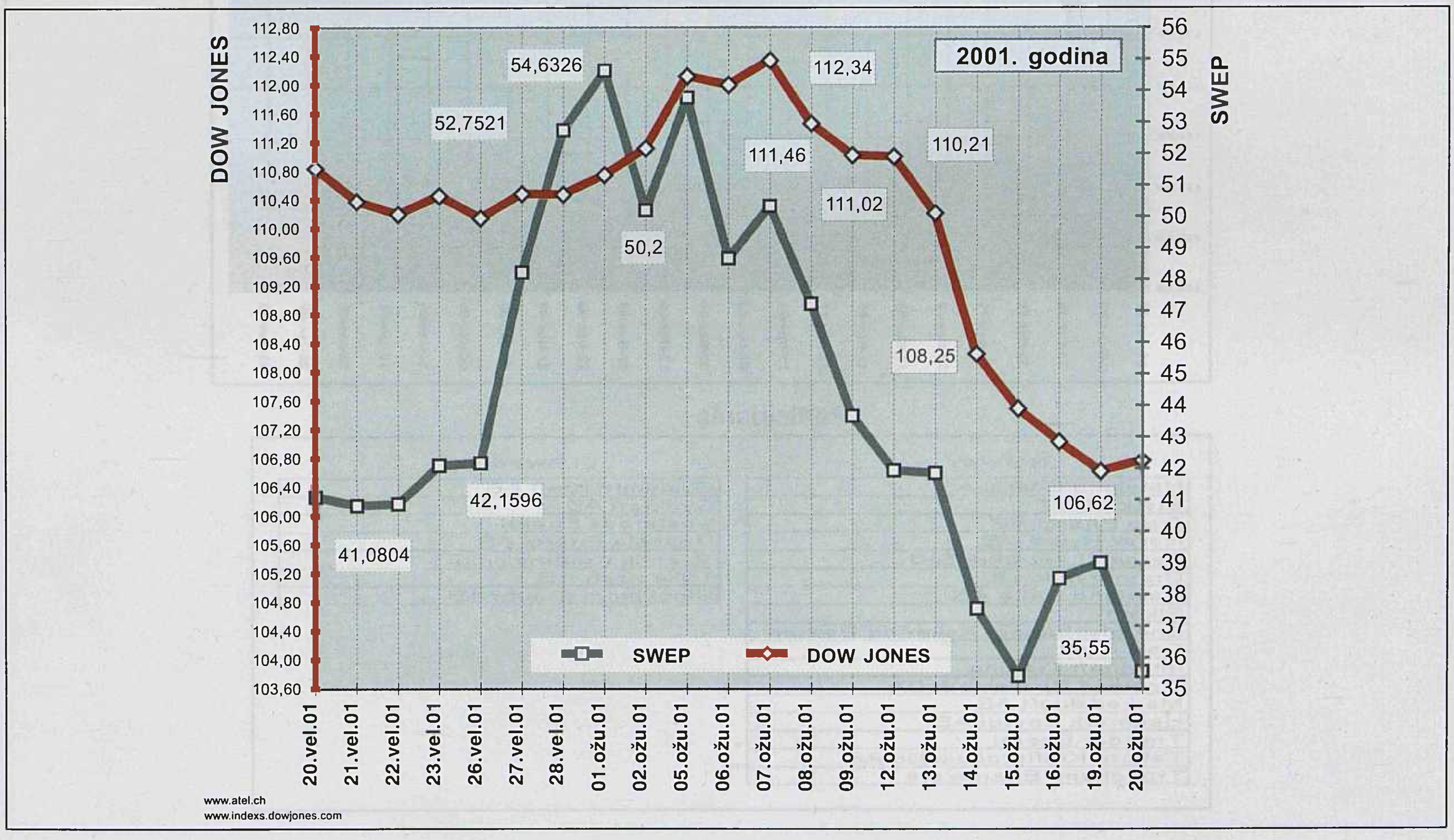
Tranzit energije u ovim okolnostima ponekad nadmašuje dnevne maksimume opterećenja dalekovoda (primjerice, 400 kV Heviz-Tumbri), pa se vlastite elektrane nekih elektroenergetskih sustava više angažiraju tijekom dnevnih sati. Tada je ponuđena energija na kratkoročnom tržištu najskuplja.

Naš cilj je kvalitetna proizvodnja i opskrba potrošača uz prikladne cijene i ostvarenje ukupno dobrih rezultata u svim transakcijama kupnje ili prodaje energije. Svi ostali elementi uspješnog poslovanja se podrazumijevaju.

Prikaz na slici 11b je drukčiji od svih ovdje prikazanih grafikona. Njegova specifičnost je u usporedbi navedenih veličina za radni i neradni dan. Vremenska os (x osa) je ovdje sat, a ne dan kao na prethodnim grafikonima. On uspoređuje cijene i opseg tržene energije u četvrtak, dan kad su cijene energije prema svim kategorijama ponude spot tržišta bile veće od nedjeljnih cijena energije. Ova vizualna usporedba vezana je za promjenu satnih cijena energije i njima primjerene količine tržene energije na istom izvorniku – Lajpciškom spot tržištu. Očita je promjena cijena i količina tržene energije u naglašenim primjerima. U njima, primjerice, satna cijena izražava (uvjetno rečeno) maksimalne terete sustava svojim visokim iznosima.

Energija je sveprisutan element čovjekova postojanja i uključena je u sve gospodarske tijekove. Povezanost općih gospodarskih tijekova i njihovo kretanje iskazuje se indeksom Dow Jones. S obzirom da je ovaj pokazatelj uključen u sve djelatnosti gospodarskih tijekova, znači i u promjene u području električne energije, zanimljivo je pogledati kako se mijenjaju SWEP i Dow Jones u istom vremenskom intervalu.

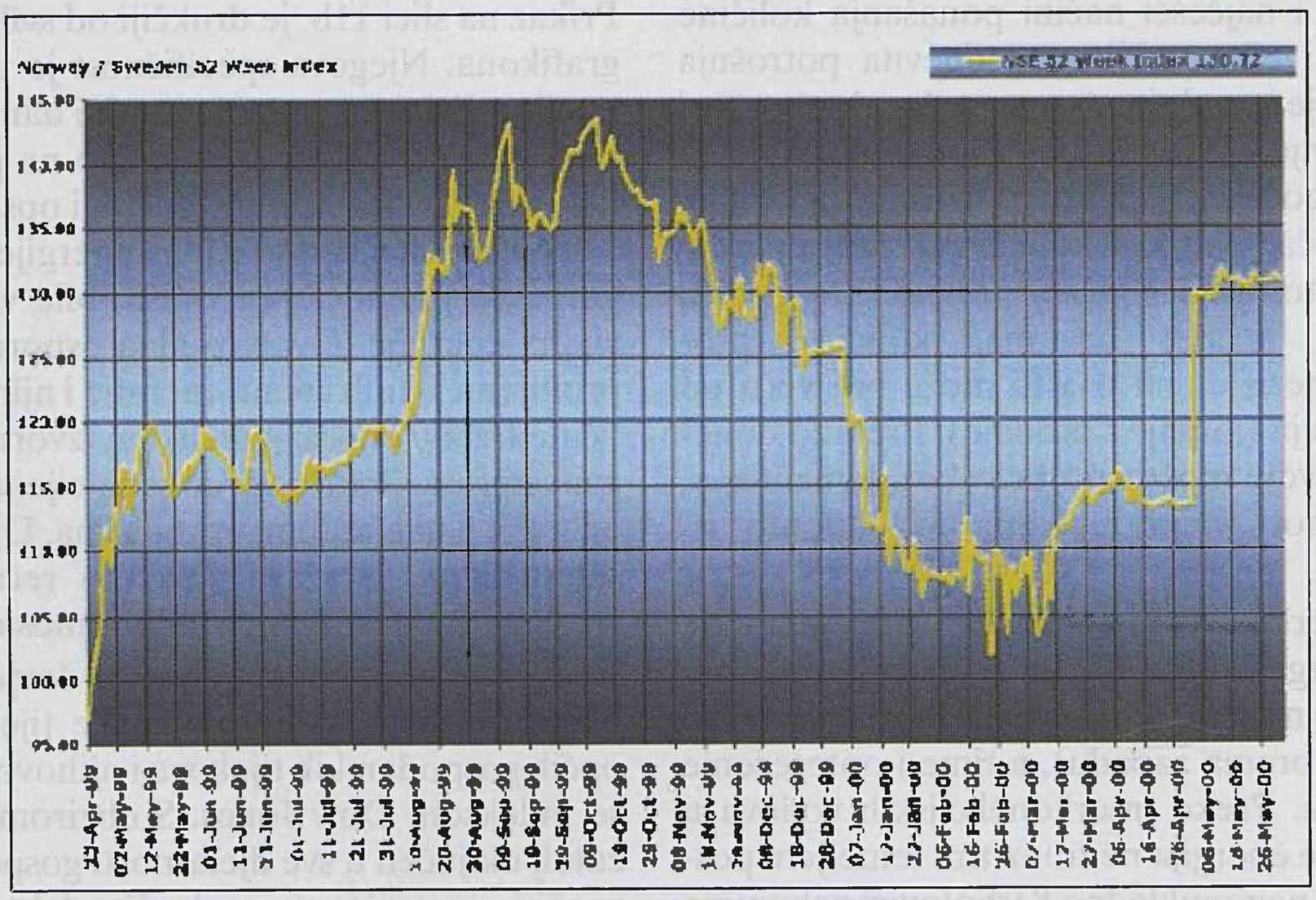
Slika 14 prikazuje promjene oba indeksa na uzorku od 20. veljače do 20. ožujka 2001. godine. Evidentno je

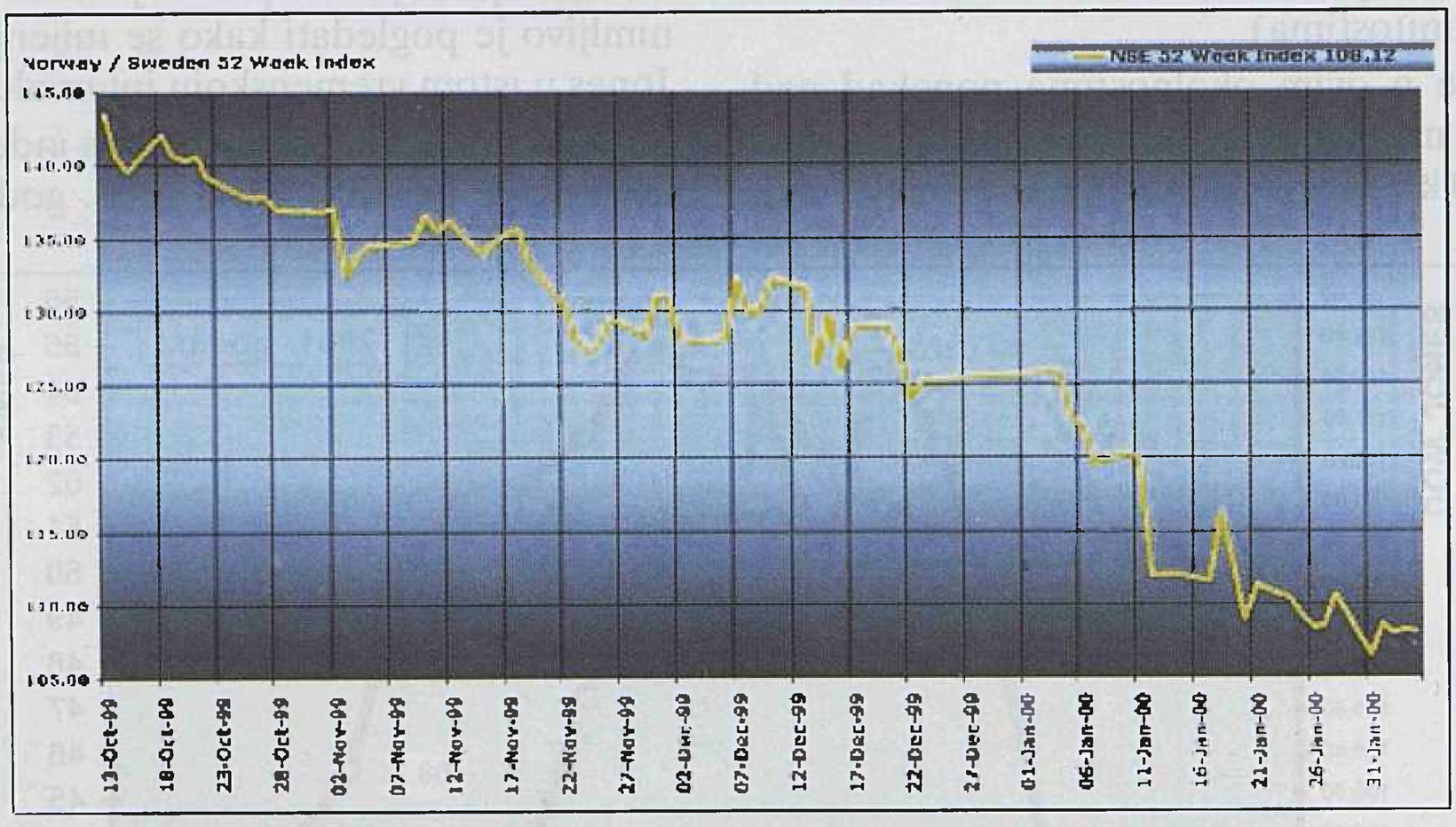


Slika 14. Primjer dnevnih varijacija SWEP-a i DOW JONESA od 20. 2. do 20. 3. 2001. godine

slično ponašanje ovih dviju krivulja, ali u pojedinim dijelovima navedena sličnost se gubi. To je razumljivo s obzirom na uključenost pokazatelja Dow Jones u sve svjetske gospodarske tijekove (pogledati prilog 2. – 25 najvećih tvrtki)

U Norveškoj i Švedskoj u uporabi je Dow Jones Nordic Power Index, koji tretira područje cijena električne energije (slično SWEP-u). Njegovi uvjeti praćenja cijena i načini prikaza su slični opisanom indeksu, uvažavajući neke posebnosti vezane za specifičnost ovog geografskog područja i sustava. U prvom dijelu slike 15 prikazane su promjene indeksa DJ Nordic Power od 22. travnja 1999. godine do 25. svibnja 2000. godine. Porast vrijednosti ovog indeksa u 1999. godini počinje vre-





Participants

Norway	Sweden
Hafslund Energi AS	Graninge Kraft AB
Statkraft SF	Sydkraft AB
Oslo Energi AS	Vasteraas Energi
Norsk Hydro AS	Uppsala Energi AB
Bergen Lysverker/BKK	Svensk Kraftmakling
Drammen Kraft	Tälje Kraft AB
Hafslund Delta AS	Stockholm Energi AB
Elkem	
Energiselskapet Asker og Bærum	
Oslo Kraft	
Interkraft Trading	
Oppland Energiverk DA	
Markedskraft AS	
Hedmark Energi AS	
Trønder-Energi	
Tafjord Kraftproduksjon AS	
Trondheim Energiverk	

Slika 15. Dow Jones Nordic Power Indeks

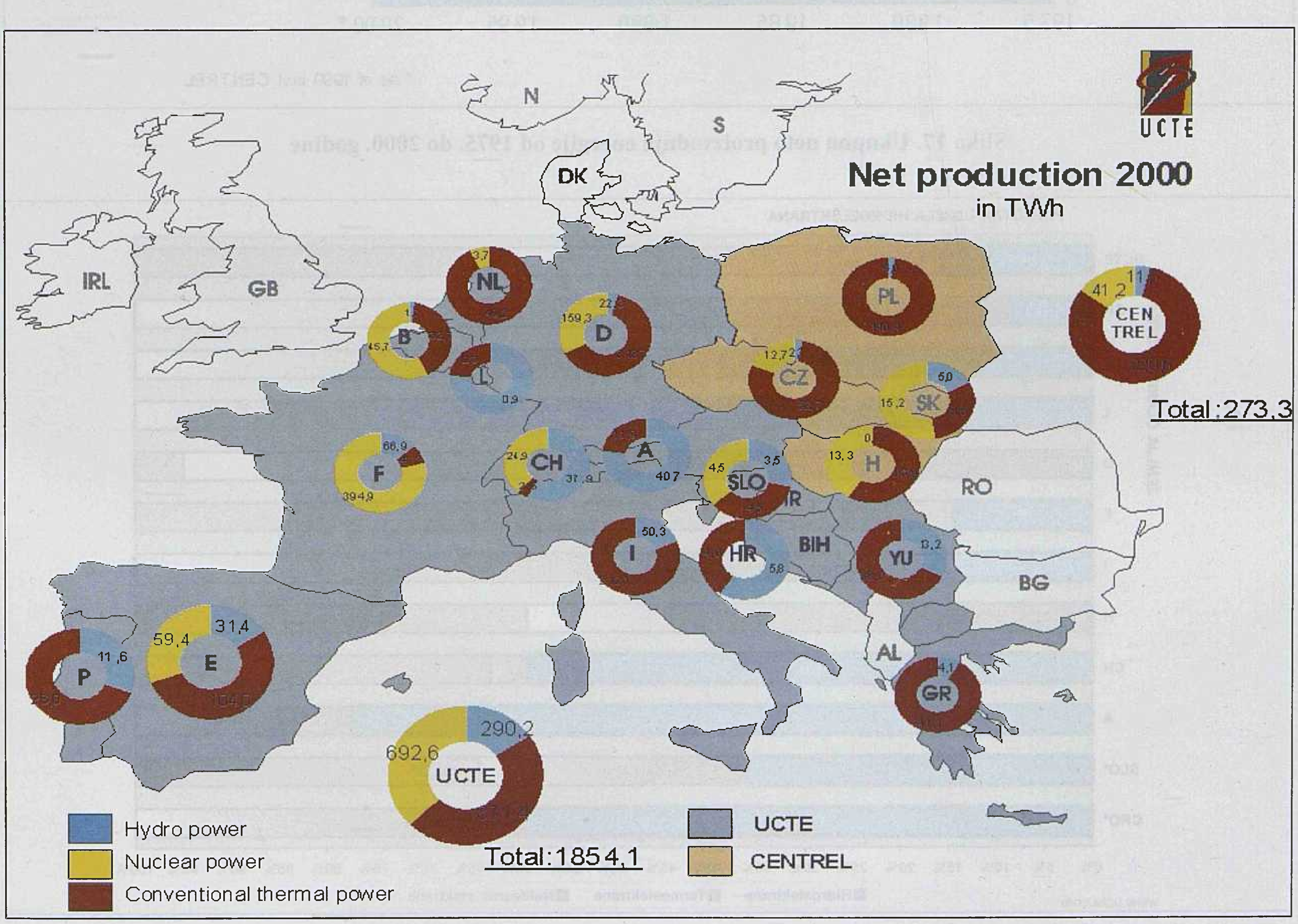
menski malo ranije nego indeksa SWEP iste godine. Indeks SWEP u 2000 godini do travnja ostaje u okviru postignutih vrijednosti. Istodobno, indeks DJ Nordic Power počinje sa sniženjem vrijednosti znatno ranije. U drugom dijelu slike 15 iscrpnije je prikazan trend pada u navedenom razdoblju. U tablici prikazanoj u okviru slike 16 navedene su Norveške i Švedske tvrtke koje koriste i podupiru ovaj indeks.

Svaki elektroenergetski sustav obilježavaju različite značajke. Struktura proizvodnje elektroenergetskog sustava (udjel svake proizvodnje, termo, hidro, nuklearne) u mnogomu utječe na način i oblik izračuna pokazatelja cijena, bez obzira kako se ovaj zove. Svi europski sustavi su mješovitog obilježja. To znači da njihovu ukupnu proizvodnju čine termo, hidro i proizvodnja iz nuklearnih elektrana u različitim omjerima. Sustav s velikom proizvodnjom nuklearnih elektrana ima preduvjete za manju varijaciju dnevnih cijena električne energije. Ove elektrane imaju kontinuiranu proizvodnju tijekom cijele godine. Jer, samo takvim načinom proizvodnje, njihov rad je ekonomski opravdan. Stoga je veliki njihov utjecaj na varijaciju dnevnih cijena. Proračun indeksa SWEP ili nekog sličnog pokazatelja bitno je različit za različito strukturirane elektroenergetske sustave.

Na slici 16 prikazana je europska struktura neto proizvodnje 2000. godine (TWh). U 2000 godini samo su Hrvatska, Austrija, Švicarska i Luksenburg ostvarile nadpolovičnu proizvodnju hidroelektrana. U proizvodnji europskih zemalja, prevladava termo i proizvodnja iz nuklearnih elektrana. Na slici 17 prikazana je ukupna proizvodnja zemalja UCTE-a u razdoblju od 1975. do 2000. godine. Proizvedena energija iz obnovljivih izvora je znatno manja od ostalih načina proizvodnje. Ona se kreće i mijenja se u granicama 200 TWh godišnje. Činjenice prikazane na slici 16 izražene u postotnom iznosu su prikazane na slici 18.

Na slici 17, uz prikaz udjela izraženog u postocima svake zemlje s oznakom (*), označena je Slovenija (ELES) zbog prekida isporuke hrvatskog dijela električne energije iz NE Krško (30. srpnja 1998. godine). Na ovom prikazu izdvaja se Francuska, odnosno EDF kao elektroenergetski sustav u kojem je udjel proizvodnje iz nuklearnih elektrana veći od 70 posto.

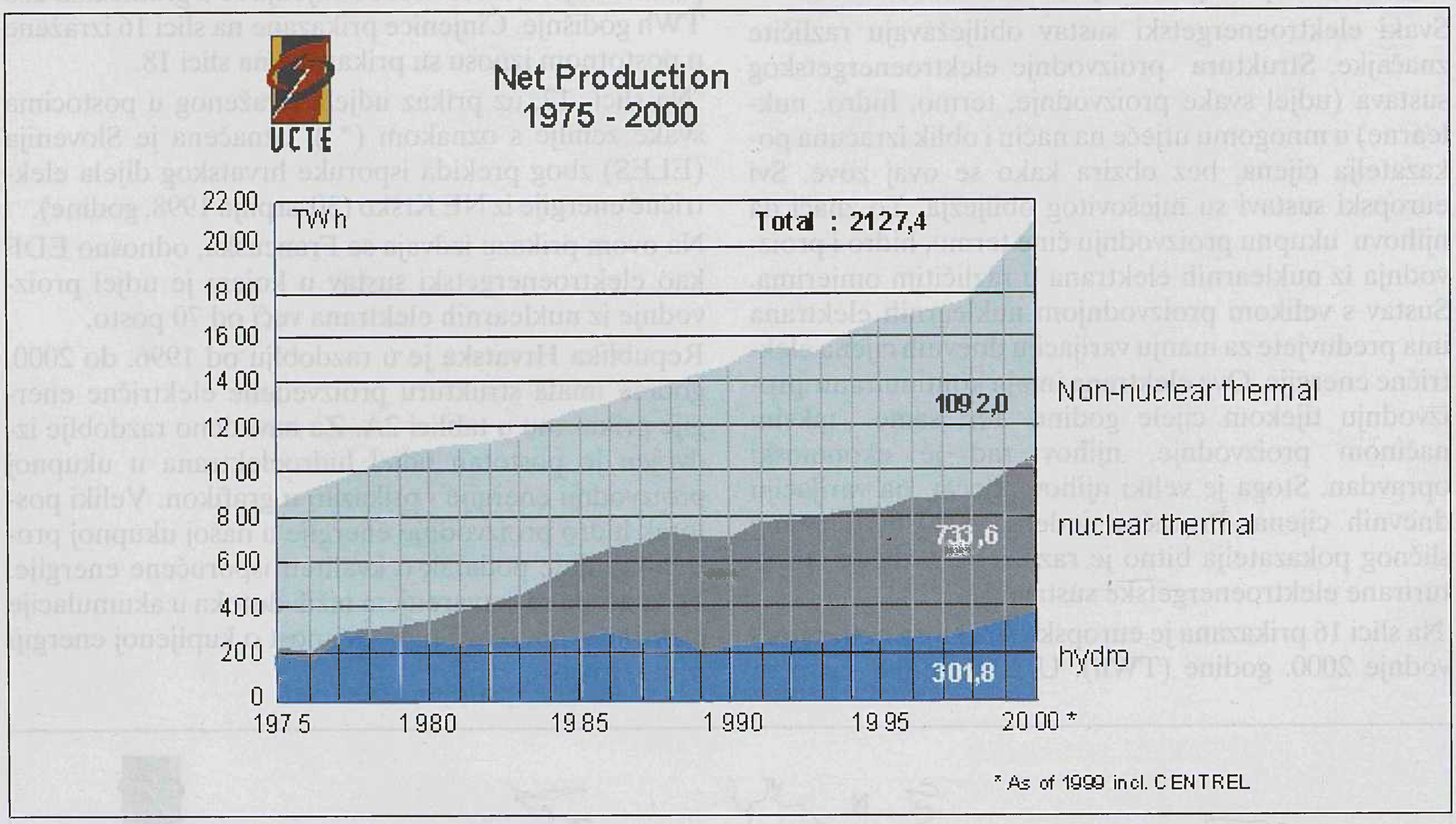
Republika Hrvatska je u razdoblju od 1996. do 2000. godine imala strukturu proizvedene električne energije prikazanu u tablici 2A. Za navedeno razdoblje izdvojen je postotan udjel hidroelektrana u ukupnoj proizvodnji energije i prikazan u grafikon. Veliki postotak hidro proizvodnje energije u našoj ukupnoj proizvodnji daje podatak o kvaliteti isporučene energije. To znači da se ostvarenjem nižih dotoka u akumulacije elektrana povećava naša ovisnost o kupljenoj energiji iz inozemstva.



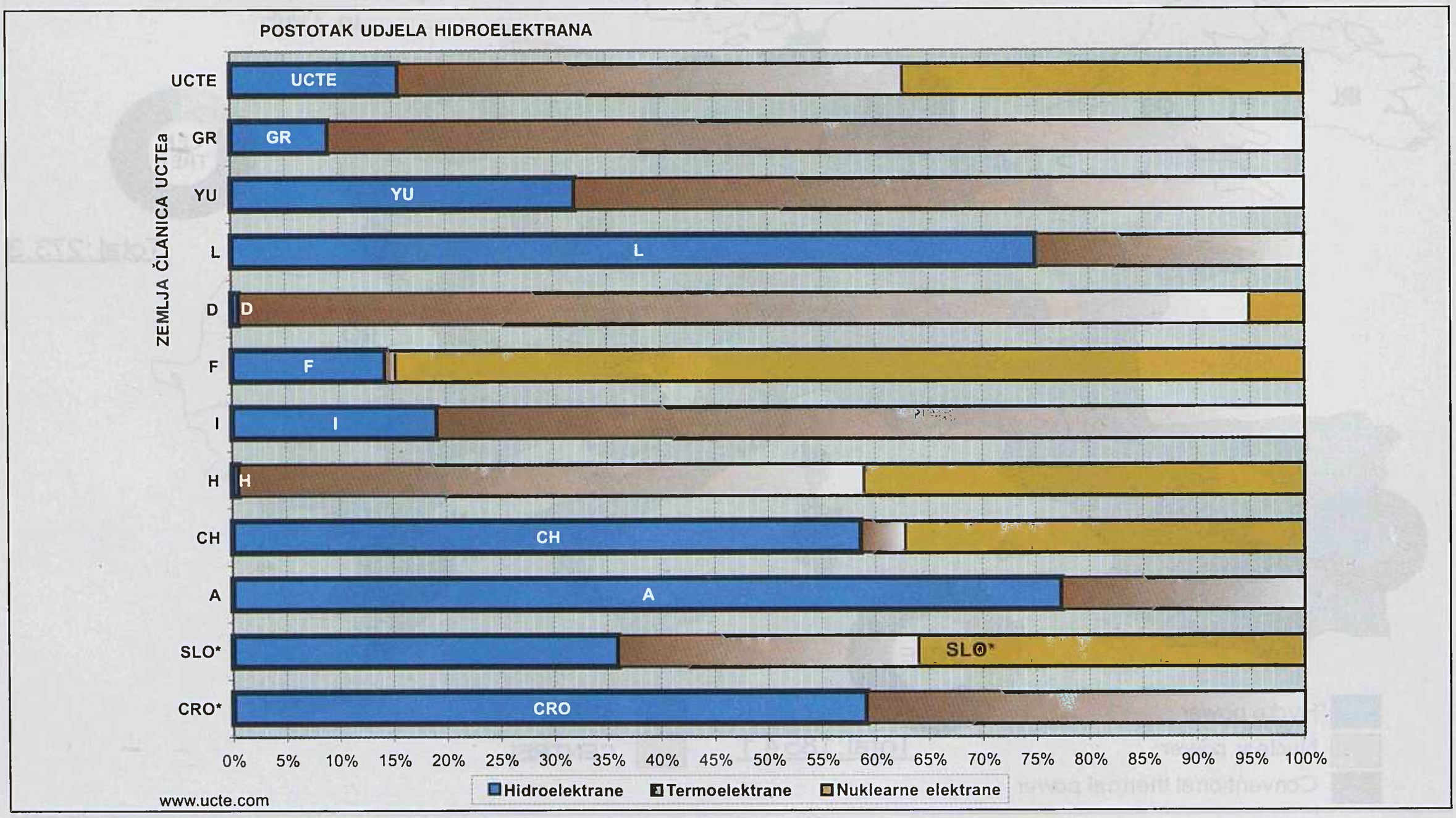
Slika 16. Struktura proizvodnje energije u UCTE-a i CENTRELA 2000. godini (TWh)

U istoj tablici, neke stavke su označene s (*) ili (**). Prva oznaka obilježava prekid isporuke našeg dijela električne energije iz NE Krško, a druga prestanak isporuka električne energije iz elektrana u BiH: TE Tuzla, TE Kakanj, TE Gacko i TE Obrenovac (Srbija). U ovoj tablici iskazani su podaci za 1990. godinu kao zadnju mirnodopsku godinu u okviru elektroenergetskog sustava bivše države. Pregovori za NE Krško su rezultirali potpisivanjem ugovara koje trebaju ratificirati državni parlamenti i nakon toga se može očekivati početak isporuke energije, a pregovori za druge objekte su u tijeku.

Naš sustav je mješovitog obilježja poput europskog, s vrlo visokim udjelom hidroelektrana.



Slika 17. Ukupna neto proizvodnja energije od 1975. do 2000. godine

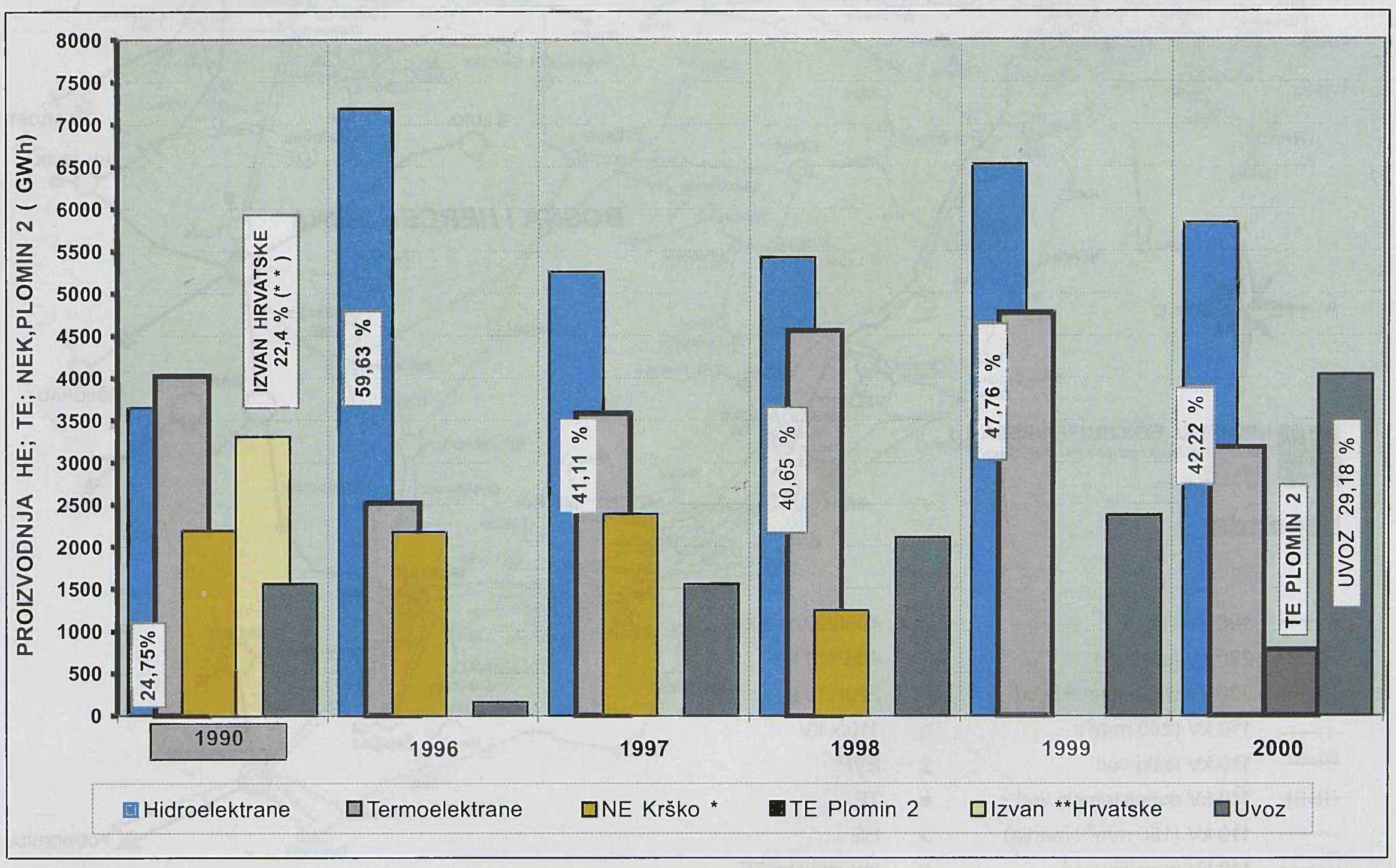


Slika 18. Udio elektrana u ukupnoj proizvodnji 2000. godine

Svi posebno označeni proizvodni objekti nalaze se izvan teritorija Republike Hrvatske. Ovim se još jedanput naglašava važnost lokacije svakog objekta i potreba da se zadrži većinsko vlasništvo nad elektranama (posebno kvalitetne hidroelektrane) i samostalnost u radu. U prošlosti je lokacija elektrane implicirala upravu i rad objekta. To ne mora biti pravilo u budućnosti, ali takve mogućnosti treba otkloniti.

Na slici 20 prikazan je Hrvatski elektroenergetski sustav s okružjem. Tekstom opisana kupljena/prodana električna energija prenosi se preko interkonekcijskih vodova.

Na kraju napisa su prilozi 1 i 2. Oni pojednostavljenim primjerom objašnjavaju redoslijed aktivnosti i uvjete trženja električne energije na Lajpciškom spot tržištu. Prilog 2. navodi imena pojedinih svjetski velikih tvrtki koje kroz vrijednost dionica izravno utječu na varijacije ovog indeksa.



Slika 19. Struktura godišnje proizvodnje električne energije (GWh) u Hrvatskoj od 1996. do 2000. godine



Slika 20. Hrvatski elektroenergetski sustav s okruženjem

PRILOG 1.

Pojednostavljeni opis postupka trgovanja el. energijom na LPX burzi (Leipzig, Njemačka)

Oznaka LPX je engleska skraćenica od Leipzig Power Exchenge. Ova burza svakog tjedna za naredni period izvješćuje učesnike trgovine o svim uvjetima poslovanja narednog tjedna. Prijemom ovih informacija svi verificirani sudionici trgovine mogu LPX poslati ponude za sljedeći dan, nekoliko dana, ili za sljedeća 4 tjedna.

Vrijeme	*Dnevna trgovačka aktivnost* www.lpx.de
Dana (d-1) u 14,30	TSO* izvješćuje o kapacitetima i mogućim ograničenjima između TSO područja na svojim web stranicama (INTERNET)
Dan trgovanja (d) do 11,30	Sve ponude koje bi se trebale ostvariti sljedećeg dana (d+1) moraju biti poslane faksom i prispjeti u LPX do 11,30 (Leipzi-ško lokalno vrijeme) trgovačkog dana (d)
Dan trgovanja (d) do 12,00	Najdalje do 12,00 (L.l.v) dana trgovanja moraju biti primljene ponude poslane EIWEBom (uvjetno, elektronička pošta- funkcionalno Internet)
Dan trgovanja (d) Od 12,00-12,30	U ovom vremenskom intervalu LPX izračunava cijene električne energije,obujam i šalje ih korisnicima. Informacija sadrži cijenu i obujam transakcija za sutrašnji dan (d+1).
Dan trgovanja (d) SLJEDEĆIH 30 minuta	Vrijeme predviđeno za reklamacije je 30 minuta. Sudionici provjeravaju točnost svoje ponude i reklamiraju eventualnu pogrešku LPXu. Nakon čega su definitivno dogovorene isporuke za dan (d+1).
Dan trgovanja (d) Od 13,00	Poslana je osnovna faktura i podaci o kreditu sudionicima transakcija. TSO i zaduženi cetar za održanje ravnoteže (u tehničkom smislu) primju vozne redove (tokova el.energije) za svoje područje. Urađenim poslovima (transakcijama) se osvježavaju podaci na Internetu te su ovi dostupni analizatorima tržišta.
Dan trgovanja (d) 14,30	Prestaje tržišna aktivnost.
Sljedećeg dana tj. (d+1) do 08,00	OBAVIJEST O PLAĆANJU TRŽENE ENERGIJE Sljedi prijem potvrda isplate iz opunomoćenih – verificiranih banaka. Sravnanje isplaćenih iznosa. Uspoređivanje s tržišnim protokolima. Za slučaj ne blagovremenog izvršenja financijskih obveza povlači se dozvola za rad.

* TSO (Transmission System Operator), operator mreže

PRILOG 2.

25. vodećih svjetskih tvrtki u prvoj trećini 2001. godine

Izvornik : Financial Times

Poredak 30. 04. 01	Poredak 04. 01. 01	Trend : Rast / Pad ▲ / ◣	Tvrtka - Kompanija	Zemlja	Tržišna vrijednost x 10^6 $
1	1		General Electric	SAD	482 051.80
2	5	▲	Microsoft	SAD	362 980,10
3	3		Exxon Mobil	SAD	306 222,80
4	4		Pfizer	SAD	273 384,30
5	7	▲	Citigroup	SAD	250 730,70
6	6		Wal Mart Stores	SAD	231 301,60
7			AOL Time Warner	SAD	214 528,90
8	10	▲	Royal Dutch / Shell	V.Brit./Nizo.	210 622,20
9	9		Intel	SAD	207 653,20
10	16	▲	NTT DoCoMo	Japan	206 349,60
11	18	▲	Intel Business Machines	SAD	202 738,90
12	15	▲	BP	V.Britanija	201 708,40
13	8	◣	Vodafone	V.Britanija	197 556,10
14	11	◣	American Intl Grop	SAD	189 412,30
15	13	◣	Merck	SAD	174 948,20
16	19	▲	Glaxso Smith Kline	V.Britanija	166 265,10
17	12	◣	Nokia	Finska	155 355,00
18	21	▲	Verizon Communications	SAD	148 884,90
19	17	◣	SBC Communications	SAD	140 320,80
20	24	▲	Johnson&Johnson	SAD	134 883,10
21	2	◣	Cisco Systems	SAD	123 553,10
22	25	▲	Toyota Motor	Japan	122 599,30
23	23		HSBC	V.Britanija	122 141,90
24	22	▲	Coca - Cola	SAD	114 876,10
25	26	▲	Novartis	Švicarska	112 084,90

3. ZAKLJUČCI

1. Indeks SWEP je značajan pokazatelj kretanja cijena na europskom tržištu energenata. On pruža uvid u kretanje cijena električne energije na europskom spot tržištu. Otvaranjem našeg tržišta električne energije njegov važnost (i sličnih pokazatelja) u našem sustavu će porasti. Dobro bi bilo već sad službeno usvojiti načine praćenja ovog i drugih pokazatelja kretanja cijena na spot tržištu.
2. U okviru predstojećih promjena u energetskom sektoru nužno je prilagoditi korištenje hidro potencijala novim uvjetima rada, s ciljem dobivanja najpovoljnijih financijskih efekata. Pri tom tehnički dio ove problematike, kao ni sigurnost rada EES-a ne smije biti zapostavljena.
3. Potrebno je napraviti studiju koja unaprijed sugerira izvoz električne energije (u kišnom razdoblju, kad postoje veliki dotoci) preko ekonomski najisplativijih tranzitnih pravaca u nekoliko varijanti. U takvim prilikama energiju povećanih dotoka plasira strana koja najbolje predvidi rast dotoka, reagira i iste što prije plasira UCTE-u. U protivnom kasni u ponudi, te gubi na cijeni. Dolazi na tržište u trenutku kad su tranzitni pravci popunjeni dogovorenom energijom (energijom spretnijeg i kvalitetnijeg ponuđača).
4. Otvaranje tržišta električne energije unosi velike novosti, ali ne rješava mnoge specifične probleme.

LITERATURA I INTERNET ADRESE KORIŠTENE U OVOM ČLANKU

[1] Europska unija: "Direktive 96/92 EC Concerning Common rules for Internal Market iv Elektricity", Europska Unija 1996.

[2] NARODNE NOVINE službeni list Republike Hrvatske broj 68, Zagreb, 27.srpnja 2001. Zakon o energiji stranice od stranice 2174 do 2187

[3] Annual Report 1995 -2000. Hrvatska elektroprivreda d.d.

[4] Lorrin Philipson Energy Education Specialists Cary, N. Carolina; H. Lee Willis ABB Electric Systems Technology Institute Raleigh, N.Carolina :" Understanding Electric Utilities and De-Regulation"

[5] N. MANDIĆ: "Europska burza električne energije" materijal objavljen u HEP-ovom Vjesniku br.122/162 ožujak 2001.godine.

[6] I. TOLJAN, Š. RADIĆ, D. MANENICA: " Podloge za uvođenje ekonomskog dispečinga" 2. Savjetovanje Hrvatskog komiteta CIGRE, Šibenik 1995. godine.

[7] D. HEINZ: " Extended Requirements for Control Systems in a Free Market", Intennational Colloquim on Selected Problems of Power System Control, Prague 1997.godine.

[8] UCTE: Die Erfassung und der Ausgleich des ungewollten Austausches im Verbundnetz,

[9] DVG: GridCode- Kooperationsregeln fûr die deutschen Übertragungsnetzbetreiber,1998. godine

[10] M. KLEPO: "Pouzdanost i raspoloživost elektroenergetskog sustava pri operativnim planiranjima rada". Doktorska disertacija 1996. Zagreb

[11] M. ZELJKO: "Neki problemi i praksa elektroprivrednih poduzeća u dereguliranom okruženju". Energija br. 3. 2001.godine; CIGRE Pariz, 2000.godine.

[12] R. GOIĆ, M. PETRIČEC, N. ŠIMUNDIĆ:" Doprinos utvrđivanju novog modela korištenja i upravljanja akumulacije Buško Blato " FESB Split, travanj 2001.godine.

[13] S. TOMAŠIĆ-ŠKEVIN: "Regulacija i deregulacija u elektroprivredi" Energija 4, kolovoz 2001.godine Zagreb

[14] Pogonski podaci i događaji NDC Zagreb i DC Split za razdoblje od 1995. do 2001.godina

[15] Grupa autora: M. STOISAVLJEVIĆ, MEHMEDOVIĆ, SINOVČIĆ, RADIĆ, ROGIĆ, GRUIĆ: "Dinamičko ponašanje hrvatskog EES-a kod "... STK 38. Cavtat, listopad 2000.godine

[16] http://www. ferc.fed.us

[17] http://www.nerc.com

[18] http://www.eex.de

[19] http://www.stromkosten.de/boerse/SWEP.html

[20] http://www.swep.dowpower.com/detail/EIS/EIS.asp

[21] http://www.egl.ch

[22] http://www.atel.ch

[23] http://www.lpx.de

[24] http://www.DowJones.com

[25] http://www.swep.dow-power.com/NORDIC/NORDIC.asp

[26] http://www.ucte.com

[27] http://www.rzs-hm.si ; Hidrometeorološki model ALADIN sa prognozom padalina za narednih 48 sati

[28] M. BABIĆ, A. DRAGIČEVIĆ, P. ĐURKOVIĆ, G. NIKOLIĆ, K. OTT, Đ. PRIBIČEVIĆ, V. STIPETIĆ, S. TADIJANČEVIĆ: " A-Ž Ekonomski leksikon" 1.izdanje M.KRLEŽA i MASMEDIA 1995. godine

[29] J. H. ADAM: "Dictionary of business english" LONGMAN LIMITED GROUP UK. 1989.

[30] V. GRUJIĆ: Karta "Hrvatski elektroenergetski sustav s okruženjem " – ažurirani prikaz poveznih vodova 380/220 kV s UCTE-om 2001. godine

PREACCOUNT MODEL AND SWEP PRICE FOLLOW UP – AN EXAMPLE

Electric energy prices vary much on the market, depending on a lot of parameters and influences. Different models of price follow up have been developed. At the European and world stock exchanges electric energy prices are determined every day and information are distributed by means of all modern communication systems including the Internet pages.

The Swiss calculation model and follow up is one of these models at the spot market. Therefore, in view of the future introduction and opening of the Croatian market given information can contribute to a better awareness of the state and changes of electric energy prices at the electric energy market. In this sense the paper deals with short-term issues only. It is devoted to better knowledge of working methods and regulation at foreign spot markets.

SWEP" EIN MODELL DER PREISVORAUSBERECHNUNG UND -BEOBACHTUNG – DARSTELLUNG SAMT ANWENDUNG –

die Preise des elektrischen Stromes sind am Markt sehr veränderlich. Sie schwanken in Abhängigkeit von einer Reihe von Parametern und Einflüssen. Verschiedene Modelle der Preisbeobachtung sind entwickelt worden. An europäischen und Weltmärkten werden Strompreise täglich gestaltet; die Auskünfte darüber werden über alle moderne Medien vermittelt, selbstverständlich auch Internet-Seiten eingeschlossen.

SWEP, das schweizer Modell der Berechnung und Beobachtung von Preisen am Spotmarkt ist eines dieser Modelle. Angesichts der baldigen Einführung und Eröffnung des Strommarktes in Kroatien dargestellten Auskünfte können einem besseren Kennenlernen über Zustände und Änderungen der Marktstrompreise beitragen. In dieser Darstellung werden demnach nur Fragen kurzfristiger Bedeutung bearbeitet. Sie ist einem besseren Kennenlernen gewisser Arbeitsweisen und Gesetzmässigkeiten von Spotmärkten in anderen Ländern gewidmet.

Naslov pisaca:

Niko Mandić, dipl. ing.
Vladimir Grujić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Bruno Mandić, student
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 2
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis: 2001-11-6.

HK CIGRE

Okrugli stol: **Energetski zakoni i njihovi učinci**

IZVJEŠĆE

Okrugli stol (Rasprava) o gore navedenoj temi je održan dana 27. veljače 2002. godine, u prostorijama HIS-a, Berislavićeva 6 u Zagrebu. Broj sudionika Okruglog stola je bio oko 80. Trajanje od 10 do 12,40 sati. Moderator: mr. sc. Mladen Zeljko.

Nakon pozdravne riječi mr. sc. Ivice Toljana, predsjednika HK CIGRE i nekih tehničkih napomena moderatora, sljedilo je pet pozvanih izlaganja, sljedećim redoslijedom:

mr. sc. Damir Pešut: "Reforma energetskog sektora"
mr. sc. Ivica Toljan: "Restrukturiranje hrvatskog elektroenergetskog sektora"
dr. sc. Mićo Klepo: "Organizacija i djelovanje Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti"
Davor Kučić, dipl. ing.: "Hrvatski nezavisni operator sustava i tržišta"
dr. sc. Srđan Žutobradić: "Položaj distribucije u novim okolnostima".

Nakon uvodnih predavanja, krenula je diskusija. Tema oko koje se najviše raspravljalo u prvom dijelu je bila izbor modela po kojem je operator sustava i tržišta izvan prijenosne tvrtke (ISMO model).

Neki sudionici (čija je specijalnost upravo prijenosna djelatnost) su izrazili rezervu prema odabranom modelu, odnosno misle da će se u funkcioniranju takvog modela javljati veliki problemi na relaciji ISMO - Prijenosna tvrtka.

S druge strane je suprotstavljeno mišljenje da je to bio jedan od načina restrukturiranja koji jamči očuvanje strukture HEP-grupe, posebno s aspekta buduće privatizacije.

Sljedeće zanimljivo pitanje koje se pojavilo u raspravi je bilo u svezi s odnosom Zakona o tržištu električne energije prema izgradnji novih proizvodnih objekata (elektrana). Kod nekih sudionika se pojavljuje sumnja da novi zakon stimulira izgradnju elektrana. Međutim, ako se i ne može reći decidirano da novi zakon stimulira izgradnju, još se manje može reći da je on (zakon) zapreka izgradnji novih elektrana. To će, u prvom redu, ovisiti o procjeni energetskih subjekata, potencijalnih investitora, te mogućnosti povrata kapitala uloženog u gradnju elektrana. Posebice stoga što će s vremenom rasti broj potrošača, odnosno dio potrošnje koja će biti u segmentu povlaštene.

Jedna od tema koja je dominirala raspravom je bila povezana s položajem distributivne djelatnosti u novom zakonskom okruženju.

Neki od sudionika rasprave su pokušavali uspostavljati analogiju između prijenosa i distribucije, pa nisu prepoznali operatora distribucijske mreže unutar tvrtke za distribuciju.

U daljnjem tijeku rasprave se nastojalo nametnuti temu koja nije izravno povezana sa zakonom, a to je unutarnja organizacija distributivne djelatnosti. Zakon je postavio relativno širok okvir za to i dopušta širu lepezu mogućih rješenja. Stvar je menagementa HEP-a i tvrtke za distribuciju kakvo ustrojstvo odabrati. Bitno je odabrati model koji je funkcionalan i u isto vrijeme racionalan, a zakon izrijekom ne govori o tome koji model treba biti izabran.

Rasprava je dotakla i pojedine članke ili stavke Zakona o tržištu električne energije koji se odnose na korištenje obnovljivih izvora energije. Neke nejasnoće u raspravi su otklonjene nakon dodatnog tumačenja pojedinih članaka. Nesporazumi su često rezultat pogrešnog tumačenja zakona.

Predstavnik Udruženja potrošača električne energije je govorio o sporovima oko ispostavljanja računa za potrošenu električnu energiju i nezavidan položaj potrošača u odnosu na monopol HEP-a.

Odgovoreno mu je da će u relativno skorom vremenu postojati mogućnost komunikacije s Regulatorom neenergetskih djelatnosti i da će time pozicija potrošača biti bitno ojačana.

Neki od sudionika su se požalili kako nisu imali mogućnost sudjelovati u kreiranju zakona.

Odgovoreno im je da nije realno očekivati da jako širok krug ljudi sudjeluje u izradi zakona, jer to stvara probleme u operativnom smislu. Taj se posao najčešće povjerava nekom stručnom timu koji treba biti otvoren i za sugestije izvan tima, ako one nude dobra rješenja.

Izvješće sastavili:
dr. sc. **Zorko Cvetković**
mr. sc. **Mladen Zeljko**

REGULACIJA FREKVENCIJE U UVJETIMA OTVORENOG TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vladimir G r u j i ć – Niko M a n d i ć, Zagreb

UDK 621.3.018.41:338.52
PREGLEDNI ČLANAK

U članku je opisana problematika regulacija frekvencije u uvjetima otvorenog tržišta električne energije. Liberalizacijom elektroenergetskog sektora ruši se monopolistička struktura elektroprivrednih poduzeća, a cijena električne energije se određuje na temelju ponude i potražnje u ozračju konkurencije, a s ciljem povećanja učinkovitosti sektora. Operator sustava ima ključnu ulogu u vođenju elektroenergetskog sustava. Regulacija frekvencije je jedna od glavnih usluga elektroenergetskog sustava koju osigurava operator sustava regulacijom frekvencije: primarnom, sekundarnom i tercijarnom. Kvalitetnu frekvenciju je moguće ostvariti kontinuiranim osiguravanjem dovoljne rezerve snage za regulaciju. Posebno se mora paziti na kriterij rezerve tercijarne regulacije (minutne rezerve) koja može biti rotirajuća ili hladna, ručna ili automatska. U tom smislu potreban je neprekidni monitoring kvalitete frekvencije, osiguravanje zahtjevane rezerve te praćenje porasta potrošnje u sustvu uz odgovarajuća udešenja regulatora brzine vrtnje u elektranama.

Ključne riječi: **frekvencija, usluge elektroenergetskog sustava, kvaliteta frekvencije, primarna, sekundarna i tercijarna regulacija, regulacijska rezerva.**

1. UVOD

Temeljne odrednice su Direktive Europske unije (EU): o liberalizaciji tržišta električne energije 96/92/EC [1] i tržišta plina 98/30/EC [2]. Ove odrednice nalažu financijsko i pravno razdvajanje proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije.

Navedeni zakoni koji čine okosnicu reforme energetskog sektora u Republici Hrvatskoj (RH) su: Zakon o energiji [3], Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti [4], Zakon o tržištu električne energije [5], Zakon o tržištu plina [6] i Zakon o tržištu nafte i naftnih derivata [7], doneseni su na Hrvatskom saboru u Zagrebu 27. srpnja 2001. godine, a primjenjivat će se od 1. siječnja 2002. godine.

Izrada Zakona o privatizaciji HEP-a i INE koja je u završnoj fazi uskladit će se s ciljevima reforme i organizacije energetskih tržišta u RH.

1.1. Organizacijska shema elektroenergetskog sektora RH za temeljne djelatnosti

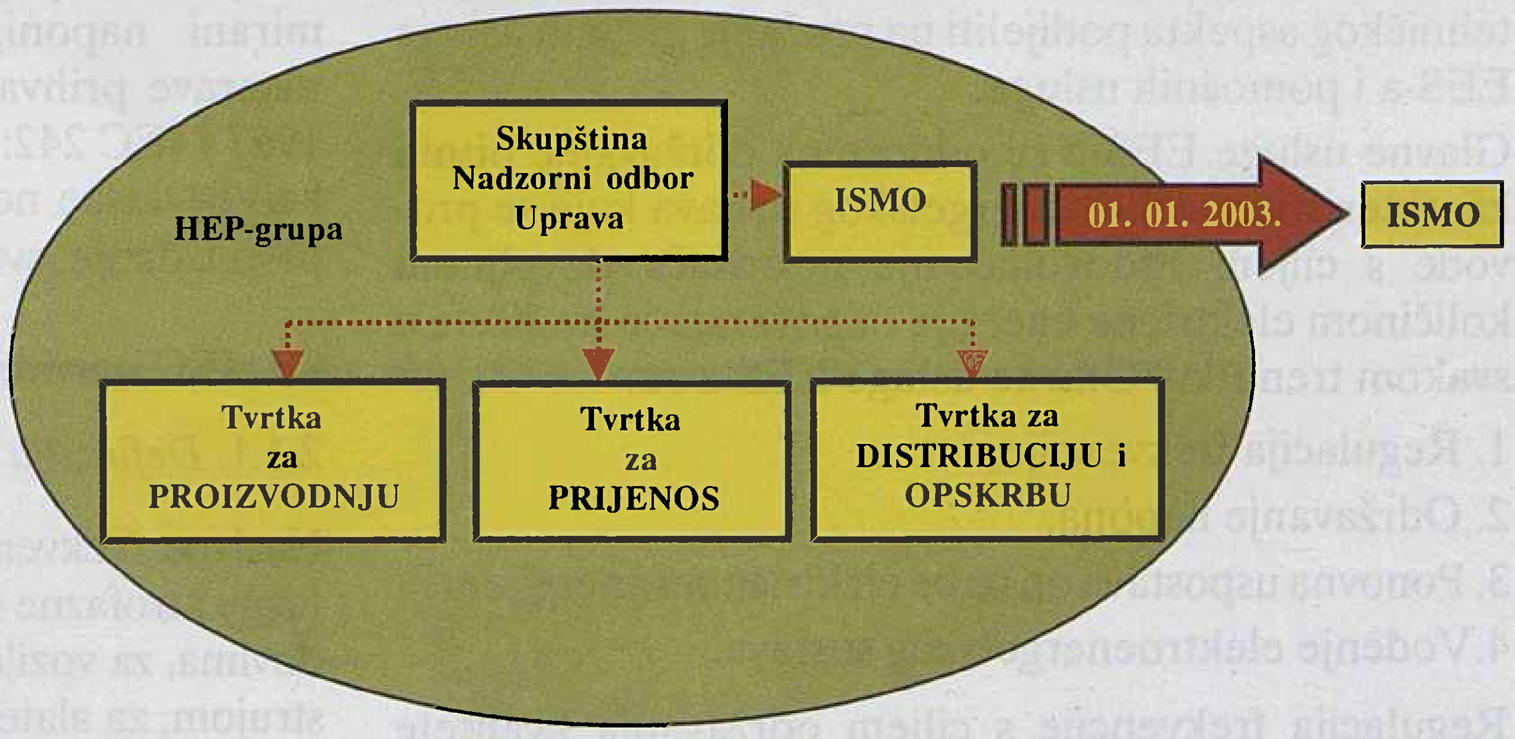
Odlučeno je da se u RH od 1. 1. 2003. godine primjeni ISMO model (**I**ndependet **S**ystem and **M**arket **O**perator), tj. model koji predviđa postojanje jedinstvenog Operatora sustava i Operatora tržišta, kao pravno i financijski samostalne tvrtke izvan HEP-grupe (slika 1).

Rok za formiranje tvrtke ISMO je kraj 2001. godine, a njeno osamostaljenje u roku idućih 12 mjeseci.

Operator sustava i operator tržišta su energetski subjekti koji obavljaju djelatnost vođenja EES-a, odnosno organizacije tržišta električne energije.

1.2. Vođenje elektroenergetskog sustava

Zakonom o tržištu električne energije svi kupci s godišnjom potrošnjom iznad 40 GWh su tzv. povlašteni kupci i oni mogu slobodno izabrati dobavljača elek-



Slika 1. Organizacijska shema elektroenergetskog sektora u Republici Hrvatskoj za temeljne djelatnosti

trične energije, dok su svi ostali kupci tarifni kupci koji se opskrbljuju električnom energijom u sustavu obveze javne usluge po cijenama iz tarifnog sustava za električnu energiju.

Operator sustava je energetski subjekt koji obavlja djelatnost vođenja elektroenergetskog sustava kako za povlaštene kupce na organiziranom tržištu električne energije, tako i za tarifne kupce kao djelatnost javne usluge.

Operator sustava mora biti neovisan, kako od proizvodnje tako i od opskrbe električnom energijom i obavljat svoju funkciju u suradnji s operatorom tržišta, prema načelima razvidnosti i objektivnosti. Ne smije trgovati električnom energijom, već mora jamčiti kontinuitet i pouzdanost sustava opskrbe električne energije, te ispravnu koordinaciju sustava proizvodnje, prijenosa i distribucije.

Operator sustava je odgovoran za: vođenje i pružanje usluga EES-a, osiguravanje pristupa mreži za treće osobe na reguliranoj osnovi, dispečiranje, inerkonekcije, usklađivanje odstupanja nabave i potreba za električnom energijom u odnosu na ugovorene količine na organiziranom tržištu električne energije, te za izdavanje potvrde o izvodljivosti programa.

Također, operator sustava daje potrebne upute za pravilan rad sustava za proizvodnju i prijenos u skladu s kriterijima pouzdanosti i sigurnosti u skladu s Mrežnim pravilima (GRID CODE).

Mrežnim pravilima (GRID CODE) se definiraju odnosi, ponašanje i rad svih energetskih subjekata u elektroenergetskom sustavu.

U Republici Hrvatskoj je u završnoj fazi izrada prve verzije Mrežnih pravila (GRID CODE) kao nastavak rada studije koja je definirala koncepcije i pripremu aktivnosti za izradu ovih pravila [8].

GRID CODE (Mrežna pravila) priprema operator sustava u suradnji s energetskim subjektom za prijenos električne energije i energetskim subjektom za distribuciju električne energije, a donijet će ga Ministar nadležan za energetiku nakon pribavljenog mišljenja Vijeća za regulaciju.

Sve veću ulogu operatora sustava možemo nadalje s tehničkog aspekta podijeliti na pružanje glavnih usluga EES-a i pomoćnih usluga.

Glavne usluge EES-a se odnose na održavanje bitnih karakteristika elektroenergetskog sustava koje se provode s ciljem zadovoljavanja potrošača dovoljnom količinom električne energije odgovarajuće kvalitete u svakom trenutku. Glavne usluge EES-a su:

1. Regulacija frekvencije,
2. Održavanje napona,
3. Ponovna uspostava opskrbe električnom energijom i
4. Vođenje elektroenergetskog sustava.

Regulacija frekvencije s ciljem održavanja kvalitete frekvencije u novim tržišnim uvjetima sve je značajnija usluga koju mora osiguravati operator sustava, koji u svakom trenutku mora imati na raspolaganju dovoljnu rezervu u snazi proizvodnih jedinica kako bi se zadovoljio kriterij zahtijevane rezerve regulacije frekvencije: primarne, sekundarne i tercijarne (minutne).

Namjena rezerve je održavanje ravnoteže između proizvodnje i potrošnje djelatne i jalove snage, te na taj način održavanje frekvencije i napona u EES-u u dozvoljenim granicama. Zbog toga rezerva ima veliki utjecaj na otvoreno tržište električne energije, tj. na cijenu električne energije. Može se očekivati uvođenje tržišta rezerve snage za potrebe regulacije frekvencije, a posebno iz domene minutne rezerve koja može biti u vidu hladne ili rotirajuće rezeve [13].

Također, općenito operator sustava kod planiranja i vođenja pogona EES-a u realnom vremenu u novim tržišnim uvjetima mora rješavati povećanje opterećenja prijenosne mreže, pojave neželjenih kružnih tokova, uskih grla i povećanih gubitaka u mreži [15].

2. NORMIRANE FREKVENCIJE

Frekvencija predstavlja broj perioda u 1 sekundi, a numerički su frekvencija i vrijeme jedne periode povezani jednadžbom (1):

$$f = \frac{1}{T}[\mathrm{Hz}] \qquad (1)$$

U elektroenergetici, posebno u uređajima za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, nastoji se primjenjivati što pravilnija sinusoidalna izmjenična struja, jer se kod nesinusiodalnih izmjeničnih struja mogu pojaviti smetnje poradi viših harmonika u radu elektroenergetskih postrojenja.

U Europi je općenito prihvaćena nazivna frekvencija od 50 [Hz], dok se u USA-u koristi nazivna frekvencija od 60 [Hz].

Zbog sveobuhvatnosti dat je kompletan pregled normiranih frekvencija za frekvencije ispod 10000 [Hz].

Na temelju članka 9. Zakona o normizaciji (Narodne novine br. 55/96), a u skladu s člankom 11. Pravilnika o izradbi, izdavanju i objavi hrvatskih normi (Narodne novine br. 74/97) Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo na prijedlog tehničkog odbora E TO 8 Normirani naponi, struje i frekvencije i provedene rasprave prihvatio je međunarodne norme IEC 196: 1967 i IEC 242: 1967 u izvorniku na engleskom jeziku kao hrvatske norme: HRN IEC 196 i HRN IEC 242, prvo izdanje, svibanj 1998. [9].

2.1. IEC normirane frekvencije (IEC 196:1967)

2.1.1. *Definicija*

Nazivne frekvencije su usvojene frekvencije za jednofazne i trofazne izmjenične sustave, za instalacije na brodovima, za vozila električne vuče napajana izmjeničnom strujom, za alate, za industriju svile i za avione.

Ova normizacija se ograničava za frekvencije ispod 10 000 Hz (1/s).

Tablica 1. Normirane frekvencije prema IEC 196:1967

Sustavi i instalacije za brodove	Električna vuča	Alati (vidi napomenu 3)		Industrija svile		Avioni
		Serija I 50 Hz (1/s)	Serija II 60 Hz (1/s)	Serija I 50 Hz (1/s)	Serija II 60 Hz (1/s)	
50	$16^{2/3}$	50	60			
60	50	100		100	120	
	60	150	180			
		200				
		250				
		300				
		400	400			400
		500				
			540			
		600				
			720			
		750				
		1 000	1 000			
		1 200				
			1 440			
		1 500				
		2 000				
			2 160			
		2 400				
			2 880			
		3 000				
			3 420			
		4 000				
		8 000				
		10 000				

Napomene

1. Kada se frekvencija proizvodi okretnim poljem asinkronim motorima, stvarne frekvencije su neznatno niže od prikazanih vrijednosti.
2. Za alate se preporučuju podvučene vrijednosti Serije I (50 Hz (1/s)).
3. Postojeća Preporuka se ne primjenjuje za strujne krugove kontrolnih uređaja alatnih strojeva ako se ti strujni krugovi samostalni dio jednog alatnog stroja ili ako postoji kombinacija takvih strojeva.

2.2. Normirane frekvencije za instalacije centraliziranog upravljanja mrežama (IEC 242:1967)

2.2.1. *Definicija*

Normirane nazivne frekvencije (srednje vrijednosti unutar dozvoljenog opsega frekvencije) su usvojene frekvencije za instalacije centraliziranog upravljanja mrežama. Postoje dvije serije frekvencija mreža koje se odnose na frekvencije 50 Hz (1/s) i 60 Hz (1/s).

Tablica 2. Normirane nazivne frekvencije

Serija I 50 Hz (1/s)
175 – 200 - 300 - 400 – 500 – 600 – 750 - 1 050 - 1 350 - 1 600 - 2 000 - 2 400 - 3 000 Hz (1/s)
Serija II 60 Hz (1/s)
210 – 240 – 360 – 480 – 600 – 720 – 900 – 1 260 – 1 620 - 1 920 – 2 400 - 2 880 - 3 600 Hz (1/s)

Napomene

1. Preporučuju se podvučene vrijednosti.
2. Pogonske frekvencije za instalacije centraliziranog upravljanja mrežama moraju biti unutar opsega ± 5% nazivne frekvencije. Izbor frekvencije unutar ovog opsega se temelji na tehničkim razmatranjima, ne uzimajući u obzir jedino audio frekvencije, već samo postojeće više harmonike u mrežama. Njihanje frekvencije nije uključeno u opseg frekvencije.

3. VELIČINA FREKVENCIJE

Općenito o principima primarne, sekundarne i tercijarne regulacije, glavnim ciljevima, kvalitete, pojmovnik i preporuke za članice UCTE-interkonekcije, mogu se detaljno naći u referenci pod brojem [10].

Pri normalnim uvjetima, potrebno je frekvenciju mreže održavati u strogim granicama kako bi se kao odgovor na poremećaj osiguralo potpuno i brzo djelovanje regulacijskih uređaja i proizvodnih kapaciteta. Zadana vrijednost frekvencije je 50 Hz, osim u periodima korekcije sinkronog vremena.

Razmatraju se tri tipa pogonskih uvjeta. Kada je apsolutno odstupanje frekvencije |Äf| između zadane vrijednosti i trenutne vrijednosti:

- jednako ili manje od 50 mHz, pogonski uvjeti smatraju se normalnima;
- veće od 50 mHz, ali manje od 150 mHz, pogonski uvjeti smatraju se narušenima, ali bez većeg rizika, pod uvjetom da su regulacijski kapaciteti u područjima gdje su prisutna odstupanja spremni za djelovanje;
- veće od 150 mHz, pogonski uvjeti smatraju se ozbiljno narušenima, jer postoji veliki rizik pojave poremećaja u interkonektivnoj mreži.

Cak i u slučaju većih odstupanja frekvencije, svako će regulacijsko područje zadržati vezu sa susjednim područjima, pod uvjetom da nije ugrožen rad njegovog vlastitog sustava.

Točnost mjerenja frekvencije ovisit će o procesu u kojem se frekvencija upotrebljava kao parametar. Kod primarne regulacije ova točnost mora biti barem 10 mHz, dok kod sekundarne regulacije treba iznositi 1–1.5 mHz.

Kod podfrekvencijskog rasterećenja sustava, najčešće će za prag isklopa releja biti dovoljna točnost od 50–100 mHz.

Sinkrono vrijeme definirano je jednadžbom (2):

$$t = \frac{1}{f_0} \int f(t)dt[s] \qquad (2)$$

gdje je: $f_0 = 50[Hz]$ postavna vrijednost frekvencije ako nije zadana korekcija sinkronog vremena.

Nesklad između vrijednosti sinkronog vremena i univerzalnog astronomskog vremena ne smije iznositi više od ± 30 s za period od jednog dana. Za izračunavanje sinkronog vremena i organizaciju njegove korekcije brine se Koordinacijski centar u Laufenbourgu u Swtzerlandu. Korekcija obuhvaća zadavanje postavne vrijednosti frekvencije za sekundarnu regulaciju na 49.99 Hz ili 50.01 Hz, ovisno o smjeru korekcije, za period od jednog dana (od 0 do 24 sata).

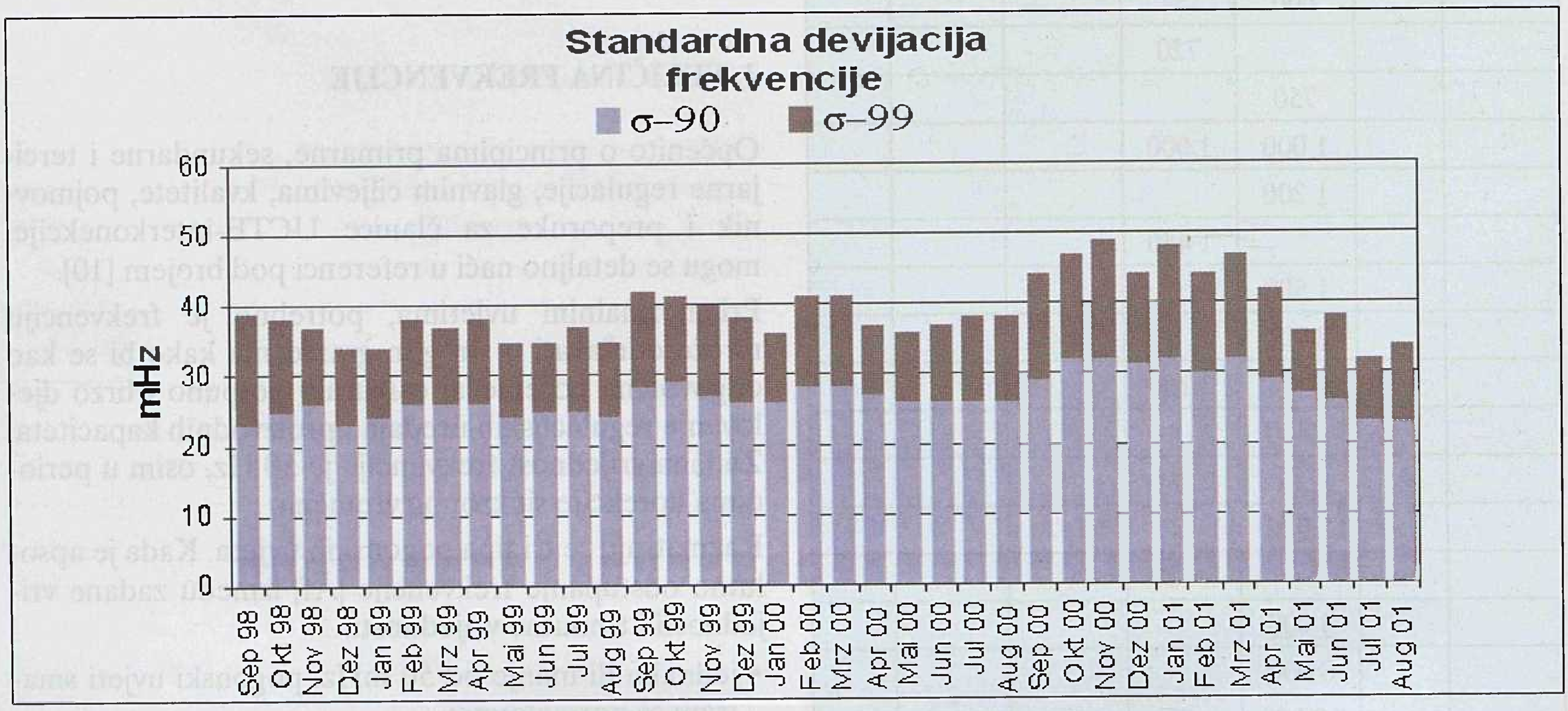
Također, potrebno je definirati vrijednosti frekvencije za podfrekvencijsko rasterećenje sustava. UCTE preporuča da njene članice postave prvi stupanj podfrekvencijske zaštite na frekvenciju koja nije niža od 49 Hz.

3.1. Kvaliteta frekvencije

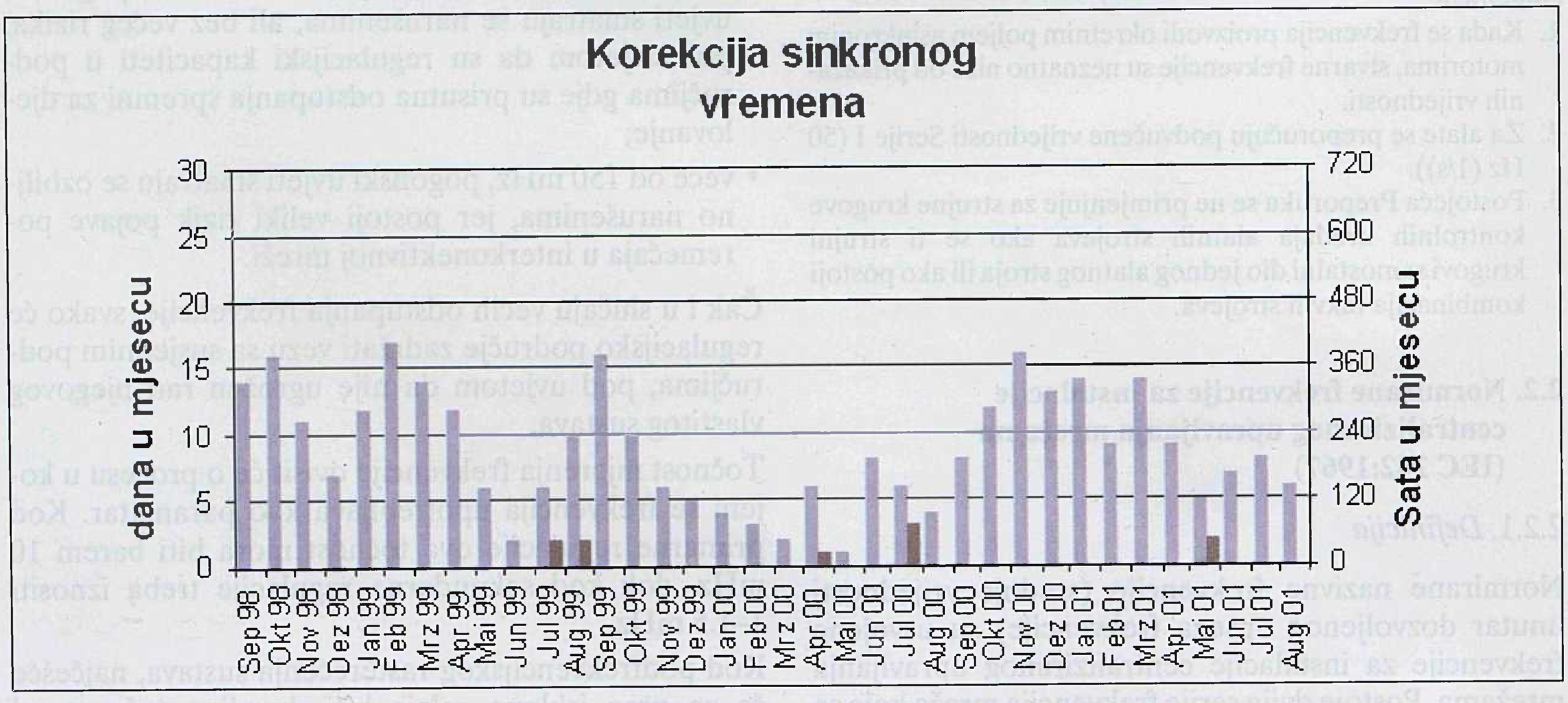
Kvaliteta frekvencije smatrat će se zadovoljavajućom za period od jednog mjeseca:

- kada su odstupanja mjerenih vrijednosti frekvencije manja od 40 mHz odnosno 60 mHz kod standardne devijacije od 90% odnosno 99%;
- kada broj dana s radom na zadanoj frekvenciji od 49.99 Hz ili 50,01 Hz ne prelazi osam dana mjesečno (što je potrebno potvrditi u praksi).

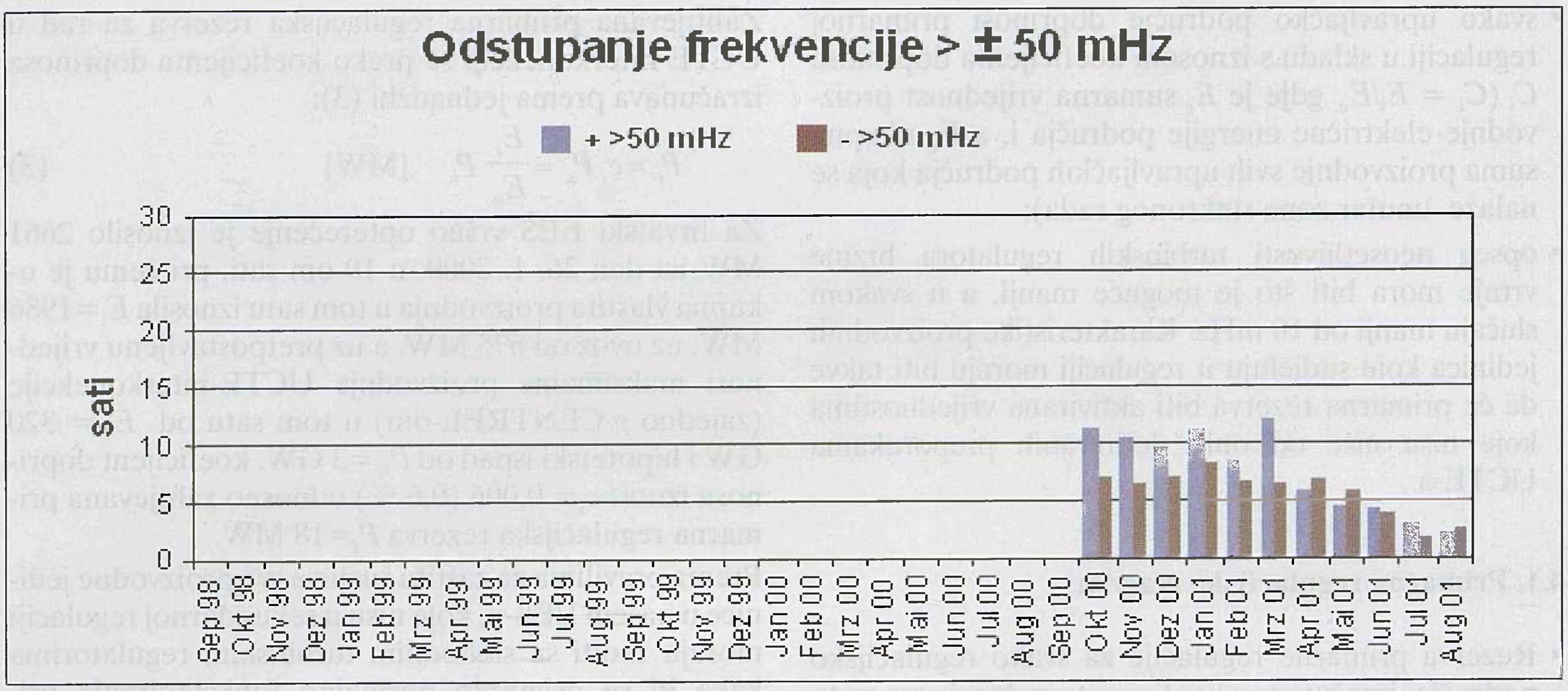
Na slikama 2, 3 i 4 (izvor Koordinacijski centar ETRANS-Laufenbourg) zorno je prikazana kvaliteta frekvencije UCTE- interkonekcije za vremenski pe-



Slika 2. Standarna devijacija frekvencije UCTE -interkonekcije za period od rujna 1998. do kolovoza 2000.



Slika 3. Korekcija sinkronog vremena UCTE - interkonekcije za period od rujna 1998. do kolovoza 2001.



Slika 4. Odstupanje frekvencije veće od 50 mHz za UCTE - interkonekciju u periodu od listopada 2000. do kolovoza 2001.

riod od rujna 1998. godine do kolovoza 2001. godine. Na sllci 2 se jasno vidi zadovoljavajuće održavanje kvalitete frekvencije UCTE-interkonekcije i korekcije sinkronog vremena na slici 3 za period od rujna 1998. god. do kolovoza 2001. god., ali i pojave narušavanja normalnog pogona ($|\Delta f| > 50$ mHz) (slika 4) za period od listopada 2000. god. do kolovoza 2001. god..

4. PRIMARNA REGULACIJA FREKVENCIJE

Primarna regulacija frekvencije obuhvaća djelovanje turbinskih regulatora brzine vrtnje, koji reagiraju kada frekvencija odstupa od postavne vrijednosti frekvencije u regulaciji brzine vrtnje kao rezultat neravnoteže između proizvodnje i potrošnje djelatne snage u sinkrono povezanoj mreži kao cjelini. Tehnička solidarnost među članicama obuhvaća trenutačno djelovanje primarne regulacije na svim proizvodnim jedinicama koje su uključene u regulaciju sustava.Dakle primarna regulacija osigurava **sigurnost** interkonekcije **solidarnošću** svih elektroprivrednih poduzeća u interkonekciji.

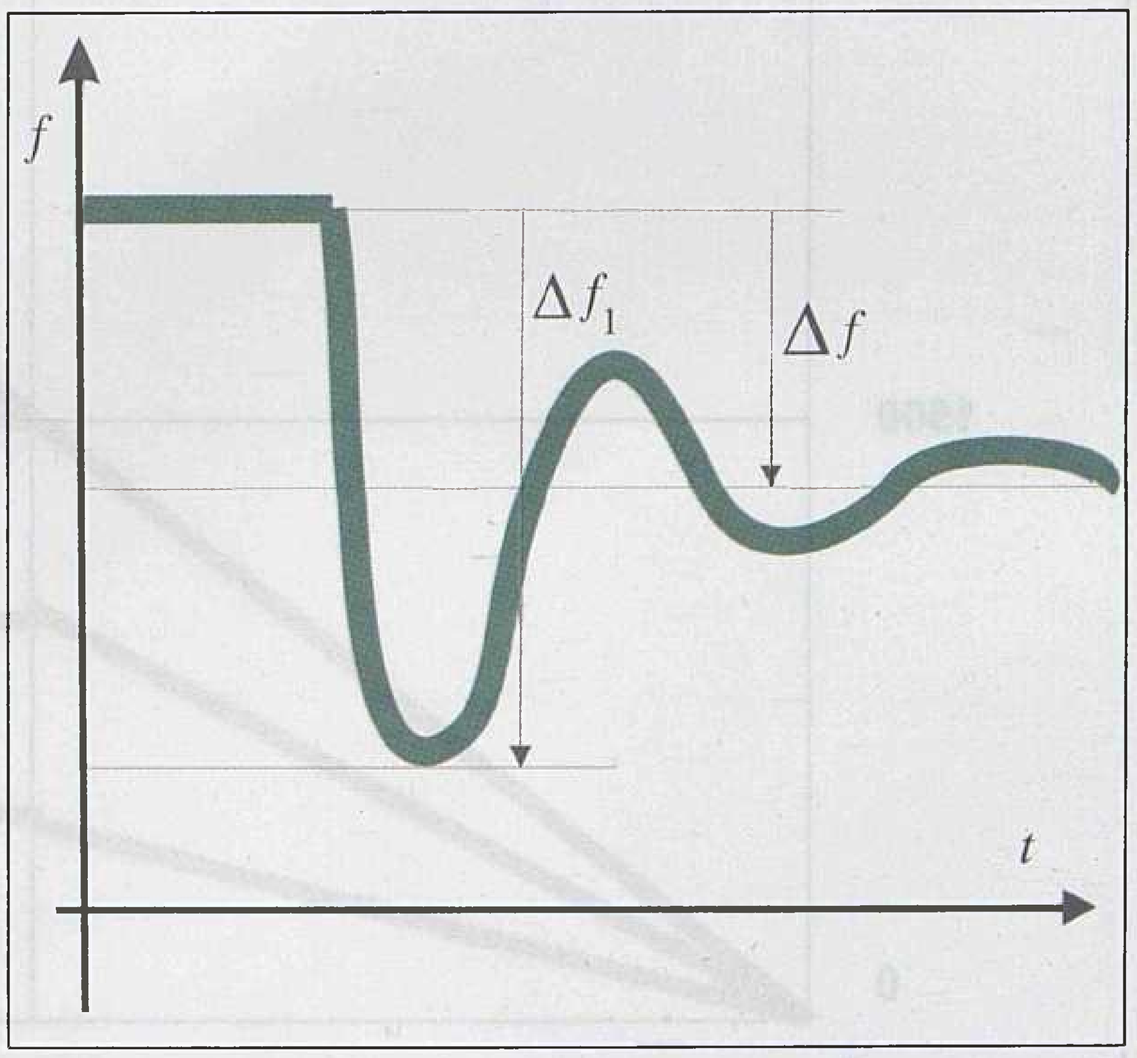
U pogonu nakon trenutnog ispada proizvodnje u visini maksimalno pretpostavljene vrijednosti ne treba u prijelaznom stanju uzrokovati odstupanje frekvencije Δf_1 koja prelazi prag aktiviranja automatskog frekvencijskog rasterećenja. Osim toga kvazistacionarno odstupanje frekvencije Δf uzrokovano takvom promjenom snage ne smije prijeći unaprijed određenu vrijednost (slika 5).

Također, nakon rasterećenja sustava frekvencija ne smije prijeći unaprijed određenu maksimalnu vrijednost.

Angažiranje primarne regulacijske snage treba trajati sve dok se manjak snage u potpunosti ne nadoknadi iz sekundarne regulacijske rezerve onih poduzeća u interkonekciji u kojima se desio poremećaj.

Različite pretpostavke, značajke i parametri koji se odnose na primarnu regulaciju su:

- maksimalno trenutačno odstupanje snage ÄP između proizvodnje i potrošnje koje primarna regulacija mora moći korigirati je 3000 MW (referentni slučaj) za mrežu UCTE-a;
- za cijeli sustav UCTE-a, s maksimalnim opterećenjem reda veličine 300 GW i baznim opterećenjem reda veličine 150 GW, uz pretpostavku samoregulacije potrošnje iznosa 1%, promjena frekvencije ne smije prijeći vrijednost 180 mHz i trenutna vrijednost frekvencije ne smije pasti ispod 49.2 Hz prilikom trenutačnog ispada proizvodnog kapaciteta veličine jednake ili manje od 3000 MW;



Slika 5. Odstupanje frekvencije pod utjecajem primarne regulacije nakon ispada proizvodne jedinice (Δf_1 = dinamičko odstupanje, Δf = kvazistacionarno odstupanje)

- svako upravljačko područje doprinosi primarnoj regulaciji u skladu s iznosom koeficijenta doprinosa C_i ($C_i = E_i/E_u$, gdje je E_i sumarna vrijednost proizvodnje električne energije područja i, a E_u ukupna suma proizvodnje svih upravljačkih područja koja se nalaze unutar zone sinkronog rada);
- opseg neosetljivosti turbinskih regulatora brzine vrtnje mora biti što je moguće manji, a u svakom slučaju manji od 10 mHz. Karakteristike proizvodnih jedinica koje sudjeluju u regulaciji moraju biti takve da će primarna rezerva biti aktivirana vrijednostima koje nisu niže od onih definiranih preporukama UCTE-a.

4.1. Primarna regulacijska rezerva

- Rezerva primarne regulacije za svako regulacijsko područje, izračunata s koeficijentom doprinosa za to poručje C_i, mora biti sposobna u vremenu od 15 s odgovoriti na poremećaj ÄP manji od 1500 MW, a na poremećaje ÄP u opsegu od 1500–3000 MW u vremenu dozvoljenih 30 s za maksimalno dozvoljeni gubitak snage od 3 000 MW (slika 6). Rezervu primarne regulacije potebno je održavati, čak i kada se zadana vrijednost frekvencije razlikuje od 50 Hz;
- operator sustava odgovoran za svoje područje procijenit će rad primarne regulacije i poduzet će sve potrebite korake za održavanje dostatne primarne regulacijske rezerve.

Zahtijevana primarna regulacijska rezerva za rad u UCTE-interkonekciji se preko koeficijenta doprinosa izračunava prema jednadžbi (3):

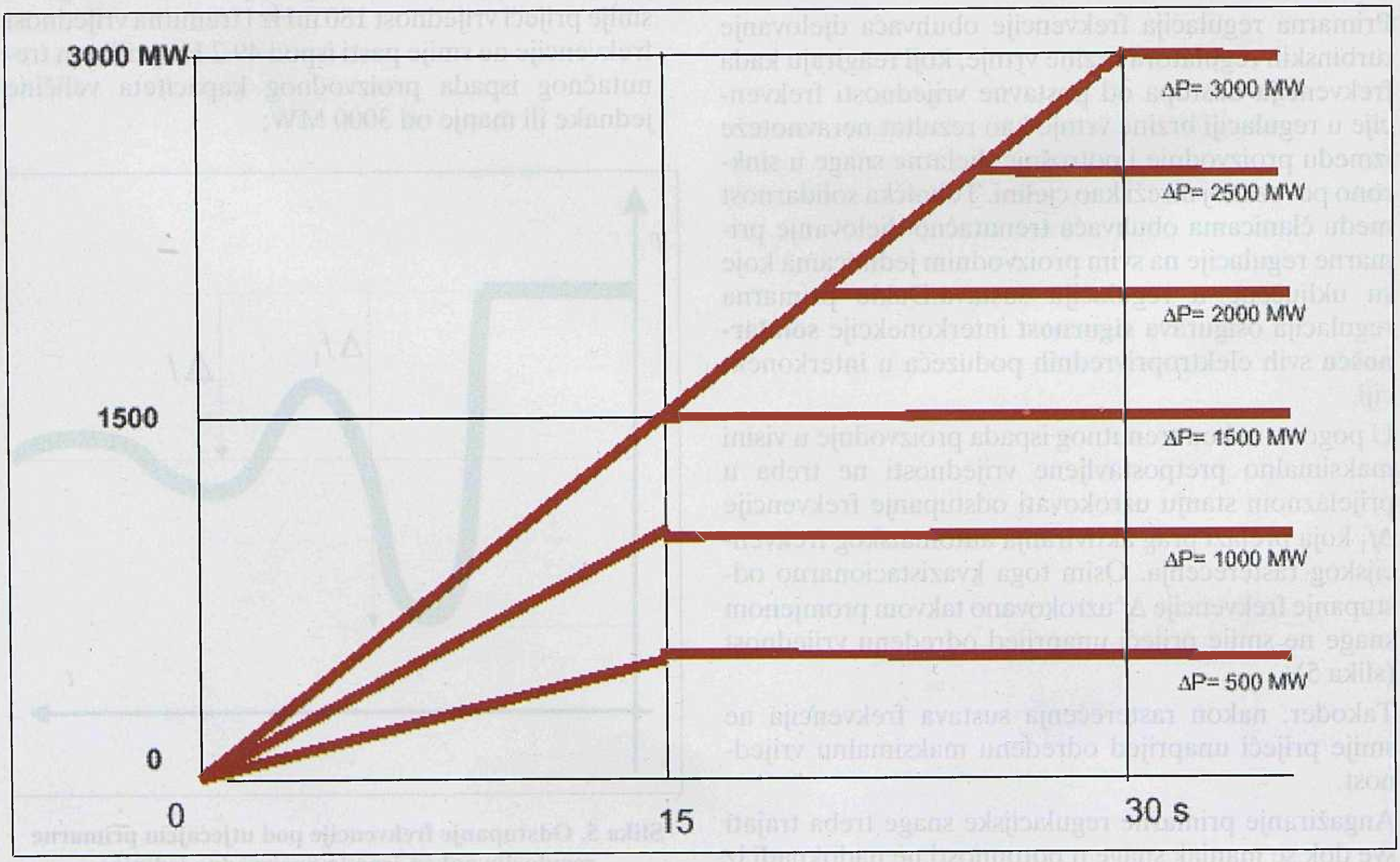
$$P_i = c_i P_u = \frac{E_i}{E_u} P_u \quad [\text{MW}] \tag{3}$$

Za hrvatski EES vršno opterećenje je iznosilo 2661 MW na dan 26. 1. 2000. u 19-om sati, pri čemu je ukupna vlastita proizvodnja u tom satu iznosila E_i=1986 MW, uz uvoz od 675 MW, a uz pretpostavljenu vrijednost maksimalne proizvodnje UCTE-interkonekcije (zajedno s CENTREL-om) u tom satu od E_U= 320 GW i hipotetski ispad od P_U=3 GW, koeficijent doprinosa iznosi c_i= 0,006 (0,6 %) odnosno zahtjevana primarna regulacijska rezerva P_i=18 MW.

Prema pravilima za zaštitu sustava sve proizvodne jedinice u našem EES-u, koje nisu u sekundarnoj regulaciji moraju raditi sa slobodnim turbinskim regulatorima kako bi se osiguralo normalno funkcioniranje primarne regulacije. Ako je to ostvareno zahtijevana rezerva primarne regulacije može biti zadovoljena u svakom momentu. Nadalje statičnost turbinskih regulatora za hidroelektrane treba podesiti na vrijednost 3-4 %, odnosno za termoelektrane na 5-6 %.

4.2. Kvaliteta primarne regulacije

Provjera kvalitete primarne regulacije cijele interkonekcije obavlja se analizom promjene frekvencije tijekom poremećaja s ciljem procjene sigurnosti rada interkonekcije.



Slika 6. Minimalni zahtjevi za primarnu regulacijsku rezervu u funkciji vremena za različite poremećaje koji uzrokuju neravnotežu između proizvodnje i potrošnje u koracima od 500 MW

Provjera kvalitete primarne regulacije na lokalnoj razini omogućava operatoru sustava procijenu sudjelovanja svog regulacijskog područja u primarnoj regulaciji cijele interkonekcije u trenutku poremećaja.

5. SEKUNDARNA REGULACIJA

Funkcije sekundarne regulacije frekvencije i snage razmjene u hrvatskom upravljačkom području (područje ograničeno mjernim mjestima razmjene sa susjednim sustavima kojim upravlja pripadajući regulator) su:

- održavanje utvrđenog programa razmjene snage između razmatranih područja i svih drugih susjednih povezanih regulacijskih područja;
- preuzimanje angažirane primarne regulacijske rezerve svih proizvodnih jedinica u procesu postizanja ravnoteže između proizvodnje i potrošnje, pri tome rezerva sekundarne regulacije će biti aktivirana jedino u upravljačkom području gdje je nastao poremećaj
- vraćanje sinkrone frekvencije sustava na zadanu vrijednost.

Do ovih djelovanja na proizvodnju električne energije, a time i na frekvenciju doći će istodobno, bilo kao odgovor na neznatna odstupanja do kojih nužno dolazi tijekom normalnog pogona, ili kao odgovor na veće odstupanje između proizvodnje i potrošnje povezano s npr. ispadom proizvodnih jedinica.

Parametri svih mrežnih regulatora trebali bi biti takvi da, idealno gledano, samo regulator u području u kojem je došlo do poremećaja reagira i aktivira proizvodne kapacitete sekundarne regulacije.

Značajke i parametri za sekundarnu regulaciju su sljedeći:

- sekundarna regulacija mora djelovati 30 sekundi nakon pojave odstupanja između proizvodnje i potrošnje (ispravljanje trenutne regulacijske pogreške), tj. kada je završeno djelovanje primarne regulacije, čak i u najtežim uvjetima koji su pretpostavljeni za referentni poremećaj;
- povratak frekvencije i snage razmjene na zadane vrijednosti pod djelovanjem sekundarne regulacije mora završiti nakon 15 minuta;
- mrežni regulator mora imati proporcionalni i integracijski član za upravljačko područje te zadovoljavati sljedeću binomnu jednadžbu (4):

$$G_i = \Delta P_i + K_{ri}\,\Delta f \quad [\mathrm{MW}] \tag{4}$$

gdje su:

$$\Delta P_i = -\beta_i \cdot G_i - \frac{1}{T_{ri}} \int G_i\,dt \quad [\mathrm{MW}];$$

β_i = proporcionalni član regulatora u području i;

T_{ri} [s] = vremenska konstanta integracije regulatora u području i;

G_i [MW] = ukupna regulacijska pogreška i-tog regulacijskog područja;

ΔP_i [MW] = odstupanje djelatne snage razmjene i-tog regulacijskog područja od zadane odnosno programirane vrijednosti;

K_{ri} [MW/Hz] = konstanta udešena na regulatoru sustava i-tog regulacijskog područja;

Δf [Hz] = trenutačno odstupanje frekvencije od zadane vrijednosti.

Prihvaćene vrijednosti moraju biti slijedeće:

- K_{ri} bi trebala biti što bliže vrijednosti regulacijske konstante i-tog regulacijskog područja λ_i. Vrijednosti za K_{ri} izračunavaju se godišnje na temelju λ_{U0}, što je regulacijska konstanta za cijelu interkonekciju UCTE, tako da je $K_{ru} = K_{r1}+K_{r2}+...+K_{rn} = 1{,}1\lambda_{U0}$ (danas iznosi 19800 MW/Hz). Vrijednosti za K_{ri} su raspodijeljene u skladu s koeficijentima doprinosa C_i;
- β_i i T_{ri} moraju biti tako odabrani da dinamičko ponašanje sekundarnog regulatora usklade s ponašanjem regulatora generatora koji sudjeluju u sekundarnoj regulaciji i tako osiguravaju pridržavanje preporučenih vremena aktiviranja. Općenito β_i se nalazi u opsegu od 0 do 0,5 sekundi, a T_{ri} u opsegu od 50 do 200 sekundi;
- točnost pojedinih daljinskih mjerenja snage razmjene koja se koriste za sekundarnu regulaciju morat će biti po preporukama UCTE-a reda 0,5–1,5%, s mjernim ciklusom od 0,1–2 sekunde;
- kada se mijenja definirana snaga razmjene između pojedinih upravljačkih područja i susjednih područja, zadana vrijednost razmjene bit će udešena po linearnom principu, tj. podešavanje će početi 5 minuta prije promjene programa razmjene i završiti 5 minuta poslije.

5.1. Sekundarna regulacijska rezerva

Zahtjevana sekundarna regulacijska rezerva R (pozitivni dio sekundarnog regulacijskog opsega) izračunava se prema preporuci UCTE-a [9] pomoću sljedeće empirijske jednadžbe (5):

$$R = \sqrt{aL_{\max} + b^2} - b \quad [\mathrm{MW}] \tag{5}$$

gdje je:

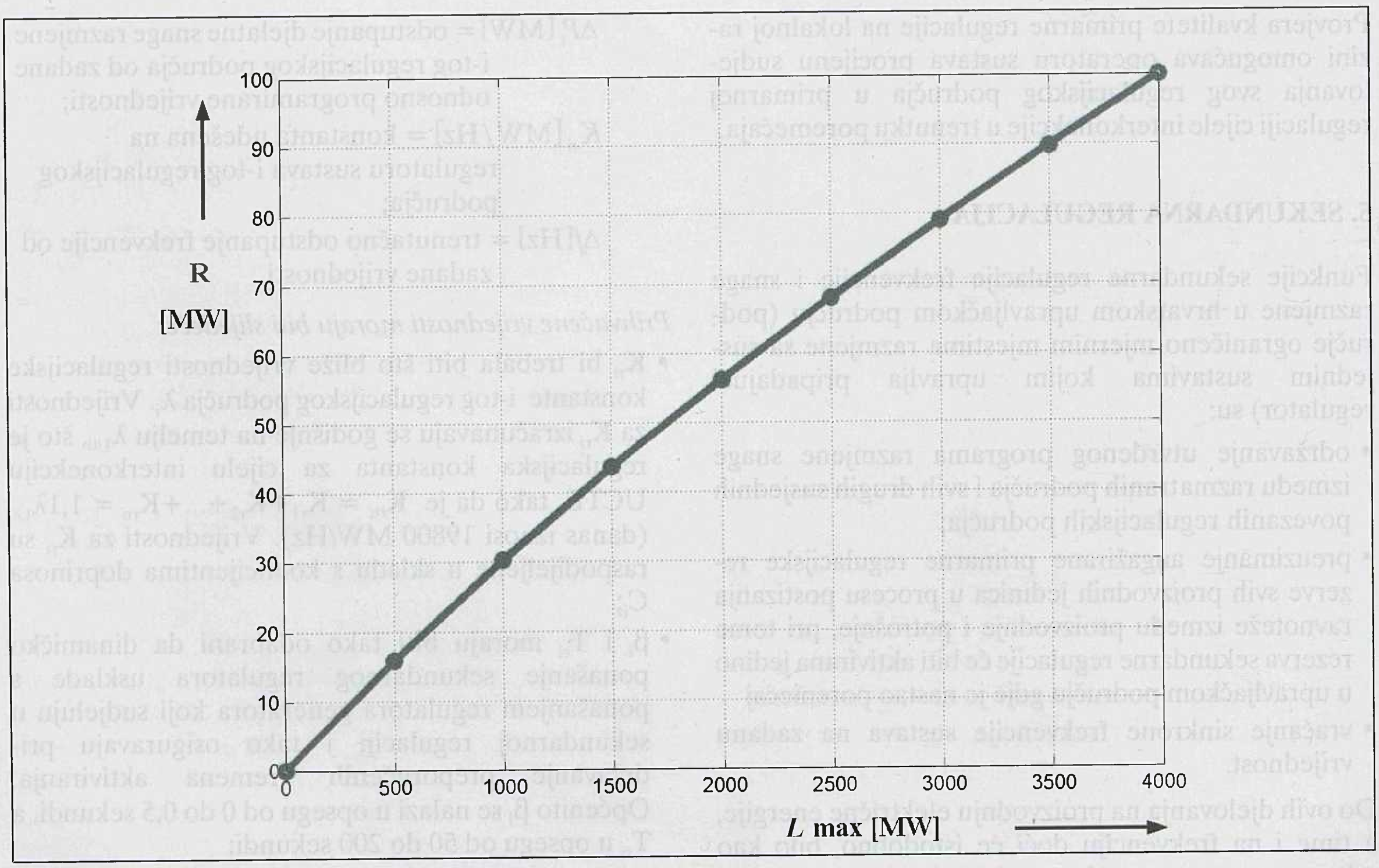
a = 10 i b = 150;

R [MW] = zahtijevana vrijednost sekundarne regulacijske rezerve;

$L_{\max}$ [MW] = očekivana maksimalna snaga potrošnje regulacijskog područja za razmatrani period.

Izgled krivulje zahtijevane sekundarne regulacijske rezerve u ovisnosti s očekivanom maksimalnom snagom potrošnje predočena je na slici 7.

Zahtijevana sekundarna regulacjska rezerva za hrvatski EES s obzirom na prošlogodišnje ostvareno maksimalnu snagu potrošnje(vršno opterećenje) od $L_{\max}$= 2661 MW



Slika 7. Zahtijevana sekundarna regulacijska rezerva

u 19-om satu na dan 26. 1. 2000. godine prema jednadžbi (5), iznosi R=71,608 MW.

S obzirom na postojeće tri hidroelektrane u sekundarnoj regulaciji s raspoloživim snagama na pragu elektrane: HE Senj 3x70 MW, HE Vinodol 3x28 MW i HE Zakučac 2x108 MW + 2x135 MW, u svakom momentu može biti zadovoljen kriterij zahtijevane sekundarne regulacijske rezerve.

5.2. Kvaliteta sekundarne regulacije

Kvaliteteta sekundarne regulacije u normalnom pogonu određuje se svakog mjeseca izračunavanjem statističkog odstupanja frekvencije prema standarnoj devijaciji

$$\sigma=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{n}(f-f_0)^2} \quad [\text{mHz}] \qquad (6)$$

gdje je:

n = broj prosječnih vrijednosti po 15 minutnim intervalima te broj i trajanje korekcija frekvencije;

f = registrirana frekvencija u realnom vremenu;

f_0 = postavna vrijednost frekvencije za sekundarnu regulaciju.

Također je potrebno promatrati i odstupanja frekvencije $|\Delta f| > 50$ mHz u odnosu na postavnu vrijednost frekvencije i mjeriti vrijeme tjekom kojega je Δf veće od 50 mHz (sl. 3).

Kod većih poremećaja poradi ispada proizvodnih jedinica većih od 600 MW kvaliteta frekvencije se provjerava na regulacijskom području pogođenog ispadom.

Najčešće se prema UCTE preporukama [10] za kvalitetu sekundarne regulacije koristi tzv. metoda trube praćenjem promjena frekvencije od momenta poremećaja pa sve do vraćanja frekvencije na postavnu vrijednost. Ako se ta vremenska promjena frekvencije tijekom rada sekundarne frekvencije nalazi unutar trubaste krivulje, smatra se da je djelovanje regulacije tehnički korektno.

6. TERCIJARNA REGULACIJA

Ako gubitak najveće proizvodne jedinice u razmatranom regulacijskom području nije pokriven sekundarnom rezervom tog područja, potrebno je napraviti pripremu za dodatnu rezervu koja će nadoknaditi gubitak proizvodne jedinice u potrebnom vremenu. Ova pričuva može biti u obliku brzo upuštajućih elektrana, novih voznih redova za proizvodne jedinice ili raspodjele opterećenja. Ova se dodatna rezerva može također dobiti iz drugih upravljačkih područja, ovisno o sporazumu.

Tercijarna regulacija je svako udešenje, automatsko ili ručno, radnih točaka proizvodnih jedinica koje sudjeluju u sekundarnoj regulaciji radi:

- garantiranja zahtijevane sekundarne regulacijske rezerve u dovoljnjoj količini i u pravo vrijeme;

- gospodarski optimalne raspodjele sekundarne regulacijske snage na prozvodine jedinice koje sudjeluju u sekundarnoj regulaciji.

Udešenja se mogu izvesti:

- uključenjem/isključenjem snage (brzim upuštanjem plinskih, akumulacijskih i reverzibilnih elektrana, povećanjem ili smanjenjem snage već angažiranih proizvodnih jedinica u pogonu EES-a;
- preraspodjelom snage proizvodnih jedinica koje sudjeluju u sekundarnoj regulaciji;
- uključenjem/isključenjem značajnijih pumpi;
- upravljanjem potrošnjom (npr. centraliziranim daljinskim upravljanjem);
- promjenom programa razmjene između regulacijskih područja.

6.1. Minutna rezerva (zahtijevana tercijarna regulacijska rezerva)

Tercijarna regulacijska rezerva je snaga koja se može automatski ili ručno angažirati u okviru tercijarne regulacije kako bi se osigurala zahtjevana sekundarna regulacijska rezerva. Ona se povremeno angažira poradi bolje učinkovitosti sekundarne regulacije.

Minutna rezerva ili zahtijevana tercijarna regulacijska rezerva osigurava zahtijevanu sekundarnu regulacijsku rezervu u svakom trenutku čak i kod ispada najveće proizvodne jedinice u promatranom regulacijskom području. Znači ako postojeća zahtijevana sekundarna regulacijska rezerva nije dovoljna, treba raspolagati s minutnom rezervom u iznosu do veličine najveće proizvodne jedinice. Minutna pričuva se ne mora nužno osiguravati iz vlastitog regulacijskog područja.

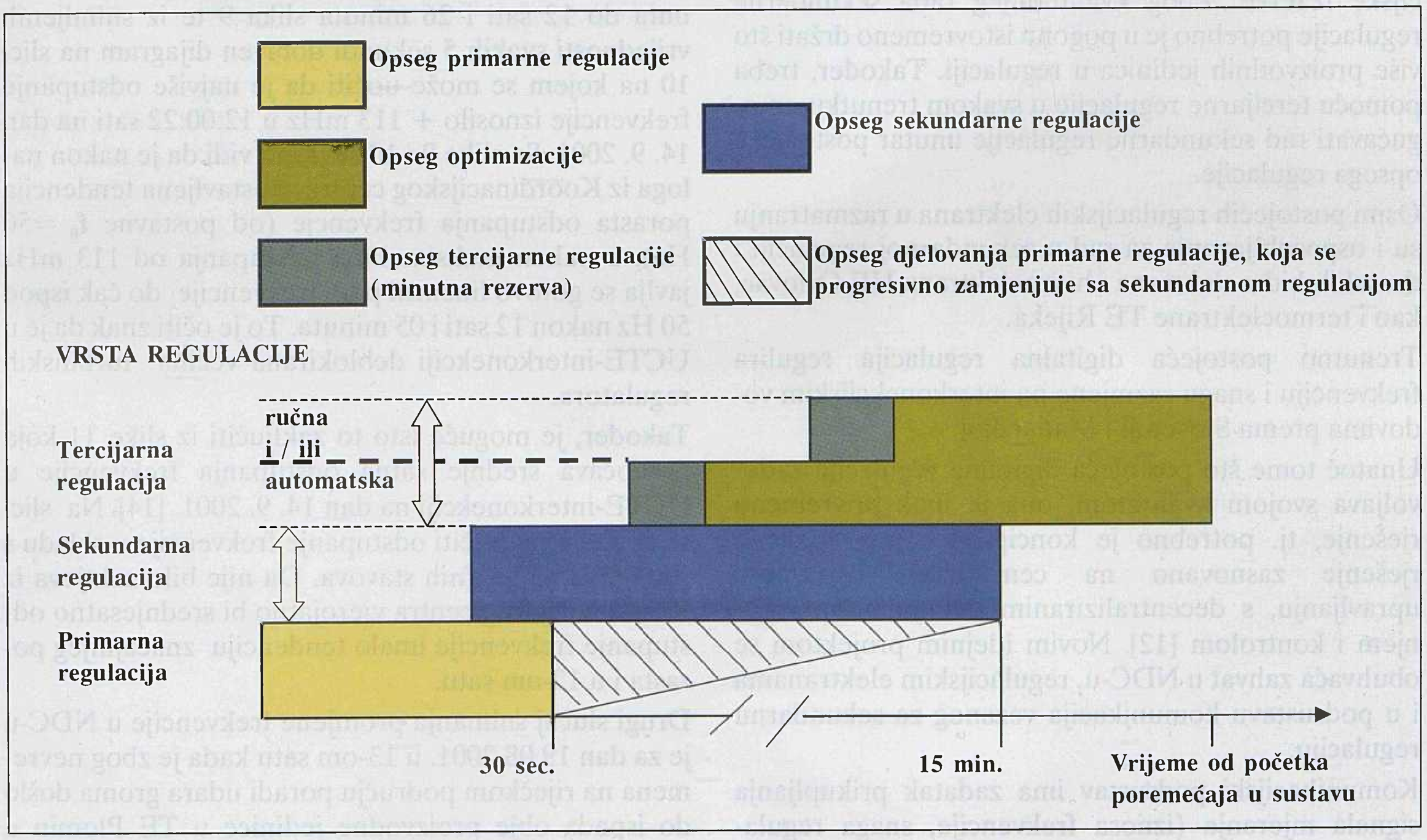
Trajanje dozvoljenog perioda rada sekundarne regulacije može biti najviše 15 minuta nakon 30 sekundnog djelovanja primarne regulacije, dok djelovanje tercijarne regulacije s obzirom na optimizaciju mreže i elektrana još ne mora završiti. Vremenski djelokrug rada primarne, sekundarne i tercijarne regulacije, koji se djelomično preklapaju, zorno je prikazan na slici 8.

Za hrvatski EES minutna rezerva iznosi **300 MW** koliko iznosi snaga na pragu termoelektrane TE Rijeka kao najveće proizvodne jedinice u našem regulacijskom području.

Za osiguravanje potrebne minutne rezerve za naš EES potrebno je voznim redovima u svakom trenutku imati barem 2/3 rotirajuće rezerve u snazi angažiranih proizvodnih jedinica (termo ili hidro elektrane), a preostalu trećinu osiguravati hladnom rezervom s brzo startajućim prizvodnim jedinicama, kao što su plinske jedinice u KTE Jertovcu i PTE Osijek. Isto tako ta se rezerva može imati i u neangažiranim proizvodnim jedinicama, npr. u hidroelektranama HE Gojak i HE Orlovac ili u reverzobilnoj elektrani RHE Velebit.

7. SEKUNDARNA REGULACIJA U HRVATSKOM EES-u

Nabavom analognog sustava za automatsku sekundarnu regulaciju frekvencije (Leeds&Northrup made in USA) omogućena je kvalitetna regulacija frekvencije i paralelan rad elektroenergetskog sustava bivše



Slika 8. Vremenski periodi i opsezi djelovanja regulacija frekvencije

države SFRJ s UCPTE-interkonekcijom počev od 16. 9. 1974. uspostavljanjem paralelnog rada s Italijom, a od 23. 4. 1975. i s Austrijom.

Tijekom 1993. godine obavljena je zamjena starog analognog uređaja sekundarne regulacije u nacionalnom dispečerskom centru (NDC) u Zagrebu s novim digitalnim regulatorom EURUS [11] koji koristi iste mjerne i regulacijske puteve kao i bivši analogni regulator i postojeći informacijski sustav OPC/PPC.

Digitalni regulator u sustavu sekundarne regulacije hrvatskog regulacijskog područja ima udešene vrijednosti: za proporcionalni član $\beta_i = 0,5$ i vremensku konstantu integracije regulatora $T_{ri} = 25,0$ [s].

Svi postojeći uređaji u regulacijskim elektranama (hidroelektrane HE Senj, HE Vinodol i HE Zakučac) zadržani su u novom rješenju. HE Vinodol ima tri jednake proizvodne jedinice priključene na 110 kV, svaki s opsegom regulacije od minimalne snage od 0 MW do maksimalne snage od 29 MW. HE Senj ima tri jednake proizvodne jedinice s opsegom regulacije od 35 MW do 70 MW, s tom razlikom da je G_1 na pragu elektrane priključen na napon od 220 kV a druga dva bloka G_2 i G_3 su priključeni na 110 kV. HE Zakučac ima 4 proizvodne jedinice od koji su u parovima: stari G_1 i G_2 s istim opsegom regulacije između 45 MW i 108 MW na pragu elektrane priključena na napon od 110 kV odnosno 220 kV i nove proizvodne jedinice G_3 i G_4 s opsegom regulacije od 80 MW do 135 MW, priključena na napon 220 kV, odnosno 110 kV.

Očigledno je da u svakom momentu može biti zadovoljen kriterij u pogledu zahtijevane sekundarne regulacijske rezerve. Zbog kvalitetnijeg rada sekundarne regulacije potrebno je u pogonu istovremeno držati što više proizvodnih jedinica u regulaciji. Također, treba pomoću tercijarne regulacije u svakom trenutku omogućavati rad sekundarne regulacije unutar postojećeg opsega regulacije.

Osim postojećih regulacijskih elektrana u razmatranju su i osposobljavanje za rad u sekundarnoj regulaciji i dravskih hidroelektrana i hidroelektrana HE Orlovac, kao i termoelektrane TE Rijeka.

Trenutno postojeća digitalna regulacija regulira frekvenciju i snagu razmjene na interkonekcijskim vodovima prema Sloveniji i Mađarskoj.

Unatoč tome što postojeća digitalna regulacija zadovoljava svojom kvalitetom, ona je ipak privremeno rješenje, tj. potrebno je koncipirati novo konačno rješenje zasnovano na centralnom osnovnom upravljanju, s decentraliziranim detaljnim upravljanjem i kontrolom [12]. Novim idejnim projektom se obuhvaća zahvat u NDC-u, regulacijskim elektranama i u podsustavu komunikacija vezanog za sekundarnu regulaciju.

Komunikacijski podsustav ima zadatak prikupljanja signala mjerenja (iznosa frekvencije, snaga regulacijskih elektrana i snaga razmjene interkonekcijskih vodova, kao i slanja upravljačkih signala prema regulacijskim elektranama), što ima presudnu ulogu za kvalitetan rad sustava sekundarne regulacije.

U projektu nove cjelovite sekundarne regulacije se predviđa i tzv. grupna regulacija djelatne i jalove snage u elektranama. Naime regulacijske elektrane koje nisu uključene u sekundarnu regulaciju iz energetskih ili drugog razloga mogu raditi automatski prema voznim redovima (za radnu i jalovu snagu) putem grupne regulacije, pomoću istih uređaja za sekundarnu regulaciju. Isto tako to se može ostvariti i kod drugih elektrana koje nisu predviđene za rad u sekundarnoj regulaciji.

Prema procjeni [12] ukupna regulacijska energija za naše regulacijsko područje (zajedno s dijelom EES-a BIH-a koji pripada sinkronoj "zoni 1"-UCTE-interkonekcije) iznosila je za 1995. godinu $\lambda_i = 450$ [MWs].

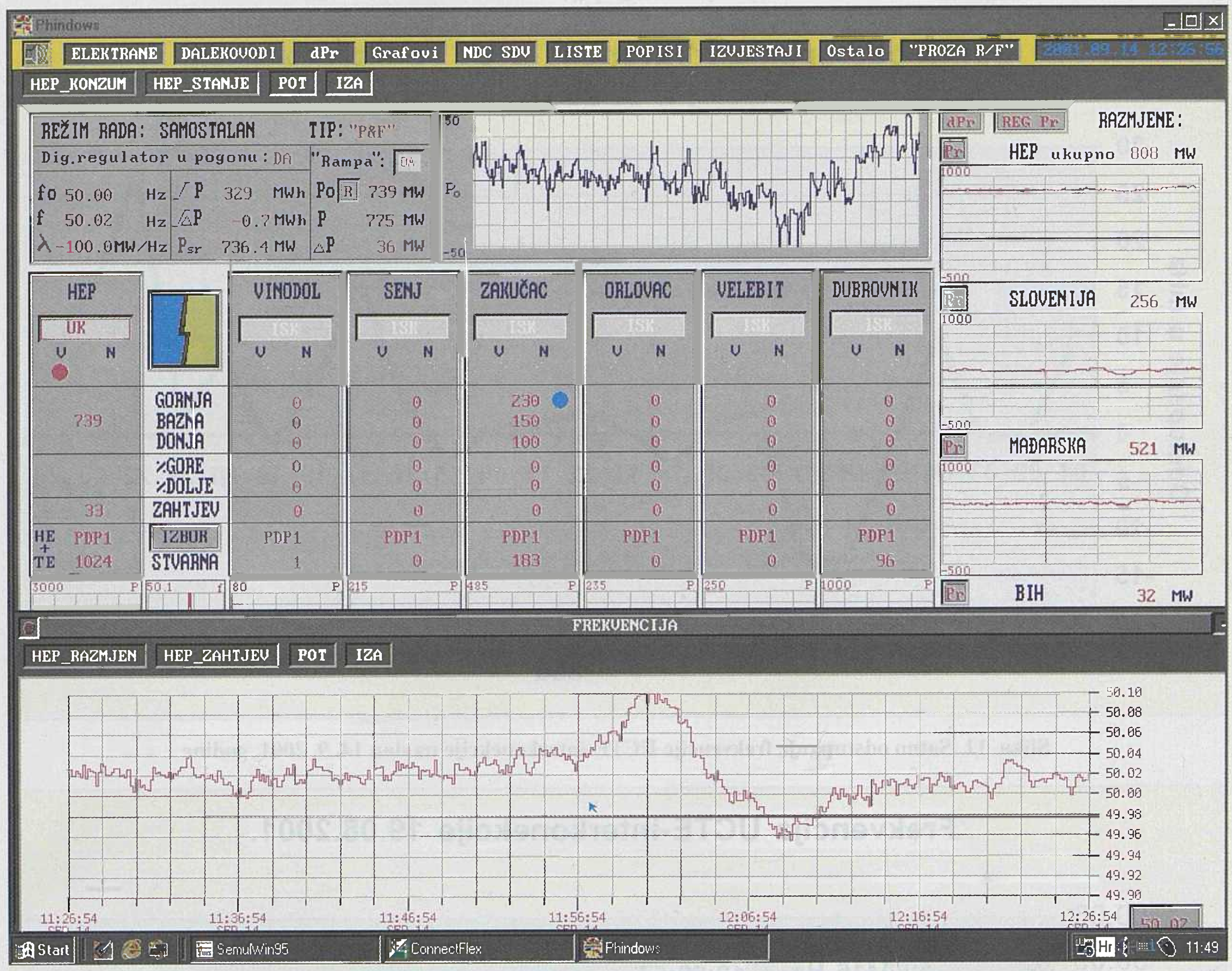
7.1. Procjena kvalitete frekvencije u NDC-u u Zagrebu

Snimanje ponašanja frekvencije u NDC-u Zagreb ostvareno je 14. 9. 2001. oko 12 sati. Povod je bio nalog Koordinacijskog centra iz Laufenbourg-a za deblokiranje svih turbinskih regulatora proizvodnih jedinica koje nisu uključene u algoritam sekundarne regulacije zbog najavljene minute šutnje u cijeloj Europi u čast palih žrtava terorističkog napada na Svjetski trgovački centar (WTO) u New York-u koji se dogodio dana 11. 9. 2001. godine.

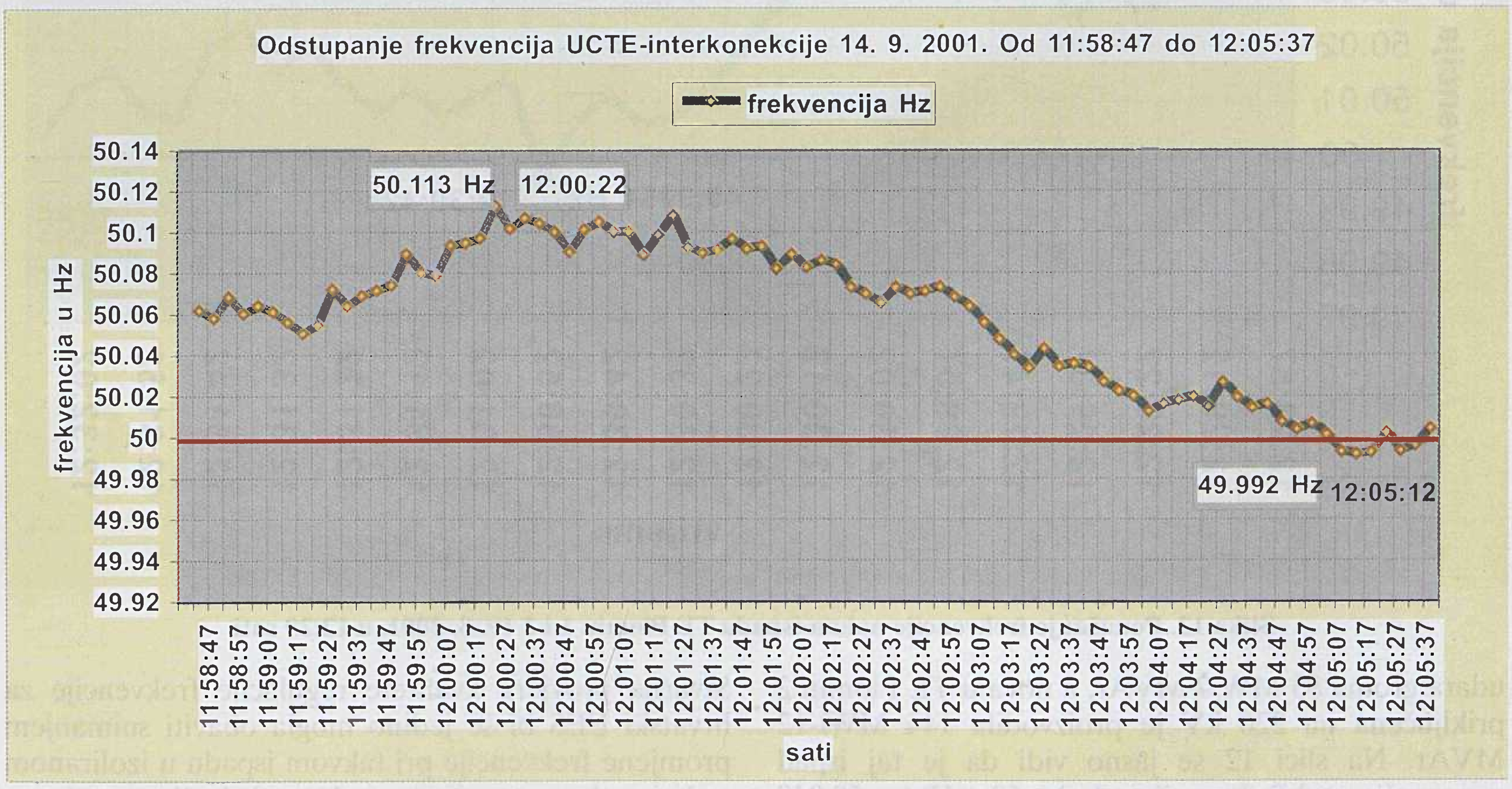
S monitora digitalnog regulatora EURUS skinuta je slika promjene frekvencije mjerene u transformacijskoj stanici u Mraclinu za period od 11 sati i 26 minuta do 12 sati i 26 minuta slika 9 te iz snimljenih vrijednosti svakih 5 sekundi dobiven dijagram na slici 10 na kojem se može uočiti da je najviše odstupanje frekvencije iznosilo + 113 mHz u 12:00:22 sati na dan 14. 9. 2001. Sa slike 9 i 10 se jasno vidi da je nakon naloga iz Koordinacijskog centra zaustavljena tendencija porasta odstupanja frekvencje (od postavne $\mathbf{f}_0$ =50 Hz), a nakon maksimalnog odstupanja od 113 mHz javlja se gotovo linearni pad frekvencije do čak ispod 50 Hz nakon 12 sati i 05 minuta. To je očiti znak da je u UCTE-interkonekciji deblokirana većina turbinskih regulatora.

Također, je moguće isto to zaključiti iz slike 11 koja predočava srednje satna odstupanja frekvencije u UCTE-interkonekciji na dan 14. 9. 2001. [14]. Na slici se može jasno uočiti odstupanje frekvencije u skladu s promjenama tarifnih stavova. Da nije bilo zahtjeva iz Koordinacijskog centra vjerojatno bi srednjesatno odstupanje frekvencije imalo tendenciju značajnijeg porasta i u 12-om satu.

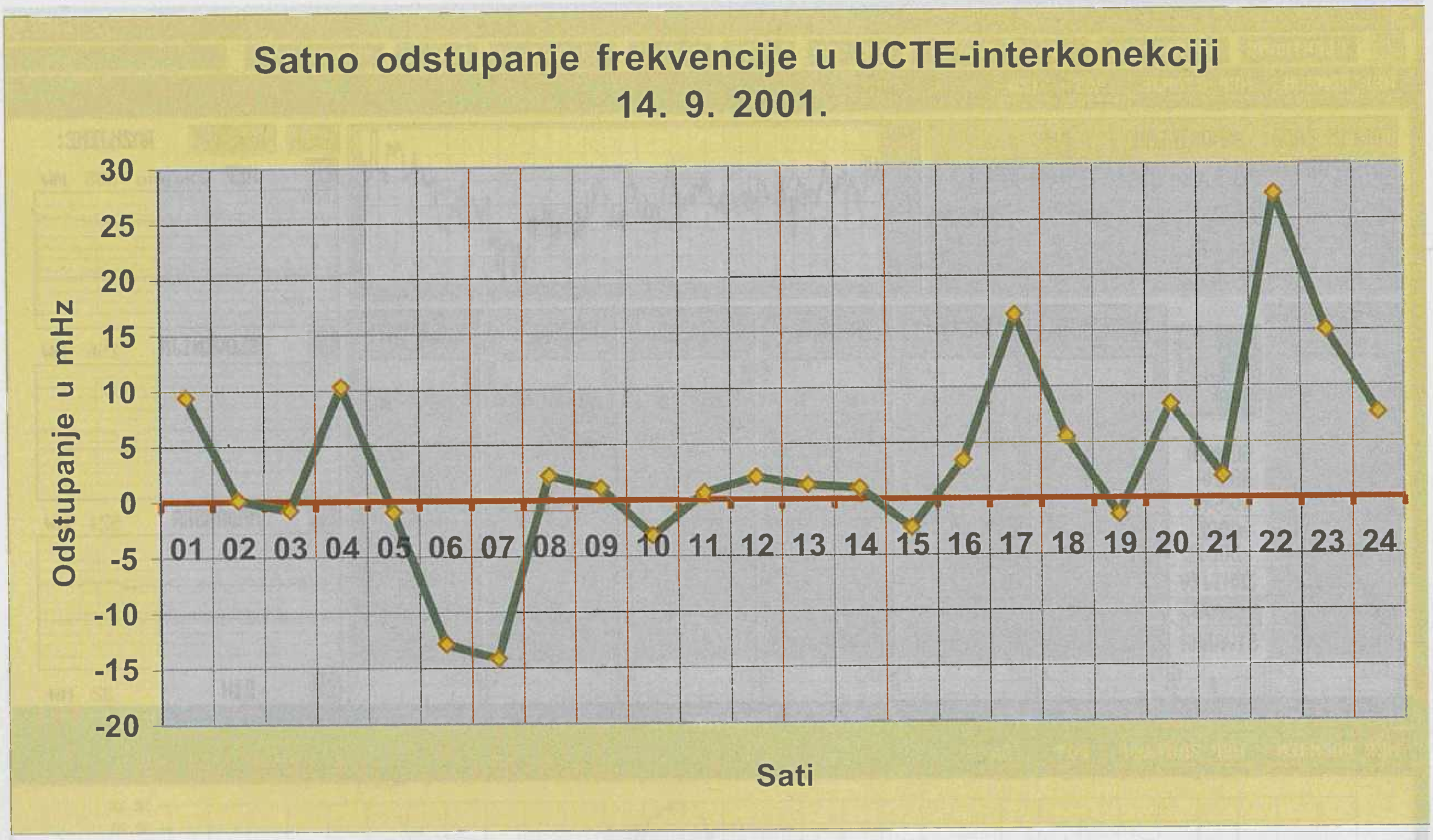
Drugi slučaj snimanja promjene frekvencije u NDC-u je za dan 19.08.2001. u 13-om satu kada je zbog nevremena na riječkom području poradi udara groma došlo do ispada obje proizvodne jedinice u TE Plomin u 12:29 sati. Stara proizvodna jedinica u TE Plomin 1 priključena na napon 110 kV je proizvodila u trenutku



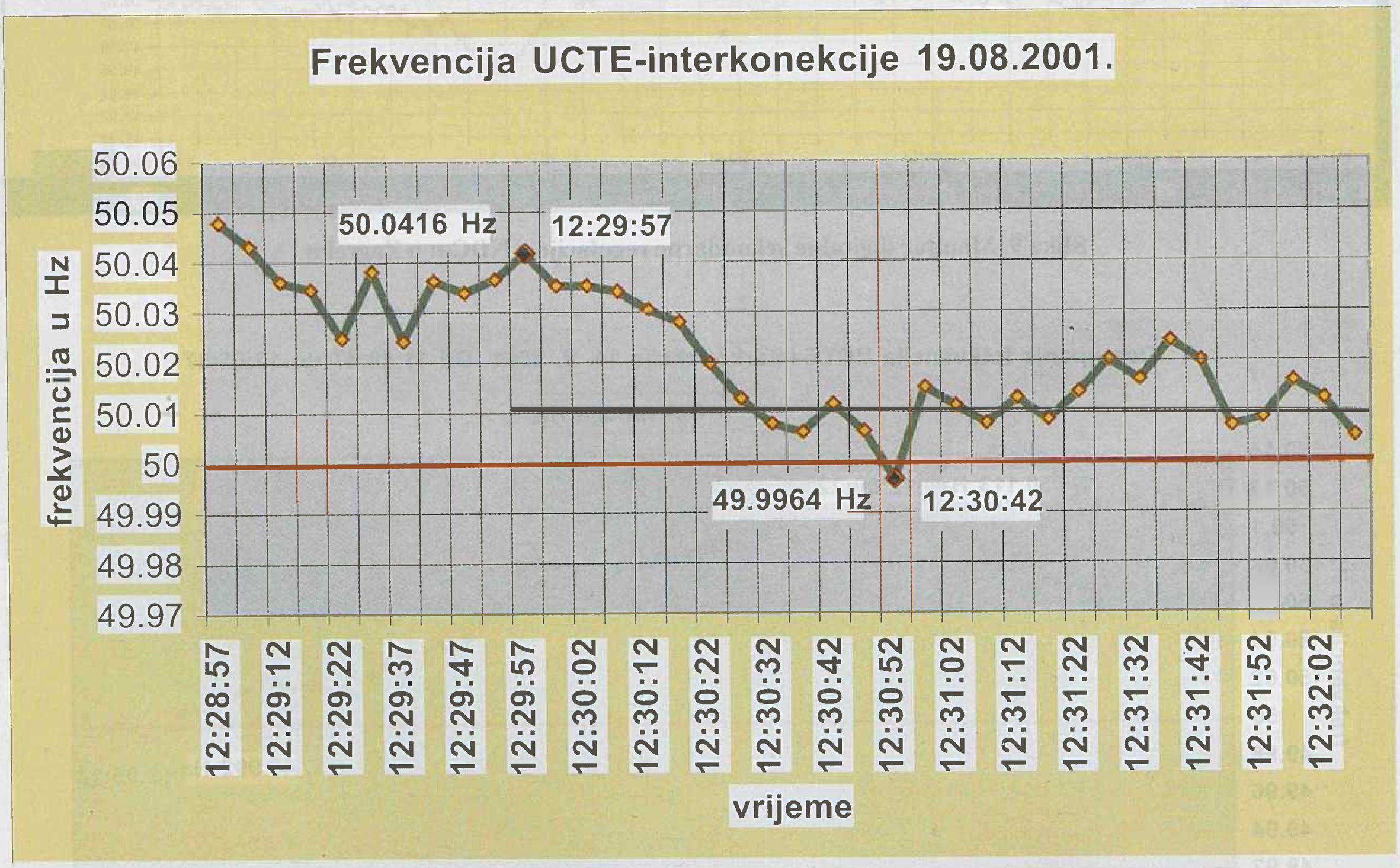
Slika 9. Monitor digitalne sekundarne regulacije u NDC-u u Zagrebu



Slika 10. Promjena frekvencije na dan 14. 9. 2001. za period od 11:58:47 – 12:05:37 sati u TS Mraclin



Slika. 11. Satno odstupanje frekvencije UCTE-interkonekcije na dan 14. 9. 2001. godine



Slika 12. Ponašanje frekvencije nakon ispada TE Plomin 1 i 2 19. 8. 2001. u 12:29 sati

udara groma 85 MW/7 MVAr, a nova u TE Plomin 2 priključena na 220 kV je proizvodila 144 MW/-12 MVAr. Na slici 12 se jasno vidi da je taj ispad prouzročio pad frekvencije od oko 50 mHz(sa 50.048 Hz na 49.996 Hz).

Stvarna provjera kvalitete regulacije frekvencije za hrvatski EES bi se jedino mogla obaviti snimanjem promjene frekvencije pri takvom ispadu u izoliranom radu i onda umetanjem u trubastu krivulju za naš sustav frekvencija bi se trebala nalaziti unutar iste, a

nakon 15 minutnog djelovanja sekundarne regulacije trebala bi se naći u području 20 mHz koliko iznosi mrtva zona regulatora.

8. ZAKLJUČAK

Na otvorenom tržištu električne energije zaoštrava se pitanje regulacije frekvencije i osiguravanja dovoljne rezerve snage kako bi u svakom momentu frekvencija bila zadovoljavajuće kvalitete. Ključnu ulogu u tome ima operator sustava koji regulacijom frekvencije ispunjava jednu od glavnih usluga elektroenergetskog sustava.

Elektrane koje sa svojim proizvodnim jedinicama sudjeluju u regulaciji frekvencije i rezervi snage kao korisnici mreže-prirodnog monopola, pružaju tzv. pomoćne (dodatne) usluge EES-a. Uspostavljanjem mjerenja svake usluge omogućuje se njihovo vrednovanje.

Za očekivati je pojavu tržišta usluge EES-a osim tržišta električne energije koje prvenstveno služi za pokrivanje potrošnje električne energije. Razumljivo da rezerve snage mogu biti angažirane samo u slučaju poremećaja koji ih inicira.

Neprekidni monitoring kvalitete frekvencije i zahvati na njenom poboljšanju, kao i odgovarajuća udešenja regulatora frekvencije koja prate rast sustava su nužna.

Premda postojeća sekundarna regulacija s digitalnim regulatorom u NDC-u trenutno zadovoljava, nužno je složenije rješenje zasnovano na centralnom osnovnom upravljanju s decentraliziranim detaljnim upravljanjem i kontrolom s potpunom novom opremom u NDC-u, regulacijskim elektranama uz uspostavu novog komunikacijskog podsustava vezanog za sustav sekundarne regulacije frekvencije.

LITERATURA

[1] Direktiva 96/92 EC Europskog parlamenta i Vijeća, od 19. prosinca 1996. vezano uz zajednička pravila za interno tržište električne energije, prijevod u HEP-ovom Vijesniku, svibanj 1999.

[2] Direktiva 98/30 EC Europskog parlamenta i Vijeća, od 10. kolovoza 1998. vezano uz zajednička pravila za interno tržište plina, http://www.europa.eu.int/.

[3] Zakon o energiji, Narodne novine br. 68/2001, Zagreb, 27 srpnja 2001.

[4] Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti, Narodne novine br. 68/2001, Zagreb, 27. srpnja 2001.

[5] Zakon o tržištu električne energije, Narodne novine br. 68/2001, Zagreb, 27 srpnja 2001.

[6] Zakon o tržištu plina, Narodne novine br. 68/2001, Zagreb, 27 srpnja 2001.

[7] Zakon o tržištu nafte i naftnih derivata, Narodne novine br. 68/2001, Zagreb, 27 srpnja 2001.

[8] M. BLAŽIČKO, V. DOKMANOVIĆ, V. GRUJIĆ, Z. KOMERIČKI, Ž. KOŠČAK, D. POLJAK i I. TOLJAN: "Definiranje koncepcije i priprema aktivnosti za izradu mrežne norme hrvatskog elektroenergetskog sustava (Pravila rada hrvatskog EES-a)", EKONERG HOLDING, d.o.o., Zagreb, ožujak 2000.

[9] "HRVATSKA NORMA: HRN IEC 196 i HRN IEC 242", Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Prvo izdanje, svibanj 1998.

[10] GROUND RULES, concerning primary and secondary control of frequency and active power within the UCPTE, UCPTE – Secretariat, Wien, 1. 6. 1998.

[11] V. ZADRAVEC, "Tehnički opis digitalnog regulatora za sekundarnu regulaciju frekvencije i snaga razmjene u EES HEP", Dokument br. 101 u sklopu Projektne dokumentacije EURUS, Zagreb, studeni 1993.

[12] M. ŠODAN i dr., "Sekundarna regulacija frekvencija – snaga za cjelokupni energetski sustav Hrvatske elektroprivrede", Idejno rješenje, FER / ZVNE, Zagreb, siječanj 1995.

[13] I. KUZLE, S. TEŠNJAK, T. TOMIŠA, "Rotirajuća pričuva u uvjetima tržišta električnom energijom", , Peto savjetovanje HK-CIGRE, Ref. 39 – 12, Cavtat, 4. 11. – 8. 11. 2001.

[14] ETRANS, Koordinacijski centar, Laufenbourg, http://www.vulcanus.org/main.asp

[15] V. GRUJIĆ, "Tehnical means to increase interconnection capability and flexibility while maintaining system security", AEI-CIGRE, Padova, Italy, 4-5 october 2001.

FREQUENCY REGULATION IN CIRCUMSTANCES OF OPEN ELECTRIC ENERGY MARKET

In this paper the aspects of frequency regulation in circumstances of open electric energy market are described. Liberalisation of electric power sector turns down the monopoly structure of electric power utilities and the price of electric energy is determined based on offer and demand in competitive surroundings in order to increase the sector efficiency. The system operator has a key role in electric power system control. Frequency regulation is one of the main services of the electric power system realised by the system operator using primary, secondary and tertiary frequency regulation. Frequency quality can be realised by continuous energy reserve necessary for regulation. Special attention goes to the criteria of tertiary regulation reserve (minute reserve) that can be rotating or cold, handy or automatic. In that sense continuous monitoring of frequency quality is needed, assurance of the necessary reserve and follow up of consumption increase in the system with corresponding arrangement of rotating speed regulation in the plants.

FREQUENZREGELUNG IN DEN BEDINGUNGEN DES OFFENEN MARKTES DER ELEKTRISCHEN ENERGIE

Dargestellt im Artikel ist der Fragenbereich der Frequenzregelung in den Bedingungen eines offenen Marktes der elektrischen Energie. Durch die Freistellung des Strommarktes bricht die monopolistische Struktur von elektrizitätswirtschaftlichen Unternehmen zusammen, und die Strompreise werden auf Grund von konkurenzgeprägtem Angebot und Nachfrage gestaltet, mit dem Ziel die Leis-

tungsfähigkeit der Elektrizitätswirtschaft zu fördern. Die Schlüsselstellung in der Leitung des Elektroenergetischen Systems hat der Systembetreiber.

Die Frequenzregelung ist eine der wichtigsten, vom Systembetreiber gesicherten Dienstleistungen des Elektroenergetischen Systems, und zwar durch Eingreifen in alle drei Regelungsverfahren: primäres, sekundäres und tertiäres. Hochwertige Frequenz lässt sich durch stätige Sicherung genügender Rücklage der Regelungsleistung verwirklichen. Besonders muss auf die entscheidenden Merkmale der Rücklage tertiärer Regelung -Die Minutenreserve- geachtet werden. . Diese Reserve kann rotierend oder kalt, sowie hand- oder automatisch betätigt sein. In diesem Sinne sind eine stätige Beobachtung der Frequenzqualität, die Sicherung der erforderten Leistungsreserve, die Beobachtung der Laststeigerung im System und die einvernommene Einstellung der Drehgeschwindigkeitsregler in den Kraftwerken notwendig.

Naslov pisaca:

Vladimir Grujić, dipl. ing.
Niko Mandić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-11-29.

PRIKLJUČIVANJE MALOG TERMOENERGETSKOG OBJEKTA (mTEO) NA JAVNI ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

(Slučaj mTEO PLIVA, Savski Marof)

Miroslav B l a ž i č k o, Zagreb

UDK 621.31.005:621.311.22
STRUČNI ČLANAK

U članku se iznose osnovni uvjeti elektroenergetskog sustava (EES-a) za dopuštanje paralelnog rada male termoelektrane (mTE) s distribucijskom mrežom i zapažanja o dimenzioniranju zahtjeva elektroenergetskog sustava. Na osnovi iskustava stečenih tijekom izgradnje i priključivanja mTE PLIVA u okviru industrijskog elektroenergetskog sustava (iEES) PLIVA, Savski Marof na distribucijsku mrežu potencijalnim se neovisnim proizvođačima električne energije (NPE) ukazuje na probleme s kojima se mogu suočiti (neprimjereni paralelni rad i neprihvatljiv povratni utjecaj mTE/unutarnje mreže na javnu mrežu), a koji mogu posredno ugroziti isplativost ulaganja u mTE. Na osnovi usporedbe odredbi iz Tehničkih uvjeta za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede [1] sa stavovima iz dokumenata IEC [3] i VDEW [4] iznose se prijedlozi za fleksibilniji pristup postavljanju tehničkih uvjeta za priključak mTE na mrežu (odnosno poboljšavanje važećeg dokumenta [1] u tom smislu) uvažavajući stvarne lokalne uvjete, što bi neovisnim proizvođačima energije omogućilo optimiranje pri dimenzioniranju i investiranju u mTE, a mreži osiguralo jače izvore električne energije.

Ključne riječi: neovisni proizvođač električne energije [NPE]; tehnički uvjeti za priključak TEO na elektroenergetski sustav; male elektrane; priključak; viši harmonici struje; distorzija napona.

UVOD

Radi zadovoljavanja povećanih energetskih potreba svojih pogona i poboljšanja efikasnosti industrijskog energetskog sustava u proizvodnom kompleksu PLIVA, Savski Marof, PLIVA d.d. je odlučila proširiti postojeća energetska postrojenja na toj lokaciji izgradnjom kogeneracijskog postrojenja (plinski turboagregat s vršnom snagom 6 MVA, kotao na ispušne plinove turbine s kapacitetom 8/12 t/h visokotlačne pare).

Prije izgradnje novoga kogeneracijskog postrojenja PLIVA je svoje energetske potrebe na lokaciji Savski Marof zadovoljavala vlastitom proizvodnjom visokotlačne pare (za proizvodnju električne energije i posredno za tehnološke potrebe) i srednjotlačne pare (izravno za tehnološke potrebe); visokotlačna se para pri tome reducirala na srednji tlak preko parnog turboagregata 1,45 MVA, kojim su se tek djelomično pokrivale potrebe za električnom energijom u proizvodnim postrojenjima. Prije izgradnje kogeneracijskog postrojenja PLIVA je veći dio svojih potreba za električnom energijom zadovoljavala napajanjem iz javnog elektroenergetskog sustava, tj. 20 kV distribucijske mreže Hrvatske elektroprivrede (HEP-a).

Istodobno s izgradnjom kogeneracijskog postrojenja, kao vlastitog izvora energije, PLIVA je na lokaciji Savski Marof dovršavala izgradnju postrojenja Azitromicin (pogona za proizvodnju antibiotika, novoga potrošača sa specifičnim pogonom) te izvodila rekonstrukciju 20 kV rasklopnog postrojenja preko kojeg se industrijski elektroenergetski sustav (iEES) PLIVA priključuje na mrežu HEP-a.

Puštanje u rad novoga 20 kV rasklopnog postrojenja i proizvodnog postrojenja Azitromicin, a zatim i puštanje u rad kogeneracijskog postrojenja s funkcijskim ispitivanjima, obavljeno je bez odvojenih međufaznih komparativnih ispitivanja povratnog djelovanja postrojenja Azitromicin i/ili kogeneracijskog postrojenja na mrežu; zbog toga su pojave koje se razmatraju u ovome članku i njihovi izvori bile otkrivene tek pri ispitivanju primjerenosti paralelnog rada s mrežom i povratnog djelovanja na mrežu.

PRETPOSTAVKE ZA PRIKLJUČAK mTEO PLIVA, SAVSKI MAROF NA ELEKTROENERGETSKI SUSTAV HEP-a

Osnovni cilj energetskih postrojenja PLIVA, Savski Marof je osiguravanje dovoljnih količina tehnološke pare; za proizvodnju zadanih željenih količina pare u kogeneracijskom je procesu usporedna proizvodnja električne energije veća od vlastitih potreba postro-

jenja PLIVA, Savski Marof, pa postoji mogućnost isporuke viška električne energije u javnu elektroenergetsku mrežu. Takva rješenja, koja vode racionalnijem korištenju i proizvodnji električne energije, potiče i HEP odlukom svoga Upravnog odbora od 28. 1. 1994. [1, čl. 1].

Mogućnošću isporuke energije u javnu elektroenergetsku (distribucijsku) mrežu PLIVA, Savski Marof iskazuje se kao **neovisni proizvođač električne energije** (NPE), koji se na tu mrežu može i smije priključiti te u nju isporučivati ili iz nje preuzimati energiju uz uvjet da dosljedno udovoljava određenim tehničkim uvjetima (preduvjetima i pravilima za paralelan rad s elektroenergetskim sustavom) odnosno zahtjevima iz elektroenergetske suglasnosti vlasnika / nadležnog operatora mreže.

Tehnički uvjeti za priključak mTEO (NPE) na elektroenergetski sustav HEP-a [1] definiraju sve zahtjeve sustava. Budući da se radi o priključku na srednjonaponsku distribucijsku mrežu (20 kV), snaga razmjene ograničena je na 5 MW (elektroenergetska suglasnost) odnosno agregati neovisnog proizvođača ne smiju imati pojedinačnu snagu veću od 5 MW [2, čl. 2]. Taj je zahtjev utvrđen "prema dva temeljna kriterija i to:

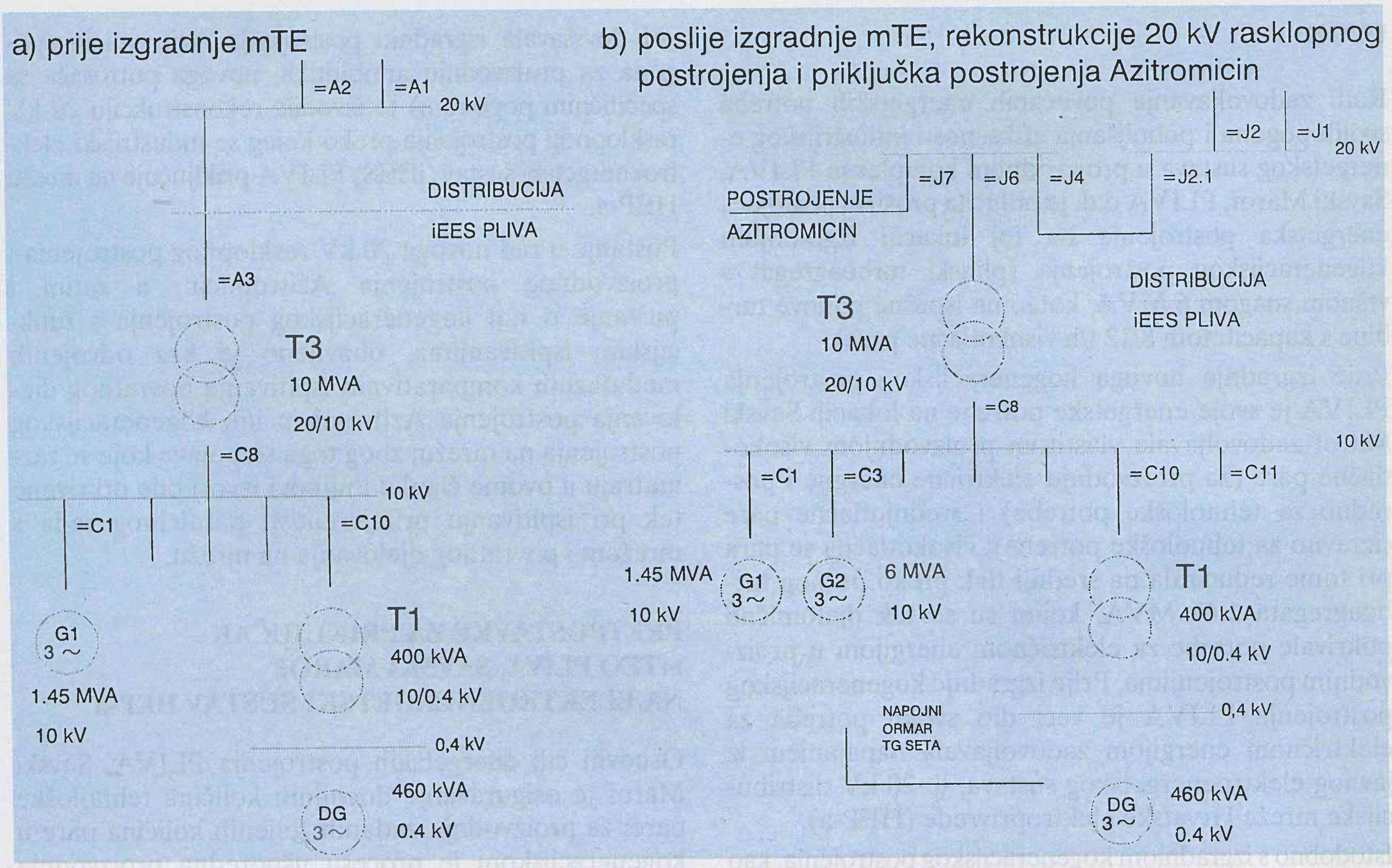
- prijenosnih mogućnosti prosječne distribucijske mreže i
- potrebnih ograničenja glede dinamičke stabilnosti distribucijske mreže" [1, Komentar].

Tome je zahtjevu u ovome slučaju udovoljeno izborom turboagregata prividne snage 6000 kVA (4800 kW).

U Tehničkim uvjetima se posebno obrađuju **primjereni paralelni pogon mE s mrežom** i mogući negativni **povratni utjecaji mE na mrežu**. Neovisni proizvođač (NPE) stječe pravo na paralelan rad s mrežom udovoljavanjem svim zadanim tehničkim uvjetima (konfiguracija priključka, pogonske mogućnosti, pogonska pravila) te dokazivanjem primjerenosti paralelnog pogona i dopuštenog (tj. za mrežu i ostale potrošače prihvatljivog) povratnog utjecaja na mrežu; pri tome se u pogonu mTEO PLIVA, Savski Marof moraju uvažavati određena ograničenja koja su posljedica stvarnih pogonskih okolnosti.

Pri projektiranju priključka kogeneracijskog postrojenja na distribucijsku mrežu u ovom su se slučaju, uz spomenute Tehničke uvjete, u obzir morale uzeti i zatečene i buduće tehnološke potrebe proizvodnih pogona, mogućnosti prilagodbe elektroenergetskog sustava PLIVA, Savski Marof tim potrebama, stanje postojećih rasklopnih postrojenja, odnosno postojeće mogućnosti rukovanja postrojenjima i navike osoblja. Svi su navedeni aspekti utjecali na odluku o konfiguraciji unutarnje elektroenergetske mreže PLIVA, Savski Marof od generatora do mrežnog prekidača te na izbor načina upravljanja priključkom. Odabranom konfiguracijom omogućeno je pokretanje generatora G2 (plinski turboagregat) iz beznaponskog stanja ("crni start") pomoću vlastitog diesel-agregata te ponovna uspostava opskrbe sustava PLIVA, Savski Marof električnom energijom.

Konfiguracije elektroenergetskog sustava PLIVA, Savski Marof prije i poslije svih rekonstrukcijskih i investicijskih zahvata prikazuju se na slici 1.



Slika 1. Pojednostavljene sheme elektroenergetskog sustava PLIVA, Savski Marof

PRIMJERENOST PARALELNOG POGONA MALE ELEKTRANE (mE) SA SUSTAVOM I NEGATIVNO POVRATNO DJELOVANJE NA SUSTAV / MREŽU

Primjerenošću paralelnog pogona sa sustavom smatra se sposobnost elektrane

(a) za uključivanje u paralelan pogon sa sustavom (postizanje uvjeta za sinkronizaciju),
(b) za paralelan pogon u svim redovnim i izvanrednim pogonskim okolnostima u distribucijskoj mreži (održavanje napona i frekvencije uz razmjenu energije) te
(c) za izlazak / odvajanje elektrane iz paralelnog pogona s mrežom u slučaju odstupanja od uvjeta za paralelan pogon i narušavanja stabilnog pogona sustava te nastavak pogona u otočnom radu.

Tehničkim uvjetima [1] utvrđuju se sljedeći uvjeti za primjeren paralelan pogon:

(a) Uvjeti za dopuštanje sinkronizacije:
  (i) razlika napona generatora i mreže manja od +/- 10% nazivnog napona mreže;
  (ii) razlika frekvencije manja od +/- 0,5 Hz;
  (iii) razlika faznog kuta manja od +/- 10 stupnjeva.
(b) Uvjeti za paralelan pogon:
  (i) proizvodnja dovoljne količine jalove energije, tj. sposobnost proizvodnje jalove snage u granicama od 0 do 75 posto proizvodnje djelatne snage (faktor snage između 1 i 0,8 kapacitivno) ovisno o naponskim prilikama na sabirnicama male elektrane i opterećenjima u mreži;
  (ii) trenutne promjene snage mTEO moraju biti manje od 10% nazivne snage generatora (sposobnost regulatora).
(c) Uvjeti za trenutno odvajanje:
  (i) odstupanje napona u točki priključka veće od +/- 10% nazivnog napona;
  (ii) porast frekvencije sustava / mreže iznad 51 Hz odnosno pad frekvencije ispod 48 Hz.

Svi se navedeni uvjeti zadovoljavaju izborom i podešenjima sinkronizacijske, zaštitne, regulacijske i uzbudne opreme.

Pod negativnim povratnim djelovanjem podrazumijevaju se prvenstveno:

- kratkotrajne promjene vrijednosti napona kod grube sinkronizacije generatora na mrežu (ova je pojava praktički isključena ugradnjom preciznih uređaja za sinkronizaciju, moguća je jedino zbog grube ljudske pogrješke), kod opterećivanja/rasterećivanja generatora kao i kod uključenja/isključenja kompenzacijskog postrojenja;
- dugotrajna kolebanja napona (flikeri);
- pojave viših harmonika u struji i naponu;
- ometanje rada tonfrekventnog upravljanja.

Nastanak promjena i kolebanja napona može se povezati uglavnom s osobinama generatora (male zamašne mase, neprikladna regulacija snage i napona) i neželjenim prijelaznim pojavama u sustavu pri ispadu izvora, uključivanju/isključivanju potrošača i drugim zahvatima, dok se nastanak viših harmonika u struji i naponu povezuje s radom ispravljača, istosmjernih elektromotornih pogona, izmjeničnih elektromotornih pogona s regulacijom frekvencije, sustava besprekidnog napajanja, lučnih peći, statičkih generatora jalove snage (kompenzacijskih postrojenja), rotacijskih pretvarača, statičkih upuštača elektromotora, elektroničkih predspojnih sprava za rasvjetu kao i s uklapanjem/isklapanjem energetskog napajanja [2].

DOKAZIVANJE PRIMJERENOSTI PARALELNOG POGONA I PRIHVATLJIVOG POVRATNOG DJELOVANJA NA SUSTAV / MREŽU

Primjerenost paralelnog pogona mTE sa sustavom dokazuje se pretpogonskim funkcionalnim ispitivanjima mE i njenog priključka na iEES (unutarnji sustav) i distribucijsku mrežu te pogonom unutarnjeg elektroenergetskog sustava s vlastitim izvorima u otočnom radu, ispitivanjima ulaska u paralelni pogon sa sustavom, ispitivanjem izlaska iz paralelnog pogona i prijelaza u otočni rad (stabilnost iEES), ispitivanjima tokova djelatne i jalove snage i razmjene energije sa sustavom/distribucijom, provjerom ugovorenih nazivnih vrijednosti na pragu male elektrane, ispitivanjem djelovanja zaštitnih uređaja pri odstupanju od uvjeta primjerenog paralelnog pogona, ispitivanjem pogona mE s obzirom na udovoljavanje uvjetima ograničenog povratnog djelovanja, ispitivanjem utjecaja kompenzacijskih postrojenja unutarnjeg elektroenergetskog sustava i distribucijske mreže (ako postoje) na primjereni paralelni pogon i ograničeno povratno djelovanje, ispitivanjem sustava pogonskih i obračunskih mjerenja, nadzora stanja, lokalnog i daljinskog upravljanja i regulacije i dr. [1, Komentar, t. 5].

Rezultati ispitivanja moraju potvrditi zadovoljavanje uvjeta iz elektroenergetske suglasnosti i posebnih uvjeta, usklađenost s odobrenom projektnom dokumentacijom, udovoljavanje zahtjevima Tehničkih uvjeta i udovoljavanje zahtjevima ostalih propisa primjenljivih za termoenergetska postrojenja.

PROVEDENA MJERENJA I ISPITIVANJA PARALELNOG RADA I POVRATNOG DJELOVANJA mTE PLIVA NA SUSTAV

Mala TE PLIVA u Savskom Marofu prvi je slučaj neovisnog proizvođača električne energije (NPE) u hrvatskoj distribucijskoj mreži, pa je zamišljeno da ovaj objekt bude referentan za moguća buduća ispitivanja i provjere na drugim sličnim objektima. HEP je zato posvetio veliku pozornost provjeri zadovoljavanja svih

kriterija definiranih Tehničkim uvjetima te je, radi stjecanja iskustva i dobivanja referentnih rezultata, preuzeo na sebe odgovornost za dokazivanje primjerenosti paralelnog rada i prihvatljivosti povratnog djelovanja mTE PLIVA na mrežu.

Primjerenost paralelnog rada mTE PLIVA sa sustavom i povratno djelovanje na sustav / mrežu ispitivala je, u ime HEP-a, neovisna stručna tvrtka ELMAP, Split.

Ispitivanja funkcionalnosti mTE i njenog priključka na unutarnji elektroenergetski sustav PLIVA i distribucijsku mrežu HEP-a te probni pogon u otočnom radu obavljeni su u opsegu odgovornosti isporučitelja osnovne opreme (kogeneracijsko postrojenje) i investitora (infrastruktura i priključak na mrežu). Uspješno obavljenim ispitivanjima s prihvatljivim rezultatima stvoreni su preduvjeti za nastavak probnog pogona u paralelnom radu sa sustavom i za ispitivanja primjerenosti paralelnog rada mTE sa sustavom te povratnog djelovanja na distribucijsku mrežu.

U elaboratu Provjere i ispitivanja pri puštanju mTEO PLIVA u paralelni pogon s distribucijskom mrežom [5] detaljno su opisana sva provedena mjerenja i snimanja te komentirane uočene pojave. Ispitivanja su provedena mjerenjima električnih veličina i snimanjima stanja i pojava u ključnim točkama elektroenergetskog sustava PLIVA (sl. 2.) pri različitim režimima rada.

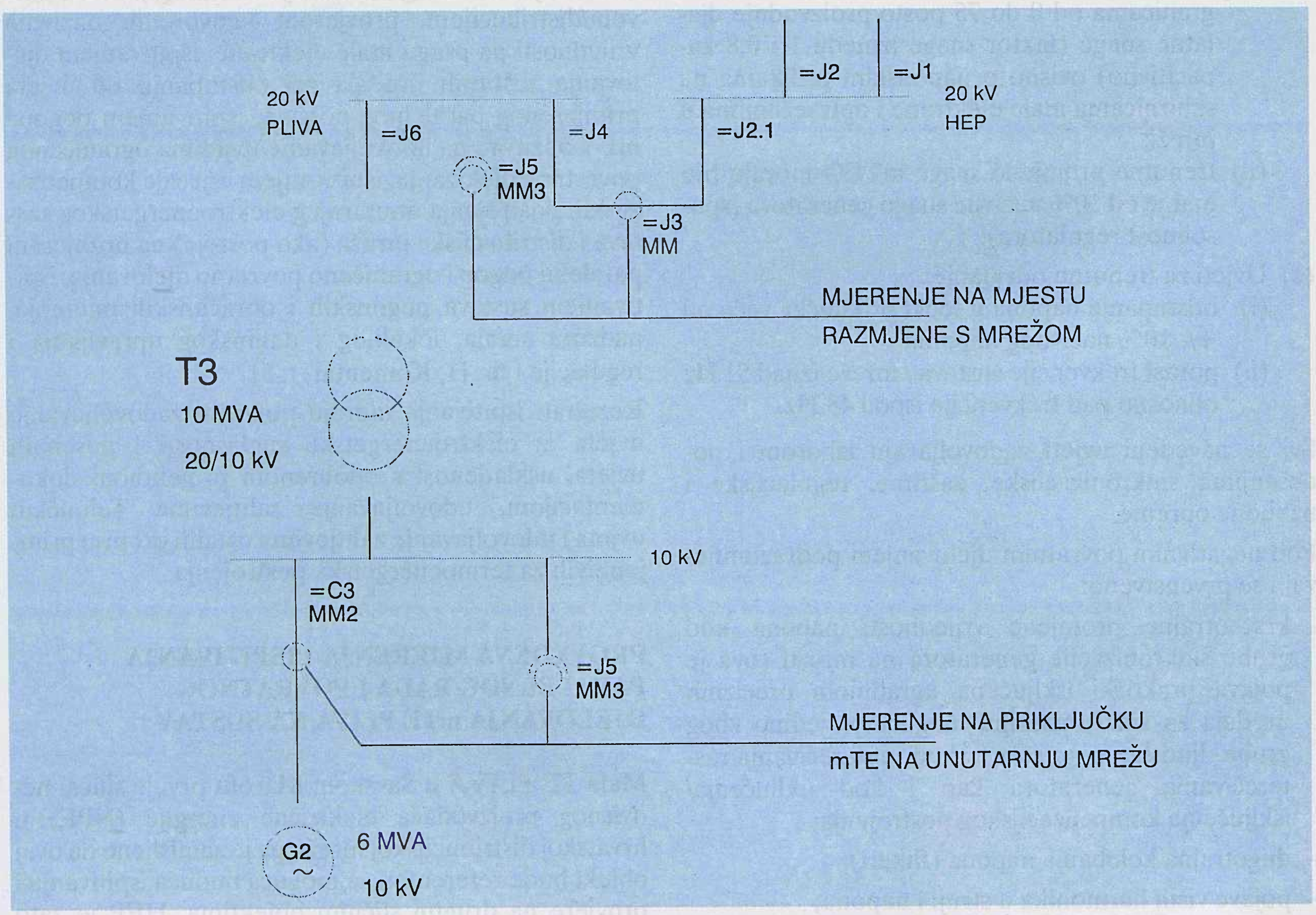
Valja naglasiti, da su ispitivanja provedena isključivo u ugovorenom ograničenom opsegu, tj. samo za stacionaran paralelan rad sustava PLIVA s mrežom i prijelazne režime vezane uz paralelan rad i promjene opterećenja, uz mijenjanje konfiguracije unutarnjeg elektroenergetskog sustava PLIVA (rad s mTE i bez nje).

NALAZI MJERENJA I ISPITIVANJA

Kako kvantifikacija mjerenja i snimljenih pojava u slučaju mTE PLIVA nije predmet ovoga članka, razmotrit će se samo utvrđena karakteristična odstupanja od normalno očekivanih stanja i poremećaji koji prelaze prihvatljive granice te komentirati njihova tumačenja iz [5]:

- *Izobličenje struje između postrojenja i distribucijske mreže je značajno i uglavnom iznad dopuštenih granica propisanih Tehničkim uvjetima. To se posebno uočava kao problem kod relativno male razmjene radne snage. Posebno je izražen peti harmonik, koji u pojedinim režimima rada prelazi 150% osnovnog harmonika.*

Uz ovaj se zaključak mora konstatirati da, u pravilu, mE nije izvor viših harmonika te da pojava viših harmonika struje i posljedično napona na mjestu priključka na sustav (mjestu razmjene energije sa sustavom), kada se radi o postrojenju koje osim mE sadrži i druge pogone koji su evidentni izvori viših harmonika, ne bi



Slika 2. Shema mjernih mjesta pri ispitivanju primjerenosti paralelnog pogona

trebala biti sama po sebi osnovicom za eliminaciju mE iz paralelnog rada s mrežom. Uzroke pojave viših harmonika struje u tom slučaju treba prvenstveno tražiti u poznatim izvorima (regulirani pogoni, ispravljači, pretvarači, kondenzatorske baterije i sl.).

Ako u postrojenju korisnika nema drugih izvora smetnji, ispravna mE generira više harmonike samo zbog viših harmonika u naponu mreže.

U tom slučaju treba prvenstveno utvrditi stanje u mreži bez mE (tj. prije priključka mE na mrežu) i ukloniti uzroke eventualnih viših harmonika u naponu mreže, a tek zatim valorizirati doprinos mE pojavi viših harmonika struje na mjestu razmjene. Takav bi postupak jamčio NPE-u objektivnu valorizaciju doprinosa mE smetnjama i ravnopravnost u odnosima s distribucijskom organizacijom, što je vrlo bitno za poticanje ulaganja u izgradnju mE. Valja navesti da je u slučaju PLIVA, zbog ograničenog opsega zadatka elaborata [5] i konfiguracije postrojenja 20 kV, za potrebe cjelovitog tumačenja pojava snimljenih na točki razmjene PLIVA/mreža manjkala informacija o eventualnim postojećim izobličenjima napona u točki priključka na distribucijsku mrežu bez utjecaja elektroenergetskog sustava PLIVA.

Naravno, korisnik (NPE) je u svakom slučaju dužan smetnje (više harmonike), koje generira u svome postrojenju, svesti na mjeru koju mreža i njeni drugi korisnici mogu tolerirati (podnošljiva razina smetnji), ali taj problem treba odvojiti od mE i njenog paralelnog rada s mrežom te ga zasebno rješavati. U slučaju PLIVA taj je problem riješen naknadnim mjerenjima i analizama, kojima su locirani izvori smetnji, a zatim su tehničkim zahvatima (ugradnjom mrežnih filtara uz regulirane elektromotorne pogone i dr.) smetnje svedene u prihvatljive okvire. Postupak svakako nije jednostavan, a njegovo rješavanje zahtijeva vrsna specijalistička znanja i iskustvo.

Distribucijske organizacije određuju za svoje mreže, u pravilu, zbirnu plansku i podnošljivu razinu viših harmonika (kao jedan od kriterija kvalitete električne energije) uzimajući u obzir sve korisnike koji proizvode ili su osjetljivi na smetnje (više harmonika struje i napona), pa na toj osnovi karakterističnim korisnicima određuju gornju granicu emisije smetnji.

U našim uvjetima i u ovome slučaju te razine nisu bile poznate, pa su granice emitiranih smetnji korisniku zadane konzervativno, vezano na vrijednosti iz propisa (ako se svi sudionici pridržavaju istih vrijednosti, njihov će zbirni doprinos biti u dopuštenim okvirima). Takav pristup ostavlja veliku marginu za dopuštene smetnje i tamo gdje to nije potrebno.

Korektnije bi stoga bilo da distribucije na čijim je područjima vjerojatna izgradnja mE (NPE), znajući svojstva i potrebe svojih korisnika, utvrde ukupne planske i podnošljive razine smetnji kao vrijednosti prihvatljive svim zainteresiranim korisnicima, a da u svakom pojedinačnom slučaju, ovisno o trenutnom i budućem stanju u mreži, dogovorno s ulagačem u mE odrede njen najveći prihvatljiv doprinos razini smetnji u određenoj mreži poštujući pri tome razine planskih i podnošljivih smetnji.

Nadalje, u uvjetima kada razmjena energije između mreže i korisnika mreže / sustava (u ovom slučaju elektroenergetskog sustava PLIVA, Savski Marof) varira između -6,7 MW (dopušteno uzimanje iz mreže), 0 MW (nulta razmjena u paralelnom radu) i +5 MW (predaja mreži) relativna vrijednost viših harmonika struje prema osnovnom harmoniku struje razmjene nema neki poseban smisao (pri nultoj razmjeni ona je beskonačna), pa je nema smisla isticati. Nasuprot tome, važna je apsolutna vrijednost viših harmonika struje, jer pokazuje veličinu smetnji koje se unose u mrežu i odgovarajuće pribrajaju smetnjama iz drugih izvora.

KOMENTAR I PRIJEDLOZI

Ograničenje pojedinačne snage agregata na 5 MW

Ovaj zahtjev ograničava izbor nazivne snage plinsko-turbinskog agregata te moguću energetsku i ekonomsku optimizaciju kod potrošača/proizvođača električne energije. Načelno, na temelju prosječnih parametara distribucijske mreže, ovo je ograničenje opravdano.

Predlaže se, međutim, da se u sasvim određenim slučajevima, kada su uvjeti bitno drugačiji od prosječnih, ovaj zahtjev primjenjuje fleksibilnije, tj. da se od njega može odstupati.

Predmetni slučaj (PLIVA) jedan je od primjera takvih uvjeta. Naime, PLIVA, Savski Marof, priključena je izravno vlastitim dalekovodom 20 kV (kabelski vod XHP 150/25 mm^2, zračni vod AlČe 95 mm^2), bez ikakvih drugih odvojaka, na TS 110/20 kV Zaprešić (2 x 40 MVA), pa bi utjecaj toga priključka na stabilnost distribucijske mreže, uz veću jediničnu snagu agregata, trebalo barem posebno valorizirati. Zanimljivo je napomenuti da je distribucijska organizacija energetskom suglasnošću za priključak postrojenja Azitromicin (na istoj lokaciji) dopustila vršno opterećenje voda PLIVA – TS Zaprešić sa 6700 kW.

Primjereni paralelni pogon i povratni utjecaj na mrežu

Dio uvjeta za primjeren paralelan rad mTE sa EES-om rješava se rutinski izborom suvremene sofisticirane opreme za sinkronizaciju i regulaciju te upravljanjem trošilima u skladu sa zahtjevima mreže (ograničenje skokovitog opterećivanja / rasterećivanja), čime se izbjegava remećenje pogonske stabilnosti, pa taj segment ne predstavlja poseban problem.

Radi poticaja za izgradnju malih TE i nediskriminirajućeg pristupa mreži / sustavu poželjno je pri određivanju uvjeta priključka (dakle prije priključenja) raspolagati dovoljnim saznanjima o kontaminiranosti napona višim harmonicima i kolebanjima napona, lokacijama i utjecaju izvora kontaminacije (stvarnim i projiciranim) te raspoloživoj margini za novog korisnika (NPE ili običnog potrošača).

Predlaže se stoga, ako ne postoje dovoljna saznanja o početnoj kontaminaciji napona na mjestu priključka mTE, pravodobno obavljanje odgovarajućih mjerenja na čijoj se osnovi može utvrditi dopustiv doprinos mTE kontaminaciji mreže višim harmonicima i kolebanjima (flikerima) u postojećem stanju i u projiciranom stanju, uzimajući u obzir sve korisnike određene distribucijske mreže.

Na osnovi rezultata mjerenja postojećih smetnji, tj. ovisno o zatečenom stanju u mreži, odgovarajuće bi se zahtjeve moglo u svakom pojedinom slučaju utvrđivati energetskom suglasnošću odnosno ugovorom o razmjeni energije, a njihovo poštivanje dokazivati završnim ispitivanjima. Time bi se mogli izbjeći eventualni ili predvidljivi nesporazumi između NEP-a i operatora distribucije / sustava o udovoljavanju zahtjevima za primjeren paralelni rad mTE sa sustavom.

Kao alternativa jednokratnim mjerenjima moguća je ugradnja stalnih uređaja za snimanje smetnji u srednjonaponskoj mreži te specijalistička analiza snimaka, što bi olakšalo dimenzioniranje eventualno potrebnih tehničkih zahvata radi poboljšanja "čistoće" distribucijskih mreža.

Razmatranjem ovih prijedloga, analizom njihove opravdanosti i primjenljivosti te korekcijom ili proširenim tumačenjima [1] u duhu ovih zapažanja olakšalo bi se neovisnim proizvođačima električne energije planiranje novih mTE i njihovo optimiranje radi pokrivanja vlastitih potreba za toplinskom ili električnom energijom te radi odabira ekonomski najprihvatljivijeg rješenja. Pri tome nije zanemarivo i posredno poboljšanje energetske efikasnosti.

LITERATURA

[1] Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede (Bilten Vjesnika HEP-a br.66, 04.02.1998.)

[2] J. W. GRAY & F. J. HAYDOCK, "Industrial power quality considerations when installing adjustable speed drive systems" (IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.32, No 3, May/June 1996) Problemi kvalitete pogonske energije pri ugradnji pogonskih sustava s promjenljivim brzinama (IEEE Zbornik rasprava o industrijskim primjenama, knj.32, br. 3, svibanj/lipanj 1996.)

[3] IEC 1000-3-6: 1996, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems – Basic EMC publication Elektromagnetska podnošljivost (EMC) – Dio 3: Ograničenja – Odjeljak 6: Procjenjivanje granica emisije za izobličujuće terete u SN i VN elektroenergetskim sustavima – Osnovna publikacija EMC

[4] VDEW, Temelji za procjenu povratnog utjecaja na mrežu, 3. prerađeno izdanje, 1992. Grundsätze für die Beurteilung von Netzrückwirkungen

[5] Provjere i ispitivanja pri puštanju mTEO PLIVA u probni paralelni pogon s distribucijskom mrežom (ELMAP, 1999.) (dostupno u PLIVA, d.d.)

[6] Elaborat o podešenju zaštita PLIVA (OKIT, 1999) (dostupno u PLIVA, d.d.)

SMALL THERMAL POWER PLANT CONNECTION TO THE PUBLIC ELECTRICITY SYSTEM

In the paper basic conditions of electric power system to enable parallel operation of small thermal power plant to (TPP) a distribution network and some observations concerning electric power system dimensioning are given. Based on experiences gained during the construction and connection of small TPP PLIVA in the frame of the PLIVA industrial electric power system in Savski Marof to the distribution network, potential independent power producers are warned about problems that they may come across (unacceptable parallel operation and return influence of small TPP internal network on public network), which can endanger the profitability of the small TPP investment. Based on the comparison between regulations from Technical Conditions for Small Power Plants' Connection to Electric Power System of the Croatian Electricity Utility (HEP) /L1/ and documents IEC /L3/ and VDEW /L4/, some more flexible proposals are given considering technical conditions for small TPP connection to the network (i.e. the improvement of the existing document in that sense), thus taking into account real local conditions that would enable independent producers to optimise dimensioning and investment into small TPP and at the same time the network would profit from better sources.

ANSCHLIESSEN EINES KLEINEN WÄRMEENERGETISCHEN OBJEKTES AN DAS ÖFFENTLICHE STROMVERSORGUNGSSYSTEM

Im Artikel werden die vom kroatischen öffentlichen Stromversorgungssystem gestellten Grundbedingungen für die Ankoppelung eines kleinen thermischen Kraftwerkes an das Versorgungsnetz vorgetragen. Ebenso werden die Wahrnehmungen über den Ausmass der diesbezüglichen Verlangen. seitens des Stromversorgungssystems dargestellt. Auf Grund der Erfahrungen beim Bau und beim Ankoppeln des kleinen thermischen Kraftwerks PLIVA in der Ortschaft Savski Marof an das Verteilungsnetz, werden interessierte geeignete Stromerzeugungsunternehmer auf Fragen mit welchen sie sich gegenübergestellt sehen könnten (ungeeignete Parallelarbeit, unannehmbare Rückwirkung des internen Netzes des Kleinkraftwerkes auf das öffentliche Netz) hingewiesen. Mittelbar könnten diese Umstände die Einträglichkeit des Anlegens in das Kleinkraftwerk beeinträchtigen. Auf Grund des Vergleiches Technischer Bedingungen für die Ankoppelung kleiner Kraftwerke an den Stromversorgungssystem der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft [1] mit den Bestimmungen der Dokumente IEC [3] und VDEW [4] werden Vorschläge für das Vorschreiben anpassungsfähigerer Technischer Bedingungen für die Ankoppelung kleiner termischer Kraftwerke an den Stromversorgungssystem (bzw. eine Überarbeitung des geltenden Dokumentes [1] in dem Sinne), wirkliche örtliche Gegebenheiten berücksichtigend, beschrieben. Dies würde den unabhängigen Stromerzeugungsunternehmern eine Optimierung beim Entwerfen kleiner thermischer Kraftwerke und beim günstigen Anlegen in solche Objekte ermöglichen und dem Netz mehr elektrischer Energie sichern.

Naslov pisca:

Miroslav Blažičko, dipl. ing.
EKONERG HOLDING, d.o.o.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništrvo primilo rukopis:
2001-02-13.

KOMANDA LANCA VARAŽDIN – CENTAR DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA HIDROELEKTRANAMA NA RIJECI DRAVI

Miljenko B r e z o v e c – Darko K u č a – Goran B u ž i ć – Mirjana S l u n j s k i, Varaždin

UDK 621.311.21:621.398
STRUČNI ČLANAK

Komanda lanca Varaždin je centar iz kojeg se provodi daljinski nadzor i upravljanje s tri postojeće hidroelekrane na rijeci Dravi u Hrvatskoj. U ovom radu dan je pregled računarske opreme za daljinski nadzor i upravljanje u realnom vremenu i telekomunikacijskih sustava koji omogućavaju kvalitetnu komunikaciju s elektranama i drugim centrima. Opisane su i funkcije operativnog vođenja i neka iskustva stečena u dosadašnjem radu.

Ključne riječi: lanac hidroelektrana, daljinsko vođenje, optimizacija.

1. UVOD

Komanda lanca Varaždin (KLV) je centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi pod direktnom nadležnošću Nacionalnog dispečerskog centra. Probni rad započeo je u kolovozu 1998. godine te se od tada vođenje pogona hidroelektrana Varaždin, Čakovec i Dubrava provodi daljinski s jednog mjesta.

Kroz funkcije operativnog vođenja (funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu i funkcije optimizacije) ostvaruju se sljedeći osnovni zadaci Komande lanca Varaždin:

- povećanje proizvodnje električne energije optimizacijom korištenja voda,
- povećanje pogonske spremnosti agregata planiranjem termina i trajanja poslova održavanja,
- sigurno provođenje velikih vodnih valova kroz sustav HE.

2. RAČUNARSKA OPREMA CENTRA

Računarsku opremu centra čini računarski sustav za upravljanje i automatizaciju SINAUT Spectrum (SIEMENS) čiji se rad zasniva na operativnom sustavu UNIX. Hardware centra (slika 1) čine računala *Sun* SPARC ULTRA 1 kao poslužitelji i *Sun* SPARC ULTRA 2 kao radne stanice. Komunikacija između podsustava (poslužitelji, radne stanice, vremenski sustav) ostvarena je dvostrukim Ethernet LAN-om s brzinama prijenosa 10, odnosno 100 Mbit/s, a temelji se na modelu otvorenih sustava (OSI - *Open System Interconnection*). Operacije prilikom uspostave i raskida veze, formatiranja podataka, osiguranja sučelja između aplikacija i mrežnog komunikacijskog procesa i sl., obavlja programski paket pod nazivom SOFTBUS. Oko takve programske sabirnice sagrađen je ukupni sustav koji se može podijeliti na sljedeće cjeline:

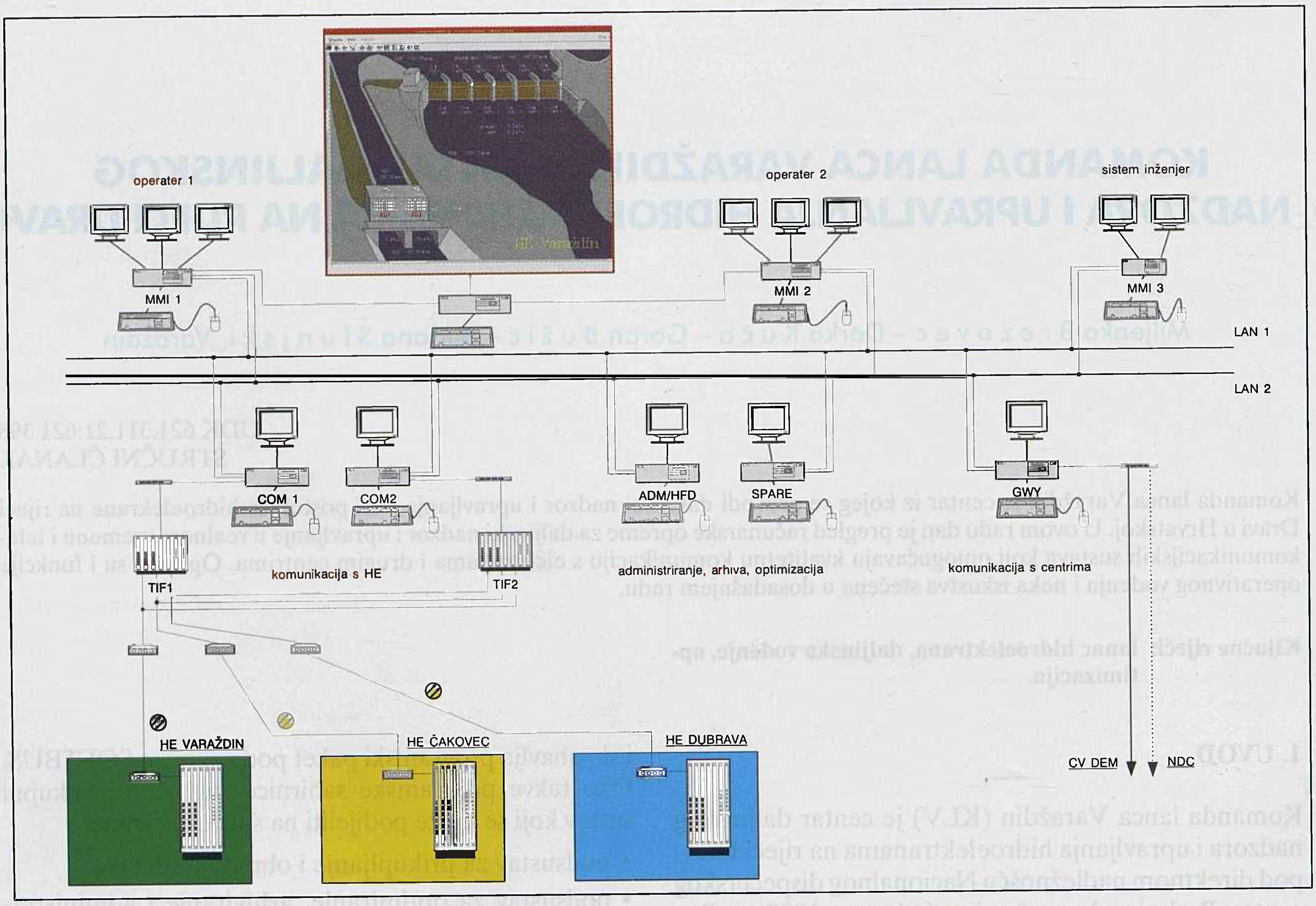
- podsustav za prikupljanje i obradu podataka,
- podsustav za optimiranje, arhiviranje i administraciju statičke baze podataka,
- podsustav točnog vremena,
- podsustav za komunikaciju s drugim centrima,
- sučelje čovjek-računalo.

Glavne prednosti ovako koncipiranog sustava su sljedeće:

- računala na bazi RISC arhitekture procesora i SCSI sabirnice osiguravaju velike brzine izvođenja,
- operativni sustav UNIX osigurava stabilnost i sigurnost te neophodnu višezadaćnost,
- grafički standard s Motif ili OPEN LOOK sučeljem i X-Windows sustavom osigurava potpuno grafičko sučelje,
- raspodjelom zadataka na više računala osigurava se odvojenost programa koji izvršavaju SCADA funkcije neophodne za nadzor i upravljanje od programa koji troše puno procesorskog vremena, a nisu nužni za samo upravljanje (programi za optimiranje, arhiviranje itd.),
- modularni koncept osigurava jednostavnu nadogradnju sustava bez potrebe za promjenom programskog paketa.

2.1. Podsustav za prikupljanje i obradu podataka

Podsustav za prikupljanje i obradu podataka (DAS - *Data Acquisition Subsystem*) čine dva istovjetna bloka koji se sastoje od poslužitelja za prikupljanje i obradu



Slika 1. Shematski prikaz računarske opreme Komande lanca Varaždin

podataka (COM/DS - *Communicator/Data Server*) i telekomunikacijskog međusklopa (TIF - *Telecontrol Interface*) za vezu s daljinskim stanicama (RTU - *Remote Terminal Unit*) smještenim na hidroelektranama. Funkcije podsustava za prikupljanje i obradu podataka su:

- razmjena podataka s daljinskim stanicama,
- predobrada podataka (provjera vjerodostojnosti podataka, veličine promjene i dr.),
- obrada podataka (provjera limita, izračun srednjih vrijednosti, provjera mrtve zone i dr.),
- nadzor upravljanja,
- distribucija informacija prema ostalim korisnicima,
- privremeno arhiviranje podataka (podaci za arhiviranje mogu neko vrijeme biti spremljeni u međuspremniku ukoliko podsustav za arhiviranje nije u funkciji),
- automatsko izdavanje zahtjeva za ponovni prijenos podataka u slučaju privremenog prekida komunikacija s daljinskim stanicama.

Kako su navedene funkcije nužne za rad sustava, na podsustav za prikupljanje i obradu podataka nameću visoki zahtjevi u pogledu raspoloživosti tako da postoje dva identična bloka od kojih je jedan aktivan, a drugi je tzv. vruća rezerva (*hot standby*).

U takvoj koncepciji oba bloka vrše prihvat i obradu podataka, ali je samo aktivni blok zadužen za izdavanje komandi i raspodjelu informacija. Zadatak bloka u rezervi je nadzor rada aktivnog bloka i preuzimanje svih njegovih funkcija u slučaju pojavljivanja bilo kakvih problema. Tako je ostvarena brzina uspostavljanja svih kritičnih funkcija podsustava za prikupljanje i obradu podataka unutar samo nekoliko sekundi.

2.2. Podsustav za administriranje, arhiviranje i optimiranje

Ovaj podsustav se sastoji od dva poslužitelja - administrator (ADM/HFD - *Administrator/Historical and Future Data*) i rezerva (SPARE), čije su glavne funkcije:

- administriranje statičke baze podataka,
- distribucija baze podataka na ostale podsustave,
- obrada, arhiviranje i administriranje procesnih podataka,
- priprema arhivskih podataka za prikaz,
- optimiranje.

Navedene funkcije mogu obavljati oba poslužitelja, a kako njihove funkcije nisu kritične za vođenje procesa preuzimanje se ostvaruje unutar nekoliko minuta.

Funkcija optimiranja zapravo je pridružena funkcija ovog podsustava, jer kod većih sustava postoji poseban poslužitelj za funkcije regulacije proizvodnje i planiranja (GCS - *Generation Control and Scheduling*).

2.3. Podsustav točnog vremena

Kako bi se određene funkcije odvijale istodobno u svim dijelovima sustava potreban je signal apsolutnog vremena. Za sinkronizaciju vremena u sustavu Komande lanca Varaždin koristi se *GPS (Global Positioning System*) sustav točnog vremena. Signal sa satelita provodi se pomoću antena do odgovarajućih GPS dekodera koji ga s vrlo velikom preciznošću pretvaraju u trenutno lokalno vrijeme.

Podsustav točnog vremena sastoji se od GPS antene, GPSDEC dekodera te SICLOCK TM prijenosnika. Po jedna antena i dekoder smješteni su na svakoj hidroelektrani i spojeni su na daljinsku stanicu preko koje se prenose svi podaci u centar. U samoj Komandi lanca nalazi se antena, dekoder i 2 SICLOCK TM prijenosnika, po jedan za svaki LAN. Preko LAN-a sinkroniziraju se svih poslužitelja u sustavu, tako da se u mrežu u intervalima od 1 minute odašilje signal o stvarnom vremenu.

U slučaju ispada GPS sustava, ulogu sinkronizacije preuzima SICLOCK TM prijenosnik, a u slučaju njegovog ispada tu ulogu preuzima sam COM/DS poslužitelj koji tada šalje vremenske telegrame svim poslužiteljima u sustavu.

2.4. Podsustav za komunikaciju s drugim centrima

Podsustav za razmjenu podataka s drugim centrima predstavlja posebni poslužitelj GWY (*Gateway*) preko kojeg se ostvaruje veza između sustava SINAUT Spectrum i telekomunikacijskih prijenosnih puteva prema drugim centrima.

2.5. Sučelje čovjek–računalo

Sučelje čovjek–računalo sačinjavaju radne stanice (MMI - *Man Machine Interface*) koje omogućavaju nadzor i upravljanje procesom. U KL Varaždin sučelje čovjek–računalo čine dvije radne stanice s po tri 20" monitora (operaterska mjesta), jedna radna stanica s dva 20" monitora (mjesto administratora sustava) i video projektor (RSP - *Rear Screen Projection*) koji omogućava prikaze na zidnom zaslonu. RSP prikaz se koristi na isti način kao i monitori radnih stanica pri čemu opreater može tipkom na zaslonu birati da li će koristiti monitore ili RSP prikaz. Sve funkcije koje se mogu ostvariti pomoću monitora mogu se na isti način realizirati i preko RSP prikaza.

U sustavu SINAUT Spectrum RSP predstavlja X-terminal spojen s radnim stanicama. Zaslon na zidu se sastoji od 4 modula od kojih je svaki individualan projekcijski sustav s rezolucijom 1280 x 960 pixela. Svaki modul zidnog zaslona se sastoji od iluminacijske jedinice, tamne komore i zaslonskog dijela. Zaslon ima mogućnost prikaza S-VHS signala što omogućava video nadzor objekata i postrojenja pomoću udaljenih kamera (npr. za praćenje manipulacija preljevnim poljima brana).

3. TELEKOMUNIKACIJSKI SUSTAVI

3.1. Povezivanje KLV s hidroelektranama

Povezivanje centra s hidroelektranama ostvareno je svjetlovodnim kablovima približne dužine oko 0.5 km prema HE Varaždin, 22 km prema HE Čakovec i 42,5 km prema HE Dubrava. Veze između telekomunikacijskih međusklopova u centru i daljinskih stanica na elektranama u početku su realizirane jednomodnim svjetlovodnim vlaknima u point-to-point konfiguraciji (po jedno vlakno za svaki smjer prijenosa) s modemima na svakom kraju. Nedavnom instalacijom uređaja za svjetlovodno povezivanje na PP HE Sjever (fleksibilni multipleksori, digitalni prospojnici, sinkroni multipleksori, optički linijski terminali), omogućeno je prebacivanje cjelokupnog telekomunikacijskog prometa na svjetlovode. Na taj način su iz uporabe eliminirati modemi, a svjetlovodna vlakna koriste se znatno efikasnije (po paru svjetlovodnih vlakana prenosi se cjelokupni telekomunikacijski promet namijenjen određenoj lokaciji).

Svjetlovodno povezivanje realizirano je u SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) tehnologiji prijenosa, s prstenastom arhitekturom mreže na nacionalnoj razini, kako bi se ostvarili i rezervni spojni putevi, a time i vrlo visoka pouzdanost i raspoloživost veza. S obzirom na nemogućnost potpunog zatvaranja SDH prstena sjeverozapadne Hrvatske (u kojem se nalazi i KLV) radi nepostojanja svjetlovodne dionice TS Nedeljanec – HE Varaždin, započela je izgradnja usmjerene radiorelejne veze na dionici HE Varaždin – AR Ivanščica i dalje prema NDC Zagreb, koja će omogućiti zatvaranje prstenaste strukture (slika 2). Prstenasta struktura predstavlja optimalno rješenje, jer omogućuje ostvarenje alternativnog spojnog puta za svaki glavni spojni put, što je od osobitog značenja u slučaju kvara na glavnom spojnom putu.

Na svakoj elektrani nalazi se daljinska stanica RTU SINAUT LSA (SIEMENS) koja je pomoću svjetlovoda povezana s telekomunikacijskim međusklopom (TIF) u centru. Za prijenos podataka koristi se standardni telekomunikacijski protokol IEC 870-5. Svaka informacija u RTU ima pridruženu strukturnu adresu koja odgovara njenoj pridruženoj tehnološkoj adresi u TIF-u. Daljinska stanica sastoji se od modula koji su podijeljeni u grupe za postavne vrijednosti, komande, stanja, alarme, impulsna brojila, digitalna mjerenja i analogna mjerenja. Veze od lokalnog sustava upravljanja, odnosno od odvojnih releja i pretvarača, prema modulima daljinskih stanica izvedene su žičano. Rezolucija očitavanja podataka na ulazu u RTU je 8 ms, što znači da brže promjene u procesu neće biti detektirane.

Prijenos podataka odvija se spontano, tako da se podaci prenose u računarski centar samo u slučaju promjene, čime se izbjegava nepotrebno opterećenje komunikacijskih puteva i povećava brzina prijenosa podataka. Podaci se prenose sa i bez pridruženog stvar-

nog vremena. Podaci bez pridruženog stvarnog vremena imaju viši prioritet prijenosa od podataka s pridruženim stvarnim vremenom te se koriste u grafičkim prikazima u poradi nadzora i upravljanja. Podaci s pridruženim stvarnim vremenom su nižeg prioriteta i ulaze direktno u arhive. U ovu grupu podataka spadaju isključivo alarmi i poruke o promjenama stanja elemenata.

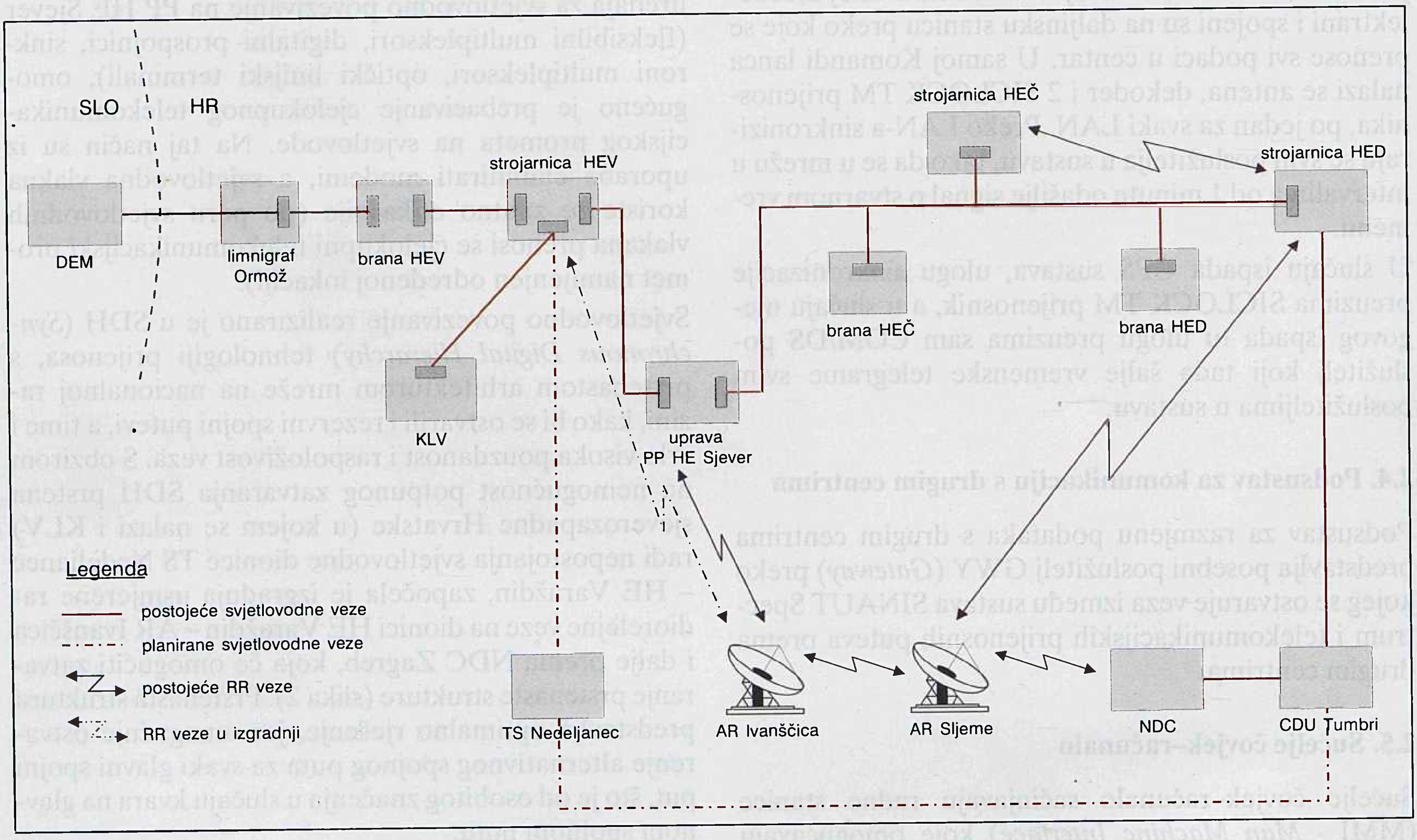
Maksimalna brzina prijenosa koju podržavaju telekomunikacijski međusklopovi iznosi 19,2 kbit/s, dok je zbog željene redundancije u prijenosnim putevima stvarna brzina prijenosa 9,6 kbit/s.

3.3. Povezivanje KLV s poslovnim informacijskim sustavom HEP-a

Sustav SINAUT Spectrum pruža mogućnost arhiviranja raznih vrsta podataka koji se pohranjuju na poslužiteljima ADM/HFD i SPARE, u 2 baze podataka:

- bazu arhivskih podataka (HFD - *Historical and Future Data*),
- bazu planova (SCHED) programa za optimizaciju HYS.

Kako se poslužitelji ADM/HFD i SPARE nalaze na procesnom LAN-u, a postoji potreba da podaci budu



Slika 2. Shematski prikaz telekomunikacijskih sustava

3.2. Povezivanje KLV s ostalim centrima

Direktne veze Komande lanca Varaždin s ostalim centrima predviđene su pomoću ELCOM veze bazirane na ELCOM-90 protokolu koji je standardiziran za komunikaciju između upravljačkih centara i omogućuje razmjenu podataka preko paketskih mreža zasnovanih na TCP/IP i X.25 protokolima. Za sada je ostvarena direktna veza svjetlovodnim prijenosnim putevima s CV DEM (*Center vođenja, Dravske elektrarne Maribor*). Na taj način dobivaju se vrlo vrijedni podaci o protocima uzvodnih hidroelektrana u realnom vremenu koji su osnovni preduvjet za kvalitetno vođenje i planiranje pogona. Na sličan način mogla bi se ostvariti i veza s Nacionalnim dispečerskim centrom. Prosljeđivanje satnih podataka o protocima u centar Hrvatskih voda također je automatizirano, ali se zbog nedostatka potrebne infrastrukture odvija putem elektronske pošte.

vidljivi i drugim korisnicima i službama na HEP-ovom poslovnom LAN-u, postavljen je poslužitelj za vezu poslovnog i procesnog sustava. Operativni sustav na tom poslužitelju je također UNIX, a za ostvarivanje prijenosa podataka instaliran je sljedeći software:

- Samba (omogućava vezu MS Windows – UNIX),
- Apache Web Server,
- posebni programi koji služe kao interface između SPECTRUM sustava i aplikacija koje korisnicima omogućavaju pregled podataka.

Prijenos podataka iz sustava SINAUT Spectrum provodi se ciklički ili na zahtjev korisnika. Ciklički prijenos podataka koristi se za automatiziranu pohranu podataka u Excel tablice pomoću Visual Basic programa. Tako je ostvareno arhiviranje podataka iz sustava SINAUT Spectrum i na poslovnoj mreži HEP-a u identičnom obliku kako se arhiviraju podaci iz pogonskih lista. Direktni pristup podacima u sustavu

SINAUT Spectrum omogućen je preko intranet poslužitelja, pri čemu su napravljene posebne aplikacije za prikaz tablica u HTML obliku kako bi se mogle pregledavati pomoću Internet Explorera.

Osim pristupa arhiviranim podacima ostvarena je i komunikacija za prijenos trenutnih podataka iz sustava SINAUT Spectrum (podaci se osvježavaju svakih 5 sekundi) čime je omogućeno praćenje rada lanca hidroelektrana ovlaštenim korisnicima i putem osobnog računala na poslovnoj mreži HEP-a. Trenutni podaci prenose se iz COM/DS poslužitelja koji se nalazi u *stanby* modu čime se znatno smanjuje opterećenje sustava. Prijenos podataka do korisnika provodi se posredno tako da se podaci čitaju i spremaju na poslužitelj za prijenos podataka odakle se zatim prosljeđuju do korisnika. Prijenos podataka aktivan je samo u slučaju da neki od korisnika pristupa trenutnim podacima na poslužitelju za prijenos podataka čime se izbjegava nepotrebno opterećivanje COM/DS poslužitelja. Trenutni podaci također su dani u HTML obliku tako da se mogu pratiti pomoću Internet Explorera.

4. PRILAGOĐENJE POSTROJENJA ZA DALJINSKO VOĐENJE

Sve tri hidroelektrane koncipirane su tako da se njima može daljinski upravljati, a kako su građene u raznim vremenskim periodima opremljene su opremom različitih generacija. Za potrebe daljinskog vođenja iz KLV bilo je potrebno izvesti prilagođenje postojeće opreme, u prvom redu lokalnih procesnih informatičkih sustava. Postojeću opremu lokalnih procesnih informatičkih sustava za nadzor i upravljanje (koja je bazirana na sustavima upravljanja tvrtke ABB) instalirala je tvrtka KONČAR.

Na HE Varaždin i HE Dubrava instalirani su sustavi ProMaster na kojima je uz povezivanje na daljinske stanice trebalo napraviti određene zahvate na konfiguraciji i programskoj podršci. Opseg zahvata na HE Varaždin bio je nešto veći jer nisu postojale neke funkcije kao što je grupno upravljanje, a zamjenjena je i sigurnosna automatika preljevnih polja brane. Osim toga bile su potrebne određene promjene u krugovima upravljanja i rekonstrukcija mjernog sustava na brani.

Lokalni procesni informatički sustav na HE Čakovec bio je sustav starije tehnologije (DS8) pa je tijekom 1999. godine zamijenjen novim suvremenim sustavom ABB Advant OCS kojeg je instalirala tvrtka KONČAR. Na HE Čakovec također su bili potrebni i dodatni zahvati na sustavu upravljanja hidromehaničkom opremom brane.

5. FUNKCIJE KOMANDE LANCA

Centri daljinskog nadzora i upravljanja općenito imaju sljedeće funkcije:

- funkcije operativnog vođenja,
- funkcije izvještavanja,
- komunikacijske funkcije,
- hidrološko i energetsko planiranje,
- funkcije koordinacije održavanja,
- studijske i edukacijske funkcije.

U nastavku su opisane funkcije operativnog vođenja Komande lanca Varaždin koje se dijele na funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu i funkcije optimizacije proizvodnje, kao i neka dosadašnja iskustva.

5.1. Funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu (SCADA)

Komanda lanca Varaždin kao suvremeni centar vođenja omogućava provođenje sljedećih SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) funkcija:

- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka o mjerenjima iz pogona, ali i drugih centara upravljanja (CV DEM),
- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka s brojila,
- prikupljanje i arhiviranje alarma i poruka o promjenama stanja i ostalim pogonskim događajima,
- prosljeđivanje određenih informacija i podataka u nadređeni centar (NDC), te centar gospodarenja vodama (Hrvatske vode, Vodnogospodarski odsjek Varaždin),
- nadzor stanja opreme i objekata,
- daljinsko upravljanje postrojenjima hidroelektrana zadavanjem postavnih vrijednosti ili naloga za uključenje/isključenje, pokretanje/zaustavljanje agregata i sl.,
- tablični i grafički prikaz arhiviranih podataka.

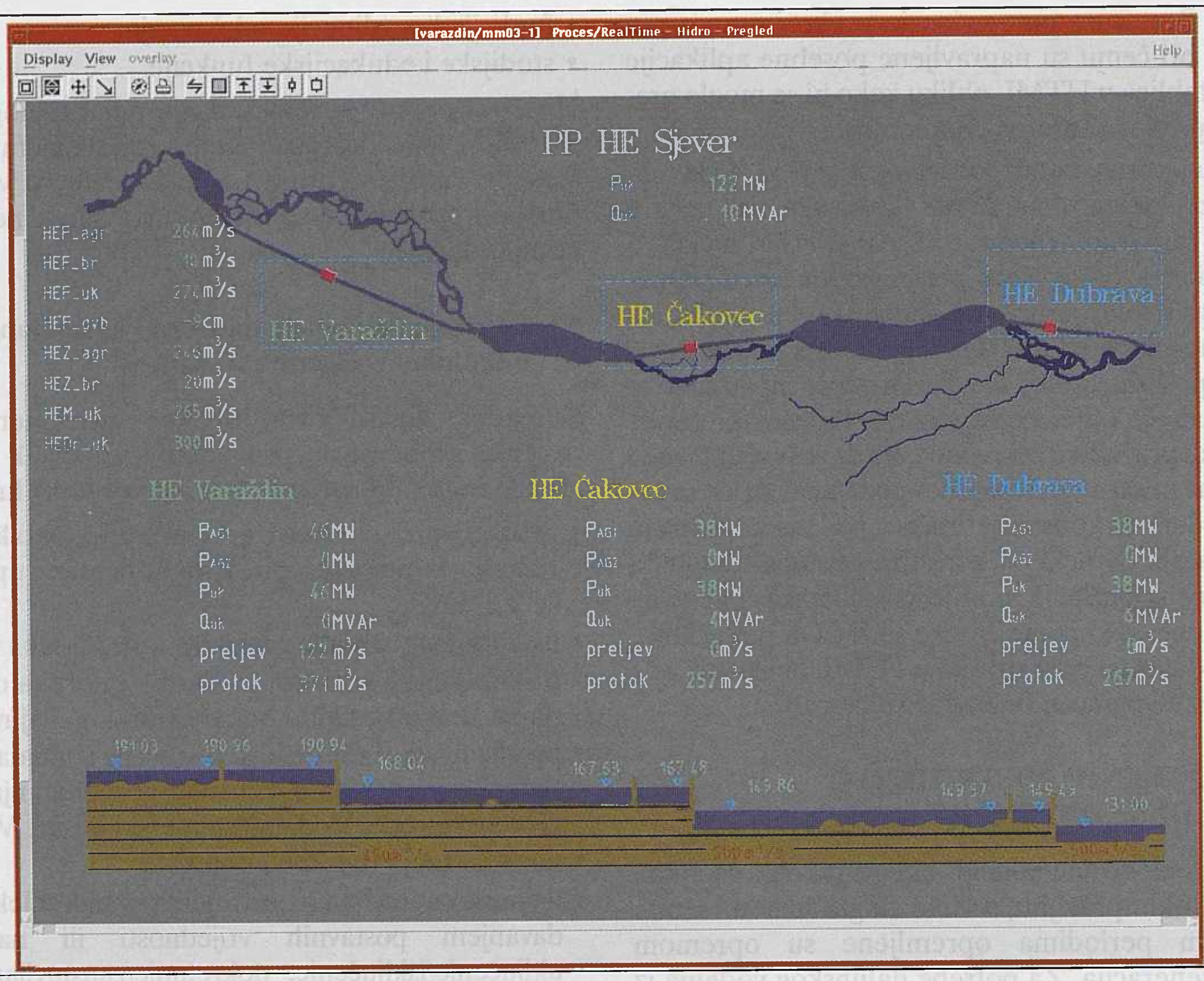
Na zaslonima radnih stanica (MMI - *Man Machine Interface*) mogu se u realnom vremenu dobiti svi potrebni podaci o trenutnom stanju svih objekata i postrojenja sustava. Podaci se nalaze u grafičkim prikazima koji vrlo vjerno prikazuju dijelove promatranog sustava odnosno procesa. Grafički prikazi s podacima o mjerenjima u realnom vremenu podijeljeni su u više razina, od onih koji sadrže osnovne podatke o sustavu u cjelini (slika 3), prema onima koji sadrže detaljnije podatke o pojedinima dijelovima sustava:

- postrojenja strojarnice i brane,
- agregati,
- preljevna polja brane,
- postrojenja 110 kV (slika 4),
- postrojenja 35 i 0,4 kV.

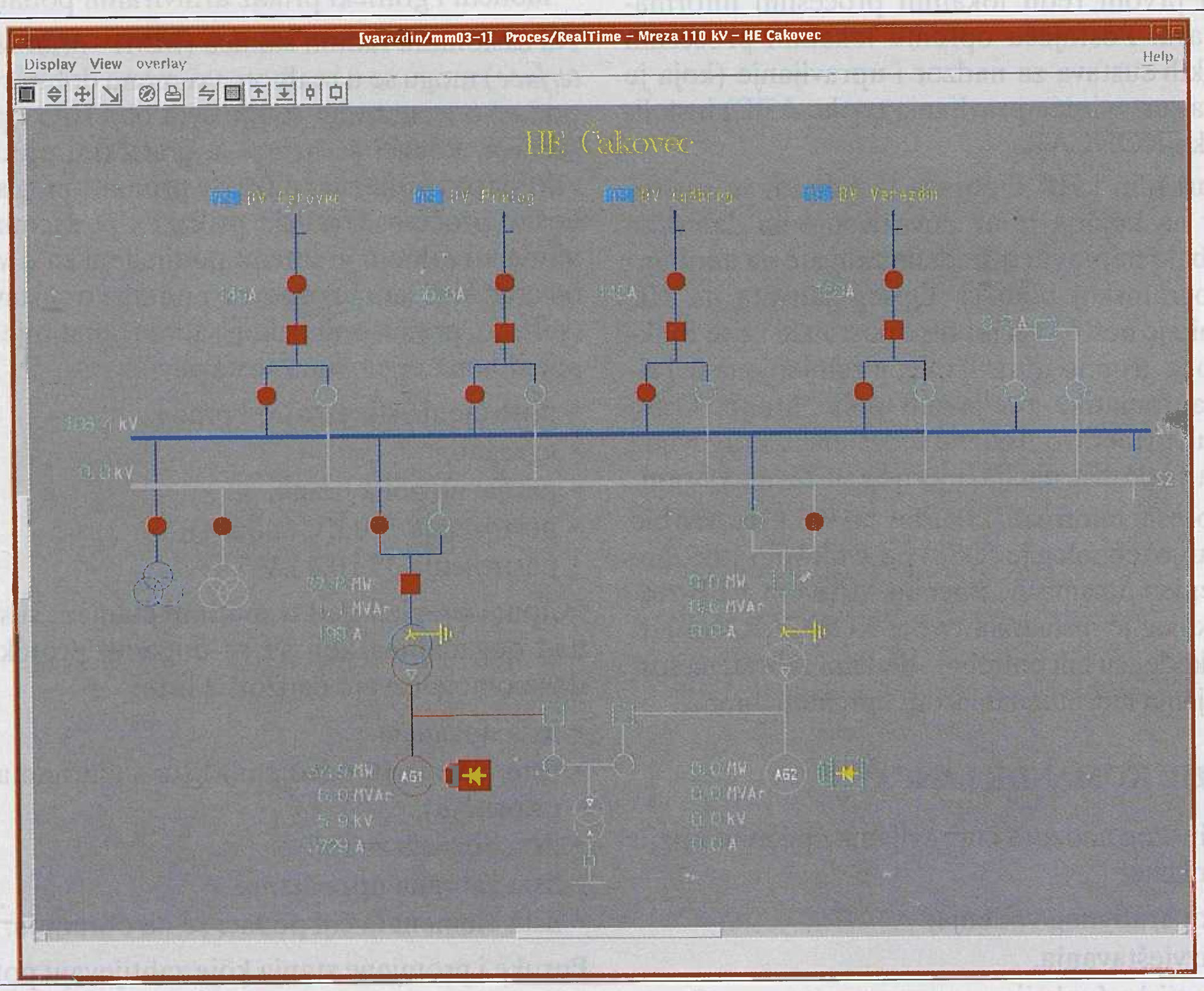
Potpuni pregled nad trenutnim stanjem sustava kao i nad događajima koji su se dogodili proteklih sati ili dana omogućavaju nadzorne liste:

- lista događaja,
- liste alarma (6 odvojenih lista s alarmima različitih prioriteta),
- lista dozvola za rad,
- lista zabrana upravljanja,
- lista elemenata čiji podaci se ne obrađuju.

Poruke i promjene stanja koje zahtijevaju potvrđivanje dojavljuju se vizualnim (treperenje) i odgovarajućim zvučnim signalom.



Slika 3. Grafički prikaz lanca HE u sustavu SINAUT Spectrum



Slika 4. Grafički prikaz postrojenja 110 kV HE Čakovec u sustavu SINAUT Spectrum

Grafički prikazi omogućavaju pored kompletnog nadzora stanja sustava i daljinsko upravljanje postrojenjima. Pomoću upravljačkih programa omogućeno je slanje komandi (naloga) za promjenu statusa i postavnih vrijednosti. Tako se ostvaruje upravljanje prekidačima i rastavljačima te aktiviranje programa za pokretanje i zaustavljanje agregata. Upravljanje prekidačima i rastavljačima može biti pojedinačno (uključenje/isključenje pojedinog elementa) ili slijedno (niz uključenja odnosno isključenja prema odgovarajućem redoslijedu - npr. prebacivanje napajanja kod dvostrukih sabirnica). Zadavanjem postavnih vrijednosti ostvaruje se daljinsko upravljanje agregatima i hidromehaničkom opremom brana. Za svaku HE mogu se zadati sljedeće postavne vrijednosti:

- djelatna snaga agregata 1 (MW),
- djelatna snaga agregata 2 (MW),
- ukupna djelatna snaga elektrane (MW) (grupno upravljanje),
- ukupna jalova snaga elektrane (MVAr) (grupno upravljanje),
- ukupni protok elektrane (m^3/s),
- ukupni preljev preko brane (m^3/s),
- otvor zaklopke svakog preljevnog polja,
- otvor segmenta svakog preljevnog polja.

Sigurnost upravljanja ostvaruje se kroz zaštitu od neovlaštene izmjene i brisanja datoteka, zaštita od neovlaštenog upravljanja i zaštita od pogrešnog upravljanja.

Zaštita od neovlaštene izmjene i brisanja datoteka potrebnih za ispravan rad sustava ostvarena je uporabom UNIX operativnog sustava tj. primjenom korisničkog imena i lozinke.

Zaštita od neovlaštenog upravljanja ostvarena je na sličan način - administrator sustava određuje grupu funkcija koje može izvršavati pojedini korisnik, te ograničava pristup pojedinim funkcijama i područjima upravljanja za svaku radnu stanicu u skladu s namjenom pojedinog radnog mjesta.

Zaštita od pogrešnog upravljanja provedena je pomoću tabela odluke za svaki element u procesu upravljanja. Svaki nalog koji izdaje operater prolazi provjeru kroz uvjete u tabeli odluke te se ovisno o trenutnom stanju procesa omogućava ili odbacuje njegovo izvršenje. Osim se što onemogućava pogrešno upravljanje, operater tijekom manipulacije dobiva i obavijesti o uvjetima koji moraju biti ispunjeni da bi se nalog proslijedio u proces. Tabele odluke kreira administrator baze podataka prema propisanom načinu upravljanja pojedinim elementima ili grupama elemenata.

5.2. Funkcije optimiranja

Optimizacijom rada lanca hidroelektrana nastoji se kroz planiranje rada ostvariti povećana proizvodnja električne energije uz jednaku količinu raspoložive vode, odnosno uz jednak dotok u sustav.

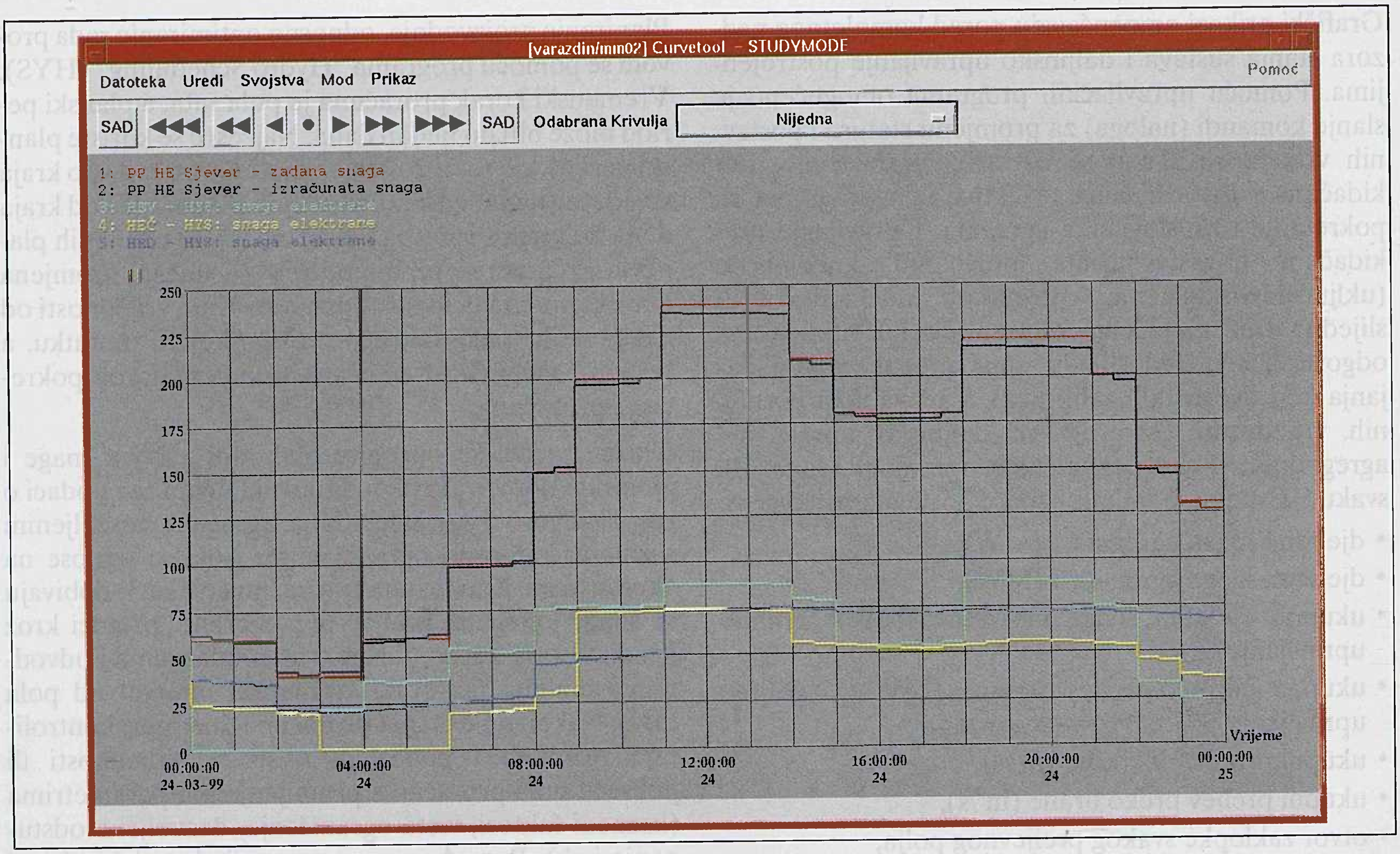
Planiranje proizvodnje, odnosno optimiranje rada provodi se pomoću programa "Hydro Scheduling" (HYS). Vremenski korak proračuna je pola sata, a planski period može biti do tjedan dana. Najčešće se koriste planski period "od sada do kraja dana" ili "od sada do kraja slijedećeg dana" za izradu izvršnih planova te "od kraja dana do kraja sljedećeg dana" za izradu temeljnih planova. Program se prema potrebi (u slučaju promjena ulaznih podataka ili odstupanja stvarnih vrijednosti od izračunatih) pokreće ručno u bilo kojem trenutku, a postoji i mogućnost cikličkog ili automatskog pokretanja proračuna.

Ulazni podaci su općenito planirani zahtjev snage i planirani dotoci. Uz te podatke uključuju se i podaci o raspoloživosti i ograničenjima agregata, te željenim razinama odnosno ograničenjima koja se odnose na akumulacije. Kao rezultat proračuna (slika 5) dobivaju se snage agregata, preljev preko brane, protoci kroz kanale i stara korita, razine u akumulacijama i odvodnim kanalima (za svaki vremenski interval od pola sata). Nakon pokretanja proračuna operateri kontroliraju rezultate i potvrđuju postavne vrijednosti ili pokreću novi proračun s promijenjenim parametrima (kazneni faktori, vrsta ograničenja, dozvoljena odstupanja i sl.). Potvrđene postavne vrijednosti (za 6 sati unaprijed) svakih pola sata automatski se šalju u SCADA-u i dalje proces. Za svaku elektranu šalju se 4 postavne vrijednosti:

- snaga agregata 1 (MW),
- snaga agregata 2 (MW),
- snaga elektrane (MW),
- ukupni preljev preko brane (m^3/s).

Preračunavanje ukupnog preljeva na položaje zaklopki i segmenata izvodi se pomoću lokalnih sustava.

Lanac hidroelektrana može se naći u različitim pogonskim situacijama kada ciljevi i kriteriji optimizacije mogu biti različiti. Osnovni način rada lanca HE u normalnim uvjetima je **rad prema planu**. Funkcija cilja u programu optimizacije u ovom slučaju je minimizacija protoka. NDC na osnovi postojećeg optimizacijskog postupka na razini cijelog EE sustava i podataka kojima raspolaže računa planiranu snagu hidroelektrana na Dravi za određeni planski period (u pravilu za slijedeći dan). Od centra upravljanja hidroelektranama na Dravi u Sloveniji (CV DEM) dobivaju se planirani protoci posljednje elektrane (HE Formin) koji su rezultat sličnog proračuna. Za određivanje ukupnog dotoka potrebno je izraditi i plan međudotoka (Dravinja, Pesnica). S tim podacima o planiranoj zahtijevanoj snazi i očekivanim dotocima pokreće se proračun. U slučaju da je proračun neizvediv tj. da se uz postojeća ograničenja i planirane dotoke ne može ostvariti zahtjevana snaga potrebno je promijeniti neke od ulaznih podataka. Ako izračunati planovi snage odstupaju od zahtijevane snage potrebno ih je uskladiti s NDC-om.



Slika 5. Prikaz rezultata proračuna programa HYS

U slučaju da se zbog povoljnih energetskih prilika u sustavu ne postavlja određen zahtjev na snagu, može se prijeći u **rad prema dotoku** tako da se proizvede maksimalna moguća energija s obzirom na dotoke. Funkcija cilja za ovaj način rada je maksimizacija proizvedene energije. Ovaj način rada ima prvenstveno studijsko značenje te može poslužiti za određivanje maksimalne moguće proizvodnje u planskom periodu uz definirane željene razine u akumulacijama na kraju planskog perioda.

Kod velikih dotoka prioritetni zadatak KLV postaje provođenje vodnog vala kroz lanac HE. U takvim slučajevima koristi se **zaštita od poplava** kao način rada u kojem je funkcija cilja maksimizacija protoka, a kriterij optimizacije su željene razine u akumulacijama.

Trenutni zahtjevi za određenu snagu (prisilno vođenja iz NDC-a) provode se direktnim upisivanjem postavnih vrijednosti u SCADA-i pri čemu se moraju blokirati postavne vrijednosti iz HYS-a koje se šalju svakih pola sata (ako su potvrđene). U slučaju takvih kraćih ili dužih odstupanja od plana radi se replaniranje tj. pokreće se proračun s promijenjenim ulaznim podacima.

6. ZAKLJUČAK

Podaci koji se prikupljaju, obrađuju i arhiviraju u Komandi lanca Varaždin omogućavaju znatno bolji nadzor nad lancem hidroelektrana, a razmjenom kvalitetnih podataka i informacija ostvaruje se bolja suradnja i koordinacija s Nacionalnim dispečerski centrom i centrom vođenja uzvodnih elektrana (CV DEM). Daljinskim nadzorom i upravljanjem postignut je značajan napredak u vođenju pogona, pri čemu optimizacija i planiranje proizvodnje rezultiraju povećanom proizvodnjom energije i smanjenjem broja uključenja i isključenja agregata, a koordinacija i točno planiranje termina i trajanja poslova održavanja povećanjem pogonske spremnosti. Povezivanjem s poslovnim informacijskim sustavom HEP-a ovlaštenim korisnicima omogućeno je praćenje arhivskih pa i trenutnih podataka putem osobnog računala.

LITERATURA

[1] SINAUT Spectrum "Spectrum Base", Siemens No. ED07-E-1.3, 1997.

[2] SINAUT Spectrum "Statement of Work", Siemens No. TD00-HEP KL Varazdin, 1997.

[3] SINAUT Spectrum "System Overwiev", Siemens No. TD01-HEP KL Varazdin, 1997.

[4] SINAUT Spectrum "Hardware", Siemens No. TD02-HEP KL Varazdin, 1997.

[5] SINAUT Spectrum "Hydro Scheduling", Siemens No. TD21-HEP KL Varazdin, 1997.

[6] "Dokumentacija za traženje ponuda za opremu i radove računarskog sustava Komande lanca i centra daljinskog upravljanja Varaždin", Elekktroprojekt, Zagreb 1994.

[7] B. PREMER, G. DUJMOVIĆ, B. HORVAT, D. MAGIĆ, M. STOLNIK, J. SABOLEK, G. VRBANEC: "Prilagođenje sustava upravljanja HE Varaždin i HE Du-

brava radi daljinskog vođenja iz Komande lanca Varaždin", Treći simpozij o vođenju elektroenergetskog sistema HK CIGRE, Cavtat 1998.

[8] B. HORVAT, G. DUJMOVIĆ, G. BARBARIĆ, M. KUHTIĆ, B. PREMER, Ž. LOGARIĆ, G. VRBANEC, T. PINTARIĆ: "Potpuno automatizirano upravljanje i nadzor postojenja na brani HE Čakovec", Četvrti simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema HK CIGRE, Cavtat 2000.

VARAŽDIN CHAIN COMMAND – REMOTE CONTROL CENTRE AND MANAGEMENT OF HYDRO POWER PLANTS ON THE DRAVA RIVER

Varaždin Chain Command is a centre from which remote control is realised as well as the management of three existing hydro power plants on the Drava River in Croatia. This work gives an overview of computer equipment for remote control including real time management and telecommunication systems that enable good communication with plants and other centres. Operation management functions as well as some experiences gathered so far are described.

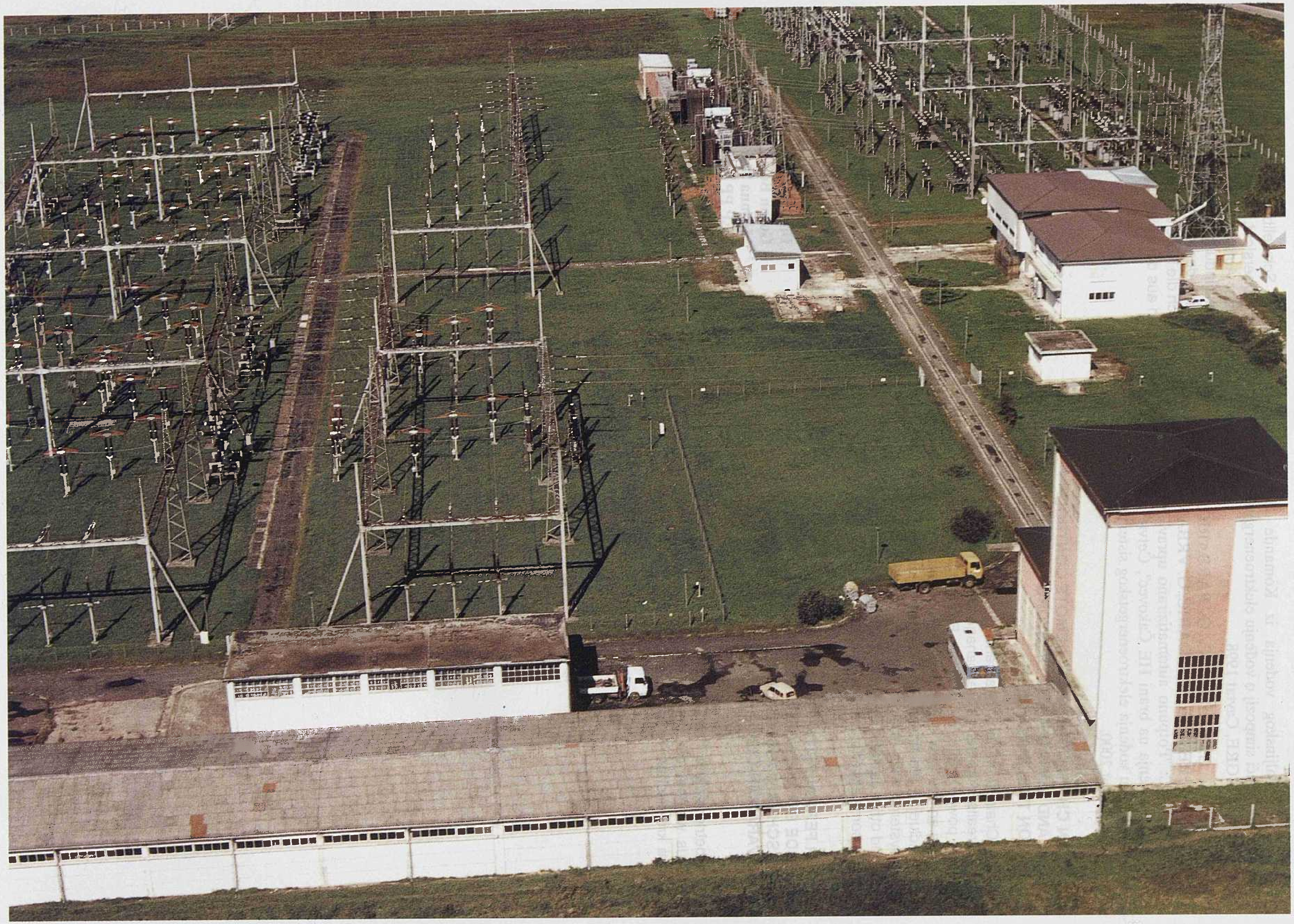
DIE DER FERNAUFSICHT UND -STEUERUNG DIENENDE SCHWELLBETRIEBSWARTE KROATISCHER WASSERKRAFTWERKE AM FLUSS DRAU "VARAŽDIN-CENTAR"

Schwellbetriebswarte "VARAŽDIN-CENTAR" ist jene Leitstelle aus welcher die Fernaufsicht und Fernbedienung dreier im kroatischen Teil des Flusses Drau bestehenden Wasserkraftwerke im Schwellbetrieb geleitet wird. In diesem Artikel ist eine Übersicht, sowohl der in der Realzeit dem Steuern und der Aufsicht dienenden Computertechnik, als auch der Verbindung mit den Kraftwerken und anderen Zentren dienenden Fernmeldeanlagen, gegeben. Beschrieben ist auch die Rolle der operativen Führung, und einige Erfahrungen aus dem bisherigen Betrieb.

Naslov pisaca:

Miljenko Brezovec, dipl. ing.
Darko Kuča, dipl. ing.
Goran Bužić, dipl. ing.
Mirjana Slunjski, dipl. ing.
HEP PP HE Sjever – Varaždin
42000 Varaždin, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-02-13.



STATISTIKA POGONSKIH DOGAĐAJA U PRIJENOSNOJ MREŽI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE OD 1995. DO 2000. GODINE

Prof. dr. sc. Zdravko H e b e l, Zagreb – Marijan K a l e a, Osijek

UDK 621.316.1.004.2
STRUČNI ČLANAK

Rad prikazuje analizu prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede kroz uspostavljeni sustav statistike pogonskih događaja (SPD). Definirani su pojmovi i analiziraju rezultati dobiveni tijekom proteklih šest godina (1995.–2000.).

Ključne riječi: prijenosna mreža, poremećaji, zastoji, neraspoloživost.

1. UVOD

Statistika pogonskih događaja (SPD) u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede utemeljena je radovima [1] i [2], te kratko opisana u [3]. Prihvaćena je 1996. godine u tadašnjoj Direkciji za upravljanje i prijenos Hrvatske elektroprivrede kao službena metodologija za prikupljanje, obradu i jednogodišnji prikaz podataka o pogonskim događajima u prijenosnoj mreži, svake godine.

Razrađena je vrlo obuhvatna programska podrška za prihvat, obradu i prikaz podataka SPD. Izabrani su, obučeni i opskrbljeni opremom, radnici koji u svakom prijenosnom području prihvaćaju, atribuiraju i unose podatke u računala radi SPD. Okončane su jednogodišnje obrade podataka za razdoblje od 1995.–2000. godine, ([5] do [10]), te je omogućen prikaz i analiza kretanja promatranih pojava u šestgodišnjem razdoblju korištenja prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede.

2. PREDMET I NAČIN PROMATRANJA SPD

Predmet promatranja SPD su pogonski događaji nastali u prijenosnoj mreži nazivnog napona 110, 220 i 400kV, koja je u nadležnosti Direkcije za prijenos Hrvatske elektroprivrede. Promatraju se pogonski događaji na onim jedinicama mreže, koje su bile u korištenju pod istim pogonskim nazivnim naponom cijele promatrane godine, ili koje su ušle u pogon najkasnije 31. siječnja, odnosno kojima je korištenje prestalo najranije 30. studenog promatrane godine. SPD ne obuhvaća, dakle, jedinice mreže koje su u nadležnosti elektrana i distribucije, u vlasništvu potrošača, jedinice inozemnih susjednih mreža, kao i vlastite jedinice kojima je trajanje korištenja bilo kraće od rečenog. Vodovi koji povezuju promatranu mrežu s inozemstvom promatrani su ukupnom duljinom, a trojke dvostrukih vodova promatraju se pojedinačno, svaka za sebe.

Promatrane jedinice u SPD–u su:

- nadzemni vodovi,
- kabeli,
- nadzemno-kabelski vodovi,
- transformatori,
- polja,
- sabirnice,

razvrstani prema nazivnom pogonskom naponu, neovisno o eventualno drugačijem konstrukcijskom naponu. Sve jedinice iskazuju se brojem komada, a vodovi iskazuju se i duljinom, jer je za neke pojave svojstveno iskazivanje u odnosu prema duljini (primjerice izloženost atmosferskim djelovanjima), a za druge – u odnosu prema broju komada (primjerice izloženost pogrešnom sklapanju).

Pojave koje prati statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži su:

- poremećaji,
- prisilni zastoji,
- planirani zastoji,
- neraspoloživost,
- prekidi opskrbe električnom energijom,
- beznaponska stanja sabirnica,
- djelovanje zaštite,
- kvarovi.

Poremećaj je skup događaja i stanja promatranih jedinica, koji spontano počinje pojavom grješke, što dovodi do ispada ili prisilnog isklopa barem jednog prekidača u promatranoj mreži (ili prekidača na drugoj strani spojnog voda prema inozemstvu), a završava uk-

lopom svih jedinica koje su se našle u poremećaju. Svaki poremećaj sadrži najmanje jedan prisilni zastoj i svaki prisilni zastoj pripada određenom poremećaju. *Prisilni zastoj* nastupa automatskim ispadom djelovanjem zaštite, ručnim prisilnim neodgodivim isklopom, prisilnim isklopom odgodivim do 24 sata ili pogrešnim isklopom. Neuspješni automatski ponovni uklop (APU) također dovodi do prisilnog zastoja vod na kojem se zbio. U prisilne zastoje *ne* ubrajaju se uspješni APU (to su tzv. prolazni *zastoji*), ali se prati njihov nastup i izdvojeno iskazuje u SPD.

Planirani zastoj nastupa smišljenim ručnim isklopom promatrane jedinice radi neke namjere u vezi s promatranom jedinicom ili zbog toga što se neka druga namjera može ostvariti samo uz beznaponsko, odnosno izvanpogonsko stanje promatrane jedinice.

Neraspoloživost tvore svi prisilni i svi planirani zastoji koji su se zbili jedinicama promatrane mreže u promatranom jednogodišnjem razdoblju. Izvan tih zastoja, jedinice mreže su bile raspoložive za pogon, za stavljanje u rezervu ili pogonski isklop zbog drugih pogonskih razloga. Neraspoloživost je sintetička mjera izgrađenosti, te kvalitete pogona i održavanja mreže.

U dijelu poremećaja, kao i prigodom odvijanja dijela planiranih zastoja dolazi do *prekida opskrbe električnom energijom*, koje SPD prati prema trajanju i vrijednosti neisporučene električne energije.

Također, poremećaji (dakle prinudni zastoji u tim poremećajima) i planirani zastoji mogu dovesti do *beznaponskih stanja sabirnica* u promatranoj mreži koja potencijalno rezultiraju prekidom opskrbe električnom energijom, te SPD prati broj i trajanja nastupa takvih stanja na svim sabirnicama u promatranoj mreži. Pri tome su dvostruke sabirnice pod naponom ako im je barem jedan sustav pod naponom, a bez napona kada su im oba sustava bez napona zbog neraspoloživosti sabirnica i/ili priključene mreže na te sabirnice.

U poremećajima osobitu ulogu ima *zaštita* primarnih jedinica mreže, koja svojim ispravnim ili neispravnim radom pridonosi vremenskom i prostornom dosegu poremećaja, a može i sama biti primarnim mjestom pogrješke. U SPD analizira se djelovanje zaštite i automatskog ponovnog uklopa i kategorizira ispravnost tog djelovanja u svim prisilnim zastojima.

Prisilni zastoji razvrstavaju se po istrajnosti u *privremene* i *trajne*. Privremeni su oni zastoji u kojima je bio omogućen uspješan uklop promatrane jedinice, bez popravaka ili zamjene komponenata te jedinice – ma koliko privremeni zastoj trajao. Trajni zastoji su oni u kojima je uspješan uklop ostvaren nakon popravka ili zamjene komponente promatrane jedinice. Takvo stanje u SPD naziva se *kvar*, te se posebno prate kvarovi po definiranim komponentama pojedinih jedinica. To nisu iskazi o svim kvarovima u mreži nego samo o onima koji su izazvali ili sudjelovali u poremećajima (ne i onim koji su otklanjani u planiranim zastojima ili bez zastoja).

3. PROMATRANA MREŽA

Količine promatranih jedinica koje su bile predmetom obuhvata SPD u pojedinim promatranim godinama prikazane su tablicom 1. Promjene koje su nastupile u pojedinim godinama posljedice su sanacije ratnih razaranja i dogradnje mreže.

Tablica 1. Promatrana mreža

Godina	Promatrana jedinica	Jed.	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	Nadzemni vodovi	km	291	1025	3304	4620
	Kabeli	km	–	–	14	14
	Nadzemno–kabelski vodovi	km	–	–	438	438
	Transformatori	kom	5	16	137	158
	Polja	kom	13	50	484	547
	Sabirnice	kom	2	15	146	163
1996.	Nadzemni vodovi	km	570	1055	3586	5212
	Kabeli	km	–	–	14	14
	Nadzemno–kabelski vodovi	km	–	–	417	417
	Transformatori	kom	7	16	140	163
	Polja	kom	18	54	510	582
	Sabirnice	kom	4	14	155	173
1997.	Nadzemni vodovi	km	570	1399	3557	5526
	Kabeli	km	–	–	17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km	–	–	432	432
	Transformatori	kom	7	16	143	166
	Polja	kom	18	59	516	593
	Sabirnice	kom	4	15	158	177
1998.	Nadzemni vodovi	km	570	1397	3856	5823
	Kabeli	km			17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km			471	471
	Transformatori	kom	7	16	152	175
	Polja	kom	18	60	550	628
	Sabirnice	kom	3	11	152	166
1999.	Nadzemni vodovi	km	570	1426	3651	5647
	Kabeli	km			17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km			471	471
	Transformatori	kom	7	15	158	180
	Polja	kom	18	56	551	625
	Sabirnice	kom	3	11	155	169
2000.	Nadzemni vodovi	km	800	1540	3841	6181
	Kabeli	km			17	17
	Nadzemno–kabelski vodovi	km			452	452
	Transformatori	kom	7	15	162	184
	Polja	kom	19	57	564	640
	Sabirnice	kom	3	11	158	172

4. POREMEĆAJI

Pregled ukupnog broja poremećaja i prisilnih zastoja koji su se zbili u tim poremećajima u promatranoj mreži iznosi se u tablici 2. Praktički, zbivaju se prosječno nešto manje od dva poremećaja dnevno, a u svakome od njih je prosječno nešto više od 1,5 jedinice mreže u prisilnom zastoju. Godine 1995. u još nedovoljno konsolidiranoj mreži nakon ratnih razaranja 1991./92.godine, veći je broj jedinica u mreži bio u radijalnom pogonu, te je prosječni poremećaj izazivao prisilni zastoj gotovo tri jedinice (točno: 2,7). U sljedećim godinama, pogonska topologija mreže vidljivo je poboljšana: srednji broj prisilnih zastoja u jednom poremećaju bitno je smanjen.

Tablica 2. Broj poremećaja i prisilnih zastoja (1/god.)

Godina	Broj poremećaja	Broj prisilnih zastoja	Prisilni zastoji /poremećaji
1	2	3	3/2
1995.	623	1679	2,70
1996.	617	935	1,52
1997.	533	905	1,70
1998.	763	1329	1,74
1999.	697	1108	1,59
2000.	588	896	1,52

Preko polovina svih poremećaja imala je povod u greški iz okoline (1995: 54%, 1996: 62%, 1997: 51%, 1998: 56%, 1999: 51%, 2000: 57%). Među atmosferskim djelovanjima, grmljavina i/ili vjetar predstavljaju pretežan povod greškama iz okoline. Slijedi vlažnost s orošavanjem i vatra (požar), ali s mnogostruko manjim udjelom od grmljavine i vjetra. Tehnički povod greški predstavlja početak približno 1/10 do 1/5 svih poremećaja, a ljudski povod (pogrešna sklapanja ili aktivnosti u blizini objekata mreže) u nekoliko postotaka svih poremećaja. Približno 1/10 do 1/5 svih poremećaja, u prijenosnoj mreži nastupa zbog grješke u nepromatranoj mreži.

Struja jednopolnog kratkog spoja je najbrojnija manifestacija je greške na primarno pogođenoj jedinici (1995: 37%, 1996: 40%, 1997: 33%, 1998: 33%, 1999: 28%, 2000: 25%). Slijede svi ostali kratki spojevi (2K, 2K+Z, 3K, 3K+Z), s približno istim zajedničkim udjelom kao i jednopolni kratki spoj. Ostale manifestacije greške imaju male udjele a prednjači greška s ispadom ili prisilnim isklopom bez kratkog spoja (2000.godine: 25%). Preopterećenju raste udjel u manifestaciji greške na primarno pogođenoj jedinici (1995: 0,8%, 1996: 1,8%, 1997: 2,4%, 1998: 3,7%, 1999: 4%, 2000: 2%), očigledno: poslijeratna konsolidacija prijenosne mreže sporija je od poslijeratnog porasta opterećenja. Vršno opterećenje u 1995.godini na razini prijenosne mreže bilo je 2023MW, a 2000.godine 2661MW. U istom razdoblju je godišnja potrošnja porasla s 11,0TWh (1995) na 13,8TWh (2000).

5. PRISILNI ZASTOJI

Broj prisilnih zastoja koji su tvorili poremećaje u promatranim godinama prikazan je u tablici 5. po promatranim jedinicama. Kao zanimljiviji specifični pokazatelji, u tablicama 3. i 4. prikazane su godišnje frekvencije prisilnih zastoja po 100km nadzemnih vodova i jednom transformatoru. To je broj prisilnih zastoja podijeljen s ukupnom količinom tih jedinica u mreži. Prigodom eventualne komparacije s inozemnim izvorima podataka, nužno je egzaktno poznavanje obuhvata podacima u tim izvorima (ovdje se radi o prisilnim zastojima, privremenim i trajnim, s unutarnjim i vanjskim razlogom).

Tablica 3. Frekvencija prisilnih zastoja nadzemnih vodova (1/100 km. god.)

Godina	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	4,81	10,63	24,03	19,85
1996.	5,26	5,88	11,62	9,73
1997.	3,16	5,29	11,64	9,16
1998.	5,09	8,73	14,76	12,36
1999.	4,91	10,17	11,78	10,68
2000.	2,88	7,53	10,60	8,83

Tablica 4. Frekvencija prisilnih zastoja transformatora (1/kom. god.)

Godina	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	1,40	4,06	3,73	3,69
1996.	0,29	1,38	1,86	1,74
1997.	0,57	1,56	1,76	1,67
1998.	0,14	1,94	2,28	2,17
1999.	0,71	1,33	1,98	1,88
2000.	0,57	1,33	1,49	1,45

Prisilni zastoji u još nedovoljno konsolidiranoj mreži 1995. godine, praktički su dvostruko brojniji nego u godinama koje slijede, gledajući sumarno i apsolutno, a jednako tako gledajući i frekvenciju prisilnih zastoja najzanimljivijih jedinica mreže: nadzemnih vodova i transformatora. U razdoblju homogenijih podataka, donekle prema gore odstupa godina 1998., što valja pripisati težim vremenskim prilikama u zimskom (siječanj, studeni/prosinac – nevremena s vjetrom, snijegom i zaleđivanjem) i ljetnom razdoblju (olujna nevremena) u toj godini spram prosječnih prilika. Izvan 1995. i 1998.godine može se govoriti o prosječno nešto manje od 10 prisilnih zastoja po 100 km nadzemnih vodova svih nazivnih napona i nešto više od 1,5 prisilnih zastoja prosječnog transformatora svih nazivnih napona u prijenosnoj mreži..

Tablica 5. Broj prisilnih zastoja (1/god.)

Godina	Promatrana jedinica	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	Nadzemni vod	14	109	794	917
	Kabel	–	–	3	3
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	120	120
	Transformator	7	65	511	583
	Polje[1]	4	6	43	53
	Sabirnice	2	1	0	3
	Sveukupno	27	181	1471	1679
1996.	Nadzemni vod	30	62	417	507
	Kabel	–	–	3	3
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	105	105
	Transformator	2	22	260	284
	Polje[1]	1	4	28	33
	Sabirnice	0	0	1	1
	Sveukupno	33	88	814	935
1997.	Nadzemni vod	18	74	414	506
	Kabel	–	–	3	3
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	41	41
	Transformator	4	25	251	280
	Polje[1]	7	8	59	74
	Sabirnice	0	0	1	1
	Sveukupno	29	107	769	905
1998.	Nadzemni vod	29	122	569	720
	Kabel			6	6
	Nadzemno–kabelski vod			148	148
	Transformator	1	31	347	379
	Polje[1]	1	20	52	73
	Sabirnice	0	0	3	3
	Sveukupno	31	173	1125	1329
1999.	Nadzemni vod	28	145	430	603
	Kabel			1	1
	Nadzemno–kabelski vod			101	101
	Transformator	5	20	313	338
	Polje[1]	14	13	32	59
	Sabirnice	1	1	4	6
	Sveukupno	48	179	881	1108
2000.	Nadzemni vod	23	116	407	546
	Kabel			1	1
	Nadzemno–kabelski vod			39	39
	Transformator	4	20	242	266
	Polje[1]	4	8	32	44
	Sabirnice	0	0	0	0
	Sveukupno	31	144	721	896

[1] Zastoji polja u SPD ubrajaju se samo ako su uslijedili unutarnjim razlogom.

Preko polovina prisilnih zastoja svih jedinica u mreži godine nastupa unutarnjim razlogom, a preostatak vanjskim razlogom (razlog izvan jedinice koja se našla u zastoju), no to se mijenja ako se gleda na pojedine vrste promatranih jedinica. Uz nazivni napon 400 i 220kV još naglašenije se radi o unutarnjim razlozima. Jedino kod transformatora 110kV/s.n. pretežu vanjski razlozi (primjerice, najbrojniji slučaj: neodgodivi ručni isklop – inače ispravnog – transformatora, ako zbog zastoja drugih jedinica u mreži ostane bez napona).

Mjesec s najviše prisilnih zastoja vodova, unutarnjim razlogom, je kolovoz u 1995.godini, prosinac u 1996.godini i kolovoz u 1997.godini, srpanj u 1999.godini, te kolovoz i rujan u 1998. i 2000.godini.

Trajni zastoji (dakle oni u kojima se dogodio kvar barem jedne komponente promatrane jedinice) sudjeluju relativno malo u ukupnom broju prisilnih zastoja (1995: 4.6%, 1996: 6.8%, 1997: 8.7%, 1998: 6,7%, 1999: 6,3%, 2000: 5,7%). Preostaju privremeni zastoji, oni pri kojima se uspješni uklop jedinice mogao obaviti bez popravka ili zamjene komponenata te jedinice.

6. PLANIRANI ZASTOJI

Broj planiranih zastoja u promatranim godinama prikazan je u tablici 6. po promatranim jedinicama. Uočava se porast broja tih zastoja u sredini promatranog šestgodišnjeg razdoblja. Vjerojatno se radi o utjecaju konsolidiranja poslijeratnih prilika, te se sve dosljednije provode zahtjevi pravilnika o održavanju, što traži više planiranih isklopa jedinica u mreži.

Čak oko 40% planiranih zastoja promatrane jedinice nastupa radi povoda izvan promatrane jedinice, dakle kada je za neke zahvate u mreži ili blizini mreže uvjet bio izvanpogonsko, odnosno beznaponsko stanje promatrane jedinice. U oko 1/4 svih planiranih zastoja obavila se revizija ili remont, a u oko 1/10 svih zastoja obavljeni su popravci neispravnosti čije se otklanjanje moglo odgađati dulje od 24 sata nakon uočavanja (ako je taj rok bio kraći, u SPD su takvi zastoji svrstani u prisilne zastoje – ta granica je konvencija).

Tablica 6. Broj planiranih zastoja (1/god.)

Godina	Promatrana jedinica	400kV	220kV	110kV	Ukupno
1995.	Nadzemni vod	18	108	810	936
	Kabel	–	–	0	0
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	113	113
	Transformator	35	70	512	617
	Polje[1]	31	93	603	727
	Sabirnice	1	2	11	14
	Sveukupno	85	273	2049	2407
1996.	Nadzemni vod	32	108	848	988
	Kabel	–	–	4	4
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	87	87
	Transformator	47	94	566	707
	Polje[1]	19	90	558	667
	Sabirnice	0	0	23	23
	Sveukupno	98	292	2086	2476
1997.	Nadzemni vod	27	166	817	1010
	Kabel	–	–	9	9
	Nadzemno–kabelski vod	–	–	95	95
	Transformator	37	74	667	778
	Polje[1]	26	107	674	807
	Sabirnice	1	1	23	25
	Sveukupno	91	348	2285	2724
1998.	Nadzemni vod	45	230	790	1065
	Kabel			8	8
	Nadzemno–kabelski vod			117	117
	Transformator	70	86	904	1060
	Polje[1]	48	178	1054	1280
	Sabirnice	2	1	32	35
	Sveukupno	165	495	2905	3565
1999.	Nadzemni vod	41	184	859	1084
	Kabel			3	3
	Nadzemno–kabelski vod			141	141
	Transformator	59	86	1013	1158
	Polje[1]	36	140	1096	1272
	Sabirnice	0	4	37	41
	Sveukupno	136	414	3149	3699
2000.	Nadzemni vod	52	198	1048	1298
	Kabel			6	6
	Nadzemno–kabelski vod			111	111
	Transformator	96	95	810	1001
	Polje[1]	79	144	954	1177
	Sabirnice	8	3	67	78
	Sveukupno	235	440	2996	3671

[1] Zastoji polja u SPD ubrajaju se samo ako su uslijedili unutarnjim razlogom.

7. NERASPOLOŽIVOST MREŽE

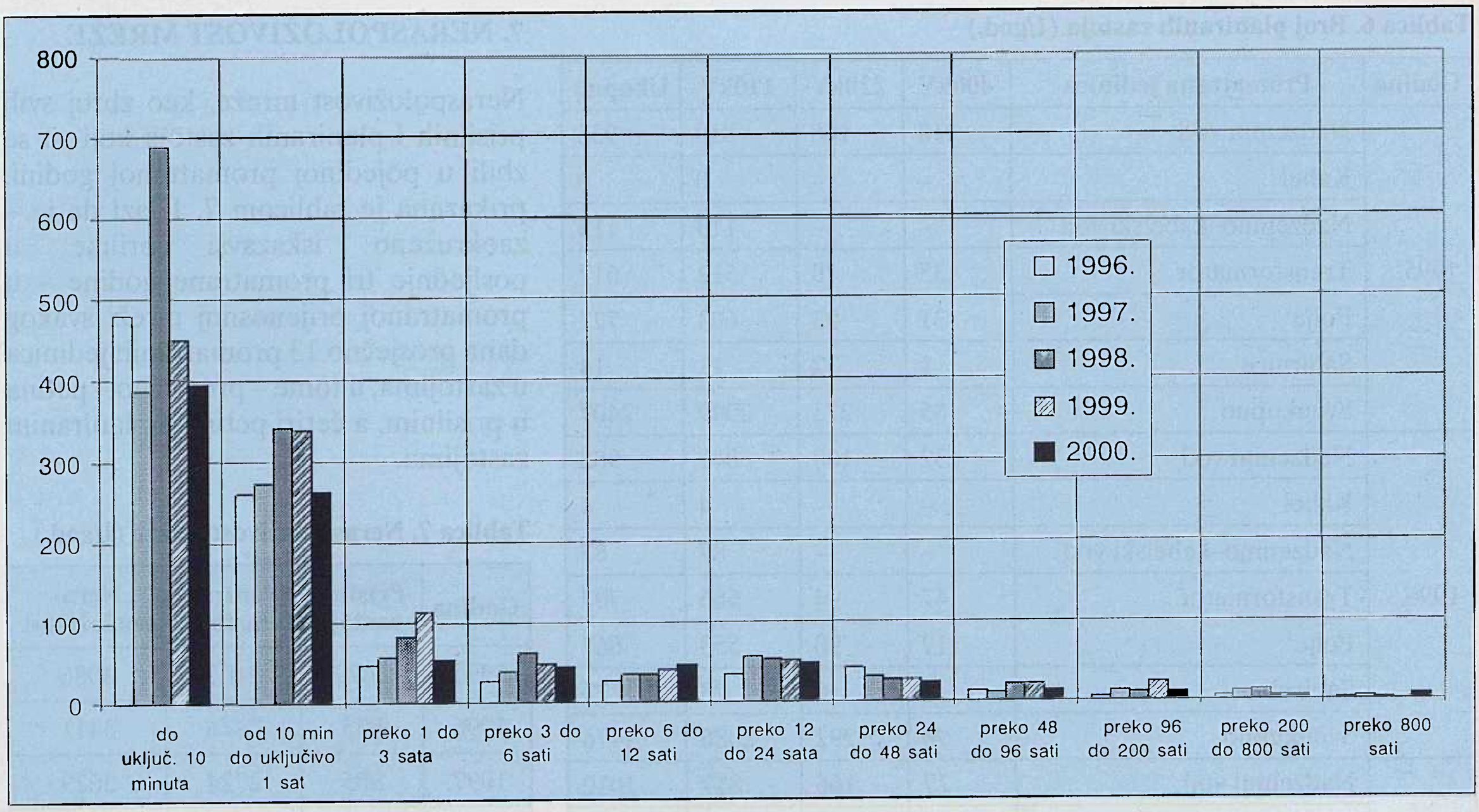
Neraspoloživost mreže, kao zbroj svih prisilnih i planiranih zastoja koji su se zbili u pojedinoj promatranoj godini, prikazana je tablicom 7. Izlazi da je – zaokruženo iskazavši prilike u posljednje tri promatrane godine – u promatranoj prijenosnoj mreži svakog dana prosječno 13 promatranih jedinica u zastojima, u tome – prosječno – petina u prisilnim, a četiri petine u planiranim zastojima.

Tablica 7. Neraspoloživost mreže (1/god.)

Godina	Prisilni zastoji	Planirani zastoji	Neraspoloživost
1995.	1679	2407	4086
1996.	935	2476	3411
1997.	905	2724	3629
1998.	1329	3565	4894
1999.	1108	3699	4807
2000.	896	3671	4567

Praktički, najzanimljivije obilježje – iza godišnjeg broja neraspoloživih stanja, je trajanje tih stanja. Tijekom neraspoloživog vremena neke jedinice, vjerojatan je prekid opskrbe električnom energijom, a svakako je smanjena operativna sigurnost mreže, te je vjerojatnije daljnje pogoršanje prilika. S te strane gledano, nije pretjerano bitno da li je neraspoloživost uslijedila iz prisilnog ili planiranog povoda. Ipak, razvrstavajući neraspoloživost u razrede prema trajanju, uočavaju se podskupovi prisilnih i planiranih zastoja – svaki s istaknutim osobitostima. Najčešći broj prisilnih zastoja (slika 1)[2] pripada razredu kratkotrajnih, do uključivo 10 minuta, a oko 3/4 svih prisilnih zastoja riješi se unutar 1 sata. Najčešći broj planiranih zastoja (slika 2) pripada intervalu 1–12 sati, dakle koji se riješe unutar jedne obdanice. U razredu 12–24 sata ima manje planiranih zastoja, jer ako se protegnu na više od jedan dan, najčešće se ne radi noću i stoga je nešto povećan udjel razreda s trajanjem 2 ili više dana.

[2] Sve slike u ovom radu prikazane su za petgodišnje razdoblje homogenijih podataka, izostavljanjem slikovnog prikaza za 1995. godinu.



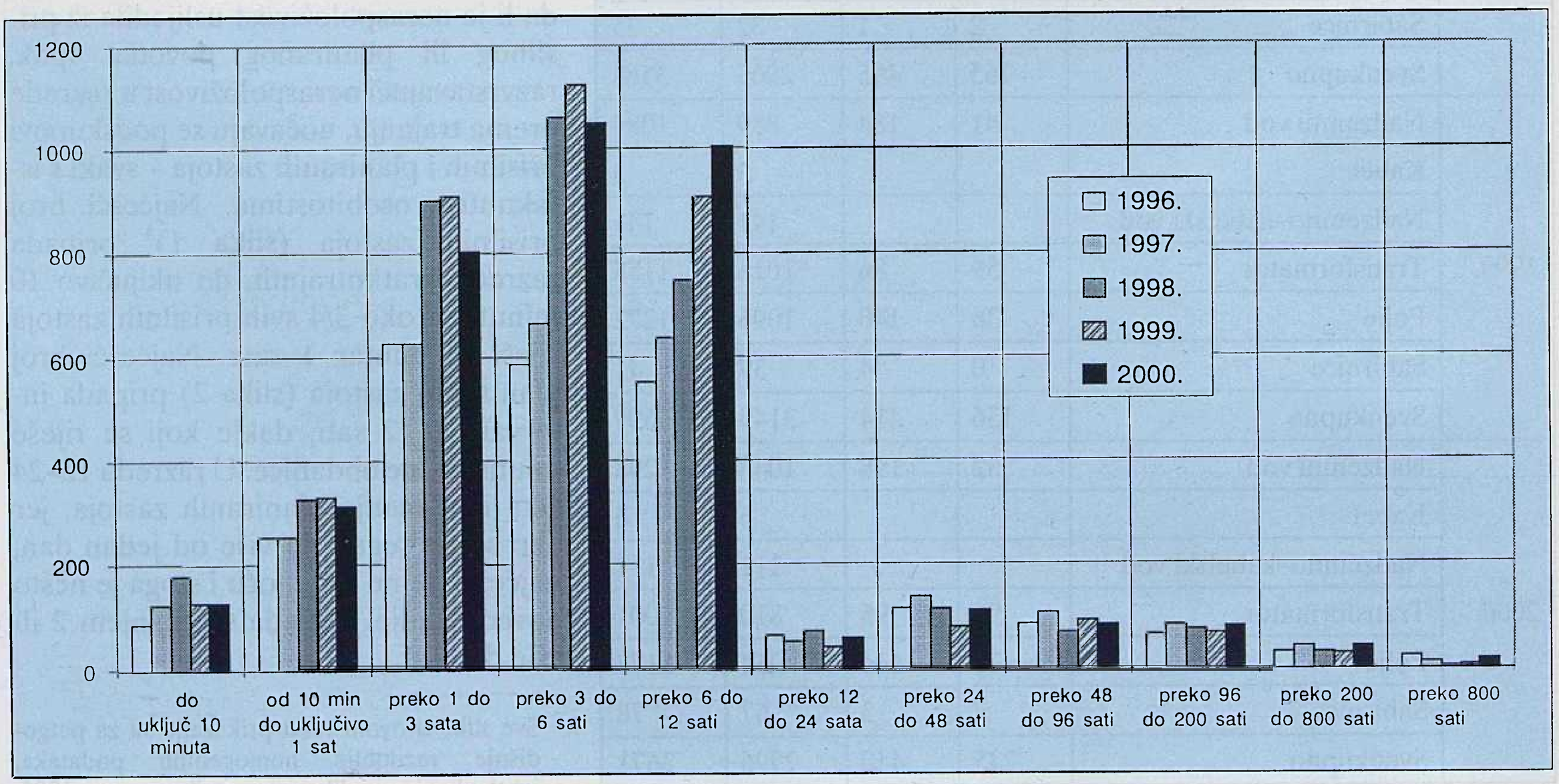
Slika 1. Broj prisilnih zastoja prema trajanju (1/god.)

Neznatno je prisilnih zastoja koji traju više od 200 sati (dakle više od tjedan dana), a desetak do dvadesetak planiranih zastoja traje više od 800 sati (dakle više od mjesec dana). Takva trajanja te dvije kategorije zastoja karakteriziraju ih dugotrajnim, a granice su u SPD uzete iz recentnih međunarodnih gledanja. Za posljednju promatranu godinu (2000.) karakterističan je nešto veći udjel dugotrajnih prisilnih i dugotrajnih planiranih zastoja od prosječnih prilika.

Sezonski raspored neraspoloživosti vodova: u ljetnim mjesecima su neraspoloživa stanja brojnija (istodobno djeluju nepovoljne atmosferske prilike i brojniji planirani zahvati u mreži) a u zimskim mjesecima nešto manje brojna, kada su zahtjevi pred mrežom općenito veći, te je zapravo povoljno što je tako.

8. PREKIDI OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ZBOG NERASPOLOŽIVOSTI

Krajnji nepovoljni rezultat neraspoloživosti mreže je prekid opskrbe električnom energijom. Ako do njega dolazi rijetko i kratkotrajno – takvo je stanje poželjno,



Slika 2. Broj planiranih zastoja prema trajanju (1/god.)

a ako dolazi češće i dugotrajnije – znak je nedovoljne izgrađenosti mreže, nepažljivog vođenja pogona i neodgovarajućeg održavanja. Pri tome, sa stajališta potrošača električne energije, nije presudno da li je tome povod prisilni ili planirani zastoj. Detaljnom analitičaru mrežnih prilika to je bitno, jer finije usmjerava zaključivanje.

Na slici 3. su sva neraspoloživa stanja (nastala poremećajima i planiranim zastojima) pri kojima se zbio i prekid opskrbe razvrstana u razrede prema trajanju prekida opskrbe. Vidi se, da je najčešće trajanje prekida u razredima do 1 sat (a u tome barem polovina do 10 minuta). Nema neraspoloživih stanja prijenosne mreže pri kojima bi trajanje prekida opskrbe bilo dulje od 12 sati, osim nekoliko samo u 1999. godini.

Promatra li se broj neraspoloživih stanja prema neisporučenoj električnoj energiji, najčešća je vrijednost u razredu 1 do 10 MWh (dakle u razredu u kojem gornja granica predstavlja godišnju potrošnju 4 srednje elektrificirana domaćinstva).

Konsolidacijom mreže opada udjel poremećaja s prekidom opskrbe u ukupnom broju poremećaja (1995.: 40%, 1996.: 28%, 1997.: 21%, 1998.: 22%, 1999.: 16%, 2000.: 11%), a i planiranih zastoja u kojima je moralo doći do prekida opskrbe (1995.: 1.6%, 1996. i 1997.: 0.5%, 1998.: 0,6%, 1999.: 0,7%, 2000.: 0,3%). Na svakih 100 MWh godišnje potrošnje na razini prijenosne mreže, zbog neraspoloživosti se nije isporučilo 34–9–10–8–11–6 kWh (1995.–1996.–1997.–1998.–1999.–2000.). Ako se sva neisporučena energija iskaže trajanjem vršnog opterećenja za toliku energiju, tada je to 111–29–28–25–33–18 minuta godišnje (1995.–1996.–1997.–1998.–1999.–2000.).

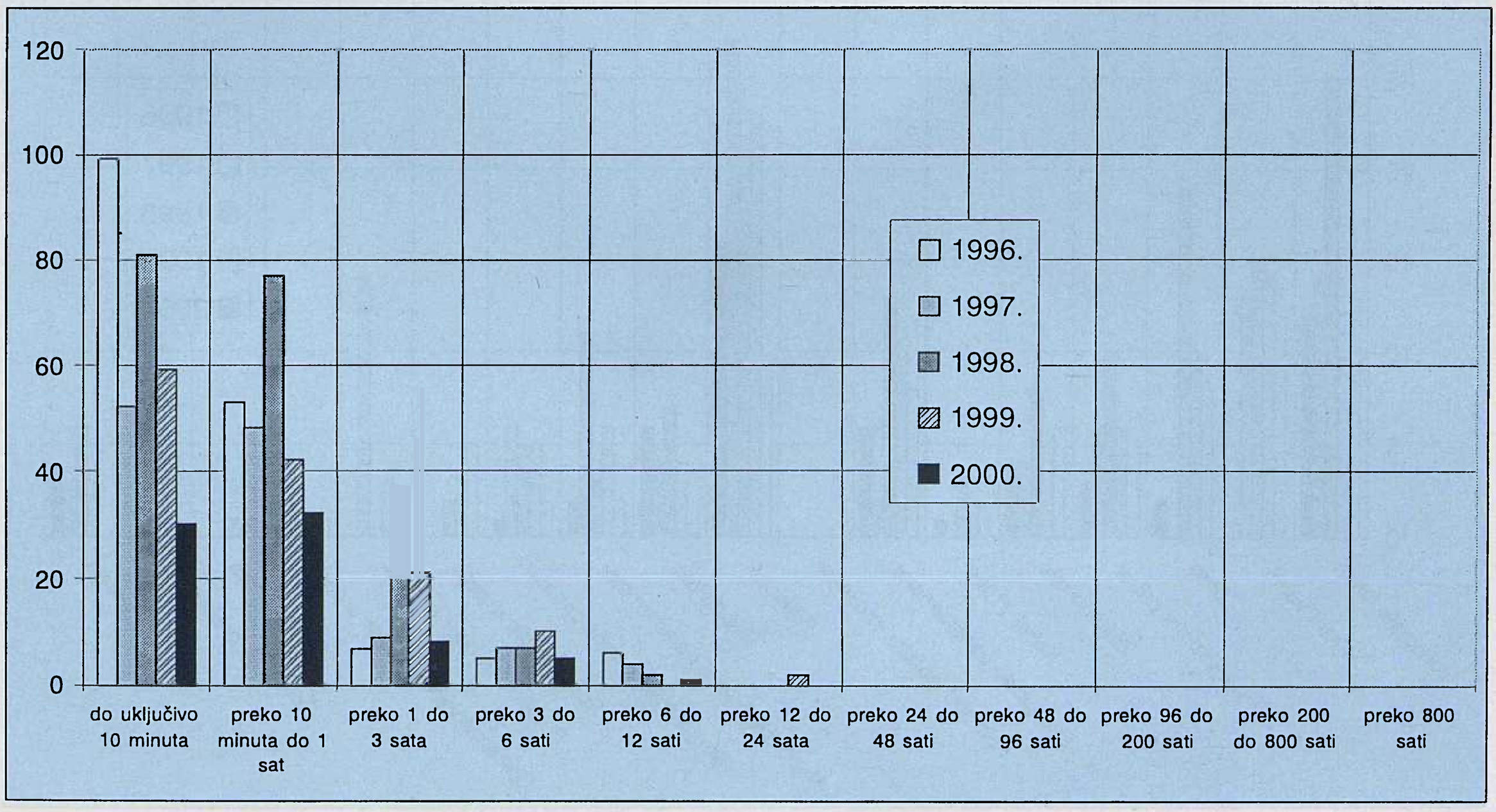
9. BEZNAPONSKA STANJA SABIRNICA

U nekonsolidiranoj mreži 1995. godine, broj beznaponskih stanja promatranih sabirnica bio je veći od broja takvih stanja u sljedećim promatranim godinama (1995.: 703 beznaponska stanja sabirnica, 1996.: 292, 1997.: 285, 1998.: 486, 1999.: 319, 2000.: 224). U mreži s poboljšanim prilikama, svake sabirnice nađu se u beznaponskom stanju prosječno nešto više od jedanput godišnje (u tome približno u 4/5 slučajeva zbog poremećaja i u 1/5 slučajeva zbog planiranih zastoja). Ako je uzrok beznaponskom stanju poremećaj, prosječno trajanje takvog stanja sabirnica je oko 17 minuta (2000.godine).

10. DJELOVANJE ZAŠTITE

SPD prati i ocjenjuje djelovanje zaštite vodova (kod nadzemnih i nadzemno–kabelskih vodova i djelovanje APU), te zaštite transformatora i sabirnica. Zabilježeno je malo nepotrebnih djelovanja i zatajenja, dakle neispravnih djelovanja zaštite vodova (1995. i 1996.: 1.1%, 1997.: 2.9%, 1998.: 7,2%, 1999.: 1,1%, 2000.: 1,1%), a udjel neispravnih djelovanja zaštite transformatora je neujednačeniji (1995.: 7%, 1996.: 7.4%, 1997.: 2.2%, 1998.: 6,1%, 1999.: 2,2%, 2000.: 6%).

U ukupnom broju učinjenih pokušaja APU, oko 4/5 je bilo uspješno (1995.:81%, 1996.: 73%, 1997.: 74%, 1998.: 78%, 1999.: 85%, 2000.: 84%), a preostala 1/5 neuspješno. Razlozi neuspješnim i izostalim pokušajima APU u velikom broju slučajeva razvrstani su u nepoznate. To je – praktički – jedino obilježje u SPD



Slika 3. Broj poremećaja i planiranih zastoja prema trajanju prekida opskrbe (1/god.)

kojem je u naglašenijem broju slučajeva pridijeljen atribut "nepoznato" (preciznije: "nepoznato da li je pokušan potreban APU"). Zaštita sabirnica djelovala je u dva slučaja 1995.godine i u po jednom slučaju 1996., 1997 i 1998. godine, i to ispravno.

11. KVAROVI

Kako je u toč.5 izneseno, 4.6–8.7% prisilnih zastoja (u razdoblju 1995.–2000. godine) ostvareno je s barem jednom komponentom u kvaru te se takav zastoj time svrstao po istrajnosti u trajni, a uspješan uklop jedinice ostvaren je tek nakon popravka ili zamjene neispravne komponente.

Prosječno je bilo 1.3–1.6 komponenata u kvaru, po jednom trajnom zastoju (u 2000.godini 1,10). U tri promatrane godine najčešći povod greški pri kojoj je nastupio kvar bio je iz okoline (1995.: 67%, 1996.: 57%, 1998.: 60%), a u tri godine bio je to tehnički povod (1997.: 55%, 1999.: 62%, 2000.: 50%). Ljudski povod greške koja rezultira kvarom je malen (1995.: 1.6%, 1996.: 4.1%, 1997.: 3%, 1998.: 4,3%, 1999.: 0,9%, 2000.: 0%).

Preko polovina svih trajnih zastoja zbila se na vodovima (1995.: 44 zastoja u ukupno 78 takvih zastoja u mreži, 1996.: 38/64, 1997.: 34/79, 1998.: 37/89, 1999.: 31/70, 2000.: 19/51), slijede polja (1995.: 28, 1996.: 18, 1997.: 35, 1998.: 37, 1999.: 36, 2000.: 26) i transformatori (1995.: 4, 1996.: 8, 1997.: 10, 1998.: 13, 1999.: 2, 2000.: 6). Kvar sabirnica dogodi se do 2 puta godišnje. Udjel kvarova progresivno opada s nazivnim pogonskim naponom.

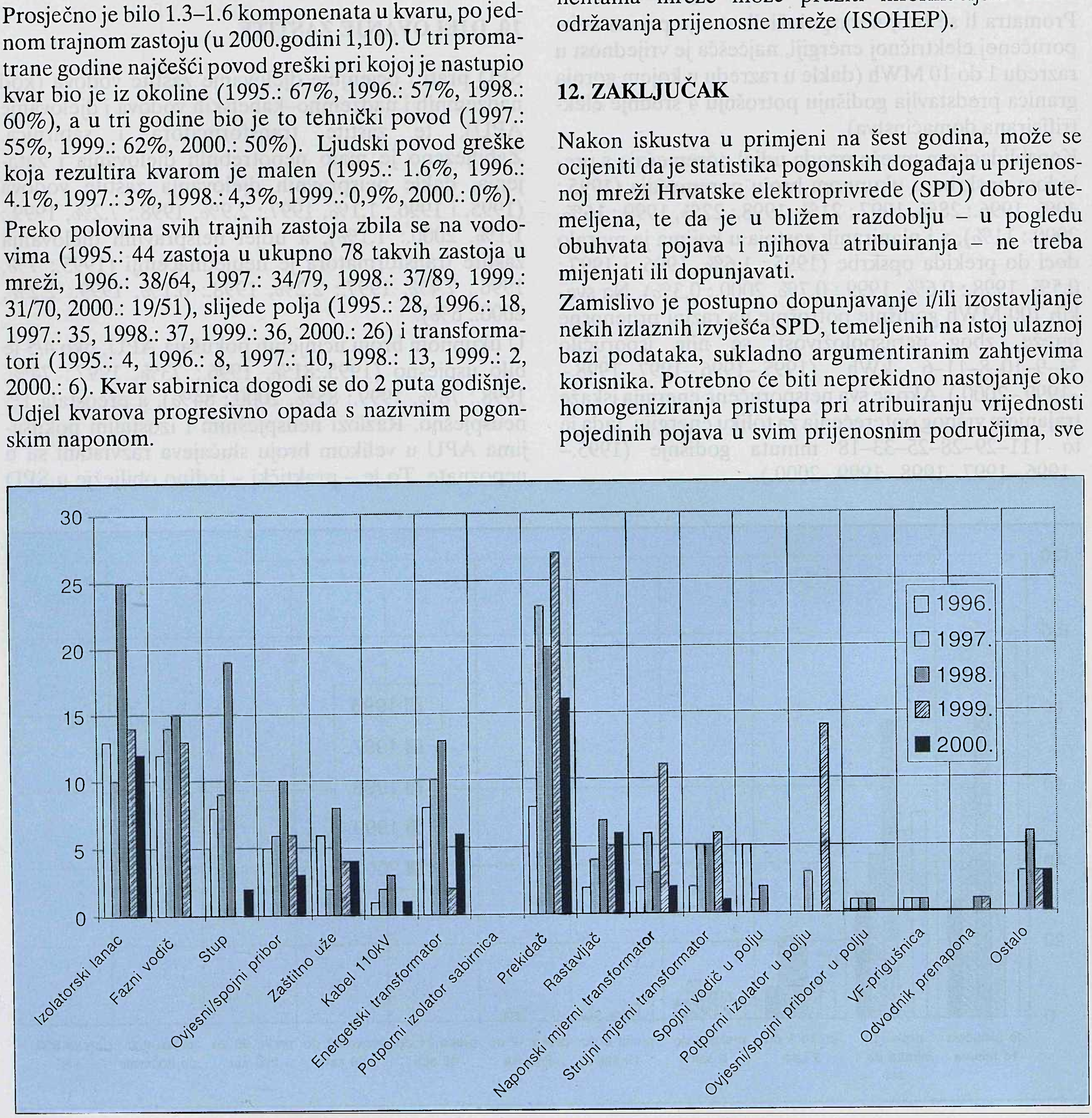
Prema vrsti oštećenja koje se dogodilo komponentama u kvaru, najviše su zastupljeni mehanički prekidi primarne izolacije i oštećenje/proboj primarne izolacije. Najčešći uzrok kvara bilo je mehaničko opterećenje veće od projektiranog. Dodajmo da su najčešće oštećivane komponente: izolatorski lanci i fazni vodiči, podjednako – na nadzemnim vodovima, a prekidači u poljima (slika 4.).

Konačno, naglasimo još jednom: to nisu iskazi o svim kvarovima komponenata u mreži, nego samo o onima koji su izazvali ili sudjelovali u poremećajima (dakle ne o onima otklanjanim u planiranim zastojima ili na koji drugi način, primjerice radom pod naponom). Sveokoliki obuhvat kvarova, smetnji i nedostataka na komponentama mreže može pružiti informacijski sustav održavanja prijenosne mreže (ISOHEP).

12. ZAKLJUČAK

Nakon iskustva u primjeni na šest godina, može se ocijeniti da je statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede (SPD) dobro utemeljena, te da je u bližem razdoblju – u pogledu obuhvata pojava i njihova atribuiranja – ne treba mijenjati ili dopunjavati.

Zamislivo je postupno dopunjavanje i/ili izostavljanje nekih izlaznih izvješća SPD, temeljenih na istoj ulaznoj bazi podataka, sukladno argumentiranim zahtjevima korisnika. Potrebno će biti neprekidno nastojanje oko homogeniziranja pristupa pri atribuiranju vrijednosti pojedinih pojava u svim prijenosnim područjima, sve



Slika 4. Broj kvarova komponenata (1/god.)

do obnavljanja seminara i dopunskih tumačenja eventualno nerazjašnjenih pojmova ili dopunskih jednoznačnih konvencija. U takvom smjeru nastala je i knjiga [4].

SPD sadrži mnogo brojnije serije vrijednosti relevantnih obilježja nego što su ovdje mogle biti i dotaknute, a kamoli pomnije analizirane. Zainteresirani specijalisti upućuju se na pobrojanu literaturu u kojoj su opisane osnove SPD ([1] do [4]), te na knjige statističkih podataka za do sada obrađena a i ubuduće obrađivana godišta.

LITERATURA

[1] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede, I.dio HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos i FER, Zavod za visoki napon i energetiku Zagreb, ožujak 1996

[2] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede, II.dio HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos i FER, Zavod za visoki napon i energetiku Zagreb, ožujak 1996.

[3] Dr. sc. Z. HEBEL, mr. sc. M. HUML–DIMITRIJEVIĆ, E. MILEUSNIĆ, dipl. inž., M. KALEA, dipl. inž., dr. sc. S. NIKOLOVSKI: "Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede", Energija 4/1996., str.173–186

[4] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede, III.dio HEP, Direkcija za upravljanje i prijenos i FER, Zavod za visoki napon i energetiku Zagreb, ožujak 1999.

[5] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1995. godini

[6] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1996. godini

[7] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1997. godini

[8] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1998. godini

[9] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 1999. godini

[10] Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži HEP u 2000. Godini

OPERATIONAL EVENT STATISTICS IN THE TRANSMISSION NETWORK OF HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA FROM 1995 TO 2000

This work presents an analysis of the Croatian Electricity Utility's (HEP) transmission network operation through the realised system of operational event statistics. Elements have been defined and results obtained during past six years.

STATISTIK DER BETRIEBSEREIGNISSE IM ÜBERTRAGUNGSNETZ DER KROATISCHEN ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT IN DER JAHRESZEITSPANNE 1995-2000

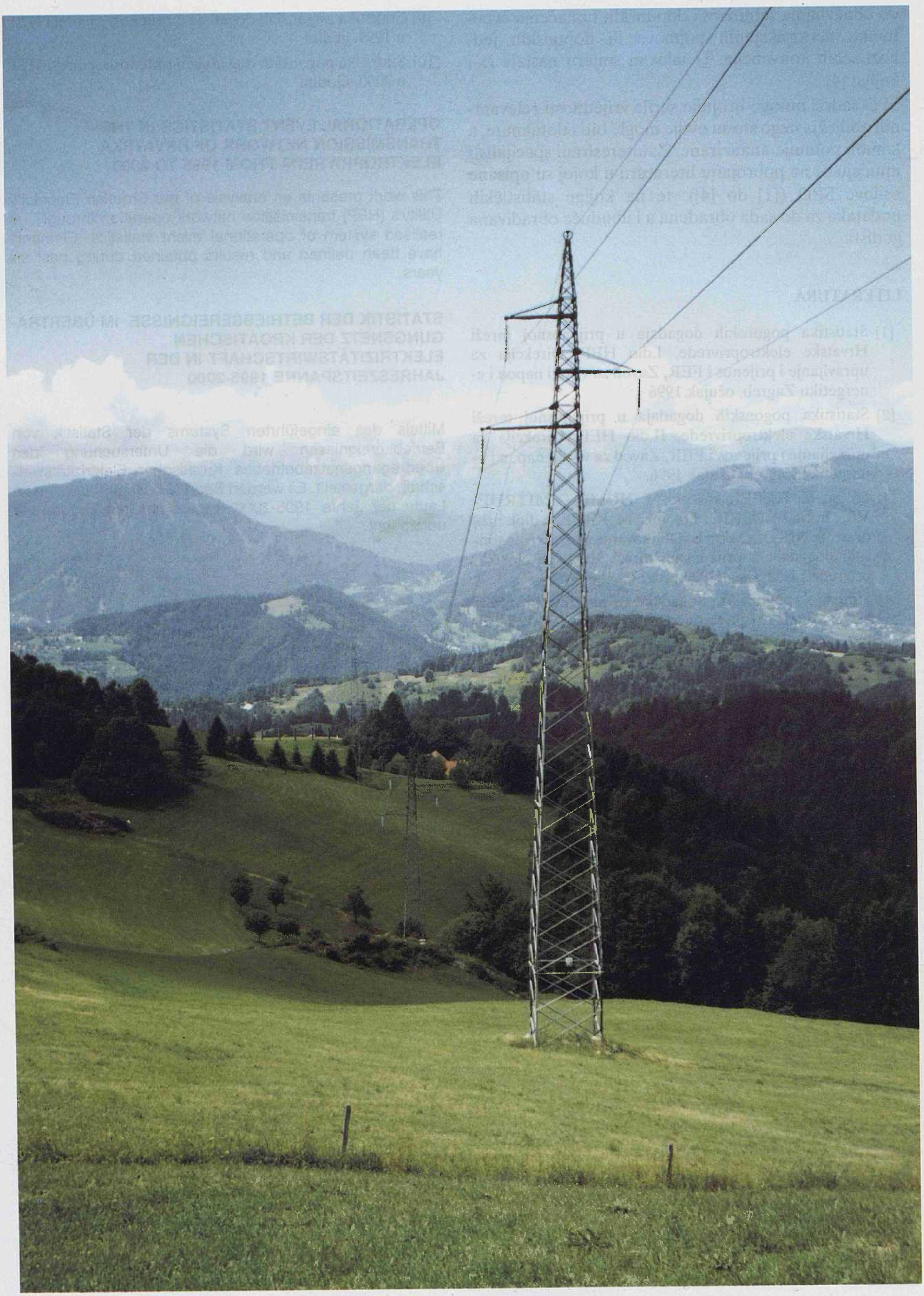
Mittels des eingeführten Systems der Statistik von Betriebsereignissen wird die Untersuchung des Übertragungsnetzebetriebes Kroatischer Elektrizitätswirtschaft. dargestellt. Es werden Begriffe bestimmt und die im Laufe der Jahre 1995-2000 angesammelten Ergebnisse untersucht.

Naslov pisaca:

Prof. dr. sc. Zdravko Hebel
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Marijan Kalea, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Direkcija za prijenos, PrP Osijek
Šeperova 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-02-13.



NAKNADE ZA OBVEZNO ISPITIVANJE I CERTIFICIRANJE GRLA ŽARULJA

U narodnim novinama broj 108 od 7. prosinca 2001. godine objavljena je Naredba o visini i načinu plaćanja naknada za pokriće troškova obveznog ispitivanja i certificiranja grla za žarulje s navojem. U dvanaest točaka utvrđeni su iznosi naknade za razne vrste usluga:

	Vrsta usluge	Iznos (kn)
IV.	– za pokriće troškova potvrđivanja proizvoda i izdavanja potvrde o sukladnosti	1.400,00
V.	– za pokriće troškova postupka provjere sukladnosti proizvoda s potvrđenim tipom (produženje važnosti potvrde o sukladnosti)	850,00
VI.	– za pokriće troškova prijepisa potvrde o sukladnosti na drugu pravnu osobu (promjena naziva pravne osobe, prijepis na drugog podnositelja zahtjeva)	1.200,00
VII.	– za pokriće troškova izdavanja potvrde o sukladnosti nakon isteka roka valjanosti od 10 godina	850,00
VIII.	– za pokriće dijela troškova ispitivanja proizvoda koji nisu obuhvaćeni ovom naredbom prema stvarno utrošenom radnom vremenu uz cijenu radnog sata od: a) za VSS b) za SSS	 240,00 120,00

Osim navedenih naknada plaćaju se i naknade prema prilogu 1. koji sadrži sljedeću tablicu:

Redni broj	Naziv proizvoda koji se certificira	Visina naknada za pokriće troškova ispitivanja u svrhu certificiranja grla za grla za žarulje s navojem (kn)	Visina naknada za pokriće troškova ispitivanja radi provjere sukladnosti grla za žarulje s navojem s certificiranim tipom (kn)
1.	Grla za žarulje s navojem: vijčana	8.680,00	5,787,00
2.	Grla za žarulje s navojem: bezvijčana	15.280,00	12.387,00

SBK

PRAVILNIK O TEHNIČKOM NADZORU ELEKTRIČNIH POSTROJENJA U PROSTORIMA UGROŽENIM EKSPLOZIVNOM ATMOSFEROM

Državni zavod za mjeriteljstvo donio je Pravilnik o tehničkom nadzoru električnih postrojenja, instalacija i uređaja namijenjenih za rad u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom. Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 2 od 8. siječnja 2002. godine.

Ovim Pravilnikom se propisuje način obavljanja tehničkog nadzora nad postrojenjima, uređajima, opremom i drugim sredstvima za rad u građevinama i prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom plinova, para, maglica i prašine sa zrakom (ugroženi prostor) te instalacijama koje postrojenja, uređaje, opremu i druga sredstva rada povezuju u funkcionalnu cjelinu (posebna oprema), a nalaze se u ugroženom prostoru ili imaju utjecaj na instalacije u ugroženom prostoru kao i obveze poslodavca i posloprimca u pogledu sigurnosti i zaštite zdravlja posloprimca u prostoru ugroženom eksplozivnom atmosferom.

Pravilnik je podijeljen u poglavlja u kojima su obuhvaćeni:

- opće odredbe
- tehnički nadzor projektne dokumentacije
- tehnički nadzor postrojenja prije puštanja u pogon
- tehnički nadzor posebne opreme u uporabi kod korisnika
- tehnički nadzor proizvodnje posebne opreme
- tehnički nadzor izvođenja električnih instalacija, održavanja, popravka, obnove i pregradnje posebne opreme
- obveze poslodavca za zaštitu zdravlja i sigurnost posloprimca te
- prijelazne i završne odredbe.

Osim toga Pravilnik ima i tri priloga. U prvom prilogu je prikazana klasifikacija prostora u kojima se može pojaviti eksplozivna atmosfera. U drugom prilogu su utvrđeni minimalni zahtjevi za poboljšanje sigurnosti i zaštite zdravlja posloprimca, koji može biti ugrožen eksplozivnom atmosferom. Prilog tri prikazuje znak upozorenja za označavanje područja u kojima s emože pojaviti eksplozivna atmosfera.

U prvom poglavlju u člancima 1 do 7 utvrđeni su terminološki pojmovi koji se koriste u Pravilniku.

Prema članku 1 tehnički nadzor obuhvaća:

- pregled i ocjenu dokumentacije na temelju koje se gradi postrojenje s posebnom opremom
- pregled i ocjenu postrojenja prije puštanja u pogon
- nadzor nad posebnom opremom u uporabi kod korisnika (funkcionalnost protueksplozijske zaštite, održavanje i drugo)
- nadzor nad pravnim i fizičkim osobama za proizvodnju posebne opreme
- nadzor nad pravnim i fizičkim osobama koje izvode električne instalacije, obavljaju popravke, održavanje, obnovu ili pregradnju posebne opreme
- nadzor nad obvezama poslodavca i posloprimca.

Osim toga utvrđeno na što se odredbe ovog Pravilnika ne primjenjuju:

- uređaje i opremu iz područja medicine koji služe za neposrednu obradu pacijenata
- uređaje za uporabu plina u kućanstvima instalirane snage ispod 50 kW i dr.

U članku 2 utvrđena su značenja pojmova: posebna oprema, postrojenje i ugroženi prostor (HRN EN 60079-10 i HRN IEC 60050-426).

Da tehnički nadzor može biti osnovni, redovni, kontrolni i izvanredni utvrđeno je u članku kao i uvjeti kada se koji nadzor obavlja.

U članku 4 se utvrđuje da se tehnički nadzor nad pravnim i fizičkim osobama za proizvodnju, izvođenje električnih instalacija, održavanje, popravak, obnovu i pregradnju posebne opreme provodi kao osnovni nadzor prije početka aktivnosti i kao redovni u tijeku aktivnosti.

Redovni tehnički nadzor prema članku 5 obavlja se najmanje jednom u tri godine.

U članku 6 utvrđuju se ovlasti Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo – S komisije pri tehničkom nadzoru (Zavod).

Članak 7 propisuje da se o tehničkom nadzoru sastavlja zapisnik, koji po sadržaju i formi mora udovoljavati odredbama Zakona o općem upravnom postupku. Temeljem tog zapisnika Zavod izdaje dokument o protueksplozivnoj zaštiti (Ex – document).

U drugom poglavlju u članku 8 utvrđuje se da se tehnički nadzor projektne dokumentacije provodi kao osnovni nadzor, a obavlja na zahtjev investitora, projektanta ili nadležne inspekcije. Osim toga utvrđuje se što se pri tome provjerava.

Treće poglavlje u članku 9 utvrđen je tehnički nadzor postrojenja prije puštanja u pogon te što se pri tom provjerava.

Tehnički nadzor posebne opreme u uporabi kod korisnika opisan je u poglavlju 4 u člancima 10 do 13.

Članak 10 definira da se tehnički nadzor posebne opreme u uporabi kod korisnika obavlja kao redovni tehnički nadzor, te što se pri tom provjerava.

U članku 11 i utvrđeno je što obuhvaća klasifikacija ugroženog prostora prigodom tehničkog nadzora.

Što obuhvaća tehnički nadzor nad protueksplozijski zaštićenim uređajima i opremom utvrđeno je u članku 12.

Što se provjerava pri tehničkom nadzoru izvedenih električnih instalacija koje se nalaze u ugroženom prostoru prikazano je u članku 13. Prema tome provjerava se:

- zaštita od atmosferskog pražnjenja
- zaštita od preopterećenja
- zaštita od kratkog spoja i zemljospoja
- način polaganja kabela i ožičenja
- cjelovitost uzemljenja
- prikladnost izvora napajanja, strujnih krugova i sigurnosnih barijera
- odvojenost Exi i Exi krugova
- izvedba priključaka i razvoda instalacije
- izjednačenje potencijala
- analiza sustava i
- održavanje električne instalacije sukladno propisima i normama.

U poglavlju pet u članku 14 utvrđen je tehnički nadzor proizvodnje posebne opreme i što se pri tome provjerava.

Poglavlje šest, članci 15 i 16 govore o tehničkom nadzoru i uvjetima koje mora ispunjavati pravna ili fizička osoba koja obavlja poslove izvođenja električnih instalacija, održavanja, popravka, obnove i pregradnje posebne opreme.

Poglavlje sedam, članci 17 do 20 utvrđuju obveze poslodavca za zaštitu zdravlja i sigurnost posloprimca.

Prema članku 19 poslodavac je dužan urediti način, cilj i mjere kordinacije priručnikom o protueksplozivnoj zaštiti (Ex-priručnik).

Sadržaj Ex-priručnika utvrđen je u članku 20.

U prijelaznim i završnim odredbama u poglavlju osam, u članku 22 utvrđeno je da donošenjem ovog Pravilnika prestaje vrijediti Pravilnik o tehničkom nadzoru električnih postrojenja, instalacija i uređaja namijenjenih za rad u prostorima ugroženim eksplozivnom atmosferom (narodne novine broj 69/98 i 148/99) osim odredaba koje se odnose na početak računanja roka za obavljanje redovnog tehničkog nadzora. Osim toda dani su rokovi obveze primjene pojedinih odredbi ovog Pravilnika.

SBK

PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA ELEKTRIČNE INSTALACIJE NISKOG NAPONA

U Službenom listu broj 53 od 2. rujna 1988. godine objavljen je **Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona**. Ovim Pravilnikom se propisuju:

1) svojstva i karakteristike uređaja i opreme za izvedbu električnih instalacija
2) uvjeti i zahtjevi kojima mora se udovoljiti pri izvedbi i korištenju električnih instalacija
3) označavanje i obilježavanje uređaja, opreme i električnih instalacija koje utječu na sigurnost i zaštitu života i zdravlja pri korištenju električnih instalacija
4) tehničke zaštitne mjere pri korištenju električnih instalacija
5) postupak i način kontrole i verifikacije propisanih svojstava, karakteristika i kvalitete električnih instalacija.

U Narodnim novinama broj 5 od 18. siječnnja 2002. godine objavljen je **Pravilnik o izmjeni Pravilnika o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona**. Osnovni Pravilnik objavljen je u Službenom listu broj 53 od 2. rujna 1988. godine. Zakonom o standardizaciji ovaj Pravilnik je preuzet kao hrvatska norma.

Izmjena se odnosi na članak 128 u kojem se u stavku 2 postojeći tekst:

"1) **da u slučaju nastanka požara ne mogu prenijeti ni proširiti požar dva sata od njegova nastanka;"**

zamjenjuje novim tekstom koji glasi:

"1) da u slučaju požara ne mogu prenijeti niti proširiti požar u vremenu koje je jednako vremenu otpornosti na požar građevinskih elemenata izlaznih putova. Otpornost na požar građevinskih elemenata izlaznih putova određuje se prema posebnim propisima za građevinu određene namjene."

Ostali dio tekst iz osnovnog Pravilnika vrijedi i dalje.

SBK

POSTUPANJE S OTPADOM U HEP-u

Hrvatska elektroprivreda – Sektor za razvoj izdao je **Uputu za postupanje s otpadom u Hrvatskoj elektroprivredi** koja je objavljena u Biltenu HEP-a broj 95 od 7. prosinca 2001. godine. Uputa je namijenjena zaposlenicima koji su zaduženi za rukovanje, postupanje i skladištenje tehnološkog otpada te onima koji su na bilo koji način povezani s nastajanjem tehnološkog otpada. Služi kao dodatno objašnjenje za provedbu propisa o postupanju s otpadom koji nastaje u pogonima HEP-a.

Uputa sadrži pregled temeljnih načela postupanja s otpadom, prikaz adekvatnih propisa, prikaz projekta uspostave i ažuriranja Katastra tehnološkog otpada HEP-a, upute za prevenciju, rukovanje, privremeno skladištenje, uzorkovanje i zbrinjavanje otpada te upute za postupanje s pojedinim vrstama tehnološkog otpada koji nastaju u HEP-u.

Izbor održivog razvoja kao modela razvoja i rasta sadrži i temeljite promjene u stavovima prema proizvedenom otpadu. Novi stavovi prema proizvedenom otpadu mogu se iskazati preko temeljnih načela održivog upravljanja otpadom. To su:

- Načelo prevencije: sprječavanje uzroka, a ne uklanjanja posljedica. U slučaju stvaranja otpad to znači – smanjivanje količine otpada na mjestu nastanka i u svim fazama tehnološkog procesa, a ne uklanjanje otpada kada je on nastao. Već prigodom projektiranja i izgradnje elektropenergetskih i pomoćnih postrojenja vezanih uz njih – treba prvenstveno uvažavati načelo prevencije stvaranja otpada, u odnosu na ostale moguće postupke: recikliranje, termičku obradu ili odlaganje otpada. Primjena koncepta tzv. čistije proizvodnje je razvijena i dokazana metoda za primjenu tog načela.
- Načelo opreza: potencijalni problemi i rizici trebaju biti unaprijed prepoznati.
- Načelo odgovornosti: svi sudionici u procesu postupanja s otpadom snose dio odgovornosti i obveza u postupanju s otpadom.
- Načelo «onečišćivač plaća»: odgovornost za postupanje s otpadom preneseno je na izvor onečišćenja – proizvođača otpada, ali se ne smije tumačiti kao «tko plaća može i onečišćavati» i to načelo je instrument i poticaj uvođenju čistije proizvodnje.
- Načelo bliskosti: opasni otpad treba obrađivati/prerađivati što bliže mjestu nastanka radi smanjivanja volumena i toksičnosti, odnosno sniženja troškova prijevoza do odlagališta i cijene odlaganja.
- Načelo sprječavanja onečišćenja okoliša opasnim otpadom: poticanje razvoja proizvodnje u kojoj nastaje manje otpada ili manje štetan otpad.
- Načelo zaštite vode, zraka i tla: pri zaštitit od onečišćenja opasnim otpadom, mora se jednaka pozornost posvetiti zraku, vodi i tlu, a u slučaju onečišćenja treba definirati počinitelja, odrediti način čišćenja i privođenja prvobitnoj namjeni onečišćenog dijela okoliša.
- Načelo dostupnosti točne i pravodobne informacije: bitan je čimbenik za postizanje visokog stupnja ukupne ekološke svijesti tvrtke i nezaobilazni je segment uspješne provedbe postupanja s opasnim otpadom.

Većina HEP-ovih pogona ima status proizvođača otpada. Termoelektrane na tekuća goriva imaju i status ovlaštenih obrađivača ulja. U ovim uputama navode se pregledi obveza proizvođača otpada koje proizlaze iz važećih propisa.

U drugom dijelu Uputa navode se propisi o postupanju s otpadom iz kojih proizlaze obveze HEP-a, što je propisano sljedećim zakonskim propisima:

- Zakonom o otpadu (NN 34/95)
- Pravilnikom o vrstama otpada (NN 27/96)
- Pravilnikom o katastru emisija u okoliš (NN 36/96)
- Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97)
- Pravilnikom o postupanju s ambalažom (NN 53/96)
- Uredbom o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98)
- Zakonom o potvrđivanju konvencije o nadzoru prekograničnog prometa opasnog otpada i njegovu odlaganju – (Međunarodni ugovori 3/94).

Treći dio daje pregled ustroja i provedbe Katastra tehnološkog otpada HEP-a (Katastar). U okviru tog projekta prikupljaju se podaci koje pogoni, kao proizvođači otpada, dostvljaju tromjesečno županijskom uredu i uredu Grada Zagreba ovlaštenim za poslove okoliša Podaci se dostavljaju na posebnim obrascima za prijavljivanje otpada (Prijavne liste). Vođenje ovog projekta ugovoreno je s firmom APO d.o.o.

Katastar tehnološkog otpada HEP-a obuhvaća podatke iz Prijavnih listova. To su podaci o:

- vrstama, količinama i mjestu nastanka tehnološkog otpada
- načinima postupanja s otpadom na mjestu nastanka
- načinu zbrinjavanja otpada izvan pogona
- skupljačima i obrađivačima otpada
- postupanju s otpadom koji se u RH ne može obraditi bez štetnog utjcaja na okoliš
- postupcima kojima se obrađuju pojedine vrste otpada
- radu tehnoloških jedinica koje stvaraju otpad
- problematičnim vrstama otpada.

Na temelju podataka iz Katastra optimira se sustav gospodarenja s otpadom na razini cijelog HEP-a, iznalaze najpovoljnija rješenja za zbrinjavanje problematičnih vrsta otpada kao i mogućnosti za poboljšanje rada dijelova tehnološkog procesa koji stvaraju otpad radi smanjenja količina i stupnja opasnosti otpada.

U četvrtom dijelu dane su opće upute za postupanje s otpadom koji nastaje u pogonima HEP-a. U Uputama se:

- definiraju vrste otpada koje nastaju u djelatnostima HEP-a
- utvrđuju obveze HEP-a kao proizvođača i obrađivača tehnološkog otpada
- daju se upute za postupanje s otpadom.

Peti dio obuhvaća postupanje s pojedinim vrstama otpada koji nastaje u pogonima HEP-a kao što su:

- otpadna ulja
- muljevi, smole
- transformatori, baterije i sličan otpad
- anorganski otpad
- ambalažni, građevinski i sličan neopasan otpad.

Uz Uputu dani su i prilozi:

1. Očevidnik o postupanju s tehnološkim otpadom
2. Izvod iz Kataloga otpada s navedenim vrstama otpada koje najčešće nastaju u HEP-u
3. Očevidnik o postupanju s otpadnim uljima
4. Prijavni list za proizvođača neopasnog tehnološkog otpada
5. Prijavnili st za proizvođača opasnog otpada (prilog 5/6)
6. Prijavni list za obrađivača opasnog otpada
7. Prateći list za opasni otpad
8. Izvješće o ispitivanju kemijskih i fizikalnih svojstava opasnog otpada namijenjenog biološkoj ili termičkoj obradi (prilog 9/10)
9. Izvješće o ispitivanju fizikalno-kemijskih svojstava otpada za trajnoodlaganje – analiza eluata (prilog 11/12)
10. Popis ovlaštenih stručnih institucija za izdavanje izvješća o ispitivanju fizikalnih i kemijskih svojstava otpada
11. Postupak pripreme reprezentativnog uzorka
12. Svojstva koja se određuju opasnom otpadu koji se namjerava obraditi kemijsko-fizikalnom obradom.

SBK

UPUTA ZA PROVEDBU OBVEZA IZ PRAVILNIKA O KATASTRU EMISIJA U OKOLIŠ

Hrvatska elektroprivreda – Sektor za razvoj izdao je također **Uputu za provedbu obveza iz Pravilnika o katastru emisija u okoliš** (NN 36/96) koja je objavljena u Biltenu HEP-a broj 95 od 7. prosinca 2001. godine.

Osim uvodnog dijela, Uputa obuhvaća:

- obveze izvješćivanja koje proizlaze iz Pravilnika o Katastru emisija u okoliš (Katastar)
- upute za ispunjavanje obrazaca
- zakonska utemeljenja.

U uvodnom dijelu objašnjena je svrha uspostave Katastra emisija u okoliš. Temeljna svrha katastra emisija u okoliš je:

- dobivanje informacija o onečišćivačima
- dobivanje informacija o veličini i stanju emisija na određenom području
- praćenje trendova osnovnih indikatora o okolišu
- izrada dokumenata zaštite okoliša
- kontrola uspješnosti poduzetih mjera zaštite okoliša na lokalnoj i državnoj razini
- razmjena podataka sa svijetom.

Katastar je skup podataka o izvorima, vrsti, količini , načinu i mjestu ispuštanja, istjecanja ili odlaganja štetnih tvari iz određenog izvora u okoliš, koji se prikuljaju za razdoblje od jedne godine.

U drugom dijelu navedene su obveze koje proizlaze iz katastra na razini Uprave HEP-a te obveze pojedinih pogona u sustavu HEP-a. Navedene su upute za popunjavanje obrazaca PI za razinu HEP-a.

Treći dio daje upute za popunjavanje obrazaca iz Pravilnika o katastru, a odnosi se na emisije u vodu i more i zrak.

Zakonska regulativa, odnosno zakonska utemeljenja prikazana su četvrtom dijelu Upute. Odnose se na obveze HEP-a o:

- zaštiti voda
- zaštiti zraka.

Obveze HEP-a iz propisa o zaštiti voda:

- Zakon o vodama (NN 107/95)
- Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN 78/98)
- Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98)
- Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99).

Obveze HEP-a iz propisa o zaštiti zraka:

- Zakon o zaštiti zraka (NN 48/95)
- Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka na razini RH (NN 101/96)
- Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 140/97).

SBK

IZ IZVJEŠĆA DRŽAVNOG ZAVODA ZA STATISTIKU

Upisom u Registar poslovnih subjekata svakom se poslovnom subjektu dodjeljuje sedmeroznamenkasti matični broj, a dijelu poslovnog subjekta određuje se četveroznamenkasti redni broj uz matični broj.

Svim poslovnim subjektima i njihovim dijelovima dodjeljuje se i šifra djelatnosti prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (skraćeno NKD), utemeljenoj na europskoj klasifikaciji NACE, Rev 1. Djelatnosti su označene abecednim redom, pa elektroprivredna djelatnost pripada u:

Područje E - Odjeljak 40 – Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom.

Hrvatska elektroprivreda kao trgovačko društvo statistička je jedinica koja je po zakonu dužna dostavljati mjesečna i godišnja izvješća Državnom zavodu za statistiku.

Pri određivanju statističkih jedinica poštivan je i teritorijani princip na razini županija, tj. jedna statistička jedinica obuhvaća samo jednu županiju, pa je Hrvatska elektroprivreda dužna ispuniti toliko izvješća koliko ima županija, iako je jedan poslovni subjekt.

Između statističkih podataka objavljenih u mjesečnim i godišnjim izvješćima Državnog zavoda za statistiku izabrani su najinteresantniji podaci za Područje E – odjeljak 40: Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom

Obuhvaćeni su:

- podaci o proizvodnji električne energije s indeksima fizičkog obujma proizvodnje
- podaci o neto i bruto plaći te broju zaposlenih djelatnika
- indeksi cijena industrijskih proizvoda.

Promatra se petogodišnje razdoblje od 1997. do kraja 2001. godine, za koje su iskazani godišnji i mjesečni podaci.

Proizvodnja električne energije

Karakteristike proizvodnje električne energije iskazane su s indeksom fizičkog obujma industrijske proizvodnje, te apsolutnim vrijednostima proizvodnje električne energije za promatrano razdoblje. Radi lakšeg sagledavanja trendova prikazani su podaci o godišnjim i mjesečnim vrijednostima za razdoblje od 1997. do kraja 2001. godine.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje za odjeljke izračunati su po Laspeyresovoj formuli. Temelj za izračunavanje indeksa su podaci o proizvodnji u naturalnom izrazu prema nomenklaturi industrijskih proizvoda i pondera za te proizvode koji predstavljaju dodanu vrijednost za jediničnu proizvodnju u kojoj se proizvod iskazuje.

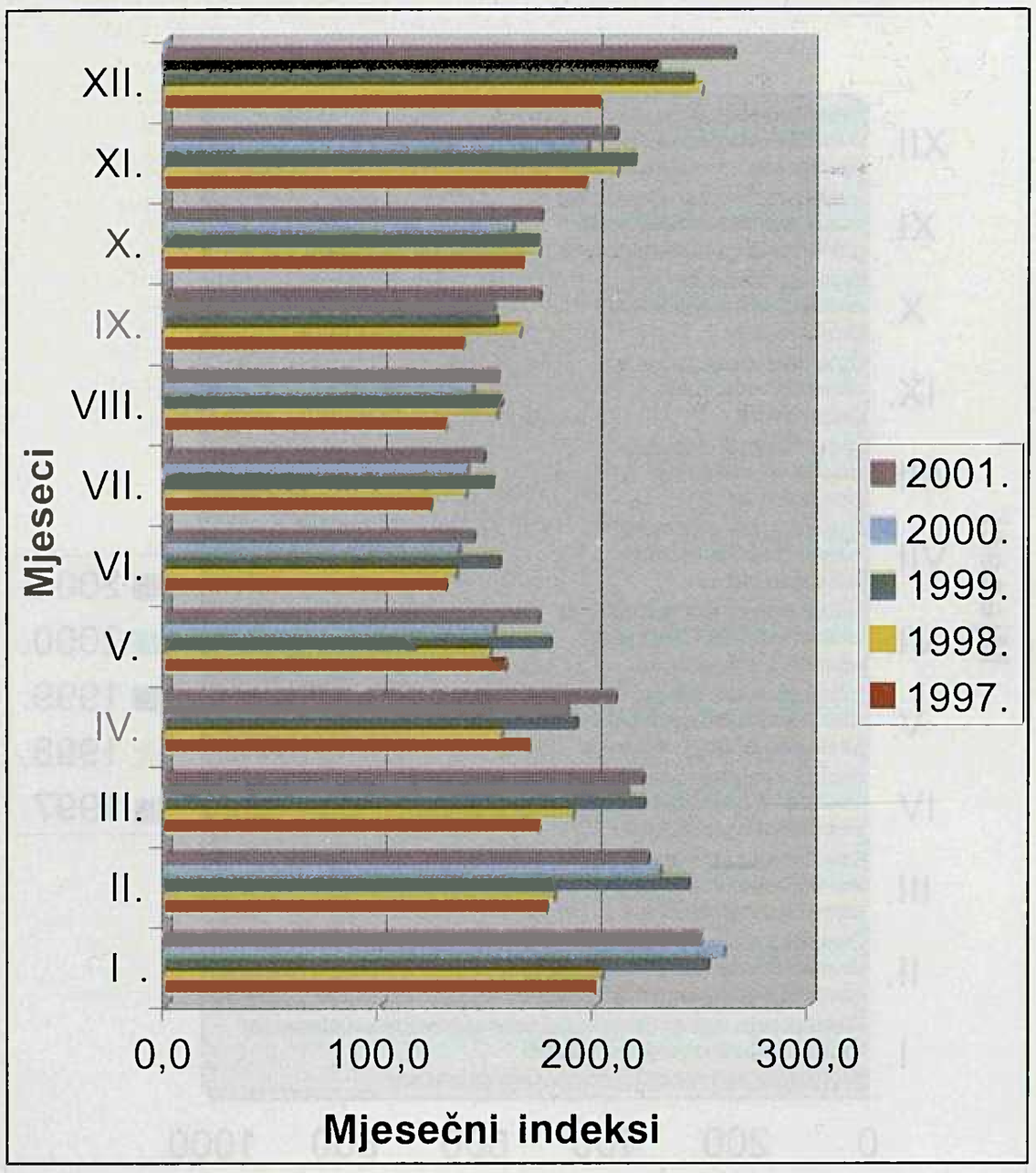
Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za ukupno izračunati su na temelju indeksa odjeljaka i stopa kojom odjeljci sudjeluju u ukupnoj dodanoj vrijednosti u području industrije.

U tablici 1 i dijagramom na slici 1 prikazani su mjesečni indeksi fizičkog obujma proizvodnje za promatrano razdoblje od 1997. do kraja 2001. godine. Godina 1995. uzeta je s indeksom 100.

Tablica 1 – Mjesečni indeksi fizičkog obujma proizvodnje (1995. = 100)

(Izvor: Mjesečna statistička izvješća za 1997. do 2001. godine)

	1997.	1998 .	1999.	2000.	2001.
I .	199,3	203,1	252,3	259,6	249,0
II.	177,3	180,9	243,3	229,9	224,4
III.	173,6	189,5	222,5	214,9	222,2
IV.	169,0	156,2	191,2	187,0	209,2
V.	158,1	151,0	178,8	152,8	173,4
VI.	130,2	135,1	155,1	136,2	143,3
VII.	123,3	139,4	152,4	140,3	148,1
VIII.	130,0	154,1	155,9	142,9	154,7
IX.	138,2	164,7	153,7	152,5	174,0
X.	165,5	173,7	173,1	161,2	174,7
XI.	195,2	210,0	218,3	196,4	209,6
XII.	201,1	249,2	244,8	228,6	264,2



Slika 1 – Mjesečni indeksi fizičkog obujma proizvodnje

Za promatrano razdoblje najviši indeks ostvaren je u prosincu 2001. godine u iznosu od 264,2, a najniži u srpnju1997. godine u iznosu od 123,3. Ako se promatraju mjeseci pojedinačno, viši se indeksi normalno ostvaruju u zimskom razdoblju kroz sve godine, a najniži u ljetnom.

Apsolutni iznosi proizvedene električne energije prikazani su u tablici 2a-d te dijagramima na slikama 2a, 2b, 2c i 2d. Prikazana je mjesečna i ukupna godišnja proizvodnja električne energije. Uz ukupnu proizvodnju prikazana je i proizvodnja u hidroelektranama i termoelektranama.

Tablica 2a – Struktura proizvodnje električne energije (GWh) od 1997. do 2001.

	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
Ukupno	9028	10244	11435	10293	11674
Hidroenergija	4674	5131	5849	6733	7153
Termoenergija	4353	5113	5586	3561	4521

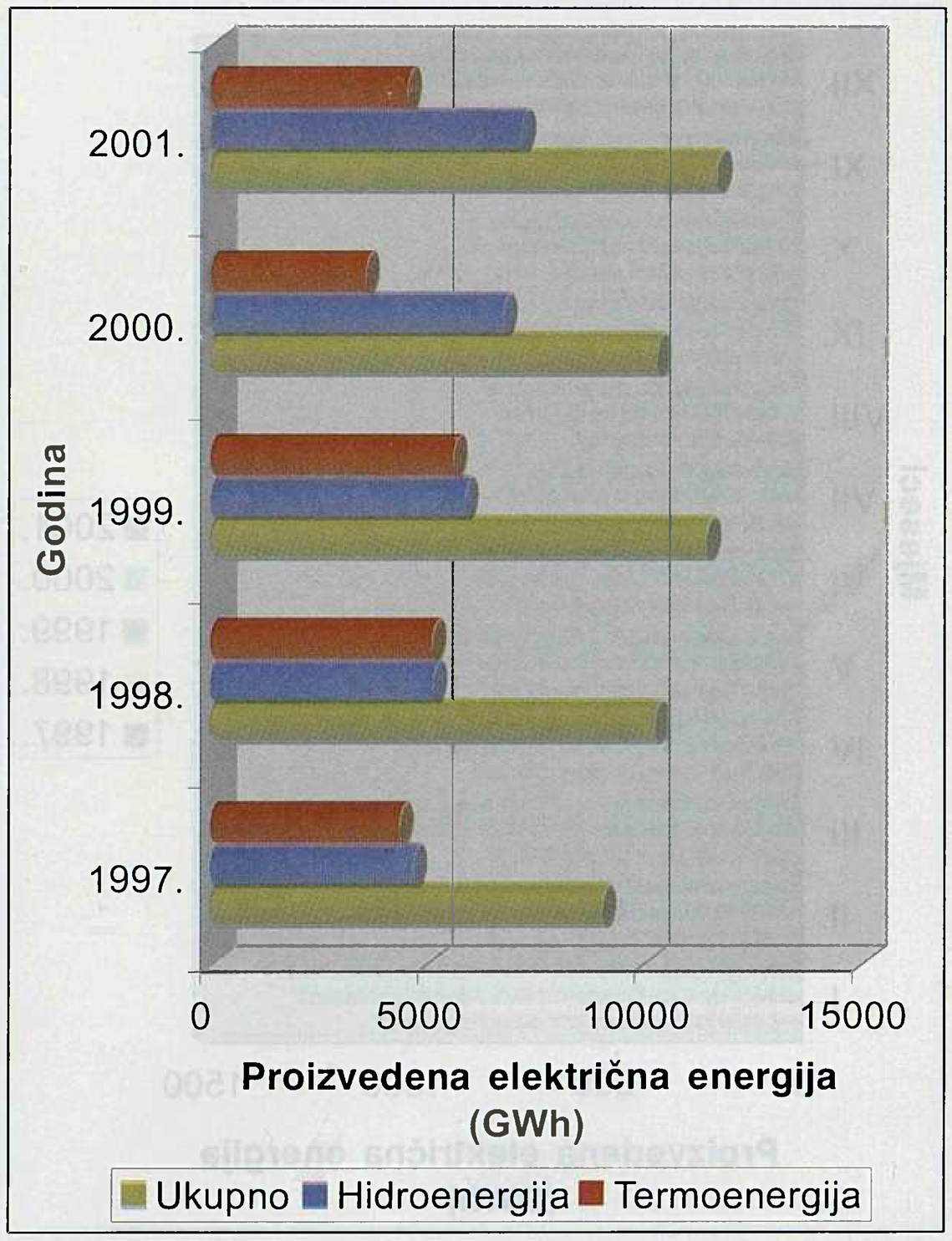
Na slici 2a prikazana je ukupna proizvodnja električne energije po godinama za razdoblje od 1997. do kraja 2001. godine.

U 1995. godini ukupno proizvedena električna energija iznosila je 9146 GWh, od toga u hidroelektranama 5614 GWh, a termoelektranama 3531 GWh.

U 2001. godini ostvarena je ukupna proizvodnja električne energije u iznosu od 11674 GWh, od čega u hidroelektranama 7153 GWh, a termoelektranama 4521 GWh.

Ako se promatra cijelo petogodišnje razdoblje proizvodnja električne energije iz godine u godinu polako raste, osim u 2000. godini kada je uočen blagi pad u odnosu na 1999. godinu, da bi u 2001. godini dostigla onu iz 1999. godine i prerasla je.

Ako se 1995. godina uzme kao osnova za usporedbu, tj. sa 100 %, onda je porast proizvodnje električne energije u 2001. godini približno 28 %.



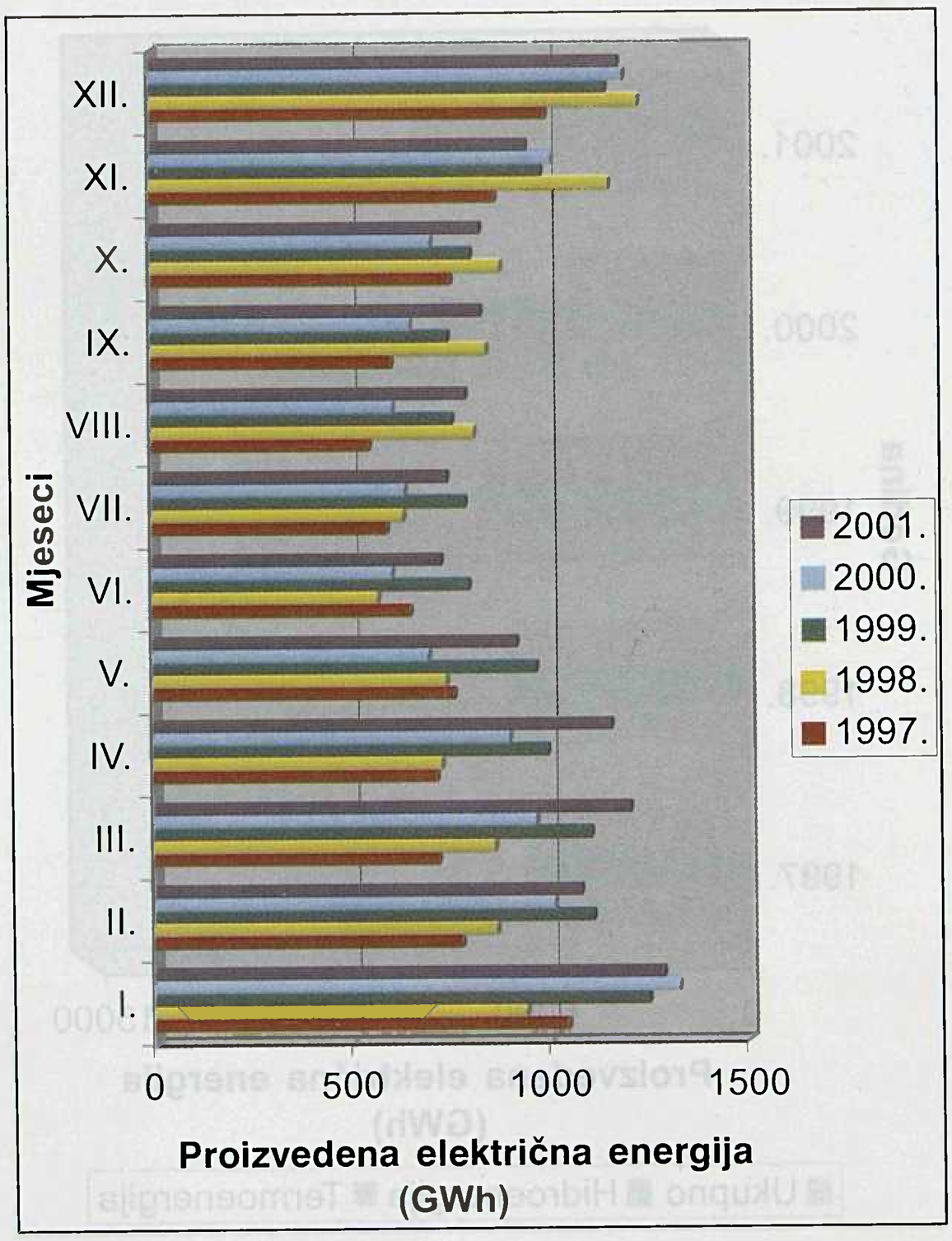
Slika 2a – Struktura proizvodnje električne energije od 1997. do 2001.

U razdoblju 1997. – 1999. godina proizvedena je približno ista količina električne energije u hidroelektranama i termoelektranama. U 2000. godini zahvaljujući dobroj hidrologiji, hidroelektrane su sudjelovale sa 65 %, dok u 2001. udio pada na 61 %.

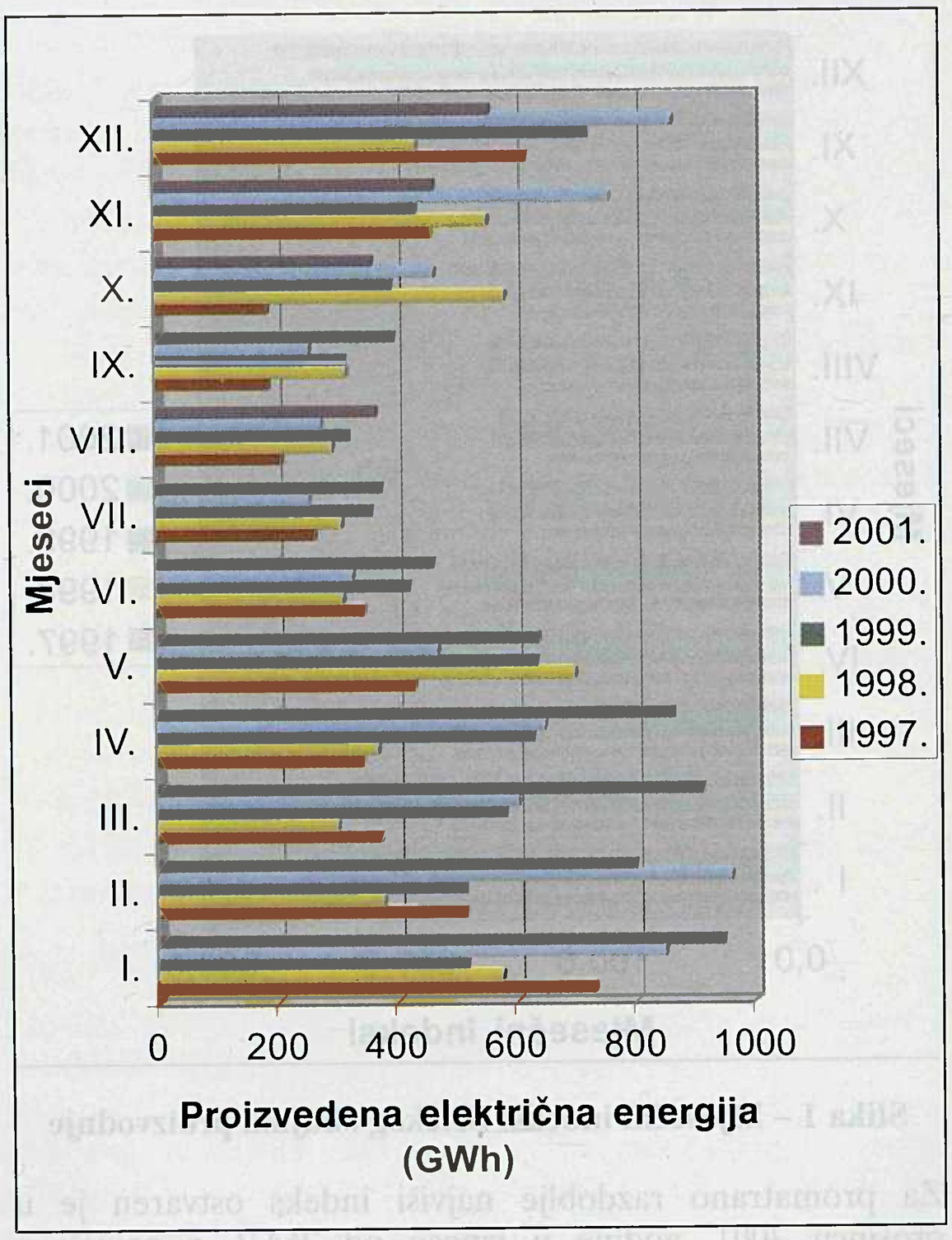
U tablici 2b prikazana je ukupna mjesečna proizvodnja električne energije u petogodišnjem razdoblju od 1997. do kraja 2001. godine te dijagramom na slici 2b.

Tablica 2b – Mjesečna ukupna proizvodnja električne energije (GWh) od 1997. do 2001.

	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
I.	1042	936	1245	1322	1283
II.	776	861	1106	1010	1076
III.	718	859	1102	963	1201
IV.	714	727	993	898	1154
V.	760	738	964	694	916
VI.	651	567	796	603	727
VII.	592	631	788	636	742
VIII.	548	813	756	606	791
IX.	605	844	747	652	830
X.	755	880	805	705	829
XI.	868	1157	984	1011	946
XII.	997	1231	1148	1194	1180



Slika 2b – Mjesečna ukupna proizvodnja električne energije od 1997. do 2001.



Slika 2c – Mjesečna proizvodnja u HE od 1997. do 2001.

Tablica 2c i dijagram na slici 2c prikazuju mjesečnu proizvodnju električe energije u hidroelektranama za promatrano razdoblje.

Najveća proizvodnja u hidroelektranama ostvarena je u veljači 2000. godine u iznosu 960 GWh, dok je najniža ostvarena u listopadu 1997. godine u iznosu od 188 GWh.

Tablica 2c – Mjesečna proizvodnja u HE (GWh) od 1997. do 2001.

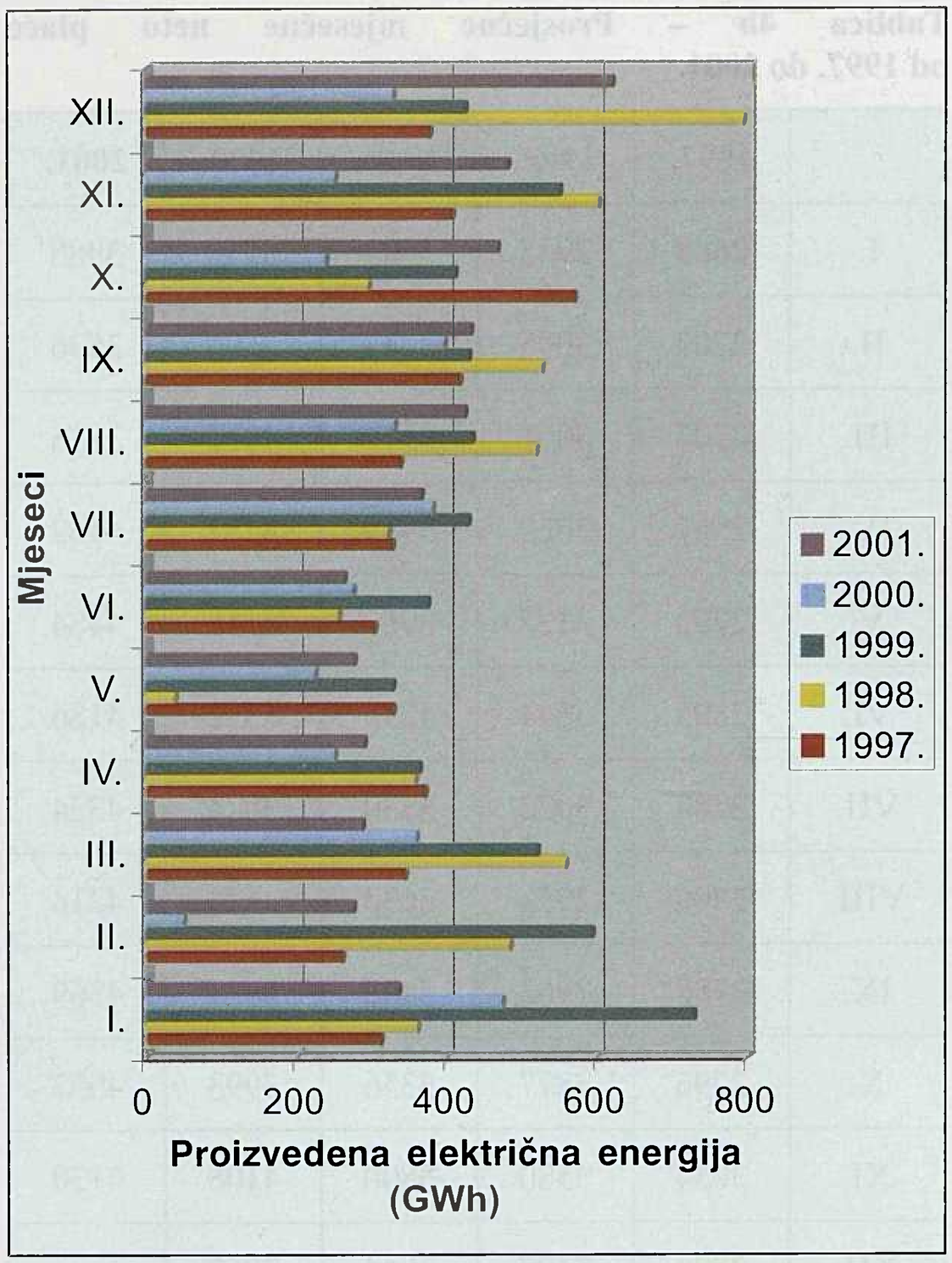
	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
I.	731	575	517	848	947
II.	516	378	513	960	800
III.	374	301	582	604	913
IV.	344	368	629	648	864
V.	432	700	636	469	639
VI.	347	311	422	327	463
VII.	265	309	360	255	376
VIII.	210	294	322	276	367
IX.	188	317	317	256	398
X.	186	584	394	466	362
XI.	461	555	434	760	465
XII.	621	438	724	865	559

U tablici 2d te dijagramom na slici 2d prikazana je mjesečna proizvodnja električne energije za petogodišnje razdoblje od 1997. do 2001. godine u termoelektranama.

Najveća proizvodnja u termoelektranama ostvarena je u prosincu 1998. godine u iznosu od 793 GWh, a najniža u svibnju iste godine u iznosu od 39 GWh.

Tablica 2d – Mjesečna proizvodnja u TE (GWh) od 1997. do 2001.

	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
I.	311	360	729	474	336
II.	260	484	593	49	276
III.	344	558	520	360	287
IV.	371	358	364	250	290
V.	328	39	328	225	277
VI.	304	256	374	276	263
VII.	327	322	429	381	366
VIII.	338	519	434	331	424
IX.	417	527	430	397	432
X.	569	296	411	239	467
XI.	408	602	550	251	481
XII.	377	793	425	329	620



Slika 2d – Mjesečna proizvodnja u TE od 1997. do 2001.

Prosječne neto i bruto plaće

Državni zavod za statistiku u okviru godišnjih programa istraživanja prikuplja podatke putem izvješća, koji se u poslovnim subjektima popunjavaju na temelju evidencija o plaćama. Istraživanjem o plaćama zaposlenih u poslovnim subjektima obuhvaćene su neto i bruto plaće zaposlenih koji imaju zasnovan radni odnos, bez obzira na vrstu radnog odnosa i duljinu radnog vremena. U podatke o prosječnim neto plaćama od prosinca 1994. godine uključena je i naknada za topli obrok.

Mjesečna neto plaća obuhvaća plaće zaposlenih za izvršene poslove na osnovi redovitog radnog odnosa i naknade za:

- godišnji odmor
- bolovanja do 42 dana
- državne blagdane
- plaćeni dopust
- obavljanje građanskih dužnosti
- čekanje i zastoj bez krivnje zaposlenog
- odsustvo za stručno obrazovanje
- obnašanje vojne obveze.

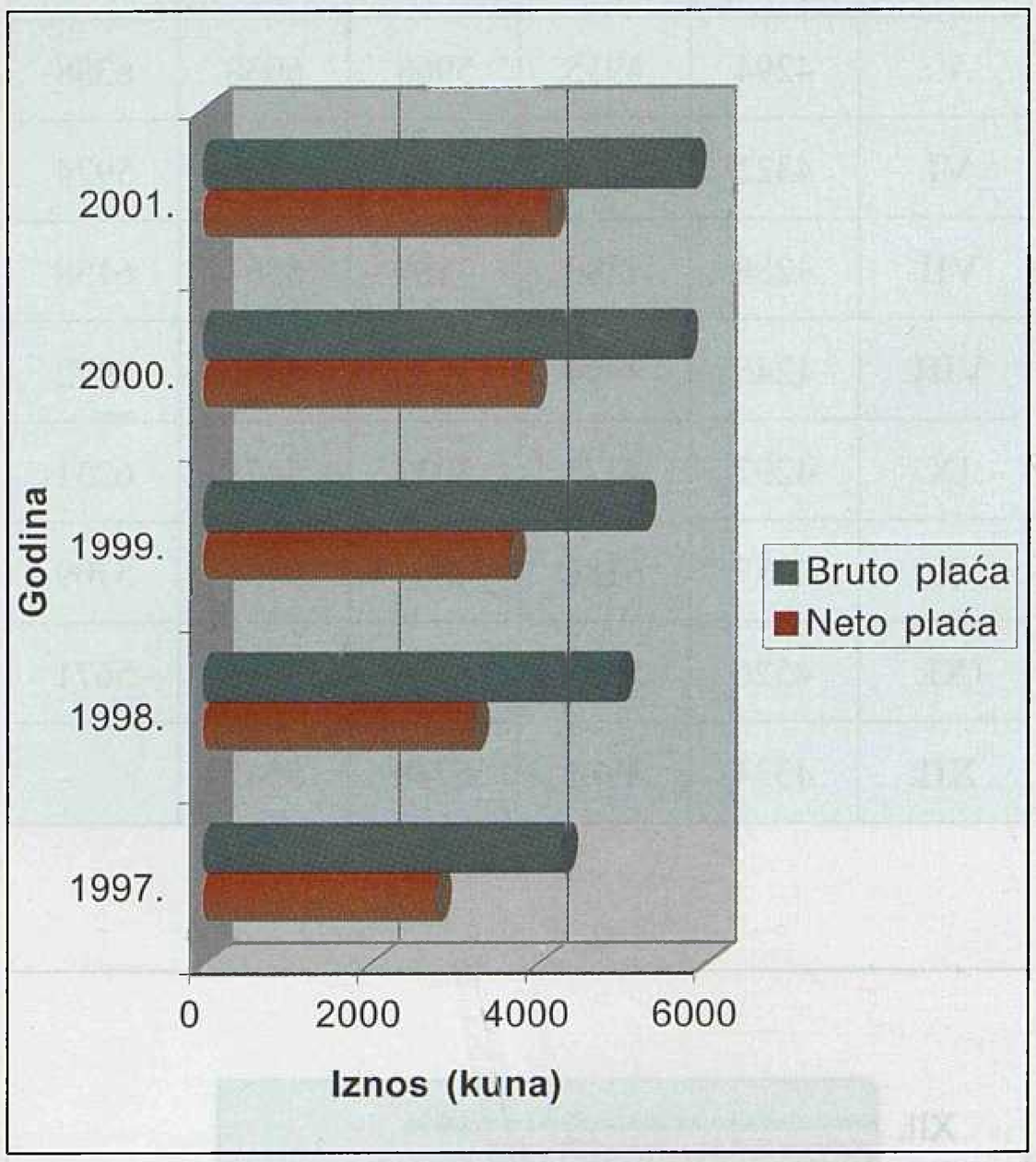
Mjesečna bruto plaća obuhvaća sve vrste neto isplata na osnovi redovitog radnog odnosa i zakonom propisana obvezna izdvajanja, doprinose, poreze i prireze.

Prosječna neto i bruto plaća po zaposlenom izračunava se dijeljenjem ukupnih isplata s brojem zaposlenih koji su primili isplate.

U tablici 3 te dijagramom na slici 3 prikazana je prosječna neto i bruto plaća za petogodišnje razdoblje od 1997. do 2001. godine.

Tablica 3 – Prosječna neto i bruto plaća (kuna) od 1997. do 2001.

	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
Neto plaća	2770	3213	3644	3903	4121
Bruto plaća	4270	4936	5201	5704	5800



Slika 3 – Prosječna neto i bruto plaća od 1997. do 2001.

U proteklom petogodišnjem razdoblju plaća pokazuje tendenciju porasta. Tako je neto plaća u 1997. godini iznosila 2770 kuna, dok je u 2001. bila 4121 kunu. Ako se 1997. godina uzme s indeksom 100, onda je prosječna neto plaća porasla u 2001. godini za 46 %.

Ako se promatra prosječna mjesečna bruto plaća na isti način, onda njen porast u 2001. godini u odnosu na 1997. godinu iznosi 36 %. Rast bruto plaće je sporiji od rasta neto plaće, jer su se zakonom propisana obvezna izdvajanja , doprinosi, porezi i prirezi nešto mijenjali.

Podaci o prosječnim mjesečnim bruto plaćama po zaposlenom za petogodišnje razdoblje od 1997. do 2001. za područje E – odjeljak 40 prikazani su u tablici 4a te dijagramom na slici 4a.

Najviša prosječna mjesečna bruto plaća isplaćena je u iznosu od 6388 kuna u svibnju 2001. godine, dok je najniža isplaćena u srpnju 1999. godine u iznosu od 3187 kuna.

U tablici 4b te dijagramom na slici 4b prikazane su prosječne mjesečne neto plaće za petogodišnje razdoblje.

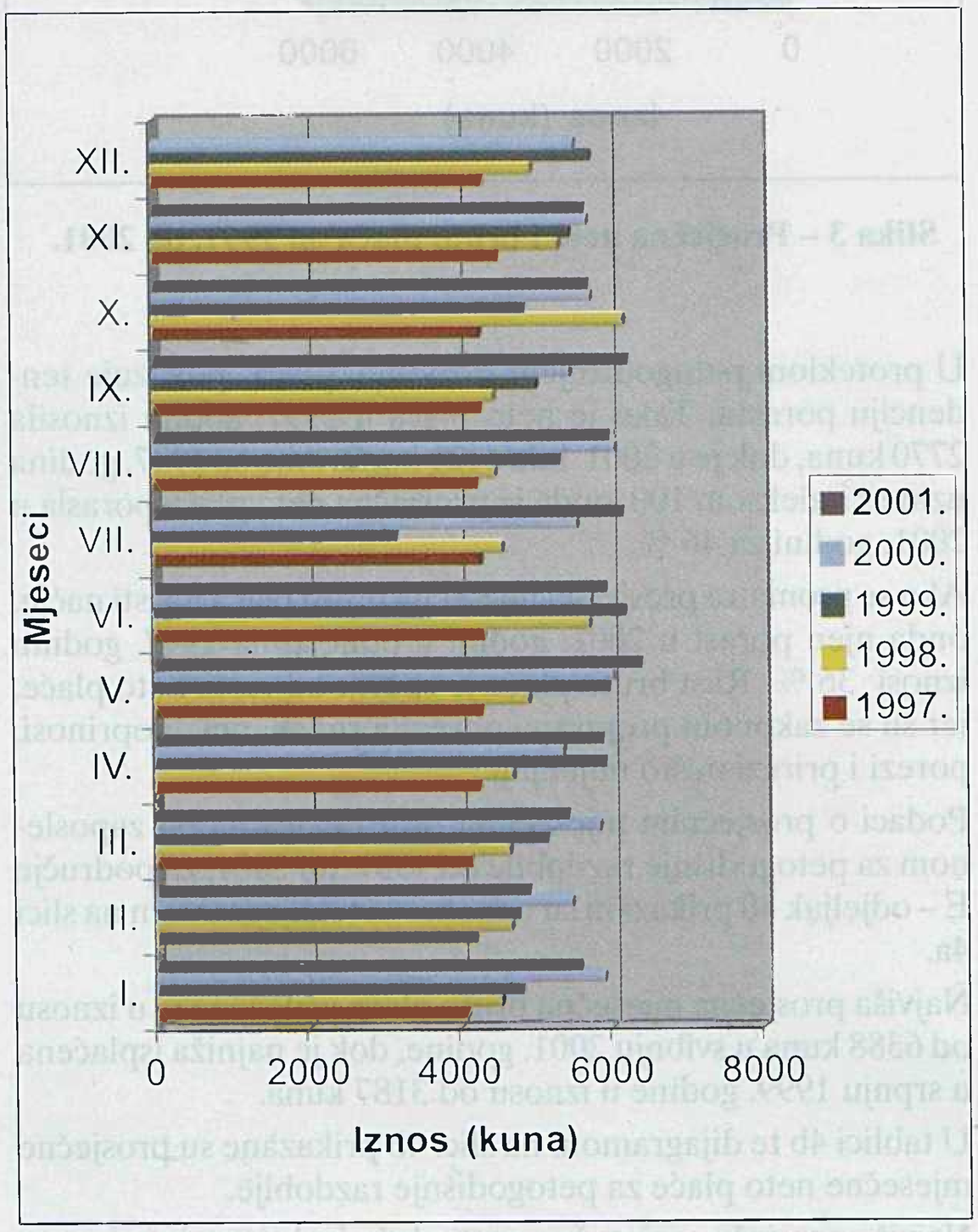
Najviša prosječna mjesečna neto plaća isplaćena je u iznosu od 4484 kuna u svibnju 2001. godine, dok je najniža isplaćena u siječnju 1997. godine u iznosu od 2663 kuna.

Tablica 4a – Prosječne mjesečne bruto plaće (kuna) od 1997. do 2001.

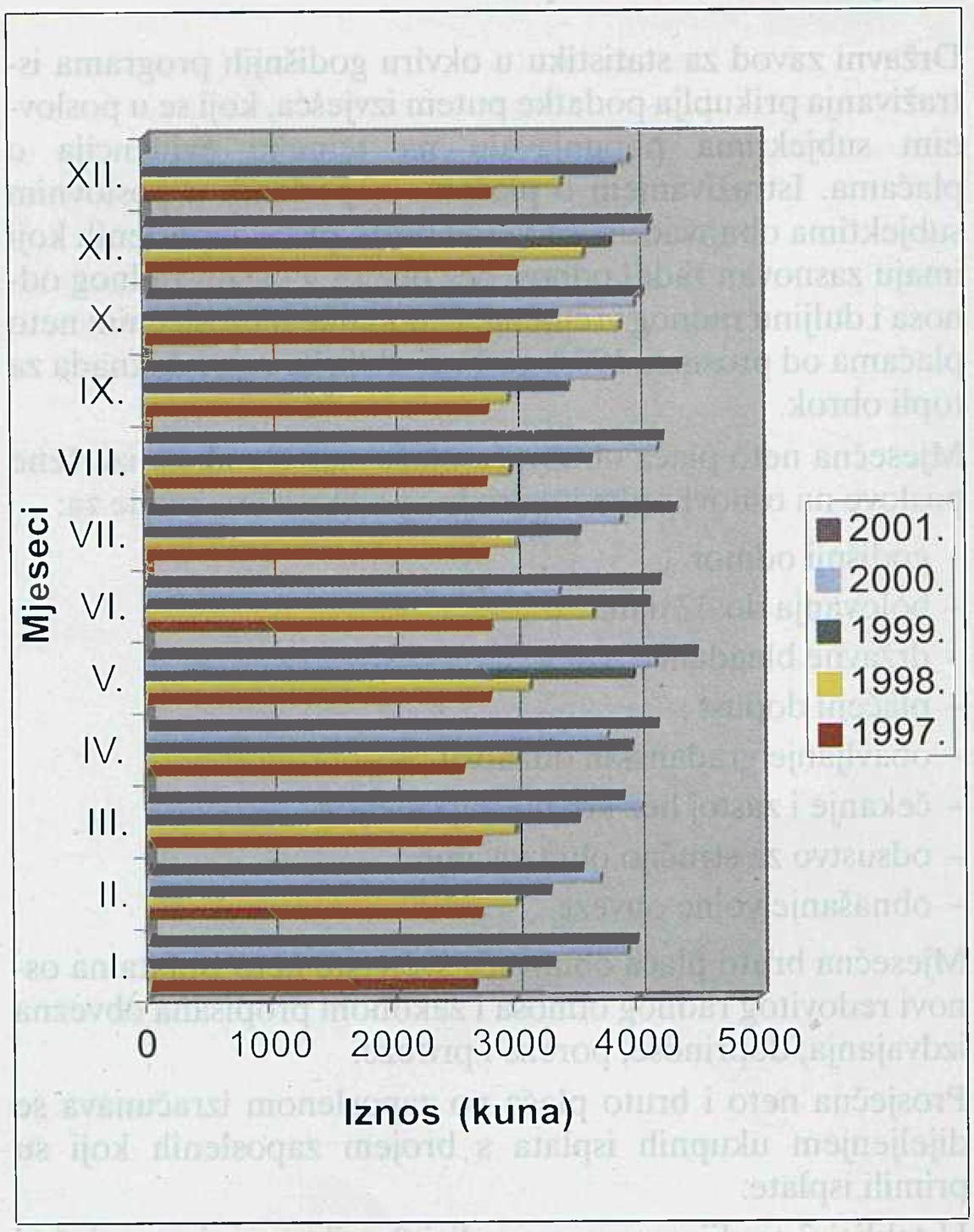
	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
I.	4073	4530	4800	5884	5561
II.	4178	4665	4753	5465	4896
III.	4135	4652	5140	5839	5415
IV.	4256	4699	5911	5365	5876
V.	4294	4915	5968	6038	6388
VI.	4322	5721	6181	5740	5924
VII.	4288	4580	3187	5564	6158
VIII.	4245	4494	5333	6065	5972
IX.	4297	4473	5032	5478	6231
X.	4287	6182	4884	5753	5709
XI.	4526	5343	5476	5710	5671
XII.	4334	4981	5748	5545	

Tablica 4b – Prosječne mjesečne neto plaće od 1997. do 2001.

	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
I.	2663	2935	3304	3910	3988
II.	2709	3005	3281	3690	3536
III.	2707	3001	3518	4031	3878
IV.	2567	3028	3949	3757	4162
V.	2792	3127	3969	4155	4484
VI.	2805	3644	4093	3372	4186
VII.	2784	3022	3530	3874	4324
VIII.	2769	2973	3634	4176	4214
IX.	2788	2962	3448	3821	4369
X.	2796	3877	3356	3993	4057
XI.	3034	3580	3800	4108	4130
XII.	2824	3407	3844	3953	



Slika 4a – Prosječne mjesečne bruto plaće od 1997. do 2001.



Slika 4b – Prosječne mjesečne neto plaće od 1997. do 2001.

Zaposlenici

Prema definicijama, korištenim u Anketi o radnoj snazi koje se temelje na metodologiji Međunarodne organizacije rada, zaposlenici su osobe koje rade za poslodavca u državnom ili privatnom sektoru i za svoj rad primaju naknadu u novcu ili naturi. Razlikuju se od zaposlenih koji mogu biti umirovljenici, studenti, kućanice i sl.

U tablici 5 te dijagramom na slici 5 prikazan je prosječan broj zaposlenika u Području E – Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom u razdoblju od 1997. do kraja prve polovice 2000. godine. Podaci su iskazani kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvješćem sa stanjem 31. ožujka i 30. rujna. Podaci o zaposlenima za mjesečno stanje rezultat su obrade podataka redovnog mjesečnog izvješća.

Tablica 5 – Zaposlenici od 1997. do 2001.

	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
I.	18,3	18,0	17,8	18,1	18,2
II.	18,1	17,9	17,7	18,1	18,2
III.	18,1	17,9	17,8	18,1	18,2
IV.	18,1	17,9	17,8	18,1	18,1
V.	18,0	17,9	17,8	18,1	18,2
VI.	18,0	17,9	17,8	18,1	18,2
VII.	18,1	17,8	17,9	18,1	18,2
VIII.	18,1	17,9	17,9	18,1	18,1
IX.	18,2	17,8	17,9	18,1	18,1
X.	18,0	17,8	17,9	18,1	18,1
XI.	18,1	17,8	18,0	18,1	18,3
XII.	18,0	17,8	18,0	18,1	18,0

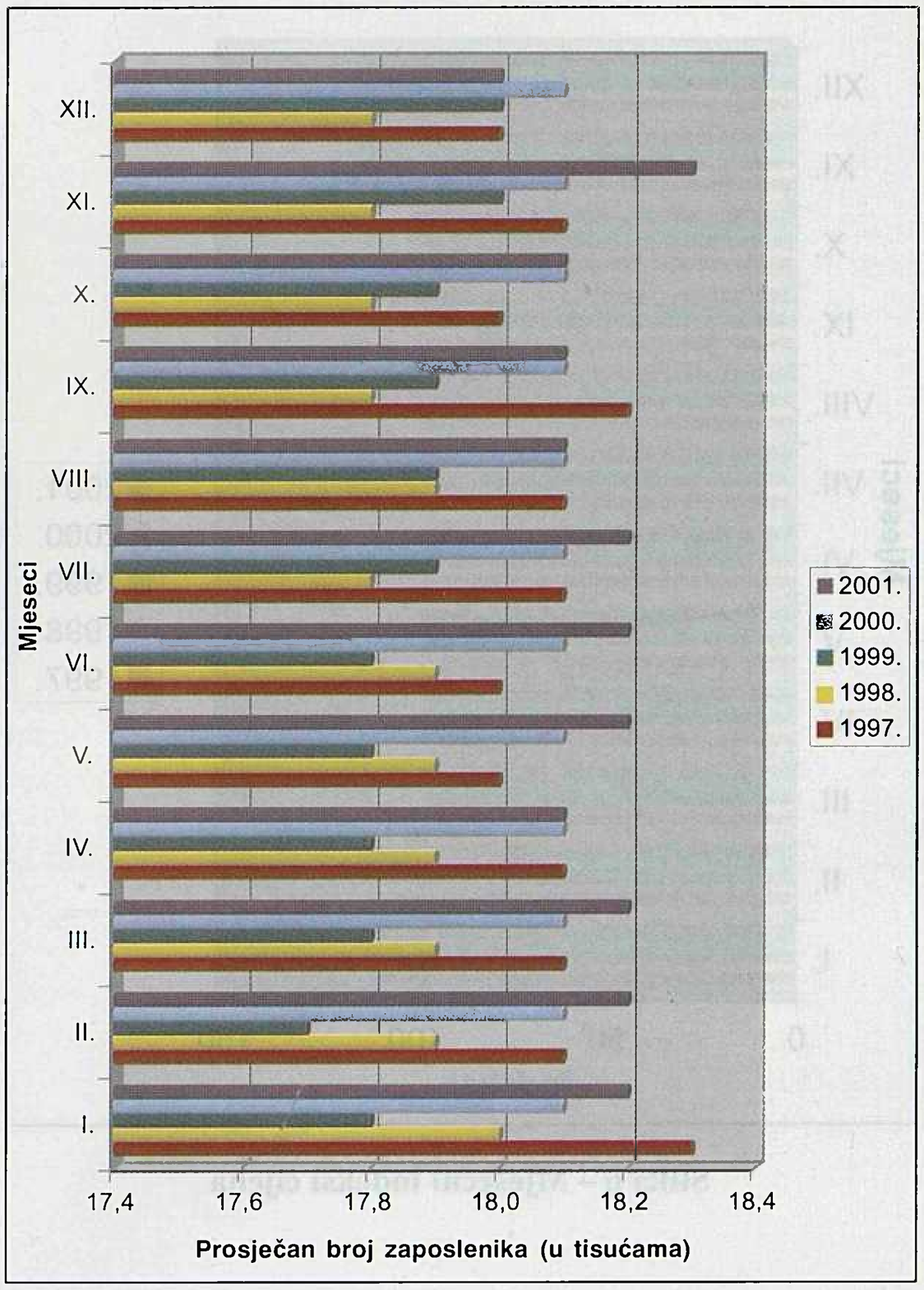
Kao što je iz tablice 5 vidljivo, tijekom petogodišnjeg razdoblja, prosječan broj zaposlenih djelatnika u području E – 40 Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom, varira između 17,8 do 18,3 tisuće. Tijekom 1997. godine bio je iznad 18 tisuća, da bi u 1998. i 1999. pao ispod te vrijednosti i u 2000. i 2001. opet se popeo iznad 18 tisuća.

Cijene kod proizvođača

Državni zavod za statistiku od siječnja 1998. godine prikuplja cijene industrijskih proizvoda pri proizvođačima prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti i prema novoj Nomenklaturi industrijskih proizvoda i usluga, a indeks se izračunava prema područjima i odjeljcima Nacionalne klasifikacije djelatnosti.

Opći indeks cijena po područjima (E) i odjeljcima (40) utvrđuje se ponderiranim postupkom, pri čemu se za pondere uzima vrijednost proizvoda prodanih na domaćem tržištu.

U tablici 6 te dijagramom na slici 6 prikazani su mjesečni indeksi cijena električne energije u razdoblju od 1997. do 2001. godine.

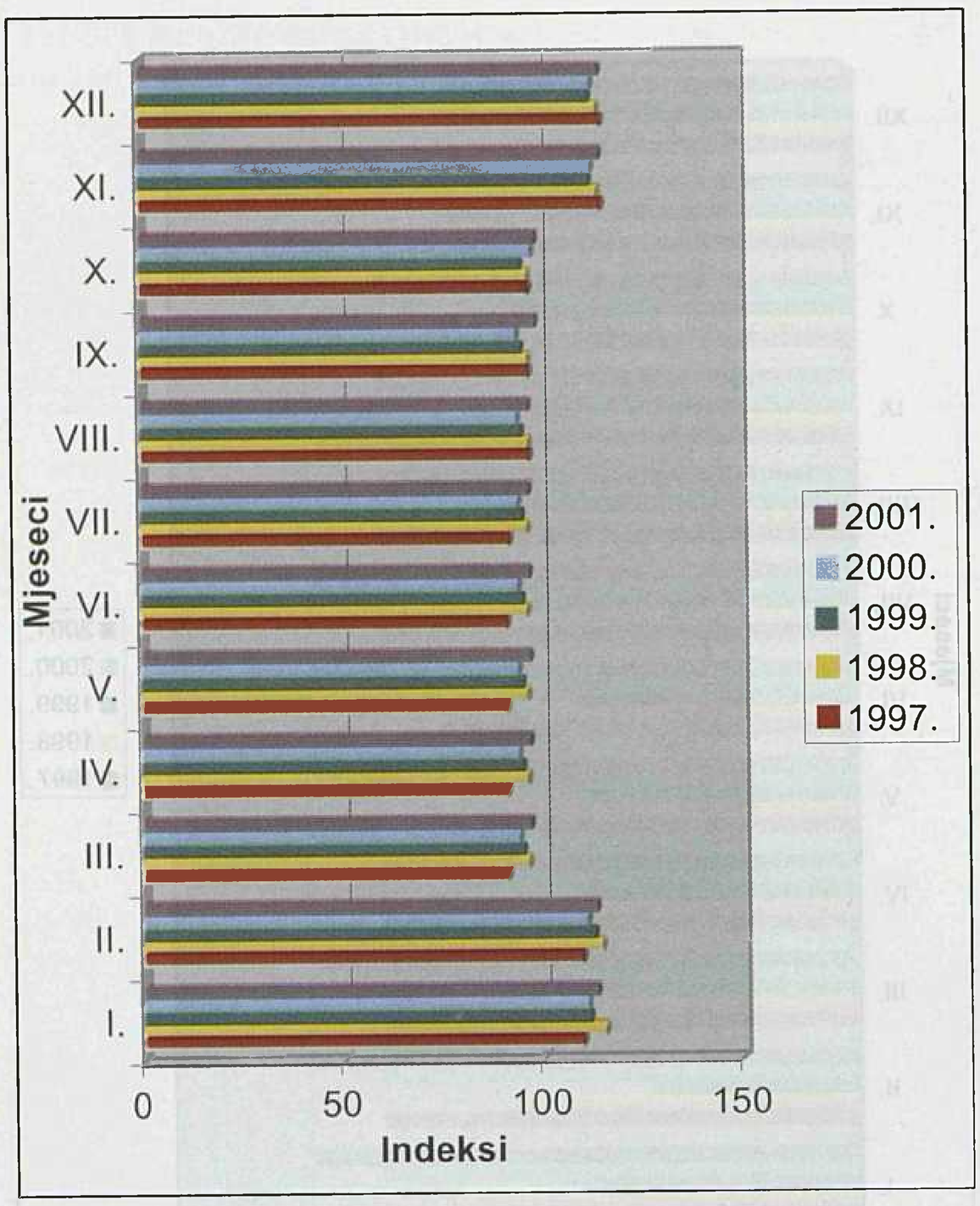


Slika 5 – Prosječan broj zaposlenika (u tisućama) od 1997. do 2001.

Tablica 6 – Mjesečni indeksi cijena (pri proizvođaču) od 1996. do 2001.

	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.
I.	109,8	115,6	111,7	111,2	113,5
II.	109,8	114,9	113,0	111,2	113,5
III.	91,4	96,7	95,3	94,3	97,2
IV.	91,4	96,7	95,3	94,3	97,2
V.	91,4	96,7	95,3	94,3	97,2
VI.	91,4	96,7	95,3	94,3	97,1
VII.	92,1	96,7	95,3	94,3	97,1
VIII.	97,2	97,2	95,3	94,3	97,1
IX.	97,2	97,2	95,3	94,3	99,0
X.	97,2	97,2	95,3	98,1	99,0
XI.	115,6	114,9	112,7	113,3	115,3
XII.	115,6	114,9	112,7	113,3	115,3

U 1997. godini najveći indeks u iznosu 115,6 ostvaren je u studenom i prosincu, a najniži od 91,4 u razdoblju od ožujka do lipnja. U 1998. godini najveći indeks u iznosu 115,6 je ost-



Slika 6 – Mjesečni indeksi cijena

varen u siječnju, a najmanji od 96,7 u razdoblju od ožujka do srpnja. U 1999. godini najveći indeks cijena ostvaren je u studenom i prosincu u iznosu od 112,7, a najmanji u razdoblju od ožujka do listopada u iznosu od 95,3.

U 2000. godini mjesečni indeksi cijena iznosili su za siječanj i veljaču 111,2, a za razdoblje od ožujka do listopada 94,3. U studenom i prosincu zabilježen je iznos od 113,3.

U 2001. godini najveći indeks cijena od 115, 3 ostvaren je u studenom i prosincu, a najmanji od 97,1 u lipnju, srpnju i kolovozu.

Uzevši u obzir petogodišnje razdoblje od 1997. do 2001. godine najveći indeks od 115,6 cijena ostvaren je u studenom i prosincu 1997. godine te u siječnju 1998. godine.

Najmanji mjesečni indeks rasta cijena od 91,4 ostvaren je u 1997. godini od ožujka do srpnja.

SBK

U BERLINU ĆE SE UDVOSTRUČITI BROJ SOLARNIH UREĐAJA

U glavnom gradu Njemačke, u Berlinu, danas ima oko 3000 soalrnih uređaja, koji daju električnu energiju. Većinom su montirani na krovovima privatnih i državnih zgrada.

Berlinska solarna grupa, stručnih udruženja i udruga za zaštitu okoliša, pod vodstvom P. Striedera, senatora za razvoj grada, ima inicijativu da uskoro podvostruči u Berlinu broj solarnih uređaja, montiranih na krovovima.

EW, god. 100(2001), br. 19

Mrk

GOSPODARSTVO U NJEMAČKOJ RASTE BRŽE OD POTROŠKA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U vremenskom rasponu od godine 1991. do godine 2000. narastao je bruto nacionalni proizvod za oko 15%, dok je bruto potrošak električne energije, u istom razdoblju, porastao samo za 5%, tj. od 539 milijuna kWh u 1991. godini na 566 milijardi kWh u godini 2000.

Manji porast potrošnje može se pripisati štednji građanstva, poboljšanju korisnosti industrijskih postrojenja i novoj tehnologiji.

Osim toga, promjenom struktura organizacija uslužnih djelatnosti, pao je i specifični potrošak električne energije.

EW, god. 100(2001), br. 19

Mrk

NAJVEĆE EUROPSKO PODRUČJE VJETROELEKTRANA POČELO DAVATI ELEKTRIČNU ENERGIJU

U centru Njemačke, u Padenhornu, stavljeno je u pogon najveće područje vjetroelektrana u Europi, koje je smješteno u unutrašnjosti zemlje, a ne na morskoj obali. Područje obuhvaća 4 parka vjetrolektrana s ukupno 65 proizvodnih jedinica. Ukupna instalirana snaga sviju vjetroelektrana iznosi 105 MW. Cijelo zauzeto područje nazoiva se "Sintfeld".

Danas u Njemačkoj ima oko 7000 MW instalirane snage u vjetrolektranama, koje daju oko 2,5% potrebne lektrične energije.

U planu je da do godine 2010., uz vjetroelektrane i elektrane na biomasu, dobave ukupno 12,5% potrebne električne energije.

Treba napomenuti, da je u industriji i uslužnim djelatnostima, u vezi vjetroelektrana, uposleno oko 30000 ljudi.

EW, god. 100(2001), br. 19

Mrk

MODERNIZACIJA VISOKONAPONSKE ISTOSMJERNE VEZE U SAD

Tvrtka Siemens sklopila je s američkom tvrtkom BPA (Bonneville Power Administratation) iz Portlanda, Oregon, SAD, dobavu 36 modernih tiristorskih ventila za postojeću visokonaponsku usmjerivačku stanicu Celilo čeonu stanicu visokonaponskog istosmjernog prijenosa nazvanog Pacific Intertie. Narudžba je sklopljena u cijeni od 20 milijuna eura.

Ovaj je visokonaponski istosmjerni prijenos, duljine 1362 km, stavljen u pogon godine 1970. Time se vezane sjeverozapadne savezne države Washington i Oregon s jugozapadnim saveznim državama Kalifornijom i Arizonom. Krajnje su usmjerivačke stanice Celilo blizu Dallasa i Sylmyr blizu Los Angelesa, prema sadašnjem stanju tehnike, opremljene živinim usmjerivačima. Napon uređaja bio je +/- 400 kV, a prenosila se snaga od 1440 MW.

Svrha je ovog prijenosa da se razmijenjuju sezonski viškovi električne energije između sjevera i juga i poveća sigurnost opskrbe Kalifornije energijom.

Kako je južni terminal Sylmar stradao u potresu godine 1979. Tvrtka ASEA ga je tada modernizirala i ugodila tiristorske usmjerivače, do tada najveće snage u svijetu, s mogućnošću opterećenja do 3500 A u jednom nizu.

Prema tome, navedenom modernizacijom u stanici Celilo izbačeni su iz upotrebe živini ispravljači, koji su, u usporedbi s tiristorima, mnogo nesigurniji u pogonu i traže mnogo brige oko održavanja.

EW, god. 100(2001), br. 14

Mrk

OBNOVLJIVA ENERGIJA U POLJSKOJ

Poljski je parlament u kolovozu ove godine usvojio strategiju razvoja proizvodnje obnovljive energije do 2010. godine. Prema planu do te bi godine 7,5% potrebne električne energije Poljska dobivala iz obnovljivih izvora. U vjetroelektranama se očekuje instalirana snaga od 1600 MW.

EW, god. 100(2001), br. 14

Mrk

GRIJANJE STANOVA U NJEMAČKOJ

U godini 1998. sa evidentiranih 37,2 milijuna stanova u Njemačkoj, najviše ih se grijalo prirodnim plinom, zatim lož-uljem. Plinom je grijano 40% stanova, lož-uljem 32%, daljinskim grijanjem 12%, ugljenom 10%, a električnom energijom 6%.

Ovi postotci nisu jednaki za zapadni i istočni dio Njemačke. Dok je u zapadnom dijelu grijanje većinom na plin i lož-ulje, u istočnom dijelu prevladava plin i daljinsko grijanje i još djelomično ugljen u pojedinačnim pećima.

U Njemačkoj je vrlo značajno daljinsko grijanje koje ima oko 54000 MW priključaka. Najveći dio topline (79%) dolazi iz toplana-elektrana. Ova postrojenja sudjeluju, uz toplinsku energiju, u ukupnoj proizvodnji električne energije sa 7%. Većina ih se lože plinom (45%), 46% ugljenom, 2% lož-uljem, a 7% smećem i ostalim odpadcima.

Tendencija je da se sve više grije plinom, daljinskim grijanjem, dok je upotreba ugljena sve manja i u istočnom dijelu Njemačke.

EW, god. 100(2001), br. 14

Mrk

VJETROELEKTRANE U DANSKOJ

Danska je vodeća zemlja u gradnji i korištenju vjetroelektrana. Za razvoj i unapređenje ovakvih elektrana Danska predviđa u slijedećim decenijama investirati oko 8 milijardi eura. Do godine 2030. Trebalo bi, u Danskoj, 35% potrebne električne energije dolaziti iz vjetroelektrana. Time bi se emisija CO2 smanjila za 50%.

Već sada je u toj vrsti elektrana, u zemlji, instalirano oko 2000 MW, a planira se da će u slijedeća tri desetljeća biti izgrađeno još 4000 MW.

U Danskoj je prvi puta u svijetu, park vjetroelektrana 1991. Izgrađen u moru. Park se sastojao od 11 jedinica, snage po 450 kW, smješten sjeverozapadno od otoka Lolland.

U godini 2000. počeo je davati električnu energiju park vjetroelektrana Middelgrunden 2 km udaljen od danskog glavnog grada Kopenhagena. Park ima 20 generatora snage po 2 MW.

U planu je, godine 2002., realizacija projekta "Horns Rev". Stupovi vjetroelektrana izgradili bi se u moru, dubine 4 do 14 m, udaljeni oko 14 km od obale, kod mjesta Esbjerg. Prema planu "Horns Rev" izgradilo bi se 80 vjetroelektrana, snage po 2 MW, poredanih u 10 redova po 8 postrojenja. Razmak izmedu dviju elektrana iznosio bi 560 m, a podmorski kabel koji bi ih povezivao bio bi dug 69 km.

Jedinice elektrana snage 2 MW, najveće su serijski izrađivane vjetroelektrane u svijetu. Visina im je do glavine 70 m, a promjer rotora 80 m. Masa je pojedinog postrojenja s temeljima oko 500 t.

Predvida se da će cijeli park godišnje proizvesti 600 milijuna kWh. Zbog jakog i jednoličnog vjetra, proizvodnja u moru smještenih vjetropostrijenja za 50% je veća, od postrojenja na kopnu.

EW, god. 100(2001), br. 19

Mrk

NUKLEARNA ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

Dugotrajna i žučna diskusija o sudbini nuklearnih elektrana u Njemačkoj završila je, u lipnju 2001, sporazumom Savezne vlade i poduzeća, vlasnika nuklearnih elektrana. Nuklearne će elektrane postepeno prestati radom, tijekom godina do godine 2025. Time je diskusija o nuklearkama u Njemačkoj završena, ali se otvara rasprava o njemačkoj energetskoj budućnosti bez nuklearki.

Danas u Njemačkoj nuklearke proizvode oko trećine potrebne električne energije tj. 140 TWh do 160 TWh godišnje.

Dogovoreno je, da će nuklearne elektrane do godine 2005. Smanjiti proizvodnju za 8 TWh. Izmedu godina 2006. i 2010. smanjenje će iznositi 19 TWh godišnje, a od 2011. do 2020. godine trebat će nadoknaditi ukupno 87 TWh godišnje. Nuklearke koje će biti još u pogonu iza 2020. godine bit će isključene sa električne mreže najkasnije do 2025. godine.

EW, god. 100(2001), br. 20/21

Mrk

RAZVOJ TEHNIKE ELEKTRANA

Utakmica na slobodnom tržištu električne energije prisilila je vlasnike elektrana da unapređuju i razvijaju modernu tehnologiju i procese u svojim postrojenjima, kako bi mogli biti konkurentni na tržištu.

Činjenica je, da će fosilna goriva imati još i u 21. stoljeću veliku važnost. Naročito to vrijedi za ugljen, čija su nalazišta vrlo rasprostranjena, a rezerve velike.

Glavna su razvojna istraživanja u elektranama usmjerena na proces izgaranja, kvalitetu materijala, vođenje i planiranje.

Osim glavnih procesa, treba usavršavati i komponente elektrana, kao plinske i parne turbine, generatore i kotlove.

U tremoelektranama se može korisnost povećati povišenjem tlaka pare i temperature.

Danas se postiže tlak od 270 bara i temperatura 580 oC do 600 oC. Povise li se ovi parametri na tlak od 300 bara i temperaturu 625/640 oC, podići će se korisnost za 1,3%.

Daljnje mogućnosti povećanja efikasnosti mogu se ostvariti optimizacijom komponenata.

Visoka se korisnost postiže u plinsko-parnim postrojenjima. Plinske se turbine već grade do snage od 200 MW, a kompletno plinsko-parno postrojenje do 400 MW. Razvoj ide u smjeru povećanja snage jedinica i povećanja korisnosti. Radi se na optimiranju parametara procesa u smjeru daljnjeg povećanja ulazne temperature plina, preko 1500 oC, što je pak pitanje izdržljivosti materijala.

U posljednjih 25 godina u tom je pogledu učinjen značajan napredak. Tada se nije moglo ići s ulaznom temperaturom preko 900 oC.

Mnogo se također radi na unapređenju decentralizirane proizvodnje električne energije. Decentralizirani elektroenergetski izvori vrlo su korisni pri rasterećenju električne mreže u rokovima opterećenja i kao rezervni energetski izvori. Mogu se smjestiti po potrebi nedaleko mjestu potrošnje. Vrlo korisno mogu poslužiti u izoliranim područjima što nije rijedak slučaj u zemljama u razvoju.

Tehnika elektrana, kao primarna tehnologija, daje značajan doprinos razvoju globalnog gospodarstva. Njenim se razvojem doprinosi da se ograničeni resursi goriva i kapitala najoptimalnije troše.

Povećanje korisnosti i bolje vođenje izgaranja smanjuje količinu štetnih tvari iz elektrana. Već su razvijeni efikasni sustavi kojima se smanjuje emisija štetnih plinova na najmanju mjeru.

EW, god. 100(2001), br. 20/21

Mrk

NOVI PROJEKTI PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Danas je u svijetu u pogonu samo jedan dionica dalekovoda (510 km) pod naponom iznad 1000 kV. To je dio planiranog dalekovoda (2000 km) koji bi prenosio električnu energiju iz zapadnog dijela Sibira prema Uralu i centralnom dijelu Rusije. Nazivni je napon dalekovoda 1150 kV s maksimalnim pogonskim naponom 1200 kV.

U Japanu se planira izgradnja mreže ultravisokog napona od 1100 kV. Prva bi dionica ove mreže mogla ući u pogon između godina 2003. I 2005.

Sada, u vrijeme slobodnog tržišta električne energije, planiraju se mnoge visokonaponske prijenosne mreže, kako bi energija mogla slobodno teći utržišnom natjecanju.

Početkom devedesetih godina prošlog stoljeća studirana je jaka elektroenergetska veza u Europi, istok – zapad. Studirane su dvije varijante. Visokonaponski trofazni i visokonaponski istosmjerni prijenos. Predvidalo se da se prenosi snaga od 4000 MW, na ukupnu udaljenost od 1800 km. Visokonaponski istosmjerni sustav imao bi dva bipolarna

strujna kruga, s 5 usmjerivačkih stanica. Dvije u Rusiji, a po jedan u Bjelorusiji, Poljskoj i Njemačkoj.

I u drugim dijelovima svijeta planiraju se prijenosi velikih električnih snaga. U Jugoistočnoj Aziji veza Greater – Uckrug, u Africi Kongo – Kairo, u Centarlnoj Americi Meksiko – Kolumbija – Venezuela, a u Južnoj Americi Argentina – Brazil.

Osim ovakvih velikih prijenosnih projekata, treba računati i s pojačanjempostojećih električkih prijenosnih mreža.

Primjer za to je planirani Baltički elektroenergetski prsten, koji se se studira podd vodstvom njemačkih elektroprivrednih organizacija. Prsten bi trebao povezivati elektroenergetske sustave Njemačka, Skandinavije, Poljske i baltičkih zemalja. U gradnji je sličan Mediteranski prsten.

Općenito rečeno, pri stalnom porastu potrošnje električne energije, treba računati s prijenosom znatnih snaga unutar zemlje i u međunarodnim razmjerima.

EW, god. 100(2001), br. 20/21

Mrk

BUDUĆNOST HIDROELEKTRANA

Između svih obnovljivih energetskih izvora, jedino vodne snage daju značajan udio u proizvodnji električne energije. Unatoč problema, koje izaziva gradnja hidroelektrana, ne može se poreći njihova važnost u sadašnjosti i budućnosti.

Premda Njemačka ima zakone koji favoriziraju obnovljivu energiju, zakonske se olakšice ne odnose na sve hidroelektrane, već samo na one manje snage. Zakon o obnovljivoj energiji (EEG) obuhvaća samo hidroelektrane do snage od 5 MWA. Sva električna energija dobivena iz obnovljivih energetski izvora oslobođena je svakog poreza, a za hidroelektrane to vrijedi samo do instalirane snage elektrane do 10 MW. Prema mišljenju nekih njemačkih stručnjaka, ovakvi zakoni pogoršavaju položaj hidroelektrana na slobodnom tržištu električne energije.

Predviđa se da će prosječni porast primarne energije u svijetu iznositi oko 2%, a električne energije oko 2,7%. Veći će postotak svakako biti u zemljama u razvoju, a manji u industrijski razvijenim zemljama. Npr. u Kini je godišnji porast potrošnje električne energije toliki, da bi godišnje terbalo staviti u pogon novih 17000 MW u elektranama. Kina upravo ima u gradnji, na rijeci Jangce, najveći hidroelektranu na svijetu, snage 18000 MW, koja bi ušla u pogon godine 2009. Dakle njena je snaga samo nešto viša od jednogodišnjih porasta potrošnje električne energije u zemlji.

Budući da je zaštita klime jedan od primarnih zadataka u slijedećim desetljećima, hidroelektrane će imati i nadalje veliku važnost u proizvodnji električne energije.

Za unapređenje iskorištenja vodnih snaga osnovana je stoga asocijacija HEA (Hydro Equipment Assotiation) od vodećih svjetskih tvrtki: Alstom Power Genereration, koja će kontaktirati sa svim faktorima koji su u vezi s iskorištenjem vodnih snaga.

Činjenica je da hidroelektrane svagdje u svijetu izvršavaju svoju zadaću ekonomično i ekološki povoljno.

EW, god. 100(2001), br. 20/21

Mrk

MODERNIZACIJA HIDROELEKTRANA

Između sviju pogonskih strojeva za elektrane najbrojnije su vodne turbine. U usporedbi sa strojevima u termoelektranama, trajnost vodnih turbina je dvostruka i trostruka. Osim toga, u pogonu mogu imati do 8000 sati godišnje rada.

Za Europu, gdje su radne snage praktički već iskorištene, vrlo je zanimljivo modernizacijom povećati korisnost hidroelektrana.

Prema procjeni stručnjaka, modernizacijom hidroelektrana u Njemačkoj, Austriji i Švicarskoj mogla bi povećanje snaga hidroelektrana iznositi preko 20%.

Kad se misli o modernizaciji hidroelektrane nije samo u pitanju turbina već i generator i ostalo, osobito regulator turbine.

Danas se može postići korisnost turbine od preko 95%, a ako je turbina na istoj osovini s generatorom, ukupna je koristivost i preko 90%. Za usporedbu niskotlačni uređaji tridesetih i četrdesetih godina, prošlog stoljeća, nisu imali korisnost veću od 88%.

Ako se prigodom modernizacije pokaže da na građevinskom dijelu i ostalim dijelovima hidroelektrane nema nekih većih oštećenja najjednostavnije je rješenje samo izmjena rotora turbine i njezina regulatora. U posljednjimdecenijama osobito je tehnički napredovala korisnost Kaplanovih turbina za male apdove. Izmjenom samog rotora, bez da se dira u stroj kao cjelinu, može se dignuti korisnost za nekih 5%. Vrlo je važna i ugradnja modernog turbinskog regulatora.

Ima primjera da se modernizacijom regulatora podigla korisnost za 15%. Time se cijelo postrojenje može optimirati bez velikih mehaničkih promjena i investicija.

EW, god. 100(2001), br. 20/21

Mrk

"MAYLE INTERCONECTOR" KABELSKA VEZA ŠKOTSKE I SJEVERNE IRSKE

Izolirani elektroenergetski sustav Sjeverne Irske, koji opskrbljuje električnom energijom oko 1,6 milijuna ljudi, dobit će koncem godine 2001. Električnu energiju iz Škotske, putem visokonaponske istosmjerne veze (vidi Energija, god. 49(2000), br.2).

Osim dviju ispravljačkih terminalnih stanica, u Škotskoj (Auchencrock) i Sjevernoj Irskoj (Ballycronan), trebalo je položiti dvostruki visokonaponski istosmjerni kabel, duljine 2x55 kV i u Škotskoj izgraditi trofazni dalekovod 275 kV, duljine 64 km.

Za prijelaz kabela nije se mogla koristiti najkraća morska udaljenost od 20 km, zbog jakih morskih struja, kamenog podmorja i potopljenog ratnog materijala iz drugog svjetskog rata.

Za ovaj visokonaponski istosmjerni sustav treba istaći dvije tehničke novine. Tiristori su ugrađeni u terminalne stanice, pale se optičkim signalima, a podmorski istosmjerni visokonaponski kabel ima integrirani metalni plašt pa povratna struja, umjesto morskim putem, teče metalnim plaštom. Time se nešto povećaju gubici prijenosa, ali nema djelovanja magnetskog polja na kompase brodova u prolazu.

Ovakav se kabelski tip prvi puta primijenjuje u svijetu.

Izolirani elektroenergetski sustav Sjeverne Irske ovom se kabelskom vezom veže preko britanske mreže i kabelskom vezom Britanija – Francuska s europskim sustavom UCTE.

Pregovori za ostvarenje ovog projekta trajali su nekih trideset godina, a tek je početkom devedesetih sklopljen ugovor između sjevernoirskog NIE (Nordhern – Ireland Electricity) i škotskog Scottish Power o izgradnji. Tom je prilikom traženo da prijenosni visokonaponski istosmjerni sustav

bude u dobavi električne energije bar toliko siguran kao elektrana na kopnu. Kabelom se može u Sjevernu Irsku prenijeti oko 20% električne energije potrebne Sjevernoj Irskoj.

EW, god. 100(2001), br. 22

Mrk

ELEKTRONERGETSKE PRILIKE U NJEMAČKOJ

Potrošnja električne energije u Njemačkoj u prvoj polovici godine 2001. Ostala je stabilna. Za prvi kvartal porast iznosi samo 0,5%, a u drugom kvartalu 0,75%, u usporedbi s istim razdobljem godine 2000. Utjecaj na promjene imaju vremenske prilike i privredni tokovi.

Industrija i privatne elektrane su, u prvoj polovici godine, davale u javnu električnu mrežu oko 3% manje eletkrične energije nego prethodne godine.

Elektrane koje su sudjelovale u dobavi električne energije bile su različito korištene. Prosječno korištenje elektrana u Njemačkoj iznosilo je 4750 sati godišnje. Najveće vrijeme korištenja imale su nuklearne elektrane, sa 7599 sati godišnje, zatim termoelektrane na smeđi ugljen sa 7101 sati godišnje i protočne hidroelektrane sa 5994 sati godišnje.

Nuklearne elektrane, termoelektrane na smeđi ugljen i protočne hidroelektrane davale su temeljnu energiju. U vršnim su opterećenjima bile angažirane termoelektrane na kameni ugljen, iskorištene 4645 sati i termoelektrane na plin i naftu, iskorištene 2260 sati. Vjetroelektrane, ovisne o vremenskim prilikama radile su 1624 sata godišnje.

U Njemačkoj oma oko 900 vlasnika električnih mreža, ukupne duljine 1,5 milijuna km. U tijrku devedesetih godina izgrađeno je odnosno položeno 100000 km nadzemnih vodova i kabela. Prilikom modernizacije i proširenja mreža, znatno je bio pojačan udio kabela.

Tijekom godine 1990. U Njemačkoj je 60% mreža položeno u kabelu, a godine 1999. Taj je postotak narastao na 70%. Najveći porast kabliranja mreža učinjen je u istočnom dijelu zemlje. Tamo je udio kabela, u električnoj mreži, bio godine 1990. 40%, a u zapadnom dijelu 65%.

Izvoz električne energije iz Njemačke povećan je u prvoj polovici godine 2001., u usporedbi s istim razdobljem prethodne godine za 4%, a uvoz je smanjen za 14%. Uzrok smanjenju je manjak ponude iz Skandinavije.

EW, god. 100(2001), br. 22

Mrk

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Prema izvješću Udruge njemačkih elektrana (VDEW), u Njemačkoj je u vremenskom razdoblju od godine 1991. do 2000. proizvodnja električne energije porasla za 10% (na 469 milijardi kWh), ali je specifični potrošak energenata pao za 4%. Najveći je pad postignut u termoelektranama na smeđi ugljen u istočnom dijelu zemlje.

U termoelektranama na zemni plin, porastao je potrošak goriva za 17%, a proizvodnja električne energije gotovo za 50%. Značajan porast korisnosti postignut je uvrštenjem novih plinsko-parnih postrojenja.

U priloženoj tablici naznačena je proizvodnja električne energije, godina 1991. i 2000. iz različitih elektrana. Naročito se vidi pad proizvodnje u elektranama na naftu, a znatan porast proizvodnje električne energije u elektranama na zemni plin i vjetroelektranama.

Proizvodnja u TWh

	1991.	2001.
Hidroelektrane	16201	23596
Nuklearne elektrane	138400	158887
TE na smeđi ugljen	128243	152008
TE na kameni ugljen	109623	114098
Loživo ulje	7937	1105
Zemni plin	21912	32362
Otpad	2016	2766
Vjetar	11	109
Ostalo	1284	4414
Ukupno	425627	469350

EW, god. 100 (2001) br. 23

Mrk

BUDUĆNOST GORIVIH ĆELIJA

U listopadu ove godine održan je u Njemačkoj, u Stuttgartu, sastanak stručnjaka kako bi raspravljali o tehnologiji gorivih ćelija. Svi su bili suglasni s konstatacijom da je budućnost tog izvora energije u prometu kao i u stacionarnoj opskrbi električnom energijom.

Prema riječima saveznog ministra gospodarstva i tehnologije, za vremensko razdoblje od godine 2001.-2003. potpora za razvoj gorivih ćelija iznosit će 120 milijuna njemačkih maraka. Prvenstveno će se financirati projekt ZIP (Investicijski program budućnosti).

Pojedini će projekti iz tog programa biti poznati krajem godine.

EW, god. 100 (2001) br. 23

Mrk

POVEĆANJE KORISNOSTI FOTONAPONSKIH ĆELIJA

Fotonaponske ćelije imaju razmjerno nisku korisnost koja, međutim, ovisi o čistoći materijala i kristalizaciji silicija. Najvišu korisnost imaju ćelije s monokristalom, dok ćelije s multikristalima silicija imaju korisnost manju za 1-2%, ali su mnogo jeftinije. Stoga industrija pokazuje velik interes za razvoj multikristalnih ćelija. Dok je godine 1996. korisnost fotonaponske industrijski izrađene ćelije iznosila oko 13%, taj je postotak danas uspio porasti na 15%, a u laboratorijskoj izvedbi čak 17%. Napredak treba zahvaliti intenzivnom razvoju, a industriji sniženje troškova.

EW, god. 100 (2001) br. 23

Mrk

BUDUĆNOST SOLARNIH ELEKTRANA

Zajedničkim istraživanjem Zelenih i organizacije EPIA došlo je do zaključka kako bi se ubuduće mogla razvijati proizvodnja električne energije iz solarnih elektrana. EPIA je europska organizacija 54 vodeća proizvođača fotonaponskih postrojenja.

Prema tim istraživanjima, do godine 2020. mogao bi broj solarnih elektrana, od današnjih instaliranih 270 MW narasti na 54000 MW i time opskrbiti električnom energijom oko jednu milijardu ljudi. Takav bi porast, prema tom istraživanju, otvorio radna mjesta za 2,3 milijuna zaposlenika.

EW, god. 100(2001) br. 23

Mrk

NANO-TRANZISTOR

Znanstvenici Bell-laboratorija J. H. Schön, Z. Bas i H. Meng predstavili su svoj pronalazak tzv. nano-tranzistor, građen na bazi organskog materijala, sumporoorganskog spoja. Dimenzije ovog tranzistora deset puta su manje od današnjeg mikro-tranzistora. Vrlo male dimenzije nano-tranzistora stvaraju kod konstrukcije velike poteškoće. Npr. razmak je elektroda, veličine 1 do 2 nm, a to je udaljenost od nekoliko molekula.

Prikazani tranzistor danas služi samo kao demonstracijski objekt. Prema izjavi iz Bellovog laboratorija, dok se takav tranzistor toliko razvije da se može serijski proizvoditi, proći će još mnogo godina.

EW, god. 100(2001) br. 23

Mrk

PRODOR TVRTKE ABB U KINU

Tvrtka ABB osnovala je u Kini, u mjestu Hefei tvornicu uljnih transformatora za distribuciju električne energije, snage 50 kVA i 400 kV, do 15 kV. Tvornica je najmodernije opremljena, a njezin je godišnji kapacitet 12000 transformatora. Osnivanjem specijaliziranih tvornica prema konceptu "Focuset Factory" moguće je ostavriti vrhunsku kvalitetu proizvoda, na veliku proizvodnju.

ABB već ima u Kini 26 poduzeća koje je ona osnovala. U 22 veća kibeska grada održava distributivnu mrežu i zapošljava više od 5500 radnika.

Svakako treba naglasiti da je tvornica u Hefei-u u potpunom vlasništvu tvrtke ABB, dok je u ostalim poduzećima ABB samo djelomični vlasnik.

ETZ, god. 122 (2001) br. 16

Mrk

UKINUTI NAZIV "NISKI NAPON"

Budući da na putu električne energije od elektrane do potrošača veliki dio investicija, a u pogonu energetskih gubitaka, otpada na niski napon, potrebno je upravo u tom dijelu elektroenergetskog sustava provesti mjere štednje. Jedna je efikasna mjera upravo podizanje naponskog nivoa koji koristi industrija. U Njemačkoj je već pred 40 godina za industrijske pogone učinje prijelaz od 380 V na 690 V, a danas se predlaže na naponske razine 2000 V (3000 V). Time bi mnogi korisnici postigli velike uštede zbog jednostavnije i jeftinije tehnike, a smanjili bi se energetski gubici postrojenja. Želja je mnogih stručnjaka da se riješe oznaka "niski napon", kao što je zaboravljen naziv "slaba struja". Predlaže se naziv "glavna naponska razina" (Main Volatge Level MVL). Time će i gospodarsko značenje ovakve dobave električne energije biti istaknuto. Predlaže se:

< 60 V	AC/DC	informacijska-naponska razina
do 220 V	AC/DC	za upravljanje-naponska razina
240/400 V	AC	kućne tehnike-naponska razina
1200/2100 V	AC	glavna naponska razina

ETZ, god. 122(2001) br. 17

Mrk

IZOBRAZBA U INFORMATIČKOJ TEHNICI

U njemačkoj pokrajini Nordhein-Westfalen iniciran je od tvrtke IVC AG i potpomognut od pokrajinskog Ministarstva za rad i socijalu projeklt "Qualifit", kojim se želi zainteresirati učenice i mlade žene za mogućnost zaposlenja u informatičkoj struci.

U mjestu Niederrhein i okolici udružilo se dvanaest poduzeća i četiri škole da animiraju učenice koje će se osposobiti za zvanje u informatičkoj tehnici. Tvrtka IVC organizirala je sastanke učenica s mladim ženama, koje su kod tvrtke IVC završile informatičku izobrazbu, da im one tom prigodom daju sve informacije o izobrazbi, zvanju i budućem radu.

Ovim se projektom želi pokazati mladim ženama da im informatička branša nudi velike šanse za zaposlenje. Poduzeća, pak, žele stvoriti naraštaj informatičke struke koji nedostaje.

ETZ, god. 122(2001) br. 17

Mrk

PRIKLJUČNI UREĐAJI ZA VJETROELEKTRANE

Njemačka je danas vodeća zemlja u iskorištavanju vjetra za proizvodnju električne energije. Raspolaže (30. 6. 2001.) sa gotovo 7 MW instalirane snage vjetroelektzrana i proizvodi oko polovicu električne energije, koju ukupno proizvodi Europa u vjetroelektranama. Planira se, da se ukupna snaga postrojenja koja iskorištavaju energiju vjetra, povisi do godine 2030., na 42 GW. Da se proizvodnja električne energije, tih novih vjetroelektrana može plasirati u javnu električnu mrežu, potrebne su transformatorske stanice i ostala elektropostrojenja sviju srednjonaponskih razina. Tvornica Alstom već danas proizvodi standardizirana postrojenja snage 16 MVA do 63 MVA, sa vrlo zahtjevnom raspoloživosti i vijekom trajanja.

Za ovakva postrojenja koncipirani su uređaji za upravljanje i zaštitu koji se mogu posluživati direktno i na daljinu.

ETZ, god. 122(2001) br. 17

Mrk

NJEMAČKA O INFORMATIČKOM DRUŠTVU

Prema studiji koju je za Njemačku izradio VDE utvrđeno je da 63% stanovnika zagovara informatičko društvo, 64% ispod 34 godina starosti i 64% obitelji s djecom vide razvoj kao pozitivan. Ovdje se vidi prijazni pristup mladih ljudi informatičkoj tehnici. Prema tome je poticanje podmlatka isto toliko važno kao poticanje tehnologije, osobito u elektrotehnici i informatici. Manjak stručnjaka u tim granama tehnike, kočnica je informatike. Elektroinženjeri su ti koji stvaraju tehnologiju i sustave u telekomunikaciji i automatizaciji, isto tako kao u prometnoj i medicinskoj tehnici. Studija VDE iznosi da u godini 2002. U Njemačkoj postoji manjak od 13000 elektroinženjera, uz samo 6500 apsolvenata visokih škola.

ETZ, god. 122(2001) br. 17

Mrk

SOLARNA ELEKTRANA 600 KW

U ljetu 2001. godine počela je gradnja najveće solarne elektrane u Njemačkoj. Ona se gradi u Bavarskoj (Söchtenau), prema meteorološkim podacima, najsunčanijem njemačkom području. Instalirana snaga iznosi 600 kW, a računa se da će godišnje dati u javnu električnu mrežu oko 600000 kWh. Proizvedenu električnu energiju preuzima elektroprivredno poduzeće Isar-Amperwerke i plaća 0,99 DEM po kWh.

Radom ove elektrane izbjeći će se 600 tona emisije CO_2 godišnje.

ETZ, god. 122(2001) br. 19

Mrk

AUTOMATIZACIJA U NJEMAČKOJ INDUSTRIJI

Na temelju najnovijih istraživanja Frannhofer-Instituta i Instituta za tvornička postrojenja na sveučilištu u Hannoveru, utvrđeno je da je u Njemačkoj u pogledu automatizacije nastupilo otrježnjenje, tj. bumautomatizacije u industriji je posustao. Razlog je tome činjenica da je visoko automatizirana industrija nefleksibilna.

ETZ, god. 122(2001) br. 18

Mrk

KONGRES CIRED

Tradicionalna konferencija CIRED održana je u lipnju 2001. godine, u Amsterdamu. Raspravljalo se o važnim temama iz razdiobe električne energije. Osim danas vrlo aktulane teme, u svezi sa slobodnim tržištem električne energije, diskutirano je i o tehničkim pitanjima.

U uvodnom predavanju, koje je održao predstavnik EdF-a, iz Francuske, govoreno je o stanju potrošnje električne energije u svijetu i budućem očekivanom porastu. Do godine 2002. predviđa se porast potrošnje eenrgije za 50%, a električne energije za 100%. Na povećanje potrošnje mnogo će utjecati Kina i Indija. Očekuje se daljnja urbanizacija, pa će biti u svijetu oko 1000 gradova većih od 3 milijuna stanovnika.

U tehničkom dijelu mnogo se raspravljalo o decentraliziranoj proizvodnji električne energije od snage od 1 kWh (fotonaponske elektrane) do više MW (vjetroelektrane).

Raspravljani su različiti sustavi za akumuliranje električne energije i utjecaju priključka vjetroelektrana na kvalitetu električne energije.

Mnogo se diskutiralo o pouzdanosti i korisnosti gorivih ćelija u distribucijskim mrežama.

Iznesena je korist od distribucijskih transformatora s visokom korisnosti, ali je zaključeno da njihova široka uporaba ne dolazi u obzir zbog visoke cijene.

Organiziran je i okrugli stol, a kao prva raspravljana je tema o stirling strojevima, o njihovoj proizvodnji i korištenju. Druga je tema bila gorive ćelije. Konstatirano je da je mnogo veća korisnost postignuta kod visokotemperaturnih gorivih ćelija nego kod niskotemperaturnih PEM ćelija. Gorive ćelije imaju velike prednosti, ali im je još uvijek cijena razmjerno visoka (6000 USD po kW).

Na koncu se raspravljalo o različitim uvjetima priključka decentraliziranih izvora.

Može se reći da je decentralizirana proizvodnja električne energije izazavala na ovom zasjedanju vrlo veliki interes proizvođača i korisnika.

ETZ, god. 122(2001) br. 18

Mrk

POTROŠAK ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Njemačka godišnje ukupno troši okruglo oko 500 TWh električne energije. Prema podacima Udruge njemačkih elektrana (VDEW) polovicu te energije potroše elektromotori u industriji i šinska vozila. Oko 18% potroše uslužne djelatnosti, svjetlo i telekomunikacije. Na trećem je mjestu udio od 11% koji otpada na toplinu u procesima industrije. Okruglo 8% energije troši priprema tople vode, a oko 7% grijanje. Na procesnu toplinu u kućanstvu, npr. za elektroštednjak i sušenje rublja, troši se oko 5%, a u obrtu oko 3% električne energije.

EW, god. 100(2001) br. 24

Mrk

SMRTNOST OD STRUJNOG UDARA U NJEMAČKOJ

Smrtnost od električnog strujnog udara u Njemačkoj u stalnom je opadanju. Dok je godine 1970. u zapadnom dijelu Njemačke bilo 256 smrtnih slučajeva od strujnog udara, ovaj se broj smanjio u 1988. na 99, a 1999. godine na 86. Ovakav pad smrtnih slučajeva rezultat je vrlo strogih propisa VDE za sve električne uređaje i aparate.

EW, god. 100(2001) br. 25

Mrk

KORIŠTENJE VJETRA I DALJE U PORASTU

Prema podacima Savezne udruge za energiju vjetra (BWE), u prvih deset mjeseci ove godine (2001.) povezano je s javnom električnom mrežom 1115 vjetroturbina, ukupne instalirane snage 1399 MW, a to je okruglo 40% više nego u jednakom razdoblju prošle godine. Time se u Njemačkoj ukupni kapacitet vjetroelektrana povisio okruglo na 7500 MW, što je za 23% više nego na koncu prošle godine (2000.).

U normalno vjetrovitoj godini proizvodnja električne energije ovih vjetroelektrana iznosit će oko 3% sveukupnih potreba električne energije u Njemačkoj.

Prema očekivanju BWE snaga novih vjetroelektrana mogla bi godišnje prijeći prag od 2000 MW. Ovakvim trendom gradnje, mogle bi vjetroelektrane svojom proizvodnjom uštedjeti emisiju od 20 milijuna tona CO_2 (u godini 2005.).

EW, god. 100(2001) br. 24

Mrk

SIGURNOST ELEKTRIČNE MREŽE U NJEMAČKOJ

Prema podacima VDEW za 1999. godinu njemačka je električna mreža najsigurnija u Europi. To je rezultat znatnih investicija, koje prosječno godišnje iznose 2,5 milijarde DEM. Njemački potrošač godišnje može računati na prekid dobave električne energije od 15 minuta.

Za usporedbu potrošač u Nizozemskoj ima trajanje prekida od 25 minuta, u Francuskoj, ne računajući olujni vjetar 57 minuta, u V. Britaniji 63 minute, u Švedskoj 152 minute, a u Italiji 191 minuti.

EW, god. 100(2001) br. 24

Mrk

PROZIRNE SOLARNE ĆELIJE

Australska tvrtka STA (Sustainable Technologies Australia) proizvela je prozračne solarne ćelije. Umjesto silicija, kao u dosadašnjim ćelijama upotrijebljen je obojeni materijal na bazi titana (TiO_2). Solarne se ćelije proizvode u zelenoj, crvenoj i crnoj boji, u formatima 10x18 cm ili 30x30 cm. Prema mišljenju proizvođača kao prozorsko staklo, na pokretnim krovovima vozila, kao prozirni tavanski pokrov i slično. Korisnost sada proizvedenih ćelija iznosi 5%, ali se može i povećati. Cijena će im iznositi kao trećina sicilijskih ćelija.

EW, god. 100(2001) br. 25

Mrk

ISKORIŠTENJE NJEMAČKE ELEKTRIČNE MREŽE

Iskorištenje njemačke električne mreže vrlo je raznoliko u zapadnom i istočnom dijelu zemlje. U prijenosnoj mreži najviših napona opterećenje po kilometru i godini iznosi 13,5 milijuna kWh na zapadu zemlje, dok je na istoku skoro trećina, tj. 4,4 milijuna kWh. Ovakav je odnos opterećenja posljedica gustoće naseljenosti i industrijske infrastrukture.

Nešto je manja razlika na regionalnoj razini. Na zapadu godišnje po kilometru prođe 6,8 milijuna kWh, a to je skoro dvostruko više nego na istoku zemlje.

Jednako tako pojavljuju se slične razlike na srednjonaponskoj razini.

U niskonaponskim mrežama transportirana električna energija, po kilometru i godini oko jedan i pol puta je veća na zapadu nego na istoku zemlje.

EW, god. 100(2001) br. 25

Mrk

MJERENJE ATMOSFERSKIH PRAŽNJENJA

Na sveučilištu u Münchenu vršeno je od godine 1983. mjerenje električnog polja atmosferskih pražnjenja, u 5 različitih mjernih ciklusa.

Ovo posljednje mjerenje izvedeno je najmodernijim apratom, uz mogućnost digitalnog pohranjivanja mjerenih podataka.

Mjerenjem je obuhvaćeno područje dokle se čuje grom. Korištena su 4 mjerna sustava kako bi se obuhvatile frekvencije od 0 do 30 MHz. Sva četiri sistema upravljana su od jednog računala, koje ujedno prima i pohranjuje podatke. Uređaj omogućuje snimanje tijeka pojave, registrirajući mjerni podatak svake (μs) mikrosekunde.

To daje ukupno milijun podataka u sekundi. U spoju s videokamerom mogu se eliminirati pražnjenja između oblaka, budući da su zanimljiva samo pražnjenja oblak-zemlja.

Cilj je ovih mjerenja, da se iz podataka o električnim poljima procijene opasne struje munje.

ETZ, god. 122(2001) br. 18

Mrk

FUZIJE PODUZEĆA U SVIJETU

Broj poduzeća koja su se fuzionirala u svijetu naglo je porastao i to od godine 1990. do godine 2000. oko pet puta. U godini 2000. bilo ih je 37000. U tom je razdoblju povećan volumen kapitala od 450 milijuna na 3,5 bilijuna USD. 85% fuzija bile su tzv. vertikalne fuzije, tj. poduzeća koja su radila u istoj branši. S obzirom na zemlje u vodstvu su SAD i V. Britanija.

ETZ, god. 122(2001) br. 18

Mrk

ISKORIŠTENJE BIOMASE

U okviru različitih mjera za poticaj korištenja obnovljive energije, njemačko Ministarstvo (savezno) za gospodarstvo i tehnologiju izradilo je program koncentriran na tržište topline. Programom od ukupno 1 milijarde DEM do godine 2003., savezno ministarstvo želi poticati gradnju i uporabu sunčevih kolektora i postrojenja koja koriste biomasu. Pokazalo se, da njemačka drvna industrija baca godišnje na deponij oko 25% iskorištenog drva, a to je oko 12 milijuna m^3. Korištenje će biti poticano financijski, a za izgradnju postrojenja potrebni know-how dat će specijalizirane tvrtke.

EW, god. 100(2001) br. 25

Mrk

NORVEŠKA PLANIRA PROIZVODNJU ČISTE ENERGIJE

Norveška planira za vrijeme od sljedećih 8 godina opširan program za čistu energiju.

Vodik i uporaba zemnog plina, bez emisije CO_2, igraju u planu glavnu ulogu. Time zemlja želi ispuniti svoje obveze prema protokolu iz Kyota i na bolji način iskoristiti svoj zemni plin, koji se danas 98% izvozi. Osim toga na temelju zajedničkog skandinavskog projekta, godine 2002. počeo bi se graditi park vjetroelektrana koje bi proizvodile električnu energiju za dobivanje vodika. U realizaciji ovog projekta sudjelovalo bi nekoliko skandinavskih tvrtki. Vodik bi se, kao čisto energetsko gorivo dalje iskoristilo.

EW, god. 100(2001) br. 25

Mrk

ZELENA STRUJA U NJEMAČKOJ

Proizvodnja tzv. "zelene struje" sve se više povećava u Njemačkoj. Pod "zelenom" se strujom podrazumijeva električna energija proizvedena iz obnovljivih energetskih izvora kao vode, vjetra, sunca, biomase, otpada i slično. Potrošači koji žele trošiti takvu ekološki čistu energiju, moraju platiti više po kWh. Prosječno kućanstvo koje godišnje troši oko 3000 kWh, mora platiti dodatak koji godišnje iznosi 1000 DEM do 1200 DEM.

Danas se procjenjuje da proizvodnja "zelene struje" u Njemačkoj iznosi 640 GWh.

Dobavljači opreme za postrojenja koja koriste solarnu energiju i biomasu vrlo su zainteresirani za daljnji razvoj ove tehnike u Njemačkoj. Dosadašnji razvoj u usporedbi npr. s Japanom vrlo je skroman. Japan je samo u godini 2000. stavio u pogon 116 MW novih solarnih elektrana. Stručnjaci smatraju da će do godine 2010. rasti priključenje fotonaponskih elektrana u Njemačkoj po stopi od 17% godišnje.

EW, god. 100(2001) br. 25

Mrk

SAD – PREPREKE ZA IMPLEMENTACIJU NACIONALNE ENERGETSKE STRATEGIJE

Pod pritiskom da odgovori na kalifornijsku energetsku krizu, američka savezna vlada morala se složiti sa stajalištem koji je institucija USEA (United States Energy Association) zauzela i za što se godinama zalagala. Amerika hitno treba nacionalnu energetsku strategiju.

Za opstanak, takva strategija morat će osigurati više od samog porasta zaliha energije dostupne potrošačima. Njena unutarnja politika morat će također poduprijeti, ako ne i ohrabriti, aktivnosti na povećanju pouzdanosti američke energetske infrastrukture u skladu sa zahtjevima zaštite okoliša. Još više, trebala bi također učiniti energiju pristupačnijom. Ali, ako je prošlost vodič za budućnost, ovaj zadnji cilj bit će teško postići.

U prošlosti, SAD su razvile i implementirale niz kratkoročnih energetskih strategijskih čiji su ciljevi uključivali:

- eliminaciju stranog uvoza nafte
- Washingtonov izbor tehnologije pobjednika i gubitnika, za što je najbolji primjer podupiranje sintetičke proizvodnje goriva
- promoviranje obnovljive energije i energetske efikasnosti.

No, nijedna od ovih političkih inicijativa nije imala kao glavni cilj učiniti energiju jeftinijom, a time i dostupnom svim potrošačima.

Činjenica je da je implementacija tih ranijih strategija imala za posljedicu više cijene energije. Nedavni događaji u Kaliforniji naglasili su zlosretne posljedice politike koja ignorira utjecaj povećanja cijena energije na potrošnju. Iz jedne perspektive, možda je bolje da takve kratkovidne politike propadnu ili se pokažu neprikladnima.

Danas, vlada i privatni sektor – proizvođači i dobavljači energije te potrošačke grupe, mali biznis i proizvodni sektor imaju problem koji trebaju zajednički riješiti bez odlaganja. U tom se smislu s najviše državne razine traži međusobna kooperacija, uz naglašavanje da proizvodnja i štednja energije ne trebaju biti tako isključivi. Čini se da sada postoji koncenzus za razvoj nacionalne politike koja će učiniti energiju pristupačnijom. Bez obzira na koncenzus, put od razvijanja nacionalne energetske politike do implementacije, čini se, bit će dug i ne baš lak. No, iako ima prepreka, one ipak nisu nesavladive. Prepreke se odnose na:

- Know how pitanja - ima li industrija iskusne projektantske timove za projektiranje i gradnju električne mreže, plinovoda i cjevovoda za naftu te odgovarajućih postrojenja, koja će biti potrebno izgraditi u idućih dvadeset godina
- Rizik / odgovornost - pitanja su iz prošlosti – problematični projekti za kritičnu infrastrukturu pokazali su se težim, kompliciranijim i skupljim od prvotnih procjena. Kao primjer može poslužiti restrukturirani elektroenergetski sektor. Postavlja se pitanje, tko će biti voljan preuzeti rizik i odgovornost za troškove izgradnje? Zbog učestalih financijskih gubitaka, građevinske tvrtke vrlo teško će preuzeti taj rizik, a isto tako inženjering partneri, pa niti dobavljači.
- Mogućnost financiranja - stotine milijardi dolara bit će potrebne kroz sljedećih dvadeset godina za izgradnju neophodne energetske infrastrukture. Postavlja se pitanje hoće li financijsko tržište biti voljno riskirati tako velike količine kapitala za financiranje domaće energetske infrastrukture? Danas, Druga američka flota s uvježbanom posadom, gradi dvanaestak svjetski poznatih rafinerija te 1900 novih elektrana i tisuće novih kilometara vodova i plinovoda.
- Pitanja pogodnosti lokacija - Nimby sindrom (ne-u-mom-dvorištu sindrom) zamijenjen je nečim što se zove banana sindrom (ne gradi-apsolutno-ništa-nikad-nigdje sindrom). To se tako zvalo nekad. Danas, ako se želi graditi projekt kritične infrastrukture, to se može intrepretirati s dvije riječi: NEMA ŠANSE.

Pitanje je, kako srušiti barijere te pri implementaciji nacionalne energetske strategije savladati te prepreke. Jednostavnog rješenja nema, jer su sve prepreke posljedica dojučerašnje politike vlade i današnjih kulturnih, socijalnih i obrazovnih trendova.

Nije sigurno, je li američka javnost svjesna, da se elektrane ne mogu izgraditi preko noći i tako osigurati opskrba električnom i toplinskom energijom. Zbog toga je suradnja između energetske industrije i savezne vlade još bitnija. Zajednički moraju upoznati američku javnost s praktičnim preprekama – i potrebnim ustupcima koje trebaju učiniti – da se osigura potrebna energija i da je što više potrošača može koristiti.

Potencijalna rješenja navedenih problema raspravljana su u prosincu 2001. godine na konferenciji pod nazivom **"Implementing a National Energy Strategy : Breaking Down the Barriers"**.

Global Energy Business, September/October 2001.

P. M.

U MNOGIM ELEKTRANAMA UREA ZAMJENJUJE AMONIJAK

Bezvodni i vodeni amonijak su reducirajuća sredstva koja se koriste u većini selektivnim katalitičkim redukcijskim (SCR) i selektivnim nekatalitičkim redukcijskim (SNCR) procesima za pretvaranje NOx u inertni nitrogeni plin i vodenu paru.

CSR i SNCR tehnologije su se razvijale širom u SAD kao dio kontrolnih strategija za reduciranje NOx emisija. Kako je amonijak toksična tvar, regulatori u mnogim područjima stavili su pod restrikcije njegov transport, skladištenje i korištenje.

Nedavno je Hamon Research-Cottrell, iz SAD, prikazao sustav za pretvorbu uree u amonijak za potrebe elektrane. Urea je stabilan, nehlapljiv materijal koji je sigurniji za transport, skladištenje i korištenje. U sustavu urea-u-amonijak (U2A), suha urea se rastvori te se na kraju procesa hidrolizom dobije amonijak.

Proces daje plinovitu smjesu amonijaka, CO2, i vode i ne zahtijeva skladištenje amonijaka.

U2A proces je automatiziran, i može zamijeniti postojeće sustave za dobavu amonijaka.

AES korporacija demonstrirala je U2A sustav uspješno prošle godine u Los Alamitosu. Pokazalo se da sustav dobro funkcionira i u potpunosti udovoljava zahtjevima.

Hamon Research-Cottrell nedavno je zaključio dva ugovora za isporuku ovog sustava. Jedan od njih bit će instaliran na stanici Constellation Power Source Generation u Baltimoru, a drugi, nešto veći, na stanici DTE Energy's Monroe u Detroitu. Planirano je da budu dovršena u proljeću 2002.

Power, September/October 2001.

P. M.

NAJBOLJI IZBOR POTROŠAČA U PENSILVANIJI

CAEM (Center for the Advancement of Energy Markets) nezavisna je i neprofitna organizacija, koja se orijentirala na promociju efikasne tranzicije od monopola ka konkurentnom modelu regulacije.

Uključivanje pojedinih država u energetsko tržište ide različitim brzinama. Prema RED (Retail Energy Deregulation) Index-u od srpnja 2001. godine koji polugodišnje objavljuje CAEM Texas, države New York i Maine vidljivo su napredovale u izboru dobavljača.

Da bi dobio rang države, RED Indeks je ocjenjuje na temelju 22 kriterija. Bodovi su od nule (0) do sto (100). Nula znači, da država još uvijek podržava model monopola, dok sto predstavlja kompletnu implementaciju politike slobodnog tržišta, dakle model slobodnog izbora dobavljača. Ako država u potpunosti ne prihvaća politiku slobodnog energetskog tržišta, dobit će negativne bodove.

Prema ocjeni RED Indeksa, Pensilvanija je prva sa 66 bodova, čiji je srpanjski Indeks pokazao da se 12% njezinih potrošača okrenulo od lokalnih kompanija novom dobavljaču električne energije. U siječnju iste godine, to je bilo 24%. Prema predstavniku RED Indeksa, potrošači se okreću nazad svojim prvobitnim dostavljačima zbog visokih kazni. No, zbog toga rezultat i rang Pensilvanije nije pao, jer se dobije isti broj bodova, ako se broj potrošača koji se vraćaju kreće u rangu od 10 do 25%.

U siječnju, zbog politike prilagođene njegovom pilot programu koji je tada bio u svom začetku, Texas je već imao 34 boda. Kako je država postala otvoreno tržište sredinom godine, njen rezultat je skočio na 65 bodova i tako zauzeo drugo mjesto u SAD-u. Država New York sa 64, i Maine, sa 62 bili su treći, odnosno četvrti.

Prema CAEM-ovim Web stranicama, RED Indeks ne mjeri koliko mnogo potrošača je u mogućnosti birati svoje dostavljače električne energije, već koja vrsta energetske politike je primijenjena, da bi se potrošačima osigurao efikasan izbor. Texas se pokazao uspješnim već u svom pilot programu. Druge države iako su 100% otvorene, imaju manje bodova zbog neadekvatne politike. To se pokazalo u Kaliforniji 1999. godine, koja je s četvrtog pala na sedamnaesto mjesto sa 34 boda. U početku je bila visoko plasirana, jer je rano provela deregulaciju, još dok druge države nisu imale uobličenu politiku za primjenu modela slobodnog izbora dobavljača.

Kanadska provincija Alberta popela se sa 61. u siječnju, na 68. u srpnju. Trenutno Alberta je bolja od Pensilvanije, i do danas je postigla najbolji rezultat. Šestomjesečni porast pripisan je činjenici da u siječnju nije puno potrošača promijenilo dobavljače zbog visokih veleprodajnih cijena. U lipnju su se veleprodajne cijene stabilizirale te je sada 30% potrošača promijenilo dobavljača električne energije.

Global Energy Business, September/October 2001.

P. M.

ZAŠTITNI ZNAKOVI – MARKE

Naomi Klein, ikona anti-globalizacijskog pokreta u svom članku opisuje kako je zaštitni znak revolucionizirao odnos pojedinaca s korporacijama u SAD-u. Interpretirajući njezino stajalište, u zadnjih 15 godina uloga zaštitnog znaka (marke) djelomično se promijenila. On je služio kao garancija kvalitete proizvoda. Zatim je sam zaštitni znak postao proizvod, slobodno-stojeća ideja prilijepljena na bezbrojnim površinama. Tako je proizvod koji nosi marku-ime postao medij, poput radija ili oglasne ploče, koji prenosi stvarnu poruku. Poruka je: To je Nike. To je Disney. To je Microsoft. To je Diesel. Od oznake kvalitete, postao je "stilistički bedž hrabrosti".

Nekoć je primarna briga svake korporacije bila proizvodnja robe, sada se sama proizvodnja počela činiti uvrnutom obvezom – jer uprava, vodeći svoje vlastite tvornice, biva odgovorna za desetke tisuća stalno zaposlenih radnika .

Kompanije Nike i Microsoft, te Intel postavili su strategiju da proizvodnja bude samo usputni dio njihovog posla. Te kompanije primarno proizvode ne stvari , već ideje i imidž svojih zaštitnih znakova. Tako njihov stvarni rad ne leži u proizvodnji, već u razvijanju vlastitih zaštitnih znakova.

Formula njihovog poslovanja sastoji se u bijegu od udruženih tvornica na zapadu i kupovini proizvoda sa svojim zaštitnim znakom od azijskih i centralnoameričkih partnera. Uštedeni se novac troši na zaštitni znak – na reklamiranje, velike trgovine, sponzorstvo. Koristeći ovu formulu, korporacije zapošljavaju malo radnika samo za proizvodnju najimpresivnijih ideja (nasuprot materijalnim proizvodima), dobivaju utrku.

Nisu samo marke proizvoda u uporabi. Isto tako se koriste i zaštitni znakovi, odnosno marke osoba kao i one od kompanija. Bill Gates je napustio mjesto izvršnog šefa Microsofta da bi se mogao baviti svojom stvarnom misijom: biti Bill Gates. Michael Jordan je prestao igrati košarku i postao čisti stroj poistovjećen znakom. Osim što ima svoj vlastiti "Jordan" trgovinski lanac već i drugi nasljeđuju njegovu etiketu. Michael Jordan više nije atlet, on je pojava.

Pojava Interneta pružila je široke mogućnosti za širenje ideja. On znači potpuni trijumf zaštitnog znaka: uzlaz kompanija – većina kojih tek treba ostvariti profit – koje egzistiraju samo kao ideje o sebi. Ono što prodaju Wall Street-u ustvari je nepatvoreni zaštitni znak.

Ovaj zaokret prema zaštitnom znaku objašnjava mnoge od najosnovnijih ekonomskih i kulturalnih preokreta prošlog desetljeća. Moć kompanije sa zaštitnim znakom, postignuta je zaštitom svojih zaštitnih znakova. No, ide se i dalje. Današnji cilj je animirati tržište i trgovati s imenima marki. Potrošačima se, osim proizvoda, nudi da iskuse što znači marka proizvoda. Zaštitni znakovi ili marke služe za eliminiranje konkurencije. Nike koji je običavao sponzorirati samo atletičare, otkupio je prava na sportske događaje. Disney, koji je kroz svoje filmove i tematske parkove prodao prošlu verziju Amerike malih gradova, sada posjeduje i upravlja svojim vlastitim gradom, Celebration Florida.

Tako je Reebok, zaključivši ugovor za sponzoriranje kampova atletičara, isključio ne samo konkurentne marke već također bilo koju kritičku primjedbu o sebi od službenih ljudi University of Wisconsin. Takve su klauzule postale standard u ugovorima kojima se sponzoriraju kampovi.

I tako je ostala još jedna dvojba. Marke nisu nikada bile toliko prisutne u našim životima, niti su ikada stvarale toliko blagostanja. Svuda oko nas vide se nove kreacije znakova koji zauzimaju naše javne prostore. Ali u isto vrijeme, te iste kompanije nemaju ništa zajedničko s našim životima jer mi u njima nismo zaposlenici. Jednom identificirane zbog poslovnog rasta multinacionalne korporacije koristile su tu moć za dobivanje svih vrsta vladine potpore. Sada nastoje sebe identificirati kao lokomotive "ekonomskog rasta".

Ova formula ostvarila je rekordne profite u kratkom roku. Ali i to se može, ponekad, pokazati strateškim promašajem.

Prihvaćajući ih kao distributere blagostanja, jer otvaraju poslove i smanjuju takse, daje im se zauzvrat javna lojalnost. U zamjenu za sigurne isplate i stabilno društvo, građani se vežu za prioritete i dobiti lokalnog korporacijskog sektora i ne postavljaju previše pitanja o, recimo, zagađivanju voda, nepoštivanje javnog prostora, itd. Obećanja o proširenom izboru roba i usluga ne poštuju se. Ima i još nešto, a to je da su prekinuli vezu između poslodavca i zaposlenog.

No, iako su korporacije tako bogate, nitko ih ne može zaštiti od javnog gnjeva. Sada se marke vraćaju kao bumerang, što antikorporacijski aktivisti koriste. Ekspanzija marki izravno utječe na odnos između kupca i prodavača koji je postao mnogo intimniji. Ako su marketinški znakovi stvarno intimno povezani s našom kulturom i identitetom, a jesu, korporacije čine krivo, jer nije to samo još jedan pokušaj korporacije da zaradi. Mnogi ljudi koji su prihvatili te svjetove marki osjećaju se i krivi i povezani. No, ova povezanost koja je slična odnosu navijača može naglo ispariti, jer je intenzivna ali i dovoljno površna. Imidž marki, koliko je izvor korporacijskog obilja, toliko je također i njihova Ahilova peta.

New World 3/2001.

P. M.

CENTRICA PREUZIMA ENRONOVE POTROŠAČE

Britanska Centrica preko svog ogranka British Gas Trading Ltd. započela je razgovore s kompanijom Price Waterhouse Coopers, administratorom tvrtke Enron Direct Ltd. (EDL), o preuzimanju Enronovih poslova s potrošačima električne energije i kupovini nekretnina u vrijednosti oko 135 milijuna američkih dolara.

Enron Direct Ltd. ima 160.000 direktnih potrošača s ugovorima na rok od pet godina. Ostali potrošači opskrbljuju se preko licenciranih posrednika. Operativna osnovna sredstva procijenjena su oko 65,8 milijuna američkih dolara.

Predstavnik kompanije British Gas Trading Ltd. smatra da je to idealna platformu za osiguranje njihovih planova za komercijalno tržište. Za Centricu dugoročni ugovori potrošača predstavljaju privlačan dodatak segmentu tržišta. To je približno 1820 milijuna američkih dolara, što je više od peterostrukog prosječnog domaćeg računa. Dodao je također kako je to bilo važno preuzimanje koje će im osigurati željeno mjesto na malom i srednjem tržištu. Osim toga, dodao je, tvrtkina komercijalna osnova s naslova električne energije sa sadašnjih 170.000 potrošača, trebala bi se udvostručiti i približiti ih cilju dobavljača broj jedan za električnu energiju.

Predstavnik kompanije Datamonitor, grupe za analizu tržišta, iznosi da je čitava ponuda tvrtke Centrica daleko iznad prihoda Enron Direct Ltd. Vjeruje da će za deset mjeseci, do listopada, posao ići vrlo dobro. Napominje kako Centrica ima potencijala da izvuče više novca od ovih potrošača zahvaljujući svojoj kompetenciji u sektoru maloprodaje. Enron Direct Ltd pokrenuo je prodaju u 1996. godini i imao nagli rast od 266 milijuna za deset mjeseci u vremenu do listopada 2001.

Američka energetska kompanija Dynegy objavila je da je završila parnicu s Enronom po pitanju kontrole plinovoda kompanije Northern Natural Gas u SAD-u. Pogodbom se izbjegla moguća duga bitka s Enronom, od kojeg je Dynegy zahtijevao da se odrekne svojih prava na 25.600 km plinovoda između Texasa i Srednjeg zapada u zamjenu za 1,5 milijardi američkih dolara investiranih u Enron prije predloženog udruživanja u studenom 2001. godine dviju kolapsiranih kompanija. Osim toga Enron je optužio Dynegy za protupravno dokidanje ponude vrijedne 8.4 milijuna američkih dolara.

Dogovor, težak 23 milijuna američkih dolara u siječnju 2002. godine, uključuje opciju da Enron ponovno otkupi plinovod tijekom 2002. godine.

Ostaje još neriješeno pitanje prekida ugovora vrijednog 10 milijuna američkih dolara zbog kojeg će se nastaviti parnica.

Electricity International, January 2002.

P. M.

SAD PONOVNO RAZMATRA STRATEGIJU FUZIJE

Sjedinjene Američke Države preispituju svoju suradnju na ITER projektu. To je međunarodni projekt kojim se pokušava napraviti nova generacija reaktora na fuziju. Prije tri godine Sjedinjene Američke Države izašle su iz konzorcija ITER projekta koji uključuje zemlje iz Europe, Kanadu i Japan. Troškovi istraživanja bili su predviđeni sa 10 milijardi američkih dolara, što je za amerikance bilo preskupo. Procijenjeni trošak izgradnje reaktora sada iznosi 4,5 milijardi američkih dolara (5,2 milijarde eura).

Obnovljeni interes Sjedinjenih američkih država može se tumačiti željom da budu u igri sa zemljama konkurentima kada se bude odlučivalo gdje će se takav reaktor graditi. Kanada i Japan također su zainteresirane za taj posao. Odluka o tome mora se donijeti u ITER-u u 2003. godini.

EU Energy, br. 26, 14-02-2002.

P. M.

SASTANAK U BARCELONI O REFORMAMA U ENERGETICI

Španjolska kao predjedavatelj EU obavijestila je Europski parlament da će na slijedećm zasjedanju u Barceloni biti prioritetna rasprava o reformama energetskog sektora. Na zasjedanju će se preispitivati ekonomske reforme.

Njezin stav je da Europa treba stvoriti tržište energije temeljeno na otvorenosti, liberalizaciji, konkurentnosti, transparentnosti i međupovezanosti. Vođeni tim kriterijima na zasjedanju će se razmatrati otvaranje tržišta plina i električne energije kompanijama i potrošačima, pravila pristupa treće strane mrežama i izgradnja infrastrukture te međupovezanosti unutar nacionalnih tržišta energije.

Predsjednik EU Komisije Romano Prodi požalio se da su nacionalne vlade odgovorne za zastoj u rješavanju nekih od energetskih prijedloga Komisije te za ugrožavanje krajnjih rokova postavljenih na prethodnom skupu.

EU Energy, br. 24, 17-01-2002.

P. M.

ZA "ZELENIJE" ENERGETSKO TRŽIŠTE

Povjerenstvo Europskog Parlamenta ohrabreno je da u svezi s pitanjem energije više forsira ekološki i konkurentski pristup tržištu električne energije u Europi.

Jedan od članova Zelene stranke iz Luksemburga predložio je niz amandmana koji bi trebali nametnuti potpuno vlasničko odvajanje operatora mreže od proizvodnje i nabave električne energije. U amandmanima se traži podizanje razine zaštite okoliša kao i podržavanje profila malog potrošača.

Da bi se potakla konkurencija, predlaže da se ovlaštenje na gradnju novih elektrana ne može dati na temelju dominacije malih energetskih kompanija na energetskom tržištu. Također predlaže, da se operatori prijenosne i distributivne mreže potpuno razdvoje, uključujući i njihovo vlasništvo, od bilo kakve proizvodnje ili dobave energije do 2008. , a nakasnije do 2012. godine.

Za male potrošače predlaže preispitivanje postojeće direktive za električnu energiju, što bi ohrabrilo skupinu volontera domaćih potrošača.

Međutim, neće svi amandmani biti prihvaćeni i uključeni u zakon. Najprije ih mora prihvatiti povjerenstvo za energiju, pa tek onda Parlament na zasjedanju u Barceloni.

EU Energy, br. 24, 17-01-2002.

P. M.

TRGOVINA ENERGIJOM I STANDARDNI UGOVOR

Krajem prošle godine, u Milanu, na konferenciji o energiji, predstavnik Europske Federacije Trgovaca Energijom (EFET) ustvrdio je da EFET nastoji proširiti i poboljšati svoj standardni ugovor za trgovinu električnom energijom.

EFET želi dopustiti kompanijama da minimaliziraju svoja kreditna ulaganja u slučaju nesposobnosti plaćanja ili kreditnih poteškoća. EFET se nada da će uskoro imati novi "kreditni aneks" spremljen za uključivanje u ugovor. Pripremljen je konačni tekst aneksa i dan članovima na razmatranje. Konačna verzija aneksa trebala bi uskoro biti dostupna i na web-stranicama EFET-a. Ovaj aneks bi omogućilo kompanijama da definiraju vrstu dodatnog jamstva koju žele osigurati.

Što se tiče financijskih poteškoća u Enronu, EFET-ov glasnogovornik je primijetio da one upozoravaju na potrebu boljeg upravljanja kreditnim ulaganjima. Od početka godine Enronove dionice su pale za 90%, a kreditni rejting je znatno umanjen.

EU Energy, br. 21, 26-11-2001.

P. M.

TEMELIN I DALJE SPORAN

Diplomatski spor između Republike Češke i Austrije, zbog nastavljene izgradnje češkog nuklearnog reaktora Temelin, postao je vrlo žestok , kada je desničarska Slobodna partija Joerga Heidera uspjela pridobiti gotovo šestinu austrijskih glasača da potpišu peticiju protiv primanja Republike Češke u EU u 2004. godini, ako nastavi graditi reaktor u Temelinu.

Prema austrijskom ministarstvu unutarnjih poslova, nekih 915.220 od 5,8 milijuna glasača potpisalo je peticiju. Dokument nema legalnu težinu, ali je bio povod za raspravu u Austrijskom Parlamentu prije listopada i uzrokovao napetost između Austrijske Slobodne partije i Nacionalne partije koalicijske vlade.

Republika Češka je zabrinuta zbog peticije i smatra da su dvije jedinice temelinskog reaktora, 60 km od austrijske granice, sigurne. Prva 1000 MW-na jedinica postrojenja je u postupku testiranja. Izgradnja druge jedinice postrojenja trebala bi biti dovršena početkom ove godine.

EU Energy, br. 25, 31-01-2002.

P. M.

ENERGETSKA BUDUĆNOST BEZ ENRONA

Energetska industrija počinje razmišljati o svojoj budućnosti bez Enrona, a to je budućnost koja je već počela s bankrotima na obje strane Atlantika.

Ne tako davno bila je neprihvatljiva ideja da, jedan takav trgovac energijom kakav je Enron, može pasti na koljena. Ipak to se dogodilo te izazvalo strašne promjene u energetskoj industriji. Sada ostaje otvoreno pitanje zašto se to dogodilo.

Enron je izgubio svoju ulogu u tri područja unutar energetske industrije: državnoj deregulaciji maloprodaje, gdje je bio vodeći; u izgradnji energetskog veletržišta, gdje je bio pokretač, te u privlačenju investitora.

Enron je ulagao velika financijska sredstva u širenje energetske politike, da bi se na kraju diskreditirao. Njegov pad mnogi vide kao rezultat nedovoljne kontrole nad ulaganjima u okruženju slobodnog tržišnog nadmetanja.

Neki promatrači vide Enronov poslovni promašaj kao dobar argument za više regulacije te smatraju da je adekvatnija regulacija mogla spasiti Enron. Regulacija bi trebala sačuvati Enron – od samog sebe. Energetske, pak, kompanije nastoje uvjeriti se da cjelokupna energetska tržišta nisu odgovorna za Enronov promašaj.

Deregulacija trgovine na malo više nije popularna kao što je bila prije Enronovog pada. Za razliku, veleprodajna energetska tržišta imat će sigurnije uporište.

U ukupnoj veletrgovini u Americi Enron je imao udio od 15-20%. Međutim, u tjednima nakon što su počele njegove nevolje, veletržište se ponašalo dobro, a i cijene dionica nisu pale. Enron je igrao oštru igru na energetskom veletržištu koja se razlikovala jedino u tome da se investiralo u osnovna sredstva, a ne samo u trgovanje. Enron se previše orjentirao na tržišta i trgovanje dan-po-dan.

Kompanije poput Duke, Reliant, Dynegy, American Electric Power i druge spremne su za apsorbiranje Enronovih poslova. No, postavlja se pitanje tko će u budućnosti diktirati stil u energetskoj industriji.

Energy Economist, br. 243, 21-12-2001.

P. M.

GLOBALNO ZAGRIJAVANJE I OKOLIŠ

Globalno zagrijavanje naša je stvarnost. Nema sumnje da je čovječanstvo povećalo kocentraciju CO_2 u atmosferi i da će to utjecati na temperaturu. Previše je raspravljano o reduciranju emisija bez obzira na trošak ili na humanije varijante. Činjenice potkrepljuju teoriju da će ispuštanje plinova iz domaćinstava postati problem zagađivanja s kojim će se čovječanstvo susretati u budućnosti.

U Kyoto protokolu, industrijski svijet postavio je sam sebi ambiciozan cilj da smanji svoje emisije stakleničkih plinova do 5,2% 2010. godine u odnosu na devedesete, ili ukupno smanjenje od gotovo 30% u odnosu na referentnu vrijednost.

Na dogovorima u Bonnu i Kyotu pojavilo se primarno pitanje da li je smanjenje emisija stakleničkih plinova najbolji način za osiguranje napretka u svijetskim razmjerima.

Na temelju podataka makrostatistike globalnog zagrijavanja te primjenom znanstvenog modela UN (IPCC) dolazi se do podatka da se temperatura može tijekom ovog stoljeća povećati do 5,8 ° C, iako to izgleda nevjerojatno.

Međutim , razumne analize pokazuju da će obnovljivi izvori (posebno sunčeva energija) biti konkuretni, pa čak i izvan konkurencije fosilnom gorivu sredinom ovog stoljeća. To ide u prilog provedbi scenarija s niskom emisijom, prema kojemu će zagrijavanje iznositi od 2 – 2,5° C.

Većina eksperata smatra da globalno zagrijavanje neće smanjiti proizvodnju hrane, niti povećati intenzitet oluja ili frekvenciju uragana i neće povećati širenje malarije ili uzrokovati veću smrtnost. Nije vjerojatno ni da će povećati broj žrtava visokog tlaka, jer će se mnogo bogatiji svijet bolje zaštititi.

Kakogod, globalno zagrijavanje će imati ozbiljne troškove koji se procijenjuju na 5 tisuća milijardi američkih dolara. Takve procjene su nesigurne, ali proizlaze iz ekstrapolacije tekućih troškova zagrijavanja u agrikulturi, šumarstvu, energiji, opskrbi vodom, obalnoj zaštiti, infrastrukturi, ribnjacima, šteti od uragana, izgubljenoj zemlji zbog povišenja razine mora, gubitku šuma, gubitku vrsta, gubicima ljudskih života, zagađivanju itd.

Globalno zagrijavanje najteže će pogoditi zemlje u razvoju. Industrijske zemlje možda će i zaraditi na povišenju temperature manjem od 2 –3° C. Zemlje u razvoju će biti najviše pogođenje jer su siromašne te imaju manje mogućnosti za prilagodbu.

Nadalje, ekonomske analize pokazuju da će biti daleko skuplje radikalno smanjenje emisije CO_2 , od plaćanja troškova prilagodbe povišenim temperaturama.

Iz rasprave o globalnom zagrijavanja mogu se naučiti četiri važne lekcije. Prva je, da treba shvatiti o čemu se raspravlja – da li se želi nositi s globalnim zagrijavanjem na najefikasniji način ili iskoristiti globalno zagrijavanje kao sredstvo za političke projekte. Druga, ne bi trebalo trošiti ogromne svote novca za mali rez u globalnoj temperaturi. To nije prava upotreba sredstava, jer bi se ona mogla efektivnije upotrijebiti za povećanje ljudskog blagostanja u zemljama u razvoju. Kyoto protokol će stajati barem 150 bilijuna U$ godišnje, a vjerojatno i puno više. UNICEF procijenjuje da samo 70-80 milijardi američkih dolara godišnje može donijeti trećini svijeta znatan napredak u zdravlju, obrazovanju, opskrbi vodom i poboljšanju higijenskih uvjeta života.

Treća, pošto je cijena globalnog zagrijavanja velika, a također i trošak smanjenja emisija, treba se usredotočiti na pronalaženje načina smanjenja emisija plinova iz domaćinstava. To znači da treba više investirati u R&D za solarnu energiju, fuziju i druge izvore energije budućnosti te se više otvoriti za druge tehnologije.

Konačno, mora se priznati da globalno zagrijavanje nije najvažniji problem u svijetu. Što učiniti da zemlje u razvoju budu bogatije i da građani razvijenih zemalja imaju veće mogućnosti.

Prema UN izvještaju svijet može biti usmjeren na ekonomski razvoj u globalnoj postavi, kada bi ukupni prihod bio nekih 900 tisuća milijardi američkih dolara. Ako, pak, svjetske ekonomije budu više "zelene" i ostanu globalne, izgubit će se nekih 107 tisuća milijardi. Za slučaj da se ide za zelenim ekonomijama i uz regioalni pristup, može se izgubiti 274 tisuće milijardi američkih dolara. Većinom će gubici biti koncentrirani u zemlje u razvoju.

Ako se želi ostaviti više mogućnosti potomstvu, u razvijenim zemljama i zemljama u razvoju, moraju se današnje generacije usredotočiti na ekonomski razvoj i rješavanje svojih problema unutar globalnog konteksta.

Electricity International, September 2001.

P. M.

Energija

Godište 51 (2002) Br. 2

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1391

UDK 614.825:261.31
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 51/2002/2, 85-94

VJEROJATNOSNA PROCJENA TEHNIČKIH RIZIKA

Prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić – dr. sc. Zdenko Šimić
FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Mr. sc. Ivan Vrbanić
NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško, Slovenija

Današnje moderno društvo što se, u većini slučajeva, bez dvoumljenja služi svim blagodatima razvijene tehnike, istodobno postaje sve više osjetljivo na moguća neželjena prateća događanja te tehnike: ozljede, narušavanja zdravlja, pa čak i prijevremena smrt, ne razumijevajući, ili ne želeći razumjeti, da kontrola i smanjivanje opasnosti ili rizika uzrokovanog uporabom takve tehnike često ujedno znači i smanjivanje njezine koristi. Tu kontradikciju nastoji razriješiti *vjerojatnosna procjena rizika*, novija znanstvena disciplina koja se u posljednje vrijeme ubrzano razvija.
Članak opisuje analitičke postupke provedbe kvantitativne (vjerojatnosne) procjene rizika zbog rada tehničkih sustava (industrijskih postrojenja).
(Lit. 6, sl. 2 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/85-94/2002.

Energija 1394

UDK 338.52:658.8
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/2 , 95-121

MODEL PRORAČUNA I PRAĆENJA CIJENA SWEP
(Prikaz s primjerom)

Niko Mandić, dipl. ing. – Vladimir Grujić, dipl. ing. – Bruno Mandić
Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Cijene električne energije na tržištu su vrlo promjenljive. One variraju ovisno od niza parametara i utjecaja. Razvijeni su različiti modeli praćenja cijena. Na europskim i svjetskim burzama cijene električne energije se svakodnevno formiraju, o čemu se informacije distribuiraju preko svih modernih sredstava za komunikaciju, dakako uključujući i internet stranice.
Švicarski model proračuna i praćenja cijena SWEP, na spot tržištu je jedan od tih modela. Stoga u svjetlu skorašnjeg uvođenja i otvaranja tržišta električne energije u Republici Hrvatskoj iznesene informacije mogu doprinijeti boljoj informiranosti o stanjima i promjenama cijena električne energije na tržištu električne energije. Dakle, ovaj materijal obrađuje samo kratkoročnu problematiku. Namijenjen je boljem upoznavanju s nekim načinima rada i zakonitostima inozemnih spot tržišta.
(Lit. 30, sl. 20 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/95-121/2002.

Energija 1395

UDK 621.3.018.41:338.52
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/2, 123-136

REGULACIJA FREKVENCIJE U UVJETIMA OTVORENOG TRŽIŠTA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vladimir Grujić, dipl. ing. – Niko Mandić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku je opisana problematika regulacija frekvencije u uvjetima otvorenog tržišta električne energije. Liberalizacijom elektroenergetskog sektora ruši se monopolistička struktura elektroprivrednih poduzeća, a cijena električne energije se određuje na temelju ponude i potražnje u ozračju konkurencije, a s ciljem povećanja učinkovitosti sektora. Operator sustava ima ključnu ulogu u vođenju elektroenergetskog sustava. Regulacija frekvencije je jedna od glavnih usluga elektroenergetskog sustava koju osigurava operator sustava regulacijom frekvencije: primarnom, sekundarnom i tercijarnom. Kvalitetnu frekvenciju je moguće ostvariti kontinuiranim osiguravanjem dovoljne rezerve snage za regulaciju. Posebno se mora paziti na kriterij rezerve tercijarne regulacije (minutne rezerve) koja može biti rotirajuća ili hladna, ručna ili automatska. U tom smislu potreban je neprekidni monitoring kvalitete frekvencije, osiguravanje zahtjevane rezerve te praćenje porasta potrošnje u sustavu uz dogovarajuća udešenja regulatora brzine vrtnje u elektranama.
(Lit. 15, sl. 12 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/123-136/2002.

Energija 1395 UDK 621.3.018.41:338.52

1. Regulacija frekvencije u uvjetima otvorenog tržišta električne energije
I. *Grujić, V. – Mandić, N..*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Frekvencija
Usluge elektroenergetskog sustava
Kvaliteta frekvencije
Primarna, sekundarna i tercijarna regulacija
Regulacijska rezerva

Energija 1394 UDK 338.52:658.8

1. Model proračuna i praćenja cijena SWEP (Prikaz s primjerom)
I. *Mandić, N. – Grujić, V. – Mandić, B.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

SWEP
Spot tržište
Cijena električne energije
Burza
Transakcije

Energija 1391 UDK 614.825:261.31

1. Vjerojatnosna procjena tehničkih rizika
I. *Mikuličić, V. – Šimić, Z. – Vrbanić, I.*
II. FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska – NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško, Slovenija

Rizik
Upravljanje rizikom
Vjerojatnosna procjena tehničkog rizika
Stablo događaja
Stablo kvara
Analiza važnosti
Mjere važnosti

Energija

Godište 51 (2002) Br. 2

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1392

UDK 621.31.005:621.311.22
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/2, 137-142

PRIKLJUČIVANJE MALOG TERMOENERGETSKOG OBJEKTA (mTEO) NA JAVNI ELEKTROENERGETSKI SUSTAV

Miroslav Blažičko, dipl. ing.

EKONERG HOLDING d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku se iznose osnovni uvjeti elektroenergetskog sustava (EES-a) za dopuštanje paralelnog rada male termoelektrane (mTE) s distribucijskom mrežom i zapažanja o dimenzioniranju zahtjeva elektroenergetskog sustava. Na osnovi iskustava stečenih tijekom izgradnje i priključivanja mTE PLIVA u okviru industrijskog elektroenergetskog sustava (iEES) PLIVA, Savski Marof na distribucijsku mrežu potencijalnim se neovisnim proizvođačima električne energije (NPE) ukazuje na probleme s kojima se mogu suočiti (neprimjereni paralelni rad i neprihvatljiv povratni utjecaj mTE/unutarnje mreže na javnu mrežu), a koji mogu posredno ugroziti isplativost ulaganja u mTE. Na osnovi usporedbe odredbi iz Tehničkih uvjeta za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede [L1] sa stavovima iz dokumenata IEC [L3] i VDEW [L4] iznose se prijedlozi za fleksibilniji pristup postavljanju tehničkih uvjeta za priključak mTE na mrežu (odnosno poboljšanje važećeg dokumenta [L1] u tom smislu) uvažavajući stvarne lokalne uvjete, što bi neovisnim proizvođačima energije omogućilo optimiranje pri dimenzioniranju i investiranju u mTE, a mreži osiguralo jače izvore električne energije.
Investicija u različite sustave te o načinima optimiranja vremena njihove isplate.
(Lit. 6, sl. 2 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/137-142/2002.

Energija 1390

UDK 621.311.21:621.398
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/2, 143-151

KOMANDA LANCA VARAŽDIN – CENTAR DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA HIDROELEKTRANAMA NA RIJECI DRAVI

Miljenko Brezovec, dipl. ing. – Darko Kuča, dipl. ing. – Goran Bužić, dipl. ing. – Mirjana Slunjski, dipl. ing.

HEP PP HE Sjever – Varaždin, Hrvatska

Komanda lanca Varaždin je centar iz kojeg se provodi daljinski nadzor i upravljanje s tri postojeće hidroelektrane na rijeci Dravi u Hrvatskoj. U ovom radu dan je pregled računarske opreme za daljinski nadzor i upravljanje u realnom vremenu i telekomunikacijskih sustava koji omogućavaju kvalitetnu komunikaciju s elektranama i drugim centrima. Opisane su i funkcije operativnog vođenja i neka iskustva stečena u dosadašnjem radu.
(Lit. 8, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/143-151/2002.

Energija 1393

UDK 621.316.1.004.2
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/2, 153-161

STATISTIKA POGONSKIH DOGAĐAJA U PRIJENOSNOJ MREŽI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE OD 1995. DO 2000. GODINE

Prof. dr. sc. Zdravko Hebel

FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Marijan Kalea, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda d.d., Direkcija za prijenos, PrP Osijek, Šeperova 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

Rad prikazuje analizu rada prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede kroz uspostavljeni sustav statistike pogonskih događaja (SPD). Definiraju se pojmovi i analiziraju rezultati dobiveni tijekom proteklih šest godina (1995. – 2000.).
(Lit. 10, sl. 4 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/153-161/2002.

Energija 1393

UDK 621.316.1.004.2

1. Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede od 1995. do 2000. godine
I. *Hebel, Z. – Kalea, M.*
II. FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska – Hrvatska elektroprivreda d.d., Direkcija za prijenos, PrP Osijek, Šeperova 1a, 31000 Osijek, Hrvatska

Prijenosna mreža
Poremećaji
Zastoji
Neraspoloživost

Energija 1390

UDK 621.311.21:621.398

1. Komanda lanca Varaždin – centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi
I. *Brezovec, M. – Kuča, D. – Bužić, G. – Slunjski, M.*
II. HEP PP HE Sjever – Varaždin, Hrvatska

Lanac hidroelektrana
Daljinsko vođenje
Optimizacija

Energija 1392

UDK 621.31.005:621.311.22

1. Priključivanje malog termoenergetskog objekta (mTEO) na javni elektroenergetski sustav
I. *Blažičko, M.*
II. EKONERG HOLDING d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Neovisni proizvođač električne energije [NPE]
Tehnički uvjeti za priključak mTEO na elektroenergetski sustav
Male elektrane
Priključak
Viši harmonici struje
Distorzija napona

Energija

Volume 51 (2002) Nº 2

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1391

UDK 614.825:261.31
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 51/2002/2, 85-94

RELIABILITY ASSESSMENT OF TECHNICAL RISKS

Vladimir Mikuličić, Prof. D. Sc. – Zdenko Šimić, D. Sc.
FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia
Ivan Vrbanić, M. Sc.
NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško, Slovenia

Today's modern society, which, in the majority of cases, makes use of all advantages of up-to-date techniques at the same time undoubtedly becomes susceptible to unwanted side effects: injuries, health damage, and even premature death, not understanding or not willing to understand that control and decrease of danger or risk caused by the usage of those techniques means the decrease of its usefulness. *Reliability evaluation of technical risks* tries to resolve this contradiction, as a relatively new scientific discipline that has been developing quickly recently. The paper describes the analytical tools of quantitative (reliability) risk assessment caused by technical system operation (industrial facilities).

(No. of References: 6, Fig.: 2 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/85-94/2002.

ENERGIJA 1394

UDK 338.52:658.8
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/2, 95-121

PREACCOUNT MODEL AND SWEP PRICE FOLLOW UP – AN EXAMPLE

Niko Mandić, B. Sc. –Vladimir Grujić, B. Sc. – B. Mandić
Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Electric energy prices vary much on the market, depending on a lot of parameters and influences. Different models of price follow up have been developed. At the European and world stock exchanges electric energy prices are determined every day and information are distributed by means of all modern communication systems including the Internet pages.
The Swiss calculation model and follow up is one of these models at the spot market. Therefore, in view of the future introduction and opening of the Croatian market given information can contribute to a better awareness of the state and changes of electric energy prices at the electric energy market. In this sense the paper deals with short-term issues only. It is devoted to better knowledge of working methods and regulation at foreign spot markets.

(No. of References: 30, Fig.: 20 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/95-121/2002.

ENERGIJA 1395

UDK 621.3.018.41:338.52
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/2, 123-136

FREQUENCY REGULATION IN CIRCUMSTANCES OF OPEN ELECTRIC ENERGY MARKET

Vladimir Grujić, B. Sc. – Niko Mandić, B. Sc.
Hrvatska elektroprivreda,Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

In this paper the aspects of frequency regulation in circumstances of open electric energy market are described. Liberalisation of electric power sector turns down the monopoly structure of electric power utilities and the price of electric energy is determined based on offer and demand in competitive surroundings in order to increase the sector efficiency. The system operator has a key role in electric power system control. Frequency regulation is one of the main services of the electric power system realised by the system operator using primary, secondary and tertiary frequency regulation. Frequency quality can be realised by continuous energy reserve necessary for regulation. Special attention goes to the criteria of tertiary regulation reserve (minute reserve) that can be rotating or cold, handy or automatic. In that sense continuous monitoring of frequency quality is needed, assurance of the necessary reserve and follow up of consumption increase in the system with corresponding arrangement of rotating speed regulation in the plants.

(No. of References: 15, Fig.: 12 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/123-136/2002.

ENERGIJA 1395 UDK 621.3.018.41:338.52

1. Frequency Regulation in Circumstances of Open Electric Energy Open Market
I. *Grujić, V. – Mandić, N.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Frequency
Electric Power System Services
Frequency Quality
Primary, Secondary and Tertiary Regulation
Regulation Reserve

ENERGIJA 1394 UDK 338.52:658.8

1. Preaccount Model and SWEP Price Follow up- an Example
I. *Mandić, N. – Grujić, V. – Mandić, B.*
II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

SWEP
Spot Market
Electric Energy Price
Stock Exchange
Transactions

ENERGIJA 1391 UDK 614.825:261.31

1. Reliability Assessment of Technical Risks
I. *Mikuličić, V. – Šimić, Z. – Vrbanić, I.*
II. FER, Unska 3,10000 Zagreb, Croatia – NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško, Slovenia

Risk
Risk Management
Probability Assessment of Technical Risk
Event Tree
Fault Tree
Importance Analysis
Importance Measures

Energija

Volume 51 (2002) Nº 2

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1392

UDK 621.31.005:621.311.22
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/2, 137-142

SMALL THERMAL POWER PLANT CONNECTION TO THE PUBLIC ELECTRICITY SYSTEM

Miroslav Blažičko, B. Sc.

EKONERG HOLDING d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

In the paper basic conditions of electric power system to enable parallel operation of small thermal power plant to (TPP) a distribution network and some observations concerning electric power system dimensioning are given. Based on experiences gained during the construction and connection of small TPP PLIVA in the frame of the PLIVA industrial electric power system in Savski Marof to the distribution network, potential independent power producers are warned about problems that they may come across (unacceptable parallel operation and return influence of small TPP internal network on public network), which can endanger the profitability of the small TPP investment. Based on the comparison between regulations from Technical Conditions for Small Power Plants' Connection to Electric Power System of the Croatian Electricity Utility (HEP) /L1/ and documents IEC /L3/ and VDEW /L4/, some more flexible proposals are given considering technical conditions for small TPP connection to the network (i.e. the improvement of the existing document in that sense), thus taking into account real local conditions that would enable independent producers to optimise dimensioning and investment into small TPP and at the same time the network would profit from better sources.

(No. of References: 6, Fig.: 2 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/137-142/2002.

ENERGIJA 1390

UDK 621.311.21:621.398
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/2, 143-151

VARAŽDIN CHAIN COMMAND – REMOTE CONTROL CENTRE AND MANAGEMENT OF HYDRO POWER PLANTS ON THE DRAVA RIVER

Miljenko Brezovec, B. Sc. – Darko Kuča, B. Sc. – Goran Bužić, B. Sc. – Mirjana Slunjski, B.Sc.

HEP PP HE Sjever – Varaždin, Croatia

Varaždin Chain Command is a centre from which remote control is realised as well as the management of three existing hydro power plants on the Drava River in Croatia. This work gives an overview of computer equipment for remote control including real time management and telecommunication systems that enable good communication with plants and other centres. Operation management functions as well as some experiences gathered so far are described.

(No. of References: 8, Fig.: 5 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/143-151/2002.

ENERGIJA 1393

UDK 621.316.1.004.2
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/2, 151-161

OPERATIONAL EVENT STATISTICS IN THE TRANSMISSION NETWORK OF HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA FROM 1995 TO 2000

Zdravko Hebel, Prof. D. Sc.

FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia

Marijan Kalea, B. Sc.

Hrvatska elektroprivreda d.d., Direkcija za prijenos, PrP Osijek, Šeperova 1a, 31000 Osijek, Croatia

This work presents an analysis of the Croatian Electricity Utility's (HEP) transmission network operation through the realised system of operational event statistics. Elements have been defined and results obtained during past six years.

(No. of References: 10, Fig.: 4 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/151-161/2002.

ENERGIJA 1393

UDK 621.316.1.004.2

1. Operational Event Statistics in Hrvatska elektroprivreda Transmission Network from 1995 to 2000

I. *Hebel, Z. – Kalea, M.*

II. FER, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia – Hrvatska elektroprivreda d.d., Direkcija za prijenos, PrP Osijek, Šeperova 1a, 31000 Osijek, Croatia

Transmission Network
Disturbances
Breakdown
Unavailability

ENERGIJA 1390

UDK 621.311.21:621.398

1. Varaždin Chain Command – Remote Control Centre and Management of Hydro Power Plants on the Drava River

I. *Brezovec, M. – Kuča, D. – Bužić, G. – Slunjski, M.*

II. HEP PP HE Sjever – Varaždin, Croatia

HPP Chain
Remote Control
Optimisation

ENERGIJA 1392

UDK 621.31.005:621.311.22

1. Small Thermal Power Plant Connection to the Public Electricity System

I. *Blažičko, M.*

II. EKONERG HOLDING d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Independent Power Producer (IPP)
Technical Conditions for Connection of Small TPP to Electric Power System
Small Plants
Connection
Higher Current Harmonics
Voltage Distortion

UDK 621.31

ENJAAC 51 (3) – (2002) – 185-274

ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Ivo Čović, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

UREĐIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.
Lektor: Šime *Čagalj,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 51 (2002) Zagreb 2002 Br. 3

SADRŽAJ

Žutobradić S. - Wagmann L. - Mihalek E. - Radeka I. - Šagovac G.: Istraživanje karakteristika opterećenja kućanstava na području grada Zagreba (Stručni članak) 187

Bajić B.: Inteligentni monitoring i dijagnostika kavitacije (Izvorni znanstveni članak). 195

Puharić M.: Elektromagnetska kompatibilnost u elektroenergetskim postrojenjima (Prethodno priopćenje) . . 201

Petric N. - Pataki Z. - Kosek Ž.: Simulirano upravljanje srednjonaponskim postrojenjem (Stručni članak). 213

Toljan I. - Bajs D. - Majstrović G. - Grujić V. - Rogić M.: Projekt regionalnog razvoja prijenosne mreže (Stručni članak). 217

Jelavić B. - Matić D.: TRANCRO - nacionalni program energetske efikasnosti u transportu (Pregledni članak). 223

Sabolić D.: O statističkim osobinama uskopojasnog šuma na niskonaponskim električnim instalacijama (Prethodno priopćenje). 229

Rajić F.: Kvaliteta toplinske energije - osnovni uvjet uvođenja sustava individualiziranja troškova grijanja u stambenim zgradama (Pregledni članak) 243

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja. 251

Iz strane stručne literature. 265

Fotografija na omotu:

HE GOLUBIĆ

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2002 - 06 - 03

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

U tabl. 3 prikazane su još neke karakteristične veličine dobivene na temelju rezultata mjerenja, te podataka o godišnjim potrošnjama svih priključenih potrošača:

Tablica 3. Karakteristične veličine

TS 10/0.4 kV	$S_{Uskrs}/S_{Božić}$	$S_{Ljeto}/S_{Božić}$	$T_{vršno}$(h)
Štosova	0.59	0.47	3,380
Horvatovac	0.60	0.56	3,240
Bartolići	0.70	0.67	3,393
Korčulanska	0.87	0.70	3,112
Đurđevačka	0.61	0.48	2,953

Prema očekivanju, vršna opterećenja tijekom božićnih blagdana veća su u odnosu na druga razdoblja. To se pogotovo odnosi na konzumna područja bez CTS-a. Iz toga slijedi važan zaključak da uvođenje klima uređaja u kućanstva ne će dovesti do porasta godišnjih vršnih opterećenja.

Što se tiče trajanja vršnih opterećenja ($T_{vršno}$) ono je određeno kao omjer ukupne godišnje potrošnje priključenih potrošača (kućanstva + "ostali na n.n."), te vršnog opterećenja TS 10/0.4 kV. Dobivene vrijednosti nalaze se u granicama između:

2,950 ..... 3,400 sati.

Prema tome, za TS 10/0.4 kV s velikim udjelom kućanstava u konzumu (75 %) može se usvojiti srednja vrijednost:

$T_{vršno}$ = 3,200 sati.

Na kraju, valja upozoriti da su rezultati mjerenja dobiveni u (A), te su preračunati u (kVA), dakle u prividnu snagu. Pretpostavljen je nazivni napon na stezaljkama transformatora. Faktor snage tipičnih kućanstava odredit će se naknadnim mjerenjima, uz uporabu odgovarajućih elektroničkih brojila. Za sada se preporuča korištenje vrijednosti:

cos = 0.95.

4. PRIJEDLOG NORMATIVA OPTEREĆENJA KARAKTERISTIČNIH KUĆANSTAVA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Na temelji izvršenih mjerenja opterećenja trafopodručja moguće je predložiti formule za proračun očekivanih vršnih opterećenja grupe od "**n**" kućanstava u različitom energetskom "okruženju":

tip A: $P_v = 0.70 \cdot n + 2.88 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
tip B: $P_v = 1.03 \cdot n + 4.00 \cdot \sqrt{n}$ (kW)
tip C: $P_v = 1.38 \cdot n + 5.25 \cdot \sqrt{n}$ (kW)

Značenja pojedinih tipova normativa su sljedeća:

- **tip A: kućanstva uključena u centralni toplinski sustav (CTS)**
- **tip B: kućanstva na području s uvedenom plinskom mrežom**
- **tip C:kućanstva na području bez plinske mreže i CTS-a, ali s malim udjelom termoakumulacijskog grijanja.**

Na ovoj razini istraživanja nije bilo moguće ući u dublje analize pojedinih kućanstava.

Navedeni normativi daju sljedeći udio kućanstava na razini tipične gradske TS 10/0.4 kV, uz priključenih **300 kućanstava**:

- **tip A: $P_{kuć/TS}$ = 0.87 kW/kućanstvu**
- **tip B: $P_{kuć/TS}$ = 1.26 kW/kućanstvu**
- **tip C: $P_{kuć/TS}$ = 1.68 kW/kućanstvu.**

Na kraju ovog poglavlja, dat će se usporedba izmjerenih vršnih opterećenja TS 10/0.4 kV, s računskim rezultatima koje daje poznata Velanderova formula:

$$P_{v1} = k_1 \cdot E_{1kuć} + k_2 \cdot \sqrt{E_{1kuć}} \quad \text{(kW)}$$

P_{V1}- vršno opterećenje jednog kućanstva (kW)

$E_{1kuć}$ - godišnja potrošnja kućanstva (MWh)

k_1, k_2 - konstante koje za kućanstva poprimaju slijedeće iznose:

$k_1 = 0.29; \quad k_2 = 2.5.$

Vršno opterećenje grupe kućanstava određuje se tada uobičajenom Rusckovom formulom:

$$P_{Vel} = N_{kuć} \cdot f_{ist} \cdot P_{V1}$$

$N_{kuć}$ - broj kućanstava u grupi

f_{ist} - faktor istodobnosti ($f_{ist} = 0.15 + \frac{0.85}{\sqrt{N_{kuć}}}$)

P_{V1} - vršno opterećenje jednog kućanstva (kW).

Rezultati usporedbe dani su u tabl. 4. Pretpostavljena je vrijednost cos = 0.95, za pretvorbu mjerenih vrijednosti iz kVA u kW.

Kao što se vidi, kod kućanstava s CTS-om primjena Velanderove formule daje malo veće vrijednosti od izmjerenih, a kod kućanstava gdje je prisutna plinska mreža Velanderova formula daje neznatno manje vrijednosti. Značajnija razlika prisutna je samo kod kućanstava na području gdje nema drugih umreženih energenata (TS "Đurđevačka", tip "C"). Tu Velanderova formula daje preniska opterećenja.

Tablica 4. Usporedba mjerenja s Velanderovom formulom

TS 10/0.4 kV	tip kućanstva	P_{Vel}/P_{V_mjer}
Bartolići	A	1.17
Korčulanska	A	1.16
Štosova	B	0.91
Horvatovac	B	0.95
Đurđevačka	C	0.77

5. ZAKLJUČCI

U studiji su prikazani rezultati mjerenja opterećenja potrošača, na razini TS 10/0.4 kV. Odabrane su TS 10/0.4 kV s pretežnim udjelom kućanstava. Mjerenja su izvršena za sljedeća razdoblja:

- Božić 1999.
- Uskrs 2000.
- Ljeto 2000.

Obuhvaćeno je po pet dana (za svako mjerno razdoblje).

Na temelju dobivenih rezultata mjerenja predloženi su normativi opterećenja, prezentirani u pogl. 5., za tri tipa kućanstava (ovisno o prisustvu drugih energenata). Prosječni udjel kućanstava na razini TS 10/0.4 kV prema predloženim normativima iznosi:

- **tip A:** $P_{\text{kuć/TS}}$ **= 0.87 kW/kućanstvu**
- **tip B:** $P_{\text{kuć/TS}}$ **= 1.26 kW/kućanstvu**
- **tip C:** $P_{\text{kuć/TS}}$ **= 1.68 kW/kućanstvu.**

(Tip **A** – kućanstva s CTS-om; tip **B** – kućanstva na plinoficiranim područjima; tip **C** – kućanstva na područjima bez plina i CTS-a, ali s malim udjelom termoakumulacijskog grijanja).

Veoma je važna spoznaja da se vršna opterećenja TS 10/0.4 kV javljaju u vremenskim razdobljima kada je utjecaj "ostalih potrošača na n.n." zanemariv. Dakako, to se odnosi na konzumna područja s velikim udjelom kućanstava u godišnjoj potrošnji (75 %).

Istraživanja stvarnih pojedinačnih karakteristika tipičnih kućanstava odredit će se posebnim programom mjerenja, uz primjenu digitalnih brojila. Dobiveni rezultati usporedit će se sa rezultatima ovog elaborata.

Istraživanja prikazana u ovom radu predstavljaju samo prvi korak u sveobuhvatnoj analizi karakteristika potrošača u niskonaponskim mrežama HEP-a, i to za različite situacije (kontinentalna/ primorska naselja, urbana/ruralna područja).

LITERATURA

[1] R. SCHENNER: "Osnovno rješenje elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba", studija, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1980.

[2] S. ŽUTOBRADIĆ i ost.: "Novelacija Osnovnog rješenja elektrodistributivne mreže 110 kV i 30 kV grada Zagreba", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 1996.

[3] S. ŽUTOBRADIĆ i ost.: "Istraživanje normativa opterećenja kućanstava na području grada Zagreba", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2000.

RESEARCH OF HOUSEHOLD LOAD CHARACTERISTICS IN THE AREA OF THE CITY OF ZAGREB

In the frame of cooperation between DP "Elektra Zagreb" and Energy Institute "Hrvoje Požar" load measurements have been realised in 5 TS 10/0.4 kV, which supply areas with mostly household consumers. The areas chosen have different energy forms (together with electric energy) like central heating system, gas system or without other network supply. The measurements have been realised through data loggers, and their duration was five days within the period: Christmas 1999, Easter 2000 and Summer 2000. The most important results are going to be shown in the paper.

DIE EIGENSCHAFTENFORSCHUNG DES HAUSHALTEVERBRAUCHS IM STADTGEBIET VON ZAGREB

Innerhalb der Zusamenarbeit des EVU "Elektra Zagreb" und des Energetischen Institutes "Hrvoje Požar" sind Belastungsmessungen in 5, Verbrausbereiche mit überwiegenden Haushaltanteilen einspeisenden, UW-s 10/0,4 kV durchgeführt worden. Auserwählt sind Bereiche mit verschiedenen (nebst Strom) Energieträgern, mit zentralen Heizsystemen, mit Gasnetz, und sonst keinen vernetzten Energieträgern. Die Messungen wurden mit sogenannten "Data-Loggern" in der Dauer von je 5 Tagen in den Zeitabschnitten: Weihnanchten 1999, Ostern 2000 und Sommer 2000 durchgeführt. Im Referat werden die wichtigsten Ergebnisse dargestellt.

Naslov pisaca:

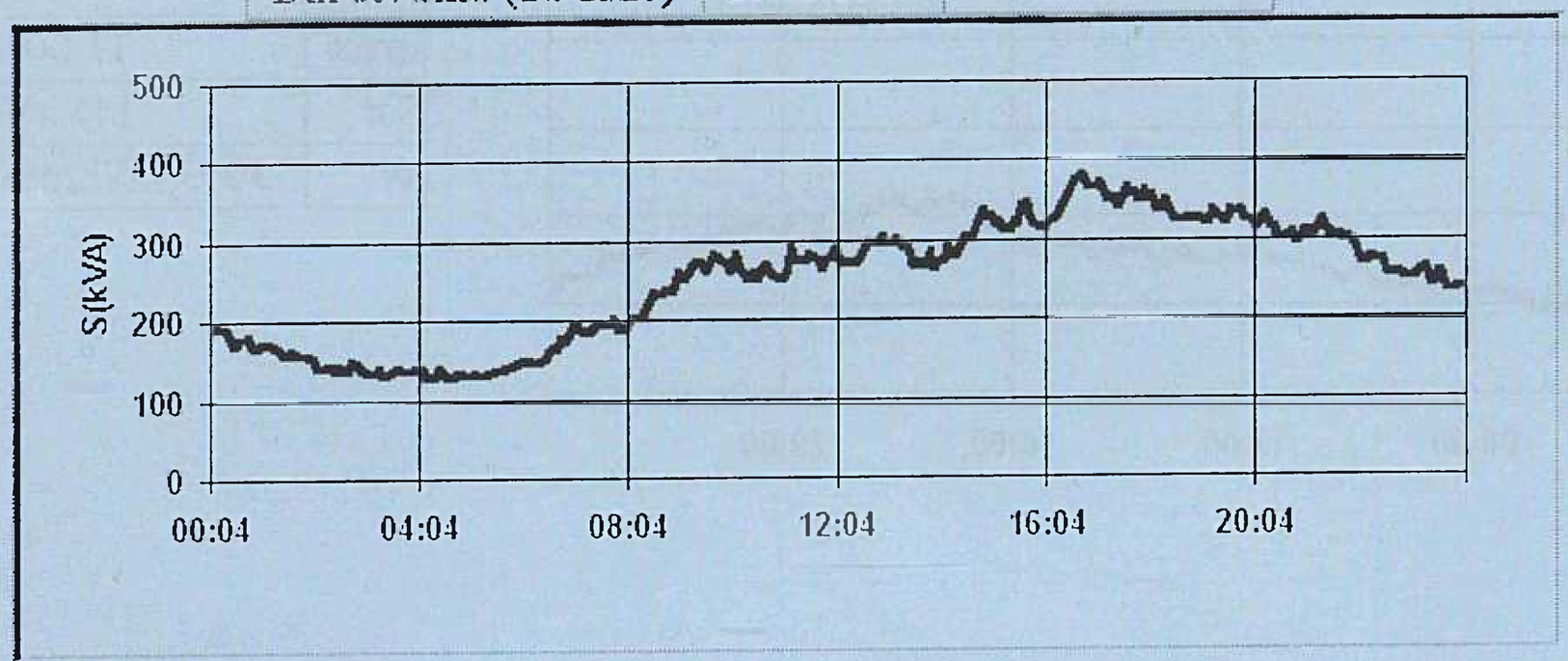
Dr. sc. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
mr. sc. Lahorko Wagmann, dipl. ing.
mr. sc. Ernest Mihalek, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb
Savska cesta 163
10000 Zagreb, Hrvatska

Irena Radeka, dipl. ing.
Goran Šagovac, dipl. ing.
HEP, DP "Elektra", Zagreb
Gundulićeva 28
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-02-19.

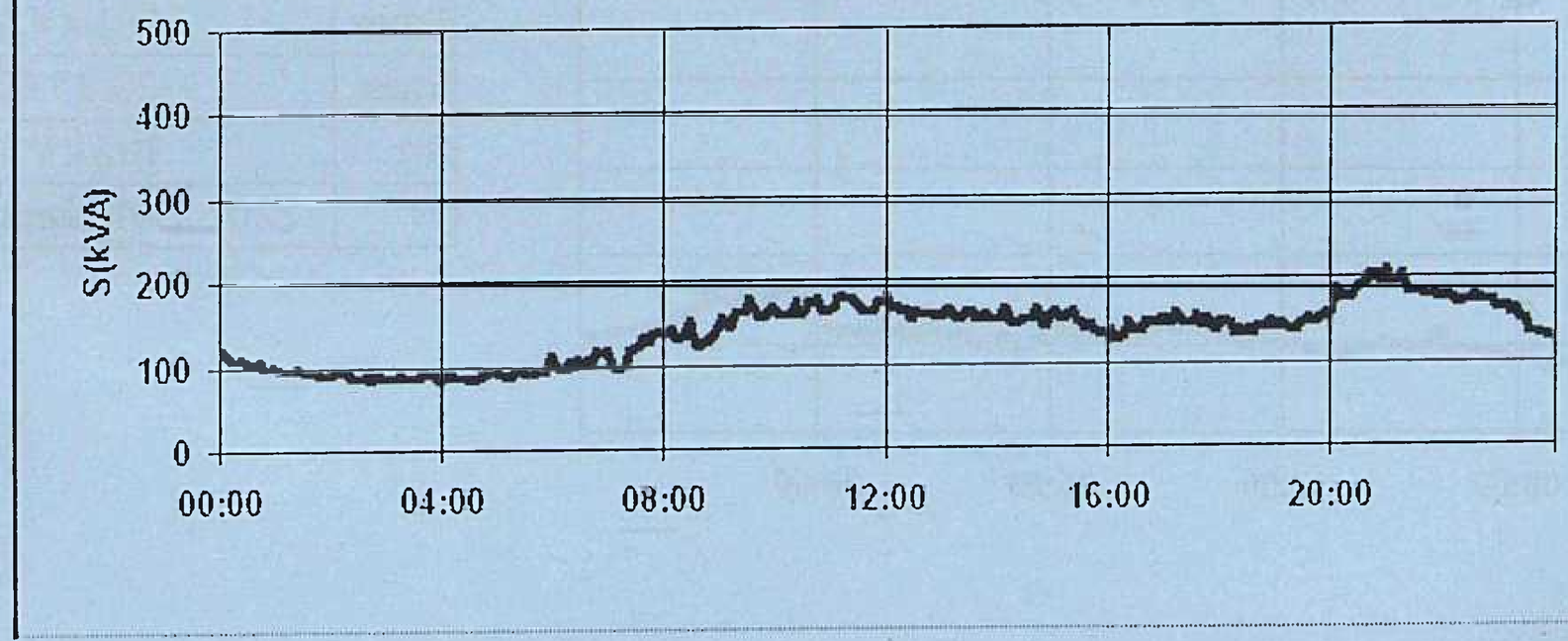
PRILOZI

Božić 1999 (22.12-27.12)		
Đurđevačka (TS 1320)	*24.12.1999*	PETAK



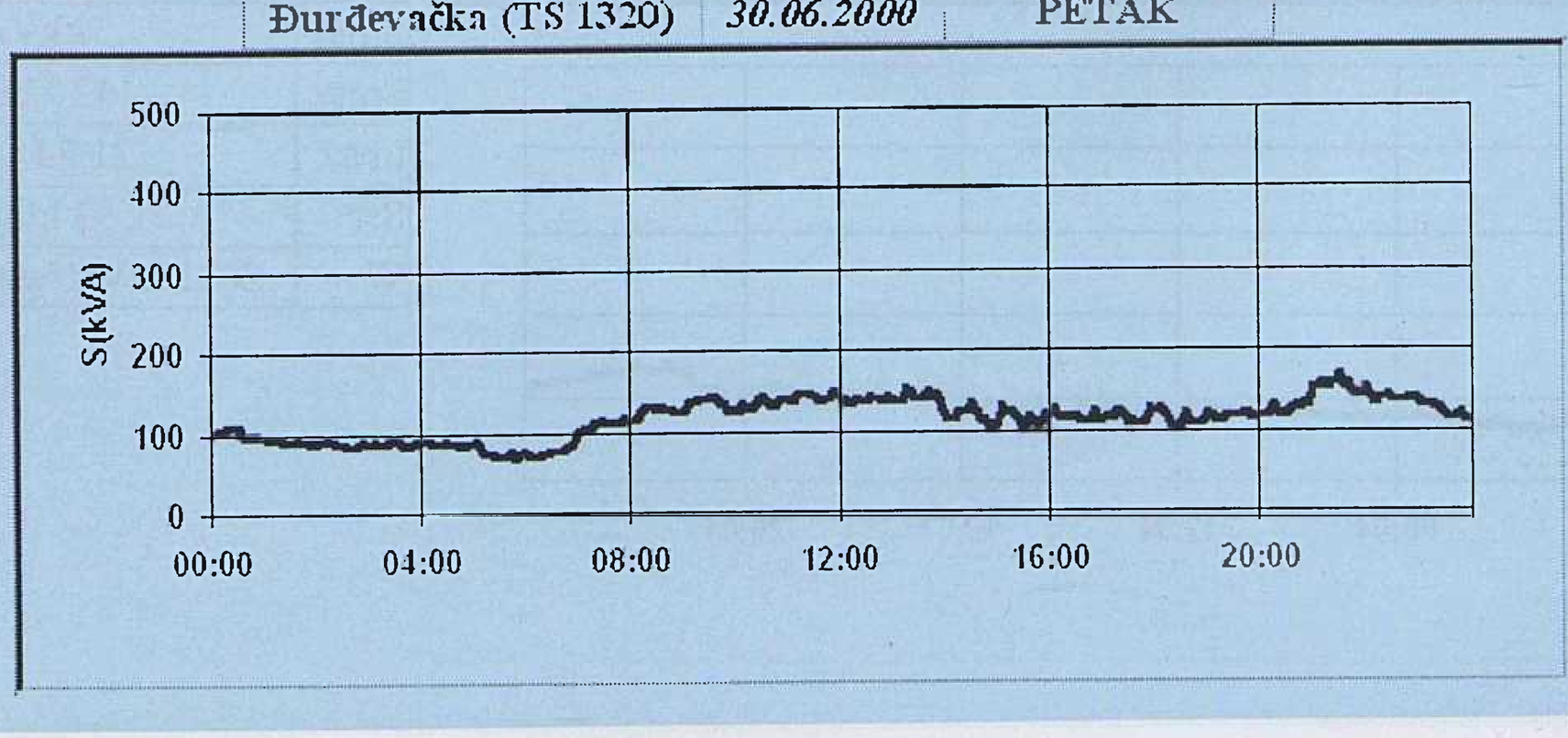
Smin	127 kVA
Smax	382 kVA
tmax	16:44:00
Ssr	250 kVA
W	5389 kWh/danu

Uskrs 2000 (20.04-27.04)		
Đurđevačka (TS 1320)	*21.04.2000*	PETAK



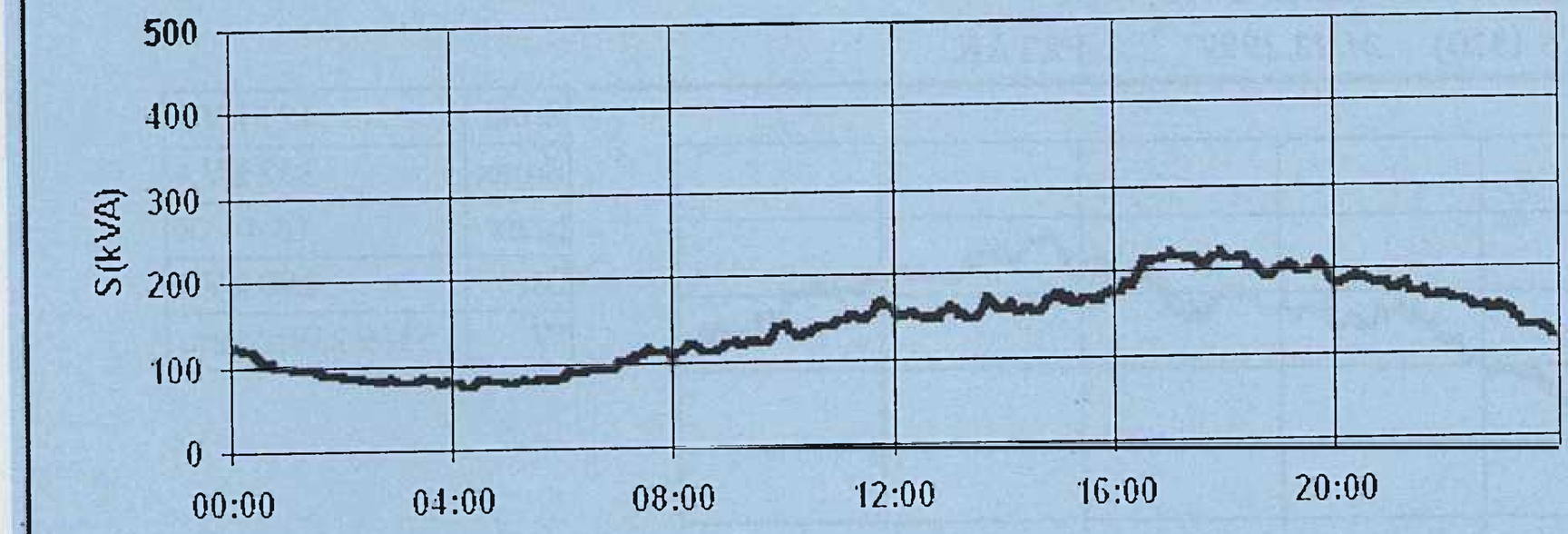
Smin	82 kVA
Smax	210 kVA
tmax	21:00:00
Ssr	138 kVA
W	2987 kWh/danu

Ljeto 2000		
Đurđevačka (TS 1320)	*30.06.2000*	PETAK



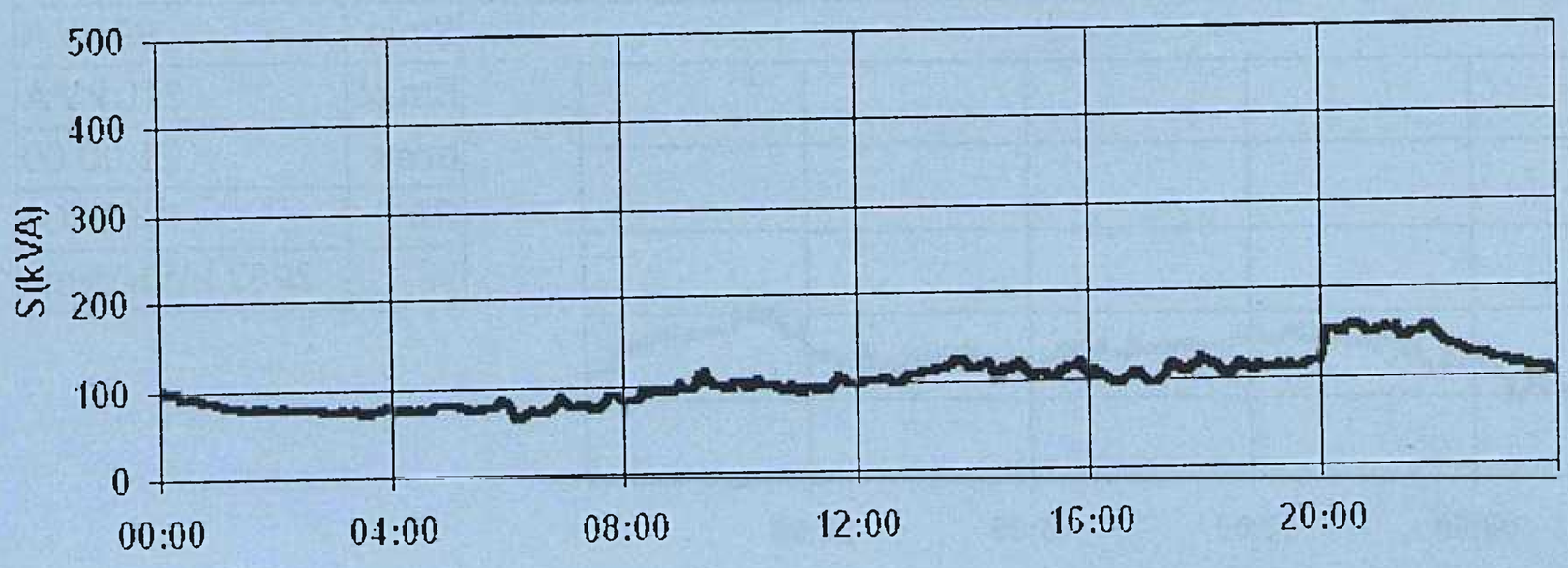
Smin	68 kVA
Smax	170 kVA
tmax	21:30:00
Ssr	116 kVA
W	2501 kWh/danu

Božić 1999 (22.12-27.12)		
Bartolići (TS 1401)	*24.12.1999*	PETAK



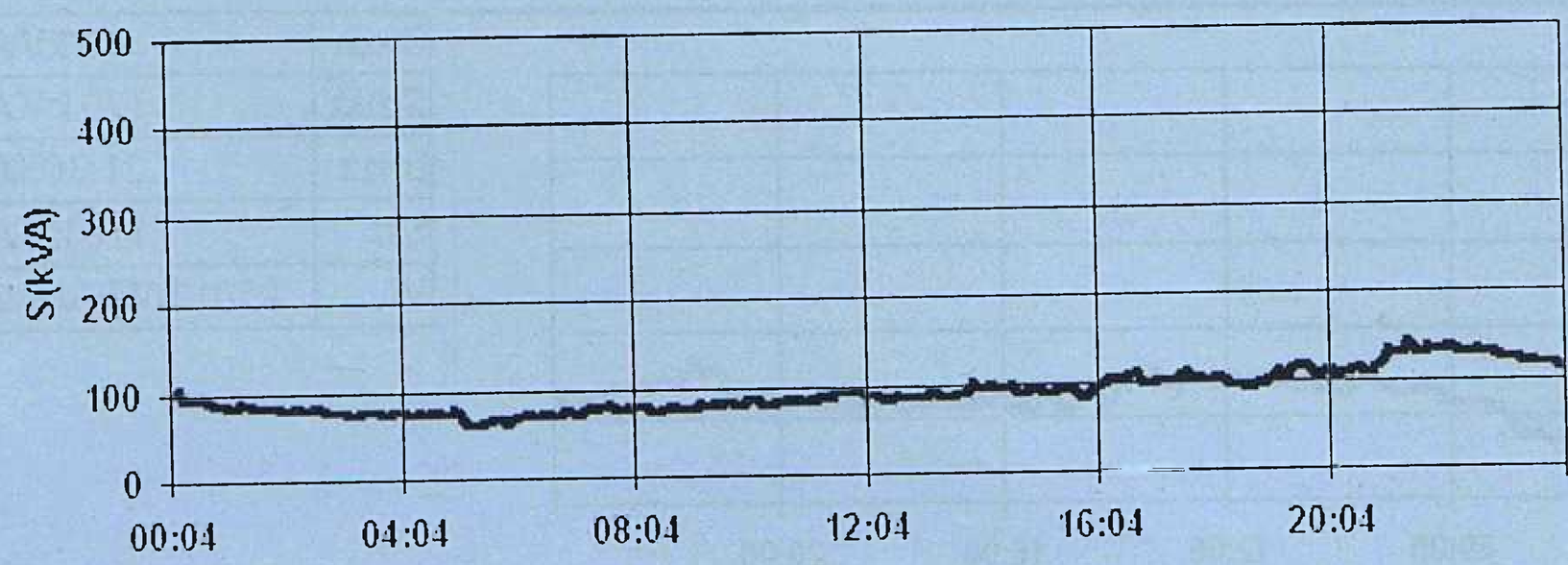
Smin	75 kVA
Smax	224 kVA
tmax	17:00:00
Ssr	141 kVA
W	3043 kWh/danu

Uskrs 2000 (20.04-27.04)		
Bartolići (TS 1401)	*21.04.2000*	PETAK



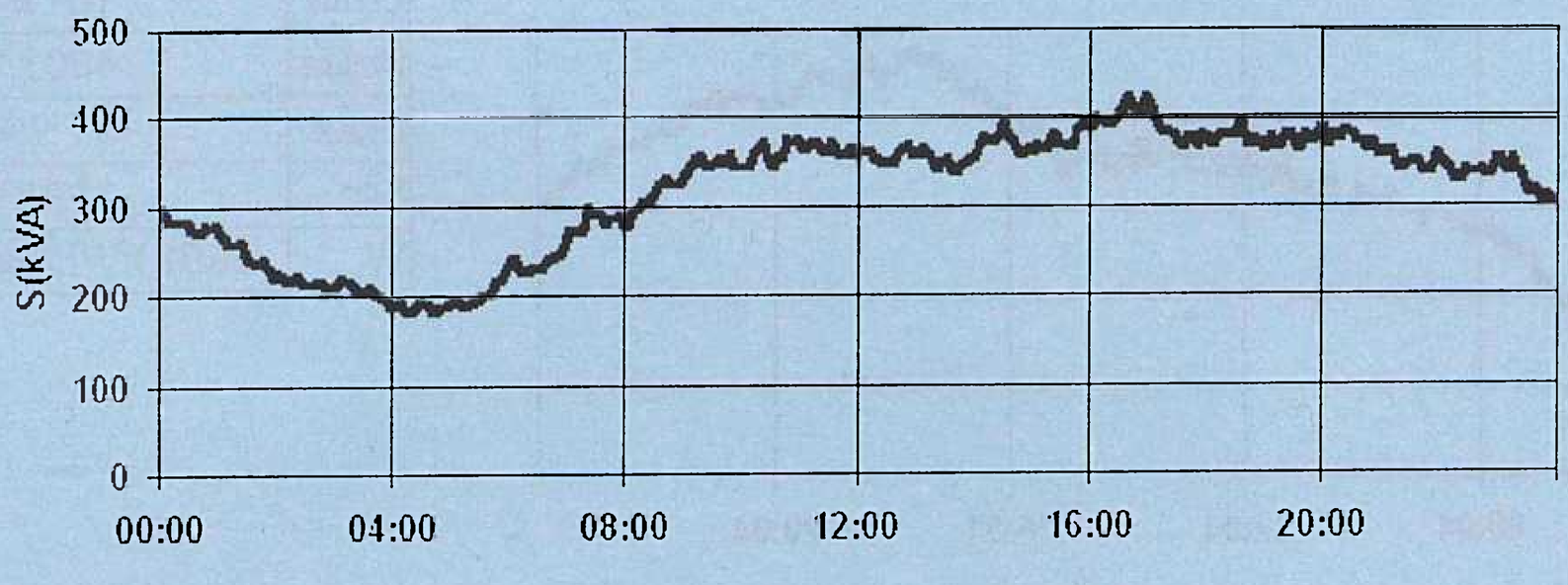
Smin	63 kVA
Smax	161 kVA
tmax	20:35:00
Ssr	102 kVA
W	2207 kWh/danu

Ljeto 2000		
Bartolići (TS 1401)	*30.06.2000*	PETAK



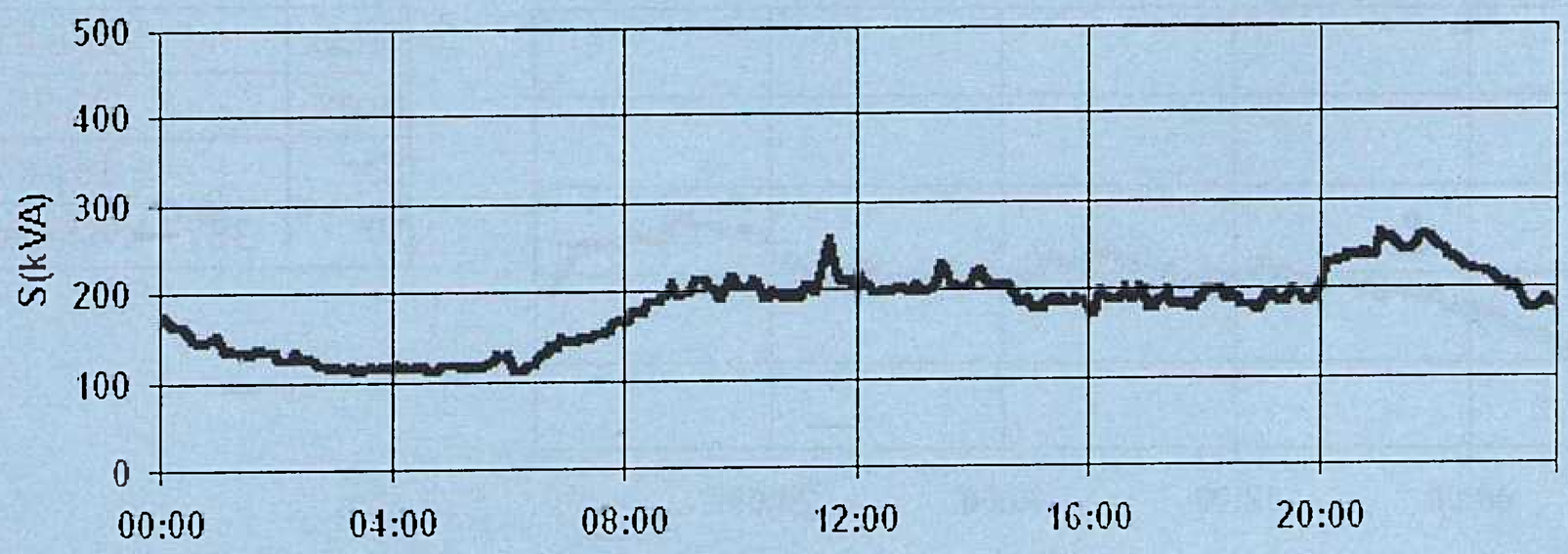
Smin	59 kVA
Smax	142 kVA
tmax	21:24:00
Ssr	93 kVA
W	2011 kWh/danu

Božić 1999 (22.12-27.12)		
Štoosova (TS 330)	*24.12.1999*	PETAK



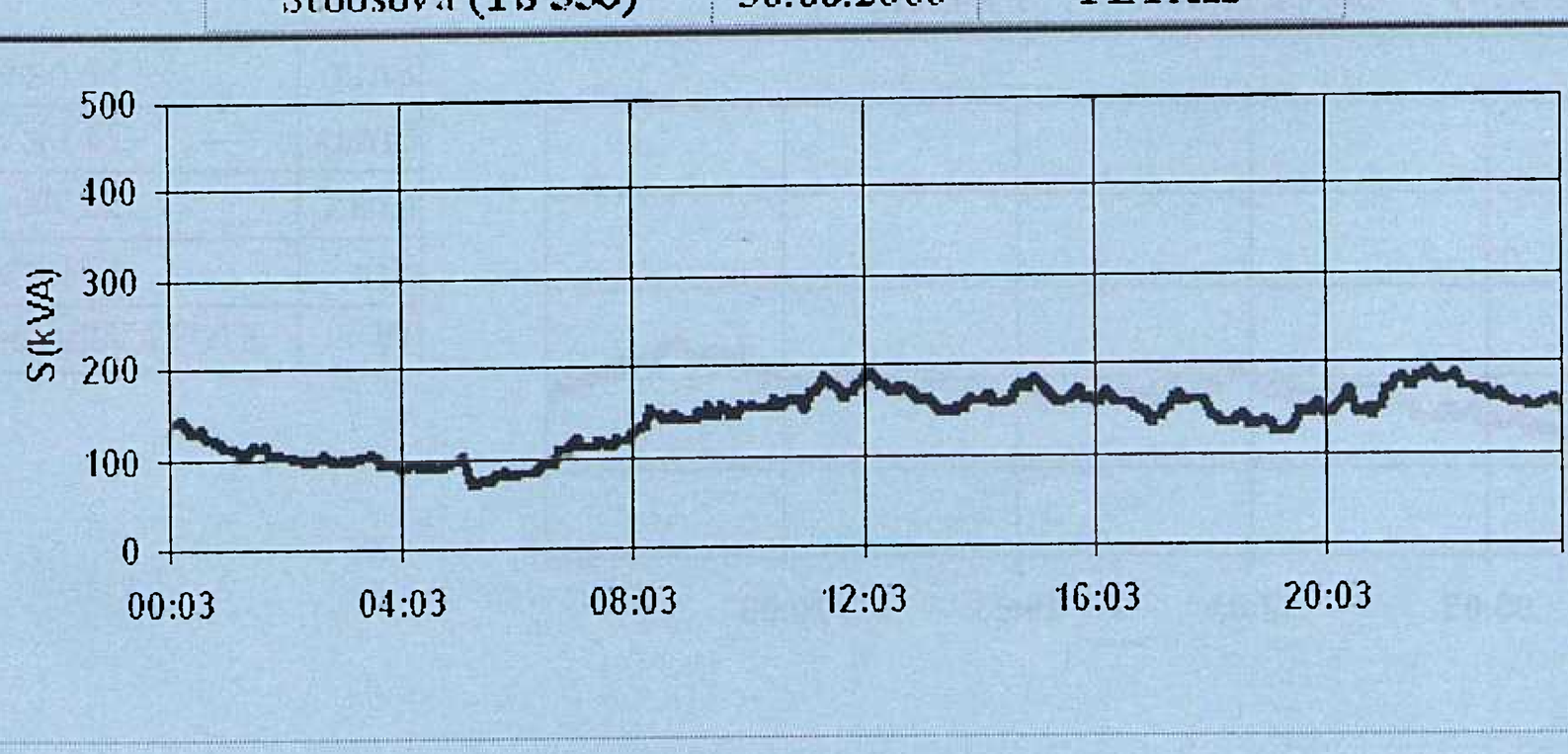
Smin	181 kVA
Smax	424 kVA
tmax	16:40:00
Ssr	319 kVA
W	6880 kWh/danu

Uskrs 2000 (20.04-27.04)		
Štoosova (TS 330)	*21.04.2000*	PETAK



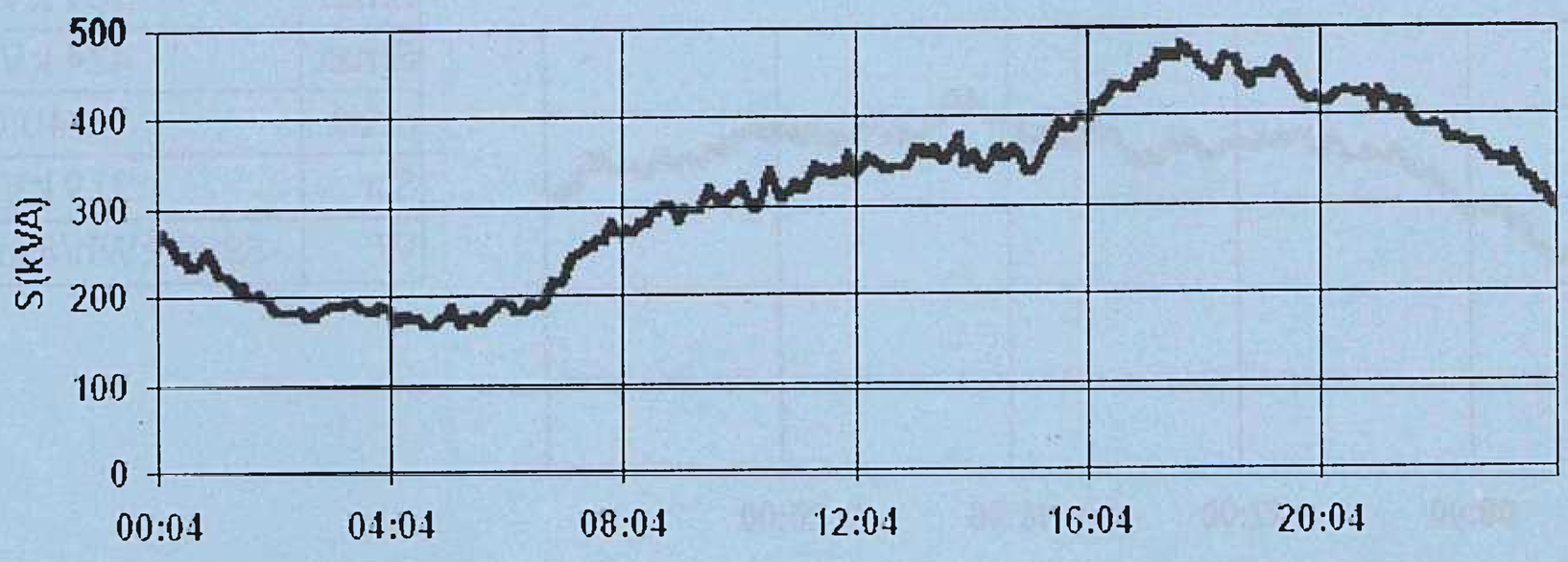
Smin	112 kVA
Smax	263 kVA
tmax	21:00:00
Ssr	180 kVA
W	3891 kWh/danu

Ljeto 2000		
Štoosova (TS 330)	*30.06.2000*	PETAK



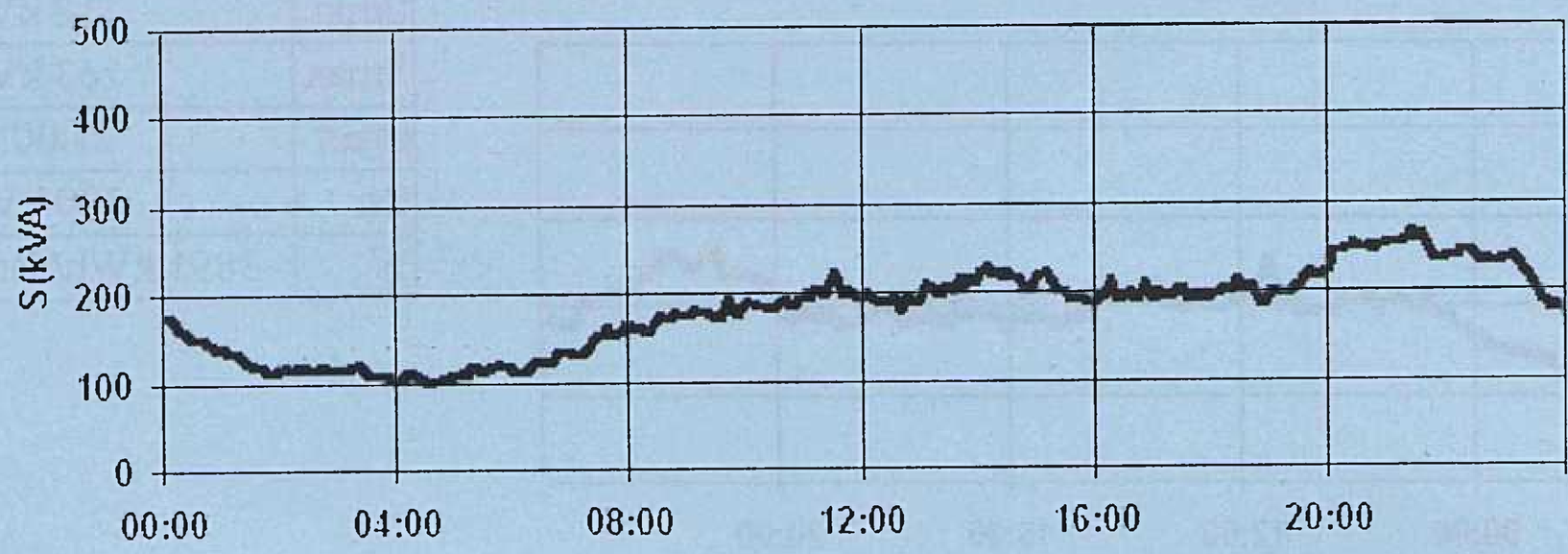
Smin	71 kVA
Smax	190 kVA
tmax	12:03:00
Ssr	140 kVA
W	3015 kWh/danu

Božić 1999 (22.12-27.12)		
Horvatovac (TS 974)	*24.12.1999*	PETAK



Smin	167 kVA
Smax	480 kVA
tmax	17:39:00
Ssr	319 kVA
W	6881 kWh/danu

Uskrs 2000 (20.04-27.04)		
Horvatovac (TS 974)	*21.04.2000*	PETAK



Smin	100 kVA
Smax	268 kVA
tmax	21:25:00
Ssr	180 kVA
W	3877 kWh/danu

Ljeto 2000		
Horvatovac (TS 974)	*30.06.2000*	PETAK

Smin	113 kVA
Smax	243 kVA
tmax	21:48:00
Ssr	171 kVA
W	3703 kWh/danu

INTELIGENTNI MONITORING I DIJAGNOSTIKA KAVITACIJE
Metoda za velik broj lopata radnog kola*

Branko B a j i ć, Luksemburg

UDK 697.34:658.8.03
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prikazuje se nova, multi-dimenzionalna tehnika vibro-akustičke dijagnostike i monitoringa kavitacije, razvijena u Korto Cavitation Services. Tehnika daje detaljan uvid u kavitacijske procese u turbini u radu, nedostižan drugim tehnikama, i osigurava izuzetno visoku osjetljivost i pouzdanost monitoringa kavitacije. Ona omogućuje razlučivanje i ocjenu različitih kavitacijskih mehanizama u turbini, te razlučivanje i ocjenu uloge kritičnih dijelova turbine u kavitaciji. U članku se opisuje varijanta metode pogodna za velik broj lopata radnog kola.

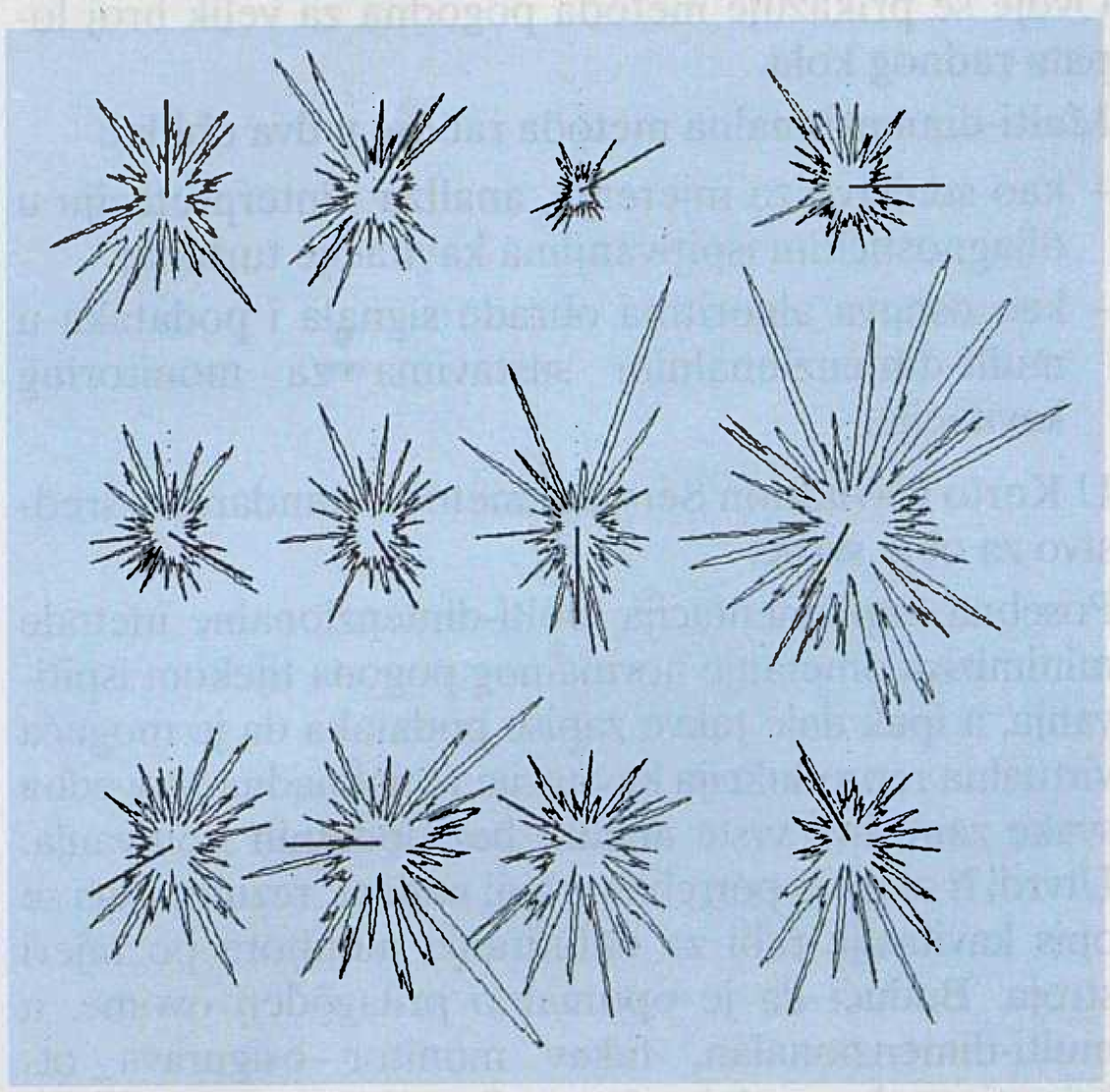
Ključne riječi: turbina, kavitacija, erozija, dijagnostika, monitoring.

1. UVOD

Podaci o kavitacijskom ponašanju turbine potrebni su u nizu situacija, od primopredaje novog stroja do remonta ili obnove u kojima se popravljaju ili prepravljaju dijelovi poput lopata privodnog ili radnog kola. Tijekom eksploatacije također je važno znati da li, pod djelovanjem raznih štetnih procesa, dolazi do promjena u kavitacijskom ponašanju turbine.

Zasad jedini način da se ocijeni intenzitet kavitacije u turbini u radu i stekne uvid u njeno stanje je da se kavitacija "sluša". Kavitacija stvara vibro-akustičko polje koje se prenosi iz vode do suhe strane stroja i nosi podatke o kavitacijskom strujanju i eroziji koju ono izaziva. Brojni su pokusi pokazali da strukturni zvuk i visokofrekventne vibracije dijelova turbine nose svojevrsni "otisak prsta" kavitacije.

Najjednostavniji način da se kavitacija opiše vibro-akustičkim sredstvima je da se vibro-akustičko osjetilo stavi na pogodno mjesto na turbini i da se mjeri intenzitet šuma unutar odgovarajućeg frekvencijskog opsega, ocjenjuje učestalost impulsa šuma (koji odražavaju impulsni karakter kavitacije u turbini), uspoređuju spektri šuma prikupljeni pri raznim vrijednostima snage i sl. Prva mogućnost ovdje je da se kao ocjene intenziteta kavitacije upotrijebe srednje vrijednosti tih veličina. Iako često rabljen, ovakav pristup – jedno osjetilo, rad sa srednjim vrijednostima – nije optimalan. Sl. 1 ilustrira prednosti drukčijeg pristupa – više osjetila, bolja obrada podataka. Prikazane modulacijske krivulje sa šiljcima dobivene su pomoću 12 osjetila montiranih oko rotora Kaplanove turbine od 60 MW (pune crte označuju kutne položaje osjetila). Uz rad sa samim srednjim vrijednostima izgubili bi se vrijedni podaci sadržani u ovakvim krivuljama (one prelaze u kružnice), a uporabom samo jednog osjetila može se pak dobiti potpuno pogrešan opis kavitacije. I



Slika 1. Lopate rotora periodično prolaze kroz nehomogeno polje strujanja iza lopata privodnog kola. Ovo uzrokuje promjene u intenzitetu kavitacije ili čak čini da kavitacija nastaje i nestaje unutar svakog okreta ili njegovog dijela. Analizom rezultirajuće ovisnosti intenziteta kavitacije o trenutnom kutnom položaju rotora, poput ovdje prikazanih, može se identificirati doprinos ukupnom intenzitetu koji dolazi od svakog para lopata privodnog kola – lopata radnog kola.

---

* Prikazano na 1. međunarodnom simpoziju Hidroelektrane HEPP 2001., Šibenik, lipanj 2001, i u International Water Power & Dam Construction, svibanj 2001.

doista, kako se vidi na slici, osjetilima u raznim položajima dobivaju se različiti oblici i amplitude razdiobe intenziteta kavitacije po dijelovima turbine.

2. MULTI-DIMENZIONALNA METODA

Multi-dimenzionalni pristup dijagnostici i monitoringu kavitacije, koji se suštinski razlikuje od onoga sa srednjom vrijednošću i samo jednim ili samo par osjetila, uklanja ove mane i donosi niz daljnjih prednosti. Pristup je razvijen u Korto Cavitation Services kroz niz ispitivanja u naravi i istraživačkih koraka. Multi-dimenzionalna je metoda provjerena u praksi i upotrijebljena na Francisovim, Kaplanovim i cijevnim turbinama. Javno je predstavljena na 20. simpoziju o hidrauličkim strojevima i sustavima Međunarodne asocijacije za hidraulička istraživanja, IAHR. Multi-dimenzionalna se metoda sastoji od posebnog načina prikupljanja, obrade i interpretacije vibro-akustičkih podataka izraženih u ovisnosti o položaju osjetila, frekvenciji šuma, trenutnom položaju rotora i stupnju opterećenja turbine. Mjerni postupak i postupak analize razlikuju se ovisno o broju lopata radnog kola. Ovdje se prikazuje metoda pogodna za velik broj lopata radnog kola.

Multi-dimenzionalna metoda rabi se u dva oblika:

- kao sredstvo za mjerenje, analizu i interpretaciju u dijagnostičkim ispitivanjima kavitacije turbina;
- kao osnova algoritma obrade signala i podataka u multi-dimenzionalnim sustavima za monitoring kavitacije.

U Korto Cavitation Services metoda standardno sredstvo za obje svrhe.

Posebna implementacija multi-dimenzionalne metode minimizira ometanje normalnog pogona tijekom ispitivanja, a ipak daje takve zapise podataka da je moguća virtualna reprodukcija kavitacije te naknadna provedba svake zamislive vrste analize bez dodatnih ispitivanja. Utvrdi li se da je potreban trajni nadzor, rezultirajući se opis kavitacije rabi za definiranje monitora po mjeri stroja. Budući da je optimalno prilagođen ovome, a multi-dimenzionalan, takav monitor osigurava otkrivanje svake značajne nepravilnosti iako se u njemu u pravilu radi s manje osjetila i obrađuje manje podataka nego u detaljnom dijagnostičkom ispitivanju.

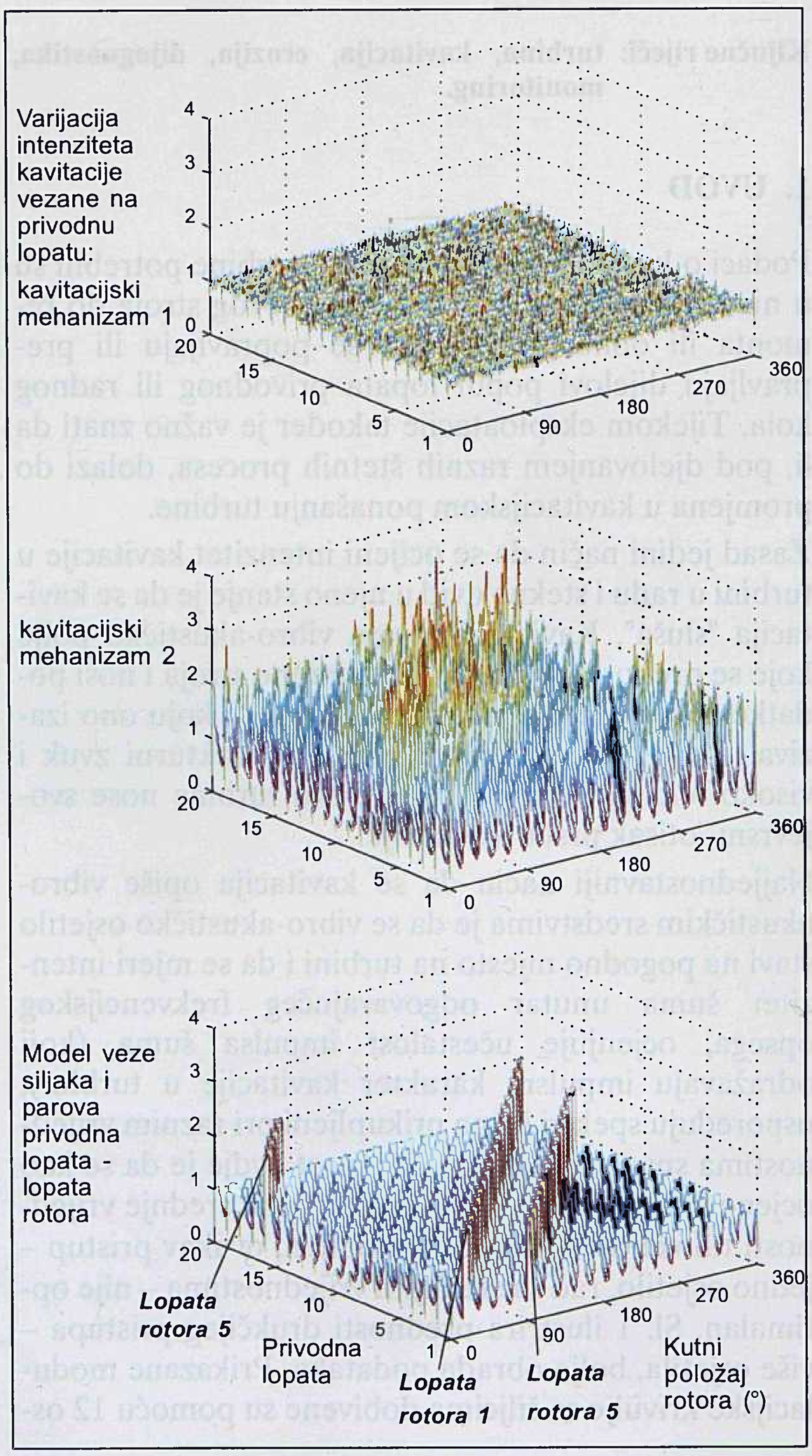
PRAKTIČNI KRAJNJI REZULTATI

- Optimirati rad turbine i elektrane sa stajališta kavitacije.
- Pokazati kako se kavitacijska svojstva turbine mogu poboljšati.
- Provjeriti rezultat remonta, popravka ili dizanja snage.
- Postaviti kavitacijski monitor po mjeri stroja, koji ima visoku osjetljivost i razlikuje dijelove turbine.

3. O OBRADI PODATAKA

U tipičnom dijagnostičkom ispitivanju skuplja se i obrađuje velika količina podataka: više od 40 GB vibro-akustičkih podataka izmjerenih pomoću 20 osjetila u frekvencijskom opsegu od frekvencije rotacije do 1 MHz; svaki se parametar ili funkcija usrednjavaju preko 100 okretaja, sve se radi na 20 vrijednosti snage, a uz kutnu rezoluciju od 0,2°. Tako provedena dijagnostička ispitivanja daju detaljan opis kavitacije, kakav se ne može dobiti drugim postojećim metodama.

Način na koji se u multi-dimenzionalnoj metodi obrađuju modulacijske krivulje ilustriran je na sl. 2. Na njoj su, na dva gornja grafa, prikazana dva kavitacijska mehanizma što su nađena u ispitivanoj turbini. Kako se vidi, nema modulacije u signalima koje generira mehanizam 1 (gornja slika), dok se na iznosima snage turbine i frekvencijskim opsezima karakterističnim za mehanizam 2 pojavljuje niz snažno izraženih šiljaka



Slika 2. Analiza modulacije u multi-dimenzionalnoj metodi: identifikacija doprinosa dijelova turbine

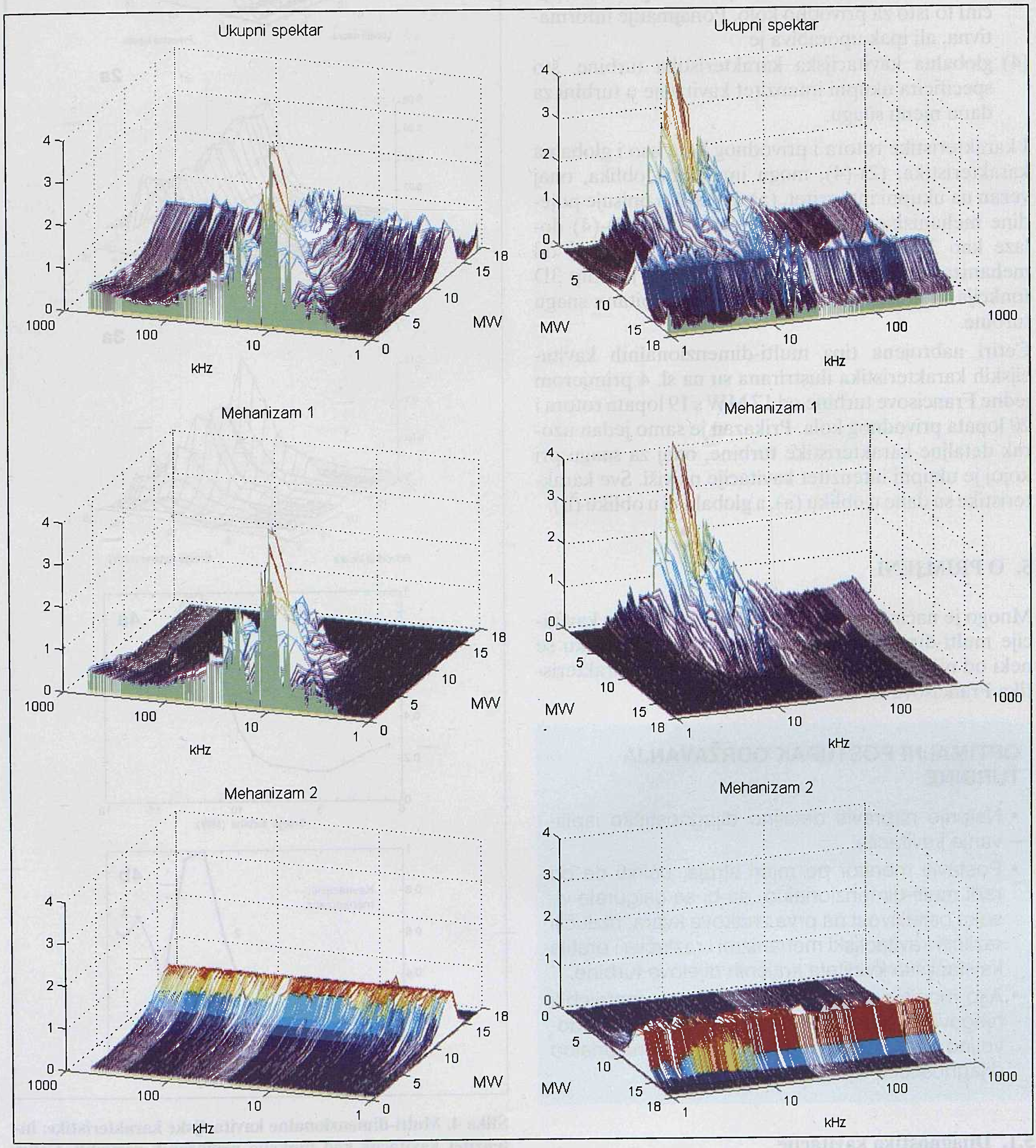
(srednja slika). Iako se ovi oblici čine kaotičnima, ispostavlja se da njima upravlja čvrst red. Donja slika pokazuje kako se podaci o tom redu mogu iskoristiti da bi se ocijenila uloga koju igraju pojedine lopate radnog i privodnog kola.

Jedan korak analize, koji se rabi pri identifikaciji različitih kavitacijskih mehanizama što mogu djelovati u turbini ilustriran je 3D grafovima na sl. 3.

4. KAVITACIJSKE KARAKTERISTIKE TURBINE

Najdetaljniji opis kavitacije koji slijedi iz ovih i više daljnjih koraka multi-dimenzionalne analize daje

(1) detaljna kavitacijska karakteristika turbine, koja precizira intenzitet kavitacije vezane na svaki par lopata privodnog kola – lopata radnog kola. Ona može imati dva oblika, tj. odnositi se na:



Slika 3. U normiranim vrijednostima spektra snage izmjerenog šuma, prikazanim u dva pogleda u gornjem redu kao funkcije frekvencije šuma (kHz) i snage turbine (MW), razabiru se dvije komponente. Ove su izdvojeno prikazane u srednjem i doljnjem redu. Dekompozicija ukupnog spektra (gore) na dvije aditivne komponente (sredina i dolje) odgovara dekompoziciji kavitacije na dva nezavisna kavitacijska mehanizma, tj. dva oblika kavitacije što dolaze u ispitanoj turbini.

(a) ukupni intenzitet kavitacije u turbini ili na
(b) svaki od kavitacijskih mehanizama koji u njoj djeluju.

Manje detaljan opis donose:

(2) kavitacijska karakteristika rotora, koja pokazuje koliko je snažna kavitacija vezana na pojedine lopate rotora i
(3) kavitacijska karakteristika privodnog kola, koja čini to isto za privodno kolo. Ponajmanje informativna, ali ipak uporabiva je
(4) globalna kavitacijska karakteristika turbine, što specificira ukupni intenzitet kavitacije u turbini za danu njenu snagu.

I karakteristike rotora i privodnog kola kao i globalna karakteristika, (2)-(4), mogu imati oba oblika, onaj vezan na ukupni intenzitet, (a), i onaj što opisuje pojedine mehanizme, (b). Dok karakteristike (2)-(4) dolaze kao 3D ili 2D funkcije ili grafovi za svaki od mehanizama ili za ukupnu kavitaciju, (1) je skup 3D funkcija ili grafova, po jedne za svaku ispitanu snagu turbine.

Četiri nabrojena tipa multi-dimenzionalnih kavitacijskih karakteristika ilustrirana su na sl. 4 primjerom jedne Francisove turbine od 17 MW s 19 lopata rotora i 20 lopata privodnog kola. Prikazan je samo jedan uzorak detaljne karakteristike turbine, onaj za snagu pri kojoj je ukupni intenzitet kavitacije najviši. Sve karakteristike su dane u obliku (a), a globalna i u obliku (b).

5. O PRIMJENI

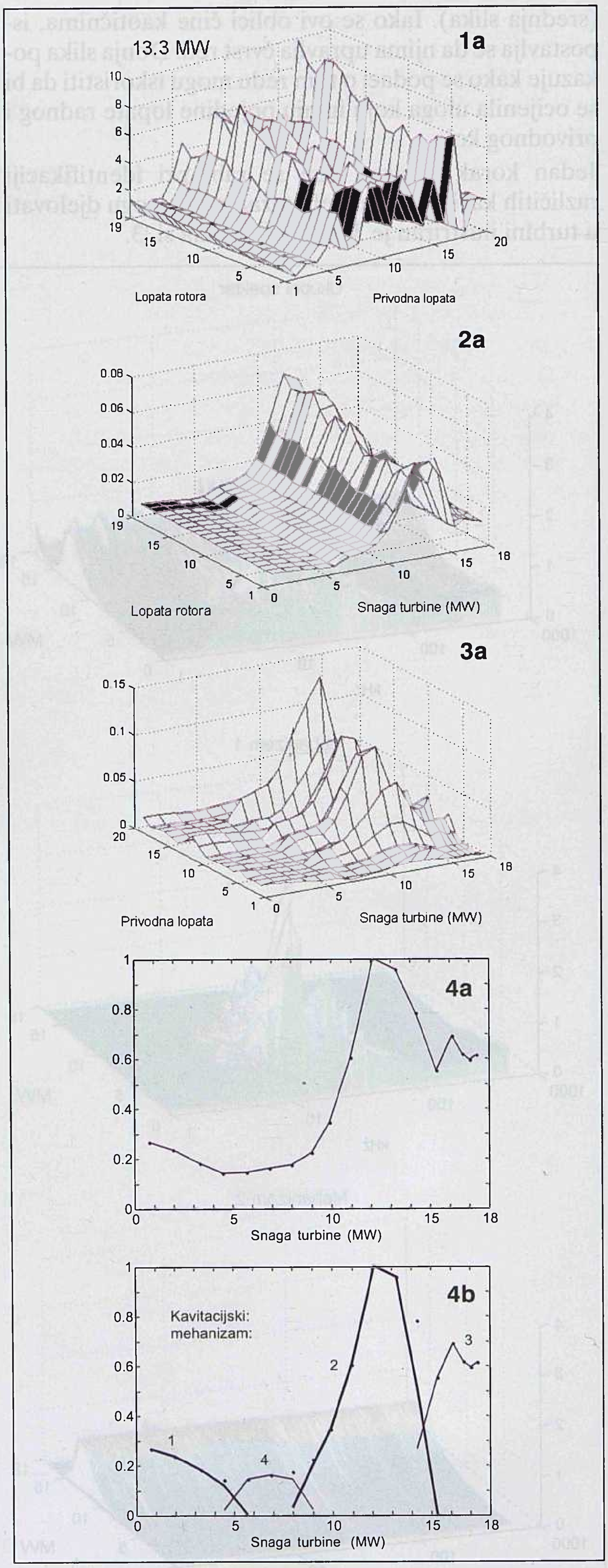
Mnogo je načina primjene rezultata ispitivanja kavitacije multi-dimenzionalnom metodom. U nastavku se neki od njih ilustriraju pomoću prikazanih karakteristika Francisove turbine.

OPTIMALNI POSTUPAK ODRŽAVANJA TURBINE

- Najprije napraviti detaljno dijagnostičko ispitivanje kavitacije.
- Postaviti monitor po mjeri stroja, učiniti da on radi multi-dimenzionalno, da bi se osigurala visoka osjetljivost na prve znakove kvara, razlučili različiti kavitacijski mehanizmi i razlučila i pratila kavitacijska kvaliteta kritičnih dijelova turbine.
- Ako monitor otkrije neku anomaliju, upotrijebiti njegove dijagnostičke funkcije, a ako to nije dovoljno, provesti kontrolno multi-dimenzionalno dijagnostičko ispitivanje.

5.1. Dijagnostika kavitacije

Po informacijskom sadržaju, opis kavitacije kakav daje multi-dimenzionalna metoda približava se teorijskom maksimumu: identificirane su i kvantitativno opisane



Slika 4. Multi-dimenzionalne kavitacijske karakteristike: intenzitet kavitacije kao funkcija prikazanih varijabli. Četiri tipa karakteristika u lijevom stupcu odnose se na ukupni intenzitet, tj. na djelovanje svih kavitacijskih mehanizama. Globalna je karakteristika prikazana u tom obliku (4a) ali i za svaki od četiri mehanizma nađena u ispitanoj turbini (4b).

uloge svih relevantnih dijelova turbine i svih kavitacijskih mehanizama koji djeluju u njoj. Ovo drugo može biti vrlo korisno. U slučaju ilustriranom na sl. 4 to je omogućilo kvantitativnu ocjenu brzine erozije, što je zadaća koja još uvijek nadilazi mogućnosti samih vibro-akustičkih metoda. Turbina iz primjera radi gotovo isključivo na 16-17 MW. To pokazuje da je mehanizam 3 prikazan u globalnoj karakteristici 4b na sl. 4 odgovoran za eroziju. Dodatna analiza modulacije, koja nije ovdje prikazana, pokazala je da je taj mehanizam vezan na kavitaciju na lopatama privodnog kola. Podaci o utrošku elektroda pri redovitim remontima ovih i vibro-akustički izvedena ocjena veličine koja je proporcionalna brzini erozije rezultirali su tako u potpuno kalibriranoj ocjeni te brzine.

5.2. Popravak turbine

U Francisovoj turbini iz primjera, lopate rotora ne razlikuju se jako (2a na sl. 4), ali su razlike intenziteta kavitacije vezane na razne lopate privodnog kola vrlo velike (3a). Dok polagani trend ovisnosti intenziteta o rednom broju privodne lopate (njegov pad sa smanjenjem rednog broja) dolazi zbog postupne obodne promjene nastrujavanja u spirali neidealna oblika, velike razlike među susjednim lopatama uzrokovane su razlikama u obliku profila i nagiba. Ove razlike mogu biti posljedica loše izrade ili pak posljedica oštećenja nastalih tijekom eksploatacije. Multi-dimenzionalna metoda ne može objasniti ove detalje, ali može pokazati koje su lopate kavitacijski dobre a koje loše, pa se usporedbom u remontu može doći do upute za popravak.

5.3. Optimizacija pogona

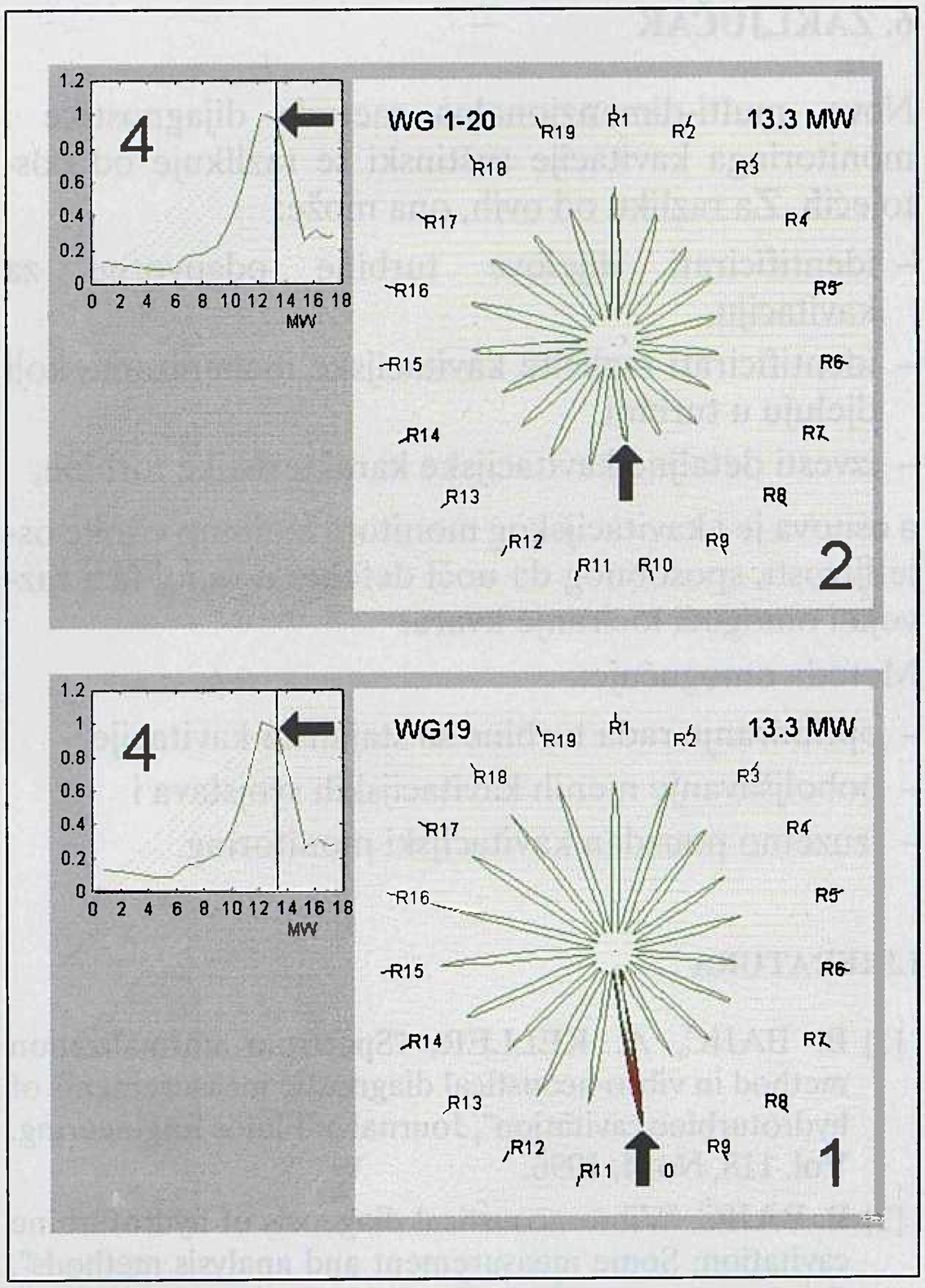
Globalne kavitacijske karakteristike (poput 4a i 4b na sl. 4) pogodne su za optimiranje rada elektrane sa stajališta kavitacije. I doista, ovisno o zahtijevanoj proizvodnji, mogu se postaviti manje ili više stroge granice za intenzitet kavitacije, pa se opterećenja s visokim intenzitetom mogu izbjegavati.

Ako je u elektrani više agregata, granice treba ustanoviti za svaku turbinu posebno, jer se i nominalno identične turbine mogu kavitacijski ponašati vrlo različito. Ovo vrijedi i za novoinstalirane strojeve, a posebno za one što su neko vrijeme u uporabi. Kad vode nema dovoljno za rad elektrane punom snagom ili se puna snaga ne može plasirati, treba rad elektrane optimirati tako što se – za svaku ukupnu snagu – specificira broj agregata u pogonu i opterećenje svakoga od njih.

5.4. Monitoring kavitacije

Prednosti multi-dimenzionalnog monitora kavitacije nad jednostavnima ilustrira sl. 5. Ona donosi izlaze iz monitora koji slijede različite algoritme, a sve pod istim uvjetima:

- u normalnom stanju turbine i
- uz malo oštećenje.



Slika 5. Izlazi iz monitora kavitacije: usporedba triju algoritama

Mjesta na krivuljama na ekranu, na kojima bi se morala pojaviti promjena uzrokovana oštećenjem, označene su strjelicama. Uspoređena su tri algoritma, označena na slici brojevima 4, 2 i 1; oni se oslanjaju na tri kavitacijske karakteristike prema definicijama iz točke 4:

(4) globalna karakteristika - nema rezolucije po dijelovima turbine,
(2) karakteristika rotora - postoji rezolucija po lopatama rotora,
(1) detaljna karakteristika - postoji rezolucija i po lopatama rotora i po lopatama privodnog kola.

Crveni dio krivulje na donjoj slici, onoj što opisuje algoritam (1), jasno pokazuje promjenu; na krivulji (2) jedva se nešto naslućuje, a na (4) nema nikakvog traga od promjene. Multi-dimenzionalni monitor ostvaruje sva tri algoritma - tipičan je za njega algoritam (1) - a obični monitori ostvaruju samo (4) ili neki njegov jednako (ne)kvalitetan analogon. Prednost multi-dimenzionalnog monitora kavitacije je evidentna: dok on jasno uočava promjenu, jednostavni monitor na bazi srednjih vrijednosti i sa samo jednim ili samo par osjetila daleko je od toga. Daljnja prednost multi-dimenzionalnog monitora je i mogućnost dijagnostike: uz rano uočavanje kvara, on pokazuje i uz koji je dio turbine kvar vezan.

6. ZAKLJUČAK

Nova, multi-dimenzionalna metoda dijagnostike i monitoringa kavitacije suštinski se razlikuje od postojećih. Za razliku od ovih, ona može:

- identificirati dijelove turbine odgovorne za kavitaciju,
- identificirati različite kavitacijske mehanizame koji djeluju u turbini,
- izvesti detaljne kavitacijske karakteristike turbine,

a osnova je i kavitacijskog monitora iznimno visoke osjetljivosti, sposobnog da uoči defekte u ranoj fazi razvoja i omogući lociranje kvara.

Metoda omogućuje:

- optimiranje rada turbine sa stajališta kavitacije,
- poboljšavanje njenih kavitacijskih svojstava i
- izuzetno pouzdan kavitacijski monitoring.

LIRERATURA

[1] B. BAJIĆ, A. KELLER, "Spectrum normalization method in vibro-acoustical diagnostic measurements of hydroturbine cavitation", Journal of Fluids Engineering, Vol. 118, No. 4, 1996.

[2] B. BAJIĆ, "Vibro-acoustical diagnosis of hydroturbine cavitation: Some measurement and analysis methods", Conference Modelling, Testing & Monitoring for Hydro Powerplants II, Lausanne, Švicarska,1996.

[3] B. BAJIĆ, "A practical approach to vibroacoustical assessment of turbine cavitation", The International Journal on Hydropower & Dams, Vol. 3, No. 6, 1996.

[4] B. BAJIĆ, "Inflow decomposition: A vibroacoustical technique to reveal details of hydroturbine cavitation", Conference Hydropower Into the Next Century, Portorož, Slovenija, 1997.

[5] B. BAJIĆ, "Spectrum tracing - A vibroacoustic technique to identify mechanisms of turbine cavitation", Conference Modelling, Testing & Monitoring for Hydro Powerplants III, Aix-en-Provence, Francuska, 1998.

[6] B. BAJIĆ, "Nove metode vibroakustičke dijagnostike kavitacije u turbinama", Energija, god. 48, br. 4, 1999.

[7] B. BAJIĆ, "Turbinenleistungserhöhung - Wäre sie zulässig im Hinblick auf die Kavitation? - Beispiel einer vibroakustischen Diagnose", Wasserwirtschaft, Vol. 89, No. 4, 1999.

[8] B. BAJIĆ, "Multi-dimensional diagnostics of turbine cavitation", 20th IAHR Symposium Hydraulic Machinery and Systems, Charlotte, North Carolina, SAD, 2000.

[9] B. BAJIĆ, "Vibro-Acoustical Diagnostics of Turbine Cavitation - Examples of Application", HydroVision 2000 Conference, Charlotte, North Carolina, SAD, 2000.

[10] B. BAJIĆ, "Multi-dimensional analysis: A novel technique for cavitation diagnostics and monitoring", Conference Hydro 2000, Bern, Švicarska, 2000.

[11] B. BAJIĆ, "Intelligent cavitation diagnostics and monitoring", International Water Power & Dam Construction, Vol. 53, No. 4, 2001.

INTELLIGENT CAVITATION MONITORING AND DIAGNOSTICS
A method for a high number of runner blades

A new multi-dimensional vibro-acoustic technique for cavitation diagnostics and monitoring, developed at Korto Cavitation Services, is presented. The technique yields a detailed insight into cavitation processes in an operating turbine that cannot be reached by other techniques, and enables a highly reliable high-sensitivity cavitation monitoring. It resolves and assesses different cavitation mechanisms in a turbine and resolves and assesses the role critical turbine parts play in cavitation. The variant suited for a high number of runner blades is described in the paper.

EINE MIT KÜNSTLICHER INTELLIGENZ BEGLEITETE BEOBACHTUNG UND ERKENNUNG DER HOHLRAUMBILDUNG
Eine für grosse Anzahl von Radschauffeln geeignete Methode

Dargestellt wird das neue multidimensionale Verfahren der vibroakustischen Erkennung und Beobachtung der Hohlraumbildung (in sehr rasch strömenden Flüssigkeiten - Kavitation), entwickelt in der Firma Korto Cavitation Services. Dieses Verfahren ermöglicht eine, anderen Verfahren unerreichbare, ausführliche Einsicht in die Kavitationshergänge im Betrieb der Turbine, und sichert ausserordentlich hohe Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit der Kavitationsbeobachtung. Es ermöglicht die Unterscheidung und Beurteilung verschiedener Kavitationsabläufe sowie der von diesen Abläufen betroffenen Turbinenteile. Im Artikel wird die für einen mehrschaufeligen Rad der Turbine passende Abwandlung dieses Verfhrens beschrieben.

Naslov pisca:

Dr. sc. Branko Bajić, dipl. ing., član HATZ-a
Korto Cavitation Services
Korto GmbH, Luksemburg
c/o Brodarski institut, d.o.o.
Sektor za upravljanje sustavima i procesima
Av. V. Holjevca 20, 10020 Zagreb

Uredništvo primilo rukopis:
2002-02-19.

ELEKTROMAGNETSKA KOMPATIBILNOST U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Dr. sc. Milan P u h a r i ć, Zagreb

UDK 621.33:658.516
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Elektrotehnička oprema treba zadovoljiti uvjete vezane za Elektromagnetsku kompatibilnost EMC već pri izradi idejnog projekta. Potrebno je primijeniti razne principe i pravila prilikom izrade opreme kao i njene ugradnje.
U članku je su opisani izvori i primatelji raznih vrsta perturbacija kao i mjere u cilju njenih eliminiranja.
Prikazuju se osnovne postavke proučavanja elektromagnetske kompatibilnosti. Sažeto su prikazani mehanizmi koji dovode do raznih vrsta međuutjecaja, kao i neke okvirne numeričke vrijednosti koje su dobivene mjerenjima u postrojenjima. Pokazane su i neke osnovne mjere za smanjenje elektromagnetskih utjecaja u postrojenjima.

Ključne riječi: elektromagnetska kompatibilnost, izvor, sprega, primatelj.

1. UVOD

Elektroenergetska postrojenja u koja ulaze svi tipovi elektrana, trafostanice, centri za upravljanje kao i ukupna električna mreža, postaju sve kompleksniji, pa su tako i standardi koji definiraju njihov rad sve zahtjevniji. Elektromagnetska kompatibilnost je relativno nova disciplina koja proučava interakciju izvora smetnji i primatelja, dakle smetnje na uređajima zbog međusobnih elektromagnetskih utjecaja.

Elektromagnetska kompatibilnost (EMC) koju definiramo kao sposobnost uređaja, opreme ili sustava da djeluje na zadovoljavajući način u svom elektromagnetskom okruženju kao i da ne emitira nedozvoljene smetnje u okoliš, zahtijeva poznavanje mehanizama koji dovode do intrakcije izvora i primatelja. Stoga će se u članku prikazati osnovni pojmovi i zakonitosti koji dovode do međusobnih utjecaja kao i mjere za njihovo suzbijanje.

2. OSNOVNA RAZMATRANJA O EMC

EMC je disciplina koja proučava interakcije između elemenata koji emitiraju elektromagnetske smetnje kao i onih koji su na njih osjetljivi (primatelji).

Oduvijek je poznato da je električna oprema podložna djelovanju različitih elektromagnetskih smetnji kao i činjenici da ih taj isti uređaj može više ili manje stvarati. Te su smetnje generirane na različite načine, međutim njihov uzrok su u osnovi nagle promjene električnih veličina kao što su napon i struja. Jedan od najčešćih primjera smetnji su operacije uklapanja/isklapanja SN i VN aparata. One se mogu širiti duž električnih vodova i kabela, ili djelovati zračenjem u formi elektromagnetskih valova. Neželjene posljedice ovih smetnji su na primjer smetnje u emitiranju radio valova ili pak perturbacije u sustavima nadzora i upravljanja.

Općenito se smetnje, ovisno o klasi, tipu te uzroku mogu prikazati na način koji je dan u tablici 1.

Tablica 1. Smetnje razvrstane po kategorijama

Klasa	Tip	Uzrok
energetski	propadi napona	permutacija izvora
		kratki spoj
		pokretanje motora
srednje frekvencije	harmonici	sustavi s poluvodičima
		lučne peći
visoke frekvencije	prenaponi	direktni i indirektni udarci groma
		operacije sklapanja
		isklapanja kratkih spojeva

Važnost discipline EMC se zadnjih godina povećava. Sljedeći glavni faktori su tome uzrok:

- smetnje su sve veće jer se povećavaju struje i naponi u sustavima
- elektronički sklopovi su sve osjetljiviji
- udaljenosti između osjetljivih elektroničkih sklopova i energetskih krugova su sve manje.

Jedan od klasičnih primjera primjene EMC-a je funkcioniranje sklopnih blokova gdje se susreću energetski krugovi s elektroničkim sklopovima u funkciji zaštite odnosno nadzora i upravljanja. EMC je kriterij koji se

mora uzeti u obzir u svim fazama razvoja i konstrukcije proizvoda, kao i tijekom instalacije i ožičenja.

Proces proučavanja EMC je veoma složen, a može se podijeliti u tri cjeline:

- generator smetnje ili izvor
- širenje ili sprega između izvora i primatelja
- element koji je podložan smetnji ili primatelj.

Iako ove tri komponente nisu striktno neovisne, one se u praksi takvima smatraju. Sama teorija EMC te proračuni vezani uz nju su veoma složeni. Susreće se s teorijom širenja valova duž nadzemnih vodova i kabela te složenim računom elektromagnetskog zračenja. Ipak, u praksi se nastoji EMC svesti na korištenje određenog broja pojednostavljenih hipoteza koji služe kao osnova u modeliranju ovih pojava, naravno uz stalnu mogućnost raznih pokusa i mjerenja.

3. IZVORI SMETNJI

Svi uređaji ili fizikalno-električni fenomeni koji su u stanju emitirati elektromagnetske smetnje zovu se izvori. Oni mogu prenositi smetnje bilo vođenjem bilo elektromagnetskim zračenjem. Najznačajniji uzroci smetnji su:

- energetski vodovi svih nivoa (NN, SN i VN)
- radio smetnje
- elektrostatska pražnjenja
- atmosferska pražnjenja.

Kod prijenosnih i distributivnih vodova smetnje se generiraju otvaranjem i zatvaranjem strujnih krugova na način:

- u niskonaponskim mrežama otvaranje induktivnih krugova kao na primjer sklopki koje posjeduju zavojnice, krugova s elektromotorima, krugova s elektroventilima stvaraju na krajevima zavojnica prenapone visokih amplituda (nekoliko kilovolta) te veoma visokih frekvencija (desetke MHz)
- u srednjonaponskim i visokonaponskim mrežama otvaranje i zatvaranje rastavljača izaziva pojavu prenaponskih valova veoma strma čela (nekoliko nanosekundi). Ove su pojave naročito prisutne kod oklopljenih postrojenja (u SF6 plinu). Ovi su prenaponski valovi naročito opasni na sustave s mikroprocesorima.

Radio smetnje koje se javljaju kod sustava daljinskog vođenja, radio komunikacija, itd., pogađaju elektroničku opremu. Ovakve pojave dostižu amplitude od nekoliko volta po metru. Kako se komuniciranje radio vezama iz godine u godinu povećava nužno je osjetljivu opremu zaštititi.

Elektrostatska pražnjenja se često izostavljaju pri analizi izvora smetnji. Međutim čovjek se hodanjem po raznim umjetnim materijalima (tapison itd.) može elektrostatski nabiti na potencijal koji zna prijeći 25 kV. Bilo koji kontakt s elektroničkom opremom iza-

ziva električna pražnjenja koja imaju vrlo kratko trajanje čela te su po nju veoma opasna.

U sljedećim poglavljima će se opisati neke od smetnji koje često susrećemo u praksi.

3.1. Smetnje izazvane otvaranjem/zatvaranjem sklopnih uređaja

U okolišu visokonaponskih i srednjonaponskih trafostanica mogu se pojaviti veoma visoki iznosi elektromagnetskih polja impulsnog oblika. Manevri sklopnih uređaja stvaraju promjene napona ekstremno kratkim vremenima. Zatvaranje jedne 24 kV sklopke može izazvati preskoke (takozvana pretpražnjenja) na polovima visine više desetaka kV u vremenu od nekoliko nanosekunda. Mjerenja u laboratorijima koja su provedena prilikom operacija sklapanja, na udaljenosti jedan metar [5] od srednjonaponskih sklopnih blokova napona 24 kV, su pokazala da elektromagnetsko polje sinusnog oblika dostiže tjemenu vrijednost od 7,7 kV/m. Frekvencija koja se tom prilikom javlja je reda 80 MHz. Ovakva elektromagnetska polja su veoma značajna za proučavanje elektromagnetske kompatibilnosti, jer se šire duž obližnjih kabela, zračnih vodova, sabirnica itd. Tako na primjer sabirnice koje prime ove signale postaju prave antene koje zrače magnetska polja visokih frekvencija.

Ovaj je fenomen naročito značajan kod oklopljenih trafostanica ispunjenih SF6 plinom. Ovakve stanice posjeduju strukturu koaksijalnog kabela, koja se fizikalno može nadomjestiti konstantnom valnom impedancijom. Prilikom manevara sklopnim uređajima stvaraju se putni valovi koji se reflektiraju na krajevima oklopljenog postrojenja. Rezultat procesa su stacionarni valovi određene amplitude i frekvencije, određeni uglavnom dimenzijama postrojenja.

Elektronička oprema kao što su zaštita, uređaji za upravljanje i nadzor osjetljivi su na ovakve perturbacije te je za procjenu smetnji potrebno izvršiti prilično složene proračune. Uz to je neizbježno provesti mjere za smanjenje utjecaja navedenih smetnji, o kojima će se govoriti kasnije.

3.2. Atmosferska pražnjenja

Atmosferska pražnjenja su jedan od najčešćih uzroka kvarova na niskonaponskim uređajima, elektroničkim sklopovima, računalima itd. Osim direktnog utjecaja na niskonaponske krugove, udari groma mogu se dogoditi i na srednjonaposkim vodovima i posredno ugroziti osjetljive niženaponske uređaje.

Atmosferski prenaponi u srednjonaponskim mrežama se mogu razdijeliti u dvije kategorije:

- prenaponi zbog direktnih udara groma u fazne vodiče
- prenaponi zbog indirektnih udara groma u okolišu voda (inducirani prenaponi).

Srednjonaponske mreže imaju relativno nisku razinu izolacije pa direktni udari u fazne vodiče ili stupove nadzemnih vodova bez zaštitnih vodiča uzrokuju pre-

skoke preko izolatora. Prenaponi na vodičima ne ovise o mjestu udara groma.

Struja groma koja teče svojim kanalom izaziva magnetsko polje u okolici koje djeluje na taj način da inducira napon na susjednim objektima. U slučaju udarca groma u blizini nadzemnog voda, induciraju se na vodičima prenaponi koji mogu nadmašiti njegovu izolacijsku čvrstoću.

Sa stanovišta parametara prenapona koji su važni za zaštitu voda (npr. amplitude, strmine, energija) prenaponi uslijed direktnih udara bitno razlikuju od induciranih prenapona. Stoga je važno znati koliko je očekivanje događaja svakog od spomenutih vrsta prenapona. Broj očekivanih događaja ovisi bitno o izloženosti (eksponiranosti) vodova kao i zaštićenosti od obližnjih objekata, za oba slučaja.

Osim gore opisanih utjecaja SN vodova koji se javljaju takozvanom kondukcijom ili vođenjem postoje i direktni utjecaji atmosferskih pražnjenja koji se putem elektromagnetskih valova induciraju na niskonaponskim krugovima. Načini sprege između izvora perturbacije (npr. udara groma) i primatelja (niskonaponskih kabela, elektroničkih uređaja), bit će dano u sljedećem poglavlju.

3.3. Harmonici u mrežama

Električna oprema koja se koristi u elektroenergetskim mrežama predvidena je za rad u uvjetima simetričnog sinusoidalnog napona, čiji iznos je jednak ili blizu nominalnom naponu. Kod odstupanja napona od sinusoidalnog valnog oblika koji prelazi standardom normirane veličine, rad uredaja koji su priključeni na elektroenergetski sustav često je poremećen.

Glavni efekti harmonika napona i struje u elektroenergetskom sustavu su:

- nastanak serijske i paralelne rezonancije;
- povećanje iznosa harmonika napona uslijed serijske i paralelne rezonancije;
- smanjenje efikasnosti proizvodnje i prijenosa električne energije i njezine upotrebe;
- starenje izolacije električnih uređaja te skraćivanje njihovog životnog vijeka;
- kriva prorada zaštitnih uređaja.

4. SPREGA IZMEĐU IZVORA I PRIMATELJA SMETNJI

Pod elektromagnetskom spregom podrazumijeva se veza, prijelaz ili prijenos elektromagnetskih smetnja ili perturbacija od izvora prema primatelju.

Koeficijent sprege se označava koeficijentom k izraženom u decibelima (dB), koji se definira kao efikasnost prijelaza jedne smetnje od izvora prema potencijalnom primatelju. Koeficijent se izražava kao:

$$k = 20 \log \frac{A_{primljen}}{A_{emitiran}} \qquad (1)$$

gdje je A amplituda smetnje.

Što je veza između izvora i primatelja slabija ovaj je koeficijent u apsolutnoj vrijednosti veći (dakle veće je prigušenje a time i bolja EMC).

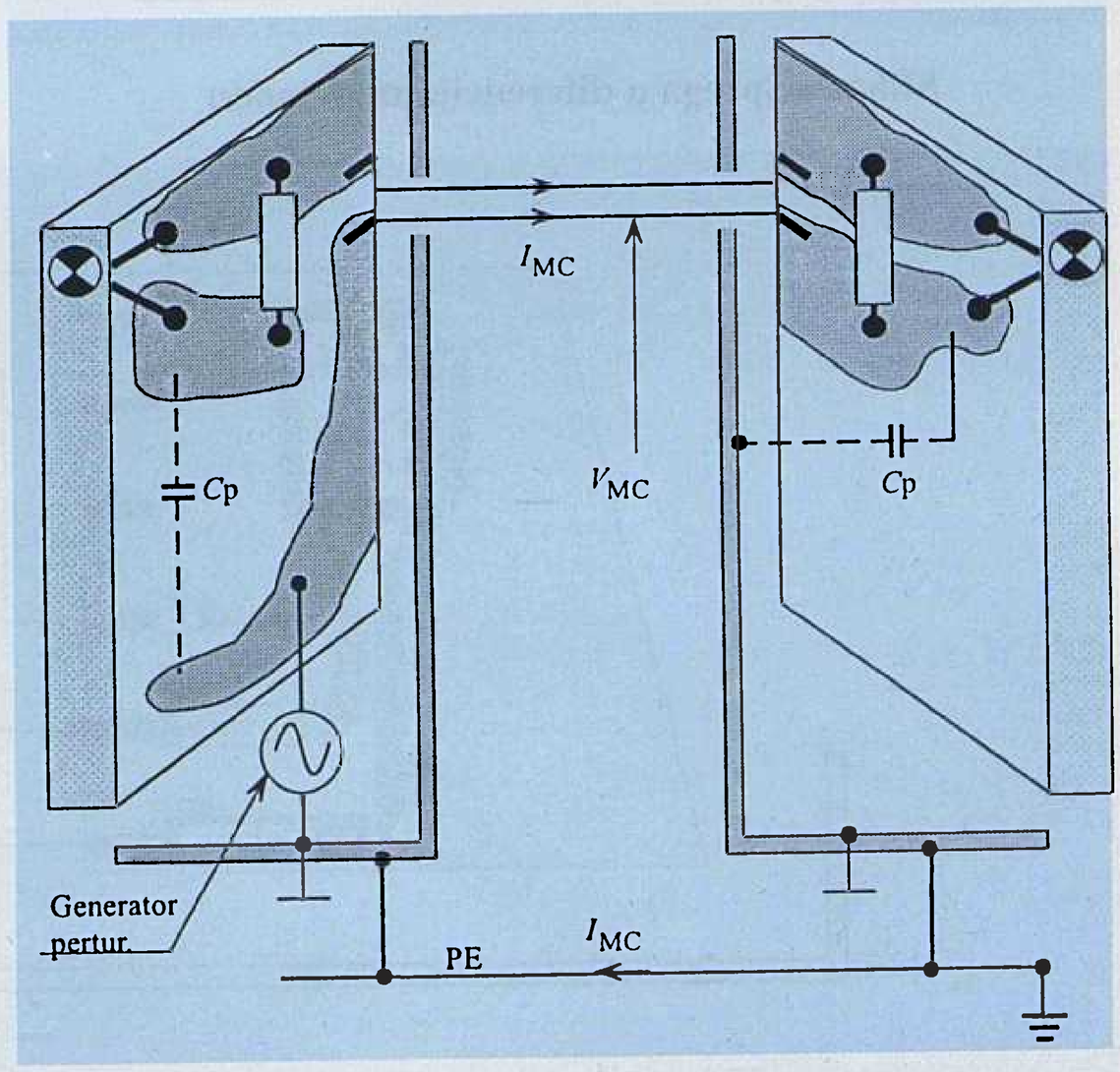
U praksi razlikujemo tri slučaja sprege:

- sprega elektromagnetskog polja i kabela, u nultom i diferencijalnom modu
- sprega preko zajedničke impedancije
- sprega između dva kabela u diferencijalnom modu (koje se ponekad zove i diafonija).

4.1. Sprega elektromagnetskog polja i kabela, u nultom i diferencijalnom modu

Elektromagnetsko polje može se vezati za bilo koju žičanu strukturu a time i energetski ili telekomunikacijski kabel, te na taj način generirati napone u takozvanom nultom modu. Nulti mod fizikalno predstavlja referentni napon prema zemlji ili masi. Isto tako, moguće je djelovanje tog polja između dviju ili više žica (žila) kabelskog (zračnog) voda. Takav učinak polja inducira napon u diferencijalnom modu (slika 2).

Sprega u nultom modu izaziva pojavu struja i napona u dotičnom modu. Tako se napon nultom modu (V_{mc}) odnosi na napon između aktivnih vodiča i mase ili zemlje. Struja u nultom modu (I_{mc}) protječe aktivnim vodičima u istom smjeru i zatvara se preko zajedničke mase, slika 1. Na slici je dan shematski prikaz dvaju releja koji se nalaze unutar metalne strukture ćelije srednjeg napona (nepravilne površine predstavljaju metalne dijelove). Udarac groma (direktni ili inducirani) prikazan na slici kao generator perturbacije, potjerat će struju (I_{mc}) koja će se vratiti preko zajedničke mase ili zemlje. Ovo je tipični primjer sprege koja se iskazuje u nultom modu, gdje se proces odvija preko parazitskih kapaciteta (C_p) i kada su naponi koji se



Slika 1. Struje i naponi u nultom modu, u jednoj ćeliji srednjeg napona

induciraju relativno visoki. Potrebno je naglasiti da je za ovu pojavu potrebno ispuniti uvjet:

$$h >> s$$

gdje je h visina od zemlje, a s je udaljenost između vodiča.

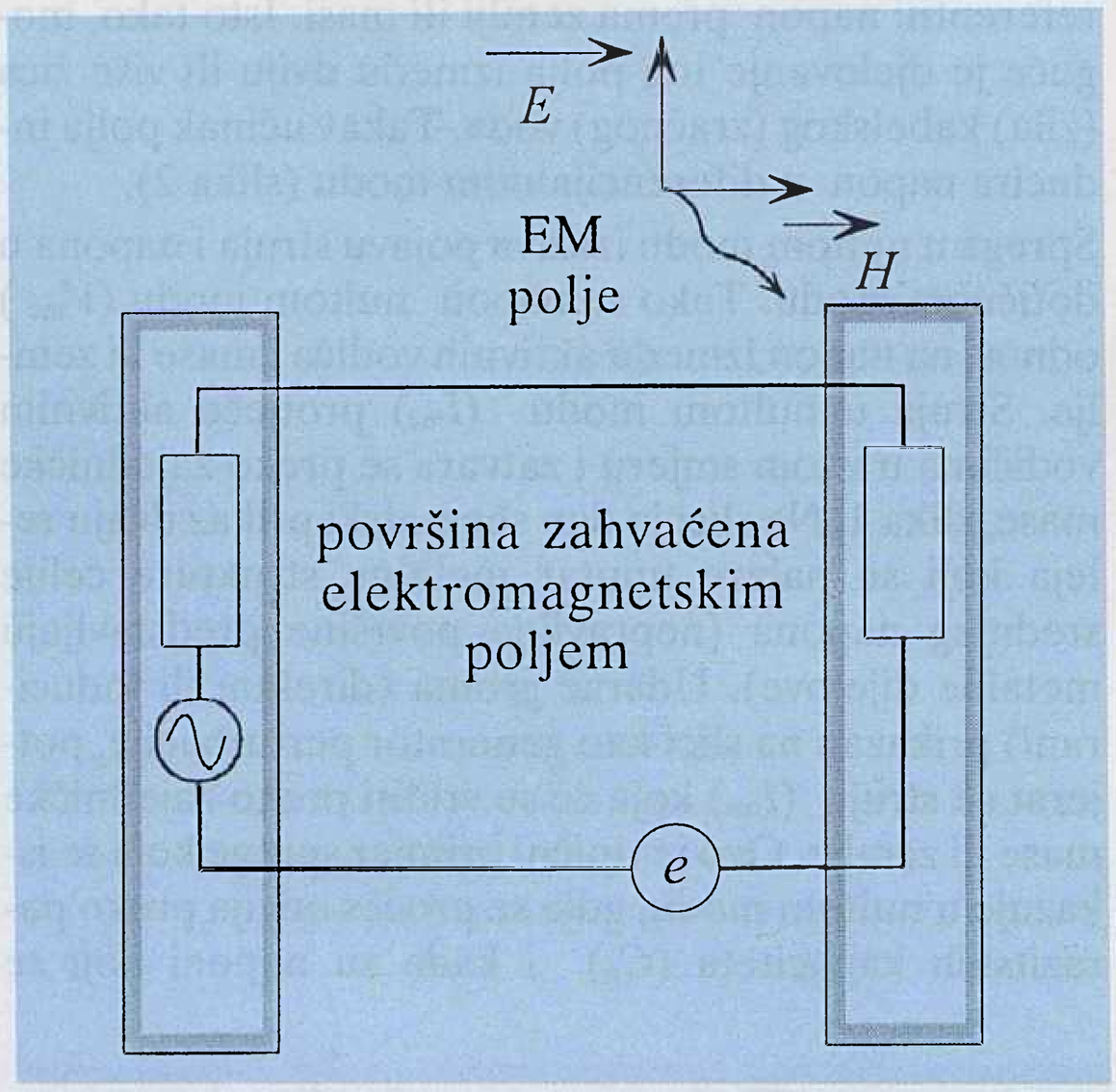
Kao što je rečeno ova je sprega karakteristična za atmosferska pražnjenja kada se induciraju naponi visokih amplituda, koji mogu često izazvati i preskoke od aktivnih vodiča prema zemlji ili masi.

Sprega u diferencijalnom modu označava pojavu struja i napona, tipično između dviju faza. Klasičan su primjer vodiči u pomoćnim krugovima trafostanica koji povezuju mjerne i signalne krugove. Proračun sprege u diferencijalnom modu je kompleksan jer je osim modeliranja izvora smetnje nužno proračunati indukciju između dvaju (ili više njih) vodiča koji su vrlo blizu jedan drugom. Pri tome je potrebno uključiti utjecaje zemlje te uzeti u obzir završne impedancije, na koje su priključeni vodiči. U pojednostavljenom slučaju (na primjer za bliska elektromagnetska pražnjenja) može se proračunati sprega komponente magnetskog polja i petlje koju sačinjavaju dva vodiča. Dobiva se jednostavan izraz:

$$e = \mu_0 \cdot S \cdot dH / dt \qquad (2)$$

gdje je S površina petlje prikazana na slici 2.

Iako su vrijednosti ovako dobivenih napona daleko niži od onih u slučaju sprege u nultom modu, smetnje ovog tipa se šire kabelima pa mogu ugroziti osjetljivu elektroničku opremu na njenom kraju. Drugi je slučaj superponiranje ovih smetnji na signale koji se prenose telekomunikacijskim kabelima, pri čemu i veoma male amplitude smetnji mogu praviti velike probleme u prijenosu informacija.



Slika 2. Sprega u diferencijalnom modu

4.2. Sprega preko zajedničke impedancije

Ovakav se tip sprege događa u slučajevima kada, kao što i samo ime kazuje, postoji zajednička impedancija preko koje se zatvara dva ili više električnih krugova. Zajednička impedancija može biti zajednička masa, uzemljivač, zajedničko povratni vodič više krugova itd.

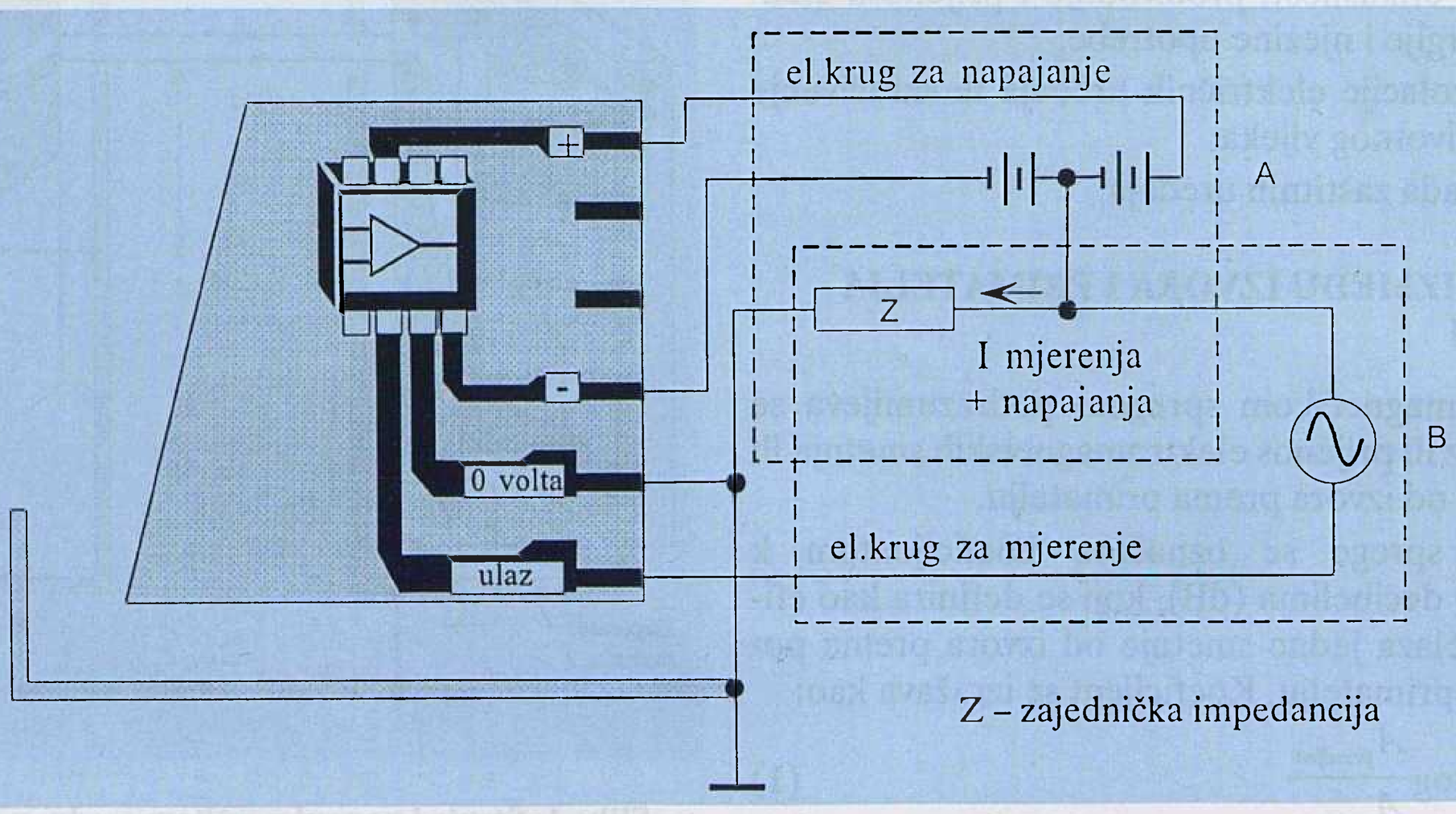
Na slici 3 prikazan je primjer koji zorno objašnjava važnost ovakve sprege. Struja smetnje u napojnom krugu A reda veličine nekoliko desetaka mA, dovoljna je da u strujnom krugu mjerenja B, izazove parazitske napone od više volti. Ukoliko uzmemo referentnu točku M u krugu B, njen će napon u tom slučaju varirati za nekoliko volti. Ovo zasigurno može izazvati smetnje u elektroničkim krugovima.

U primjeru sa slike 3 zajednička impedancija može biti često nekoliko metara zajedničkog kabela koji povezuje dva strujna kruga. U tom slučaju iznos perturbacije je

$U_c = I_a \,.\, Z_c$ (slika 4)

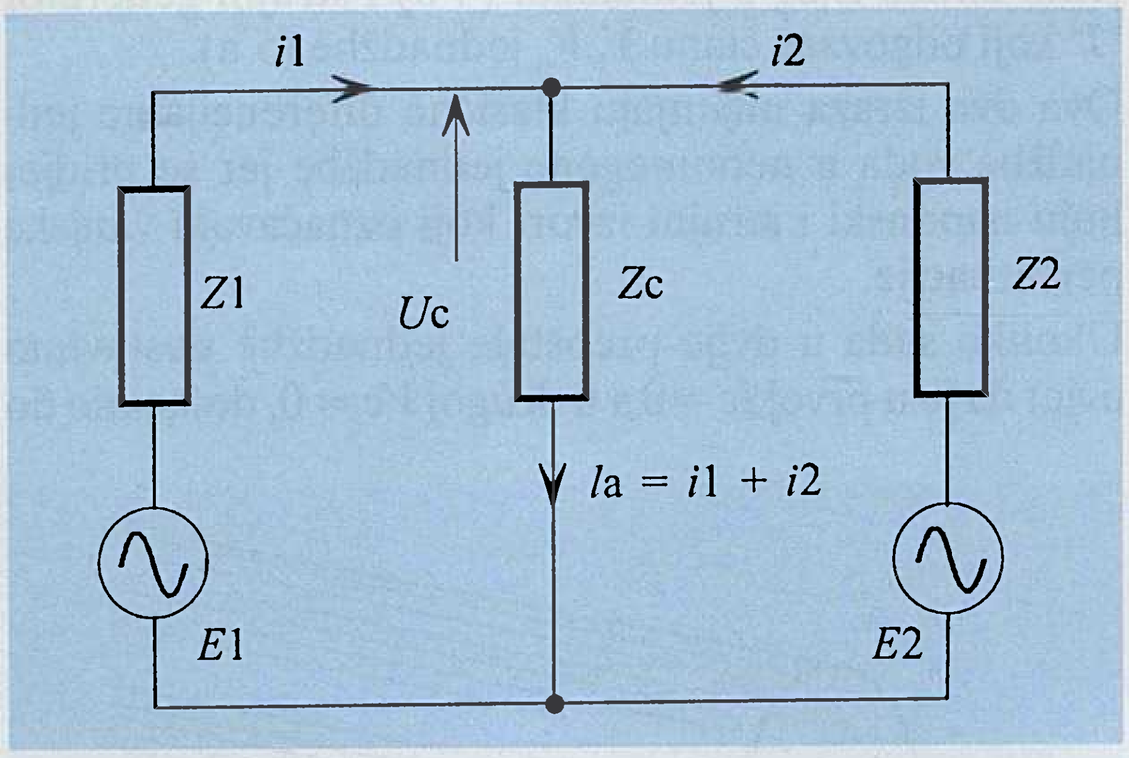
Ia : struja perturbacije

Zc : zajednička impedancija.



Slika 3. Sprega preko zajedničke impedancije

Vrijednost zajedničke impedancije općenito je veoma mala na niskim frekvencijama. Pri frekvenciji mreže od 50 Hz iznos impedancije najčešće ne prelazi 1 Ω. Međutim pri visokofrekventnim smetnjama ova vrijednost impedancije jako raste pa se i iznos napona perturbacije razmjerno povećava. Jedno od rješenja u svrhu eliminiranja ovih smetnji je izbjegavanje dugih zajedničkih vodiča. Druge mjere u cilju smanjenja zajedničke impedancije su polaganje vodiča na metalnu plohu dobre vodljivosti ili na metalnu rešetku.



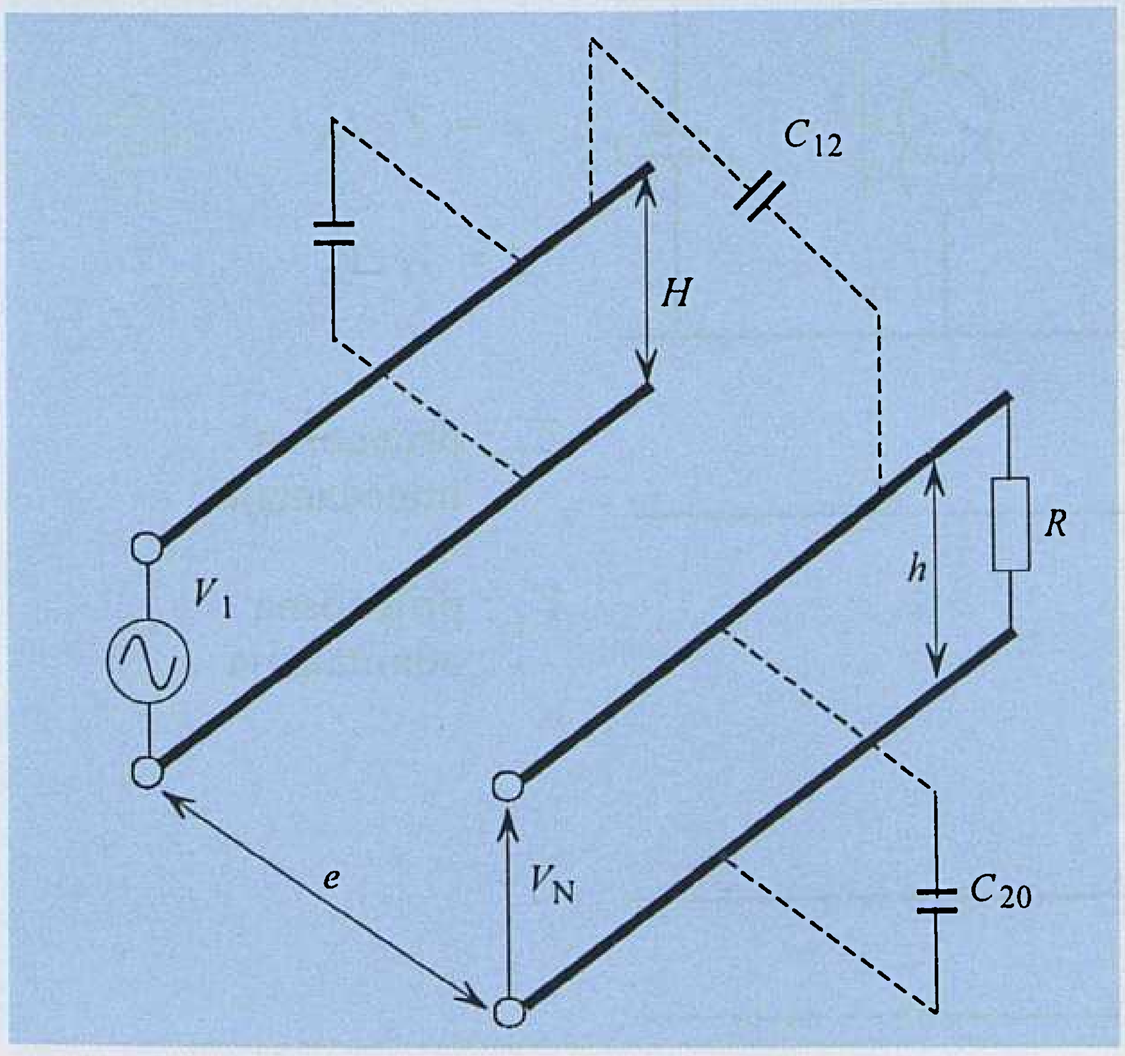
Slika 4. Ukupna struja kroz impedanciju

4.3. Sprega između dva kabela u diferencijalnom modu

Diafonija (crosstalk) je vrsta sprege koja se odvija elektromagnetskim djelovanjem jednog kabela na drugi kabel. Postoje ovisno o vrsti perturbacije:

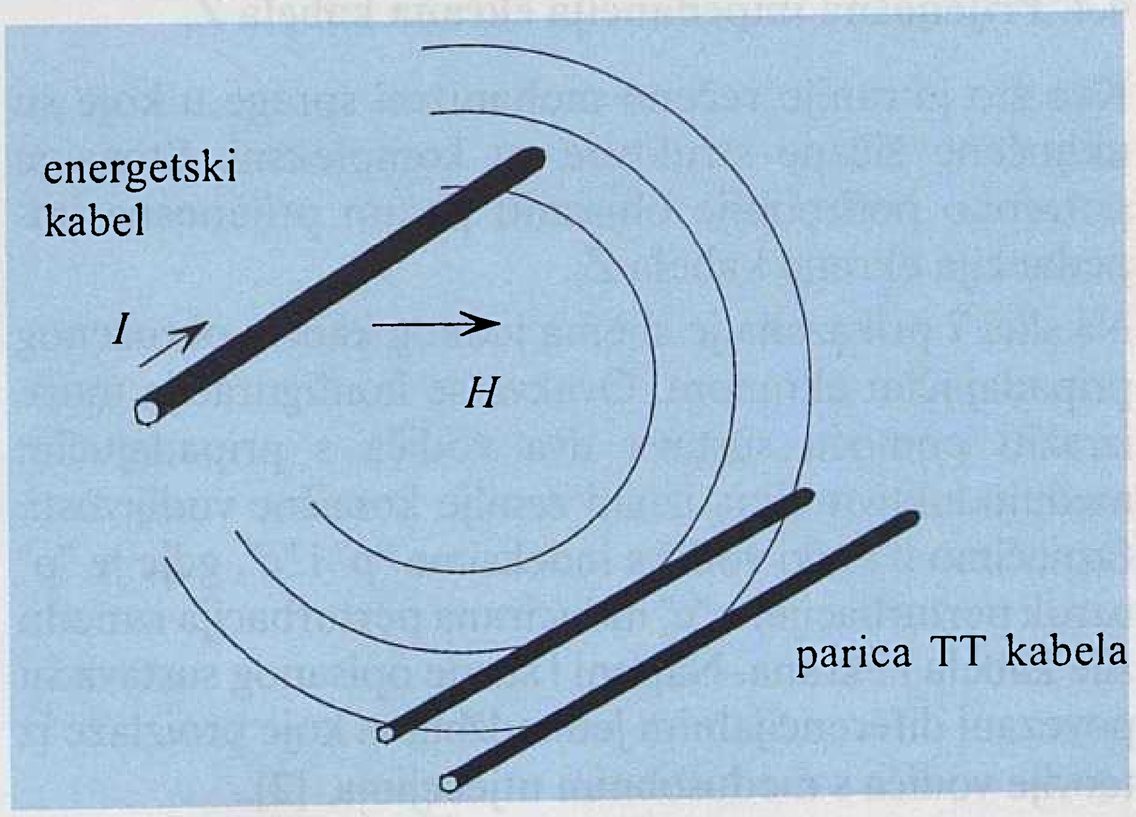
- kapacitivna sprega
- induktivna sprega.

Kapacitivna sprega se odvija u slučaju nagle promjene napona, bilo između dvaju vodiča, bilo između vodiča i zemlje, kojom se prilikom formira elektromagnetsko polje s karakteristikama (uz određene pojednostavljene pretpostavke) električnog polja. Stvoreno polje se veže sa žičanom strukturom obližnjeg kabela, čime se postiže kapacitivna sprega. (slika 5).



Slika 5. Kapacitivna sprega

Na isti način promjena struje u jednom strujnom krugu stvara elektromagnetsko polje koje se uz neka pojednostavljenja može smatrati čistim magnetskim poljem. Ovo se polje veže s drugim kabelom ili zračnim vodom te inducira određeni napon. Opisana sprega se naziva induktivnom spregom (slika 6).



Slika 6. Induktivna sprega

Obje vrste sprege se pojavljuju u slučajevima kada su vodiči bliski jedni drugima odnosno kada je njihov međusobni položaj paralelan. U praksi često susrećemo takvu geometriju gdje se zajednički vode energetski i telekomunikacijski kabeli, pri čemu je dužina paralelnog polaganja tih kabela te njihova blizina proporcionalna sa smetnjama koje oni mogu stvoriti. Ova će sprega biti tim jača što je i frekvencija pojave viša.

Kod kapacitivne sprege, prema oznakama na slici 5, koeficijent sprege izražen u odnosima napona primatelja i napona perturbacije (izvora) dobije se sljedeći izraz :

$$\frac{V_N}{V_1} = \frac{j2\pi \cdot f\left[\frac{C_{12}}{(C_{12}+C_{20})}\right]}{j\cdot 2\cdot\pi\cdot f + \left[\frac{1}{R(C_{12}+C_{20})}\right]} \qquad (3)$$

gdje su:

V_1 napon izvora
V_N inducirani napon
C_{12} kapacitet između dva kabela, proporcionalan dužini kabela, koji se može pojednostavno izraziti kao $\log(1+(h/e)^2)$, gdje je h međusobna udaljenost između pogođenih vodiča (zahvaćenih perturbacijom), e je udaljenost među kabelima
C_{20} je dozemni kapacitet pogođenog kabela.

Kako bi se dobio osjećaj veličine smetnji, uzevši za primjer dva kabela presjeka vodiča 0.65 mm, položenih

paralelno 10 metara, udaljenih međusobno 2 cm, odnosno 1 cm unutar jednog kabela, uz $R = 1\ k\Omega$, pri frekvenciji smetnje od 1 MHz daje koeficijent sprege od 22 dB ili razmjer 1 prema 12.

Ova su razmatranja bila provedena za slučaj ravnih vodiča, međutim u praksi se provoda razne mjere kao što su oklapanje kabela te upotreba isprepletenih kabela. Navedeni postupci omogućavaju bitno reduciranje smetnji, o čemu će biti govora u kasnijem izlaganju.

4.4. Prijenosna impedancija ekrana kabela Z_t

Kao što je ranije rečeno mehanizmi sprege u koje su uključene žičane strukture su kompleksni. Stoga je potrebno podrobnije objasniti pojam prijenosne impedancije ekrana kabela Z_t.

Na slici 7 prikazana je shema jednog kabela okruženog pripadajućim ekranom. Ovakva se konfiguracija može izraziti pomoću sustava dva vodiča s pripadajućim međuinduktivitetima iznad zemlje konačne vodljivosti. Označimo li svaki vodič s indeksima "p" i "c", gdje je "p" uzrok perturbacije, a "c" inducirana perturbacija između žile kabela i ekrana. Naponi i struje opisanog sustava su povezani diferencijalnim jednadžbama koje proizlaze iz teorije vodiča s međusobnim utjecajima [2].

$$-\frac{dV_c}{dz} = Z_c \cdot I_c - Z_t \cdot I_p \qquad (a)$$

$$-\frac{dV_p}{dz} = -Z_t \cdot I_c + Z_p I_p \qquad (b) \qquad (4)$$

$$-\frac{dI_c}{dz} = Y_c V_c + Y_t V_p \qquad (a)$$

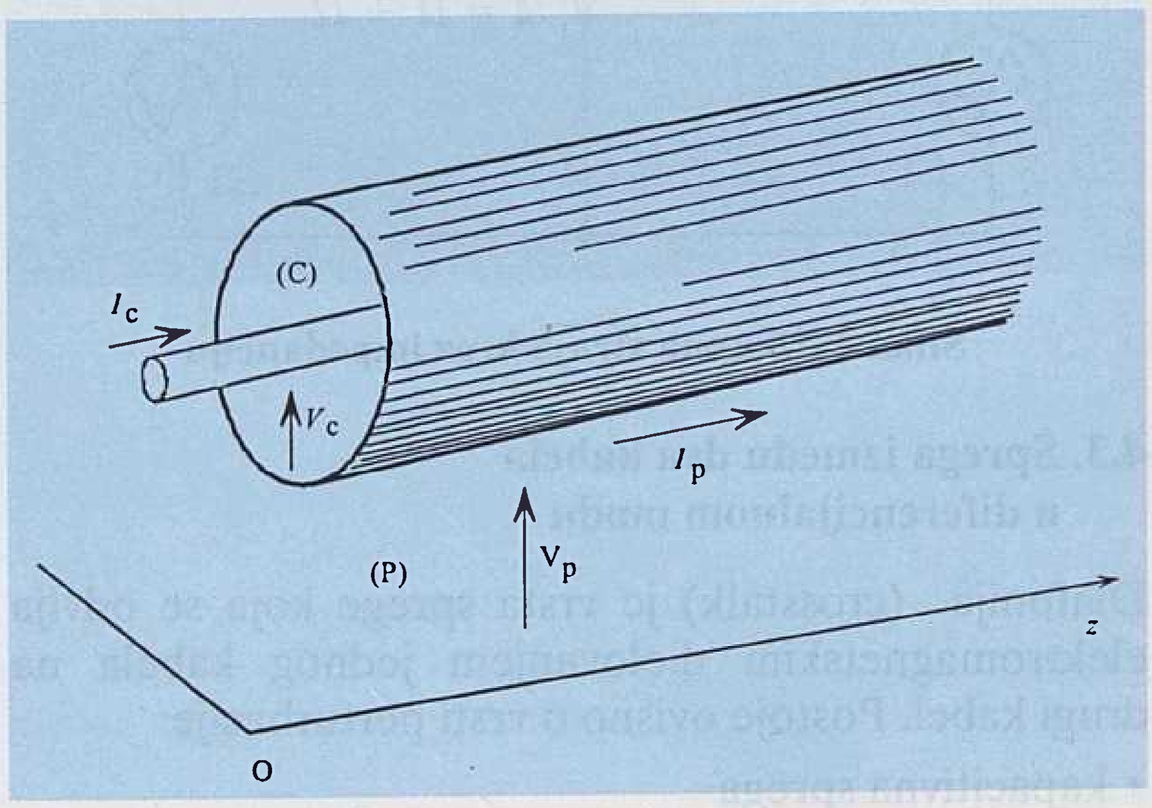
$$-\frac{dI_p}{dz} = Y_t V_c + Y_p V_p \qquad (b) \qquad (5)$$

Jedinične impedancije i admitancije ekrana i žile kabela su označene izrazima Z_c, Z_p, Y_c, Y_p, dok se izrazi Z_t i Y_t nazivaju prijenosna impedancija i prijenosna admitancija kabela, a koje daju karakteristiku elektromagnetske veze između plašta kabela i žile kabela.

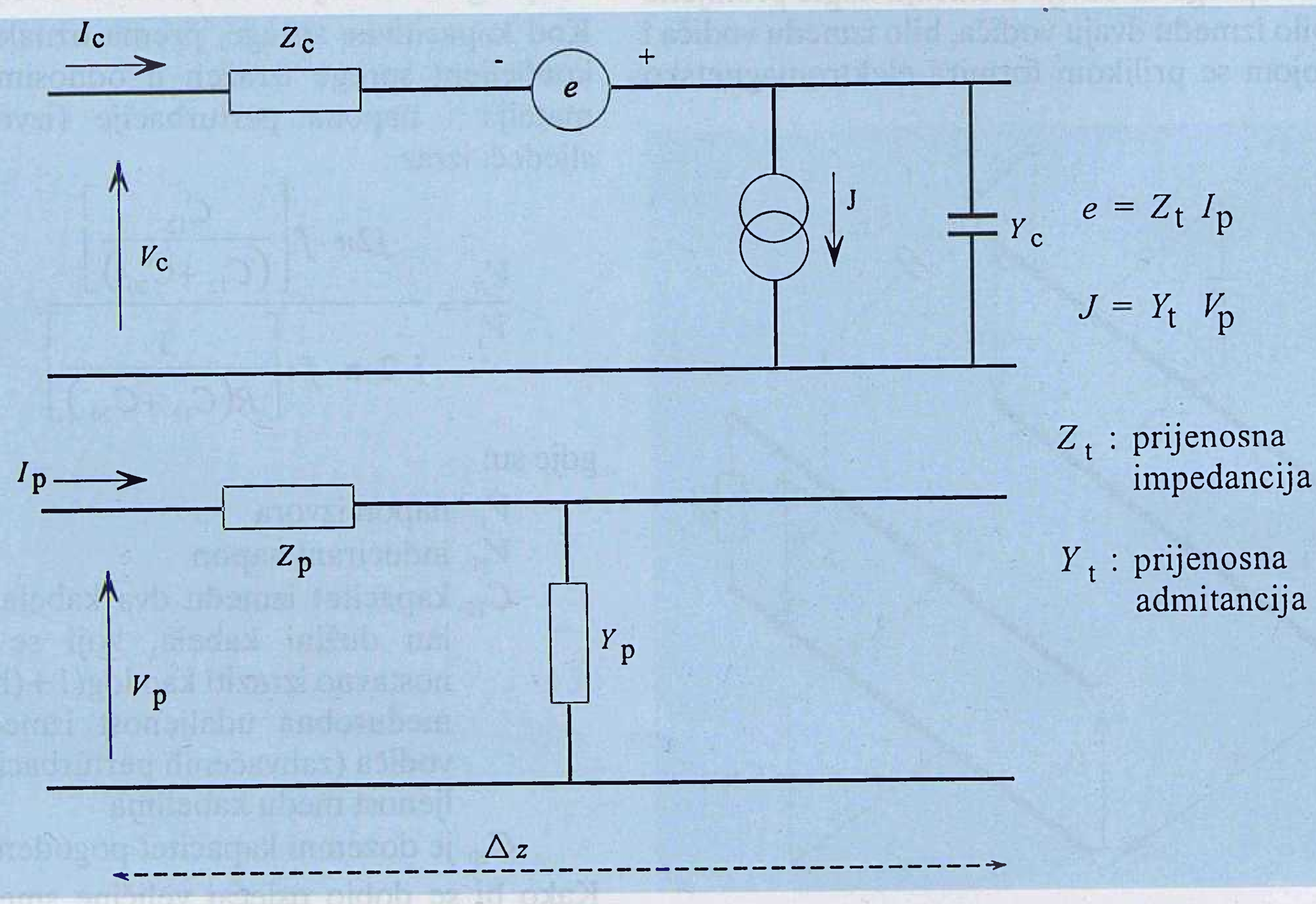
U praktičnim primjerima mogu se zanemariti izrazi 4 b i 5 b gdje se izražava reakcija žile kabela na ekran koji izaziva perturbaciju. Preostale dvije jednadžbe mogu se zorno prikazati preko shema na slici 8. Dva su izraza na slici značajna, generator napona "*e*" koji pridjeljujemo izrazu $Z_t.I_p$ u jednadžbi (4 a) i strujni generator "J" koji odgovara članu $Y_t.V_p$ jednadžbe (5 a).

Ova dva izraza mijenjaju klasične diferencijalne jednadžbe voda u nehomogene jednadžbe jer se pridjeljuju naponski i strujni izvori koji označavaju vanjske perturbacije.

Ukoliko sada u dvije preostale jednadžbe postavimo uvjet da je u prvoj $Ic = 0$ a u drugoj $Vc = 0$, dolazimo do



Slika 7. Shema koaksijalnog kabela



Slika 8. Shema koja prikazuje infinitezimalni dio plašta kabela (izvor smetnje) i žile kabela (primatelj smetnje)

dvije fundamentalne relacije koje definiraju prijelaznu impedanciju i admitanciju:

$$Z_t = \frac{1}{I_p}\left(\frac{dV_c}{dz}\right)_{Ic=0} \qquad (6)$$

$$Y_t = \frac{1}{V_p}\left(\frac{dI_c}{dz}\right)_{Vc=0}$$

Prijelazna impedancija predstavlja dakle **efikasnost oklapanja prema struji perturbacije I_p,** dok prijenosna admitancija karakterizira tu efikasnost prema naponskom naprezanju V_p.

Struja i napon perturbacije I_p i V_p ovise u praksi o impedancijama na ekstremitetima voda, koje su spojene na ekran kabela. Postoje dvije varijante:

- impedancije posjeduju niske vrijednosti, u slučaju spoja ekrana na masu, kada presudni utjecaj ima struja perturbacije I_p i stoga prijenosna impedancija prevladava
- impedancije imaju visoke vrijednosti, odnosno poprime beskonačnu vrijednost u slučaju izoliranog kabela u zraku, napon perturbacije V_p je dominantan te prevladava prijenosna admitancija.

S obzirom da su u praksi ekrani uvijek vezani za mase ili su uzemljeni, za proučavanje EMC je značajnija prijenosna impedancija Z_t, koja direktno definira efikasnost oklopa kabela.

Efikasnost ekrana kabela ovisi o geometriji kabela kao i o njegovoj udaljenosti od ravnine zemlje ili mase. Međutim, presudan utjecaj na prijenosnu impedanciju ima izvedba ekrana koji može biti:

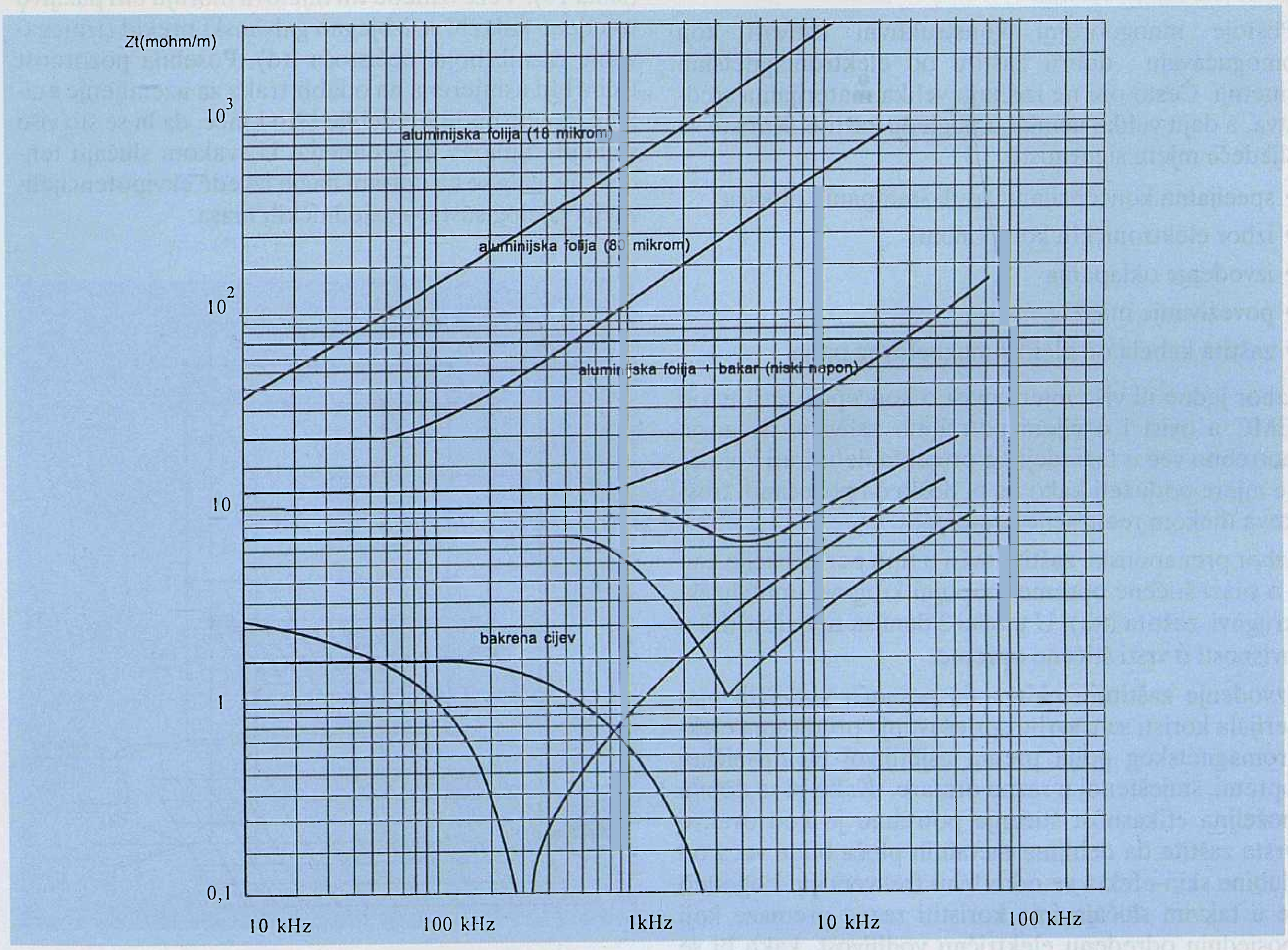
- homogen
- nehomogen, podrazumijevajući neravnine i šupljine na njegovu obodu.

Kod ekrana sačinjenih od homogenih materijala se prijenosna impedancija Z_t smanjuje porastom frekvencije, dok se kod nehomogenih materijala ona povećava. Općenito se interakcija kabela s elektromagnetskim poljem može podijeliti na tri kategorije:

- elektrostatičko polje
- magnetostatičko polje
- magnetodinamičko polje (pojava vrtložnih struja).

Od svih pojava najvažnija je ona uzrokovana magnetodinamičkim poljem, a to su međuutjecaji na srednjim i visokim frekvencijama. Stoga je materijal i vrsta ekrana veoma značajna za visinu prijenosne impedancije Z_t. Na slici 9 dane su tipične prijenosne impedancije kabela koje se koriste u energetskim postrojenjima.

Iz slike se vidi da povećanjem frekvencije rastu i prijenosne impedancije kabela (osim za slučaj homogene



Slika 9. Prijenosne impedancije kabela koje se koriste u energetskim postrojenjima

bakrene cijevi) te da je vrsta materijala i način izrade odlučujući faktor u određivanju njene vrijednosti, a time i efikasnosti oklapanja.

5. PRIMATELJI SMETNJI

Kao što je prije rečeno primatelji smetnji mogu biti bilo koji dijelovi opreme koji su podložni lošem funkcioniranju ili uništenju. Greške u radu opreme može se podijeliti u nekoliko grupa:

- stalne smetnje koje se mogu mjeriti
- greške u radu koje se ne ponavljaju, a događaju se za vrijeme perturbacija
- greške u radu koje se ne ponavljaju, a događaju se nakon perturbacija
- stalni kvar kojem je izložena oprema (uništenje elektroničkih komponenti).

Smetnje koje čine ove četiri grupe podijeljene su u ovisnosti o trajanju kvarova, međutim one ne određuju stupanj opasnosti po opremu. Taj je stupanj definiran prema izdržljivosti same opreme i sposobnosti njenog funkcioniranja u određenim okolnostima. Stoga je za svaku vrstu opreme potrebno odrediti koje su sve perturbacije opasne po njen pouzdan rad te poduzeti potrebne mjere zaštite.

Postoje mnogobrojni konstruktivni zahvati koji omogućavaju dobru zaštitu od elektromagnetskih smetnji. Često oni ne iziskuju velika materijalna sredstva, a daju velike učinke u pogledu zaštite. Koriste se sljedeće mjere sigurnosti:

- specijalna koncepcija u izradi štampanih pločica
- izbor elektroničkih komponenti
- izvođenje oklapanja
- povezivanje masa
- zaštita kabela od elektromagnetskog polja.

Izbor jedne ili više mjera ovisi o koncepciji zaštite od EMC a ovisi i o cijeni potrebnih zahvata. Stoga je potrebno već u fazi idejnog projekta definirati koje će se mjere poduzeti kako ne bi došlo da povećanih troškova tijekom realizacije projekta.

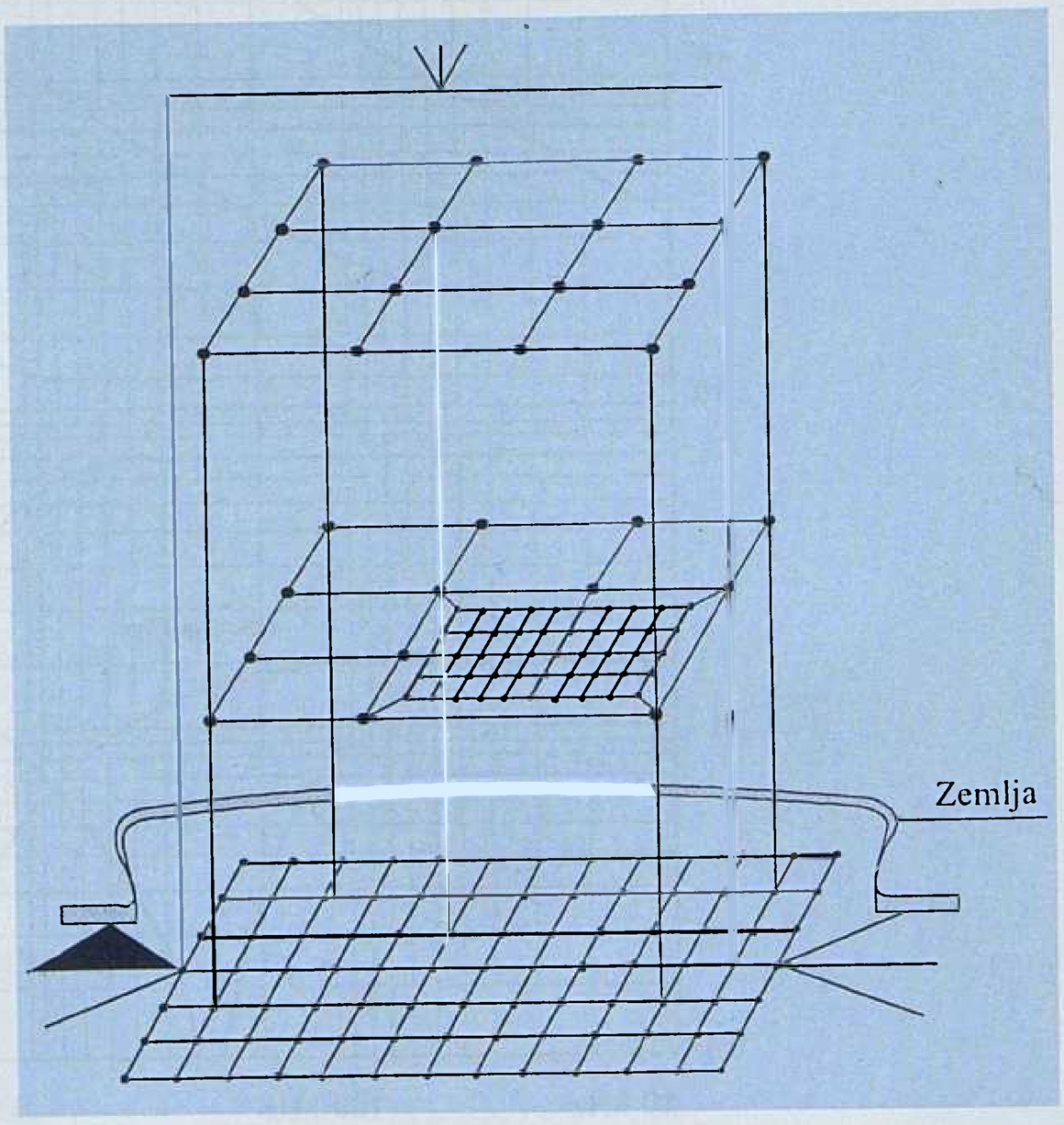
Izbor prenaponske zaštite ovisi o tipu perturbacije kao i o snazi štićene opreme (napojni krugovi, upravljački krugovi, zaštita itd.). U tablici 2 dani su tipovi zaštita u ovisnosti o vrsti štićene opreme.

Izvođenje zaštitnih oklapanja pomoću vodljivih materijala koristi se u svrhu sprječavanja prodiranja elektromagnetskog polja prema osjetljivoj elektroničkoj opremi, smještenoj u razne ormare. Kako bi se dobila poželjna efikasnost štićenja potrebno je kod ovakve vrste zaštite da debljina metalnih ploča bude veća od dubine skin-efekta za određenu frekvenciju. Pogodno je u takvim slučajevima koristiti razne premaze koji posjeduju određenu električnu vodljivost, kako bi se povećala debljina metalnog oklopa.

Tablica 2. Načini zaštite od perturbacija

Tip	Vrste opreme	Primjena
zaštitni uređaji koji ograničuju amplitude prenapona	iskrište odvodnik prenapona limiteri	napojni krugovi, instalacije, upravljački krugovi
	varistori (nelinerni otor) Zener diode	elektronički krugovi
filterski uređaji	transformatori induktiviteti kondenzatori filtri	napojni krugovi, upravljački krugovi, elektronički krugovi
komponente za oklapanja	metalne rešetke oklopljeni kabeli uzemljivačke trake prstenovi za zaštitu od visokih frekvencija	prijenos informacija ormarići u trafostanicama itd.

Povezivanje svih masa u jednoj zgradi ili postrojenju je veoma važno, u svrhu električnog kontinuiteta raznih dijelova uzemljivačkog sustava, metalnih rešetaka itd. (slika 10). Veze između tih dijelova moraju biti pažljivo izvedene kako bi se izbjegao galvanski prekid (izbjegavanje raznih boja, nečistoća itd). Posebna pozornost treba biti usmjerena na odabir traka za uzemljenje s ciljem da one budu što deblje i što kraće, da bi se što više smanjila njihova impedancija. U svakom slučaju tendencija je da se na opisani način izvede ekvipotencijalizacija cijelog sustava zajedničkih masa.



Slika 10. Mreža uzemljivačkog sustava

6. PROVEDBA MJERA VEZANIH ZA EMC

U provedbi mjera kojima se nastoje smanjiti razni elektromagnetski utjecaji dva su najvažnija faktora:

- izbor opreme
- način izvedbe instalacija.

Prvi faktor se tiče izbora opreme koja u isto vrijeme može biti i izvor i primatelj smetnji. Ukoliko na primjer dva uređaja moraju funkcionirati jedan pored drugog trebaju zadovoljiti jedan od kriterija:

- ili odabrati uređaj koji izaziva relativno niske smetnje (izvor) u blizini drugog uređaja koji je srednje osjetljiv (primatelj)
- ili odabrati uređaj koji izaziva srednju razinu smetnji u okolišu kojeg radi robustan uređaj s niskom osjetljivošću
- odabrati kompromisno rješenje između dva gore navedena.

Drugi faktor koji se tiče načina izvedbe instalacija, ovisi o prvom faktoru, a svrha mu je da se poznavajući karakteristiku opreme izvede instalacija tako da se poštuju zahtjevi prema EMC. Naravno da ova faza projekta mora uzeti u obzir cijenu opreme kao i potrebnih radova.

Realizacija različitih elemenata električne instalacije sastoji se od mjera koje su već spomenute, a mogu se svesti na sljedeće tehnike:

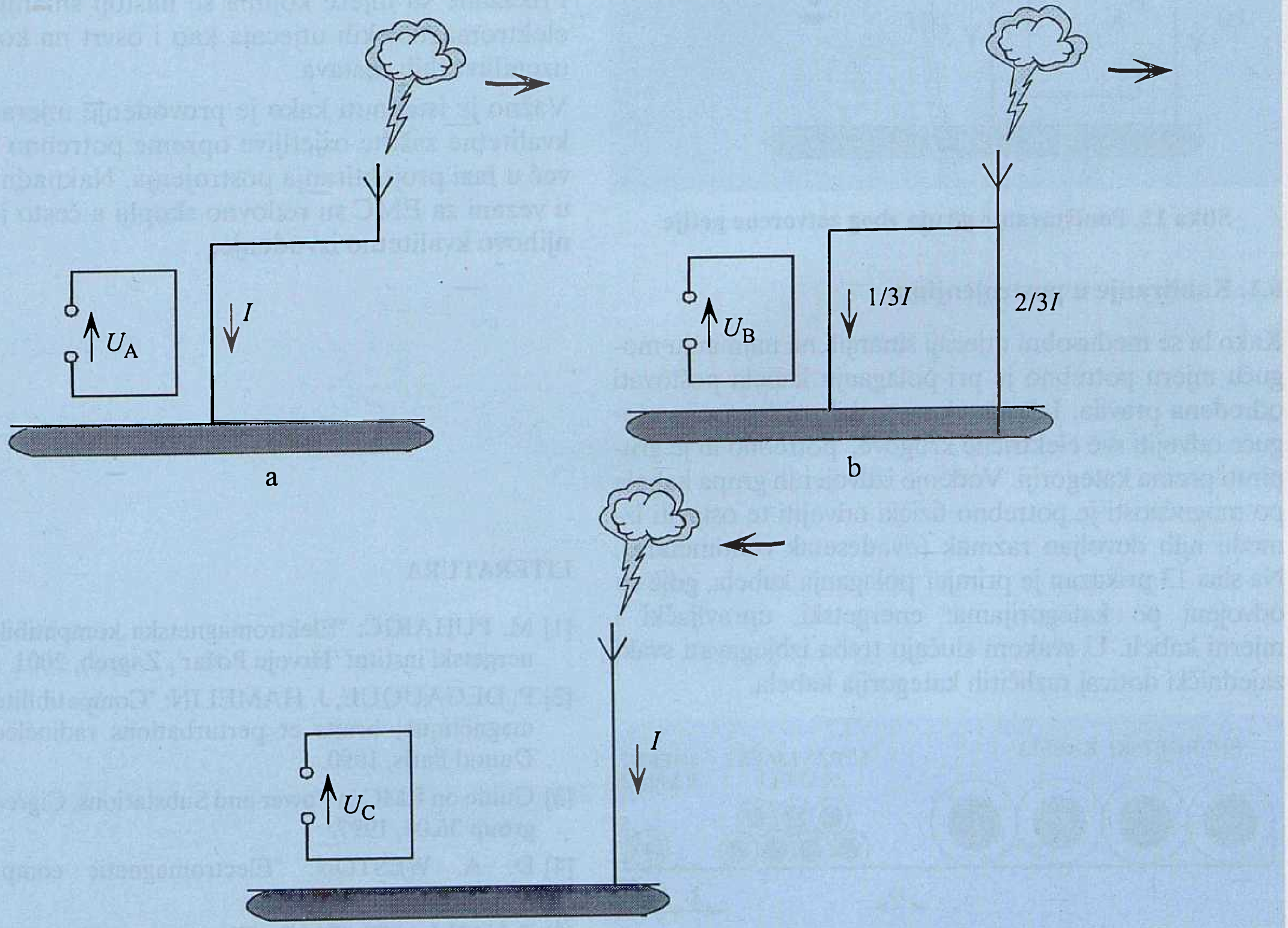
- umreženje električnih krugova i masa s zemljom
- odvajanje električnih krugova
- oklapanje električnih kabela.

Općenito se koncepcija uzemljivačkog sustava i način polaganja kabela može odrediti pomoću pravila od kojih su najvažnija:

1. Sustav uzemljenja mora biti što je moguće više umrežen s tendencijom povećanja grana uzemljivačkog sustava uz istovremeno smanjenje njihova presjeka.
2. Reducirati površinu petlji u električnim – elektroničkim krugovima (efekt elektromagnetske indukcije).
3. Signalne uzemljene krugove postaviti blizu uzemljivačkih vodiča s ciljem smanjenja prijenosne impedancije.
4. Izbjegavati blisku instalaciju signalnih i uzemljivačkih vodiča u slučajevima kada provode struje bitno različitih amplituda.

Zadnje dva pravila mogu na prvi pogled biti kontradiktorna. Međutim ukoliko se radi o instalacijama gdje pojava visokih struja groma ima veliku vjerojatnost potrebno je pažljivo sagledati ovaj problem. Naime, u tom je slučaju efekt smanjenja prijenosne impedancije zanemariv prema induktivnom utjecaju koji proizvodi visoka struja groma.

Na slici 11 dane su razne sheme koje zorno pokazuju kako se smanjuju utjecaji prolaska visokih struja at-



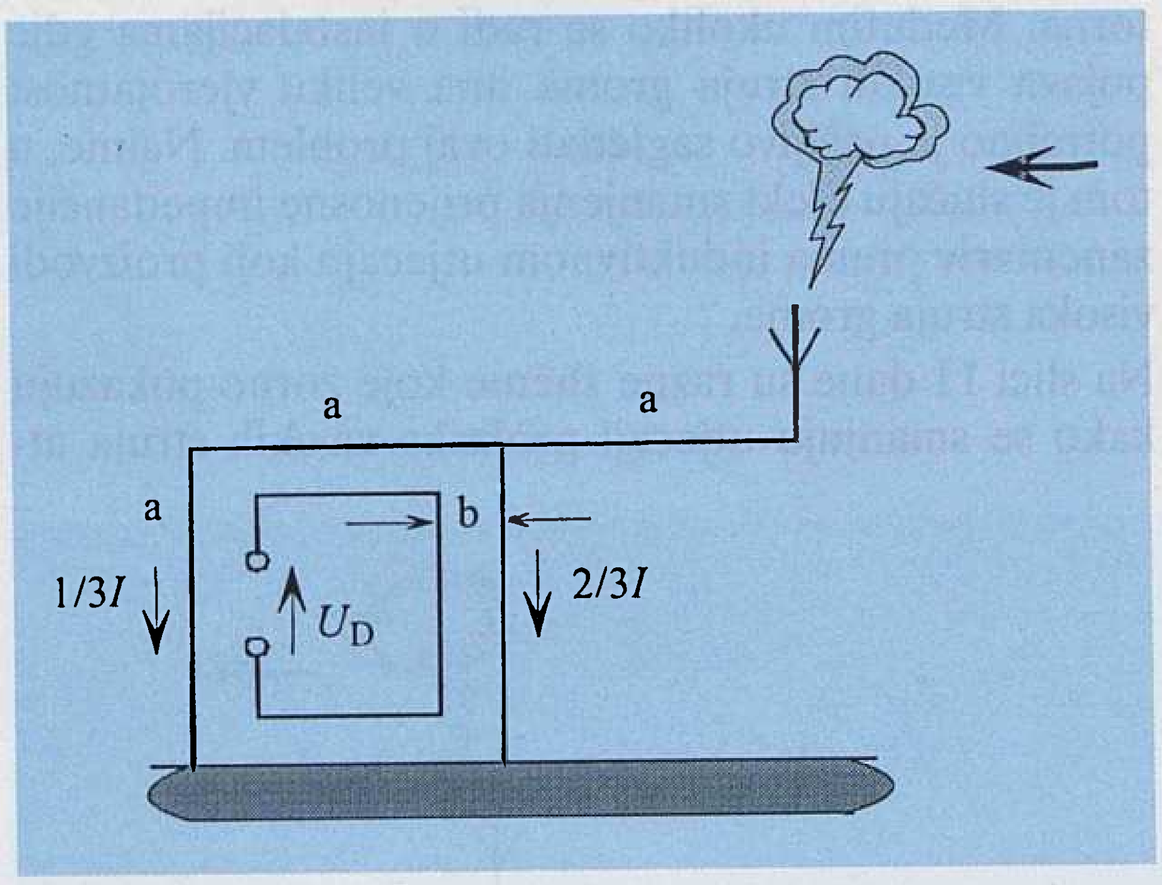
Slika 11. Smanjenje utjecaja zbog prolaska struja groma

mosferskih pražnjenja na osjetljive signalne ili zaštitne krugove. Prikazane su sljedeće sheme:

- na slici a) osjetljivi krug instaliran je u blizini uzemljivačkog vodiča
- na slici b) struja groma je odvedena direktno u zemlju, čime je u dijelu instalacije koja je bliska signalnim krugovima njen intezitet smanjen
- slika c), osjetljivi potrošači su na sigurnoj udaljenosti od uzemljivačke instalacije.

Uspoređujući ove tri sheme dolazi se do zaključka da će se smetnja smanjivati od a) prema c).

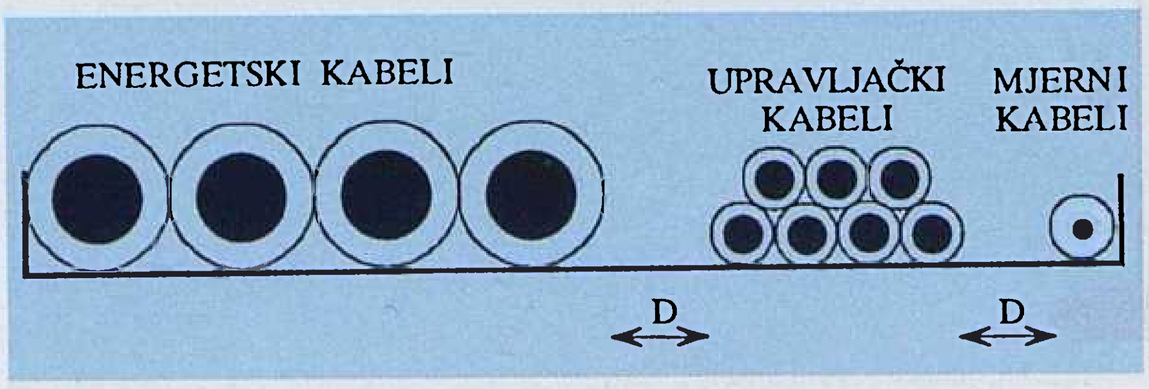
Međutim često nailazimo na instalacije kao na slici 12. Važno je istaknuti fizikalno objašnjenje za ovu shemu, gdje je osjetljivi krug postavljen kompletno unutar uzemljivačkog sustava. U ovom se slučaju dobivaju minimalne smetnje iako teku visoke struje u neposrednoj blizini. Ovo se objašnjava time što se elektromagnetsko polje poništava (struje groma teku u istom smjeru) unutar zatvorene petlje.



Slika 12. Poništavanje struja zbog zatvorene petlje

6.1. Kabliranje u postrojenjima

Kako bi se međusobni utjecaji smanjili na najmanju moguću mjeru potrebno je pri polaganju kabela poštovati određena pravila. Iako iz ekonomskih razloga nije moguće odvojiti sve električne krugove, potrebno ih je grupirati prema kategoriji. Vođenje izdvojenih grupa kabela po mogućnosti je potrebno fizički odvojiti te ostaviti između njih dovoljan razmak (dvadesetak centimetara). Na slici 13 prikazan je primjer polaganja kabela, gdje su odvojeni po kategorijama: energetski, upravljački i mjerni kabeli. U svakom slučaju treba izbjegavati svaki zajednički doticaj različitih kategorija kabela.



Slika 13. Pravilan razmještaj kabela unutar jednog rova

Kod prijenosa informacija veoma je važno da se utjecaji na telekomunikacijske kabele smanje na sigurnu razinu. Pri tome je izbor parova kabela (tzv. parice) presudan jer se korištenjem **prepletenih žila** značajno smanjuje elektromagnetska sprega između energetskih i telekomunikacijskih kabela .

Kabeli mjernih krugova bi trebali biti s ekranom, koji se treba povezati s masom na određeni minimalni broj točaka.

Što se tiče pregrada koje dijele razne kategorije kabela, poželjno je korištenje metalnih struktura.

Sve gore navedene mjere potrebno je predvidjeti već pri razradi koncepcije električnih instalacija jer su troškovi vezani za njih relativno mali. Svako kasnije modificiranje postojeće instalacije će biti puno skuplje, jer iziskuje niz nepredviđenih zahvata i često dovodi u pitanje tehno-ekonomsku isplativost projekta.

7. ZAKLJUČAK

Pomoćni strujni krugovi su osjetljivi na perturbacije koje se stvaraju u visokonaponskim postrojenjima ili se preko tog sustava mogu dovesti u trafostanicu (atmosferski prenaponi). Sve veća uporaba elektronike dovodi do potrebe njene efikasne zaštite kao i proučavanja mehanizama koji je mogu ugroziti. U članku su navedeni glavni uzročnici smetnji kao i njihovi primatelji.

Prikazane su mjere kojima se nastoji smanjiti razina elektromagnetskih utjecaja kao i osvrt na koncepciju uzemljivačkih sustava.

Važno je istaknuti kako je provođenje mjera s ciljem kvalitetne zaštite osjetljive opreme potrebno započeti već u fazi projektiranja postrojenja. Naknadni zahvati u vezani za EMC su redovno skuplji a često je upitno njihovo kvalitetno izvođenje.

LITERATURA

[1] M. PUHARIĆ: "Elektromagnetska kompatibilnost", Energetski institut 'Hrvoje Požar', Zagreb, 2001

[2] P. DEGAUQUE, J. HAMELIN: "Compatibilité électromagnétique; bruits et perturbations radioélectriques", Dunod Paris, 1990.

[3] Guide on EMC in Power and Substations, Cigre Working group 36.04, 1997.

[4] D. A. WESTON: "Electromagnetic compatibility", Dekker, 1991.

[5] F. VAILLANT: "EMC – Electromagnetic compatibility", tehnička brošura, 1991.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY IN ELECTRIC ENERGY STATIONS

Electric energy stations, which include all types of production plants, transformer stations, control stations as well as the entire electrical network, are becoming more complex, and thus the standards defining their operation more demanding. Electro- magnetic compatibility is a relatively new discipline that studies the interaction between a disturbance source and the recipient, i.e. disturbances on appliances because of reciprocal electromagnetic influences.

Electromagnetic Compatibility (EMC), defined as the ability of appliance, equipment or system to react acceptably within its electromagnetic surrounding without emitting disallowed disturbances into the environment, presumes the knowledge of mechanisms that cause interaction between the source and the recipient. In this paper basic ideas and laws that lead to the interrelation of influences as well as measures for their suppression are stated.

ELEKTROMAGNETISCHES ZUSAMMENPASSEN IN ELEKTROENERGETISCHEN ANLAGEN

Elektroenergetische Anlagen aller Arten von Kraftwerken und Umspannerwerken sowie Lastverteiler und der gesammte Netz inbegriffen, werden immer mehr verwickelt, weshalb auch die deren Betrieb bestimmende Verordnungen immer anspruchsvoller. Das elektromagnetische Zusammenpassen ist eine verhältnissmässig neue Lehre, welche sich mit Gegenwirkungen der Störungs -erzeugern und -empfangern auseindersetzt, beziehungsweise die durch gegenseitige elektromagnetische Einflüsse verursachte Störungen an Geräten erforscht.

Begriffen als Vermögen eines Gerätes, einer Ausrüstung, oder eines Systems auf zufriedenstellende Weise in seine elektromagnetische Umgebung zu wirken, das elektromagnetische Zusammenpassen (nach englischem EMC = Elektromagnetic Compatibility) erzielen heisst Zusammenhänge gegenseitig wirkender Sender und Empfänger erkennen. Deshalb sind im Artikel Grundbegriffe und Gesetzmässigkeiten der zum gegenseitigen Wirken führenden Erscheinungen, und die dagegenwirkenden Massnamen beschrieben.

Naslov pisca:

Dr. sc. Milan Puharić, dipl. ing.
Institut "Hrvoje Požar"
Savska cesta 163
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-04-09.

MINISTARSTVO ZNANOSTI I TEHNOLOGIJE

Temeljem članka 42. stavka 6. Zakona o znanstvenoistraživačkoj djelatnosti ("Narodne novine", broj 59/96 - pročišćeni tekst), Ministar znanosti i tehnologije donosi

PRAVILNIK

O PRESTANKU VAŽENJA PRAVILNIKA O MJERILIMA VREDNOVANJA ČASOPISA I PUBLIKACIJA S MEĐUNARODNO PRIZNATOM RECENZIJOM, KAO I S NJIMA PO VRSNOĆI IZJEDNAČENIH ČASOPISA I PUBLIKACIJA

Članak 1.

Pravilnik o mjerilima vrednovanja časopisa i publikacija s međunarodno priznatom recenzijom, kao i s njima po vrsnoći izjednačenih časopisa i publikacija ("Narodne novine", 2/1997), prestaje važiti danom stupanja na snagu ovoga Pravilnika.

Članak 2.

Ovaj Pravilnik stupa na snagu osmoga dana od dana objave u "Narodnim novinama".

Klasa: 640-01/02-07/3
Urbroj: 533-02/236-0-1
Zagreb, 17. travnja 2002.
Ministar znanosti i tehnologije
prof. dr. sc. Hrvoje Kraljević, v. r.

11TH FORUM: ENERGY DAY IN CROATIA

REGULATION PROBLEMS RELATING TO ENERGY SERVICE MARKETS

November 29, 2002

Call for Papers

Program 11. Foruma

Forum počinje 29. studenog 2002. g. u 9 sati, a održat će se u Maloj dvorani "Vatroslav Lisinski", u Zagrebu, Trg Stjepana Radića 4.

Predviđa se da će 11. Forum trajati jedan dan, od 9 do 18 sati, i to u četiri bloka, s predviđenim stankama i s odmorom za ručak.

Na 11. Forumu očekuje se sudjelovanje autora iz zemalja tranzicije kao i Europske unije, te predstavnika međunarodnih organizacija koji će predstaviti svoje referate. Vrijeme prezentacije referata bit će ograničeno i ovisit će o broju pozvanih i pristiglih referata. Tijekom održavanja 11. Foruma bit će dopuštena prezentacija proizvoda, prema dogovoru zainteresiranih tvrtki i HED-a kao organizatora 11. Foruma.

Organizator:

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO
Savska cesta 163
10000 Zagreb

Predsjednik: dr. sc. Goran Granić
Tajnik: dr. sc. Branka Jelavić

Članovi Upravnog odbora:

Ivo Čović, dipl. ing.
dr. sc. Tomislav Dragičević
prof. dr. sc. Bernard Franković
dr. sc. Vladimir Jelavić
Marijan Kalea, dipl. ing.
dr. sc. Stevo Kolundžić
prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić
prof. dr. sc. Miljenko Šunić

Terminski plan:

Prijava referata do **15. srpnja 2002. godine.**

Pri prijavi treba naznačiti naziv referata, ime autora, adresu i telefonski broj, te priložiti sažetak referata. Autori će biti obaviješteni o primitku referata do 31. srpnja 2002. godine.

Gotove referate treba poslati do 30. listopada 2002. godine u sjedište HED-a.

Referat može imati do osam stranica teksta s prilozima. Napominjemo da naslov i sažetak referata trebaju biti prevedeni na engleski jezik. Referat se dostavlja u jednom tiskanom primjerku i na disketi. Detaljne upute autorima za pisanje referata bit će dostavljene do 31. srpnja 2002. godine.

Za sve informacije možete se obratiti na:

tel.: (01) 60 40 609
faks.: (01) 60 40 610
E-mail: mmoric@eihp.hr

SIMULIRANO UPRAVLJANJE SREDNJONAPONSKIM POSTROJENJEM

Nikola P e t r i c – Zlatko P a t a k i – Željko K o s e k, Zagreb

UDK 621.3.027.2.008
STRUČNI ČLANAK

Ovim simuliranim upravljanjem sa SN postrojenjem omogućavamo provedbu praktičnog osposobljavanja el. montera za rad na el. energetskim postrojenjima preko kompjutera. Na ovaj način izbjegli smo problem osposobljavanja na el. postrojenju pod naponom što je u pravilu i neostvarivo.
Obveza osposobljavanja proizlazi iz zakonske obveze *Zakona o zaštiti na radu* (N. N. 59/96). Ovakvim načinom osposobljavanja izbjegli smo bilo kakvu opasnost pri manipulaciji jer se radnje izvode na simuliranom postrojenju preko blok sheme.

Ključne riječi: Hrvatska elektroprivreda, električna postrojenja srednjeg napona 10 do 30 kV, osposobljavanje za manipulaciju s el. postrojenjima.

UVOD

Ovaj je program napisan u svrhu obuke uklopničara, odnosno radnika elektro struke koji će vršiti manipulacije u elektroenergetskim postrojenjima srednjeg napona (bilo da se radi o 30 kV ili 10 kV postrojenju). Ova verzija programa je prilagođena SN postrojenju u TS 110 / 30 / 10 kV Dugo Selo. U programu se nalaze tri karakteristična polja (spojno, vodno i trafo polje).

U TS Dugo Selo nalazi se dvadeset 10 kV polja i dvanaest 30 kV polja. Razlika između 30 kV i 10 kV dijela je samo u naponskom nivou, a ostalo je sve isto.

Budući da je kompletno postrojenje pod naponom, radnici ne mogu u stvarnosti trenirati vršenje manipulacije (zbog nesmetane opskrbe potrošača električnom energijom, pa je zato glavna svrha ovog kompjuterskog programa simulacija pogonskih manevara na elektroenergetskim postrojenjima kao u stvarnosti.

O PROGRAMU

Kao što je rečeno u uvodu, ovaj kompjuterski program je prilagđen za manipulaciju u TS 110 / 30 / 10 kV Dugo Selo. U TS Dugo Selo nalaze se ove vrste SN polja: trafo, vodno, spojno, mjerno, polje kompenzacije i MTK polje, te dva sistema sabirnica. U programu su prikazana samo karakteristična polja (spojno, trafo i vodno). Manipulacije na ostalim poljima su iste ili slične, pa nije bilo potrebe stavljati ih u program, jer tko shvati rad na ovim poljima shvatit će princip rada i na ostalim, uz preduvjet da su radnici elektro struke. To znači da oni moraju znati osnovna pravila manipulacije na elektroenergetskim postrojenjima (npr. uklop ili isklop rastavljača vrši se samo ako je prekidač iskopčan, uzemljenje se stavlja samo u beznaponskom stanju itd.). Jednopolna shema koja se koristi u programu je zorni prikaz komandnog ormara svakog pojedinačnog polja sa svim pokazivačima položaja i tipkalima (u TS Dugo Selo upravlja se sa prednjih vrata svakog polja zasebno).

INSTALACIJA PROGRAMA

Kao prvo program treba instalirati na kompjuter. Preduvjet je da je na računalu instaliran jedan od sljedećih operativnih sistema: Windows 95, Windows 98, Windows Me, Windows 2000. Instalacijska disketa ili CD stavi se u odgovarajući pogon. Pomoću windows explorera ili nekog drugog sličnog programa potraži se datoteka SETUP. EXE te se pokrene. Setup program ponudi mjesto (folder) gdje će smjestiti program i ako vam to odgovara kliknite na OK (možete i sami napisati naziv foldera). Zatim mišem kliknite na gumb za početak i instalacija će se obaviti za nekoliko sekundi. Program ima mogućnost deinstalacije iz Control panel/AddRemove programs.

KAKO RADI PROGRAM

Programom se koristi vrlo jednostavno, pa i oni koji se prvi puta susreću sa računalom mogu za 5-10 minuta to shvatiti.

Kompletna simulacija manevara na elektroenergetskom postrojenju u programu obavlja se mišem. Dovoljno je doći s kursorom miša iznad željene tipke za upravljanje (kursor tada mijenja izgled iz kose strelice

u ruku sa ispruženim kažiprstom) i kliknuti lijevom tipkom miša. Zelene tipke (unutar njih piše U) služe za uklop pripadajućeg uređaja (prekidač, rastavljač, noževi za uzemljenje), a crvene tipke (unutar njih piše I) služe za isklop. Ako je manevar pravilan, određeni uređaj će se ukopčati ili iskopčati, a ako je manevar nepravilan pojavit će se poruka o krivom manevru sa zvučnim signalom (poruka se makne sa ekrana klikom lijeve tipke miša na gumb OK) i željeni manevar zbog greške se neće izvršiti.

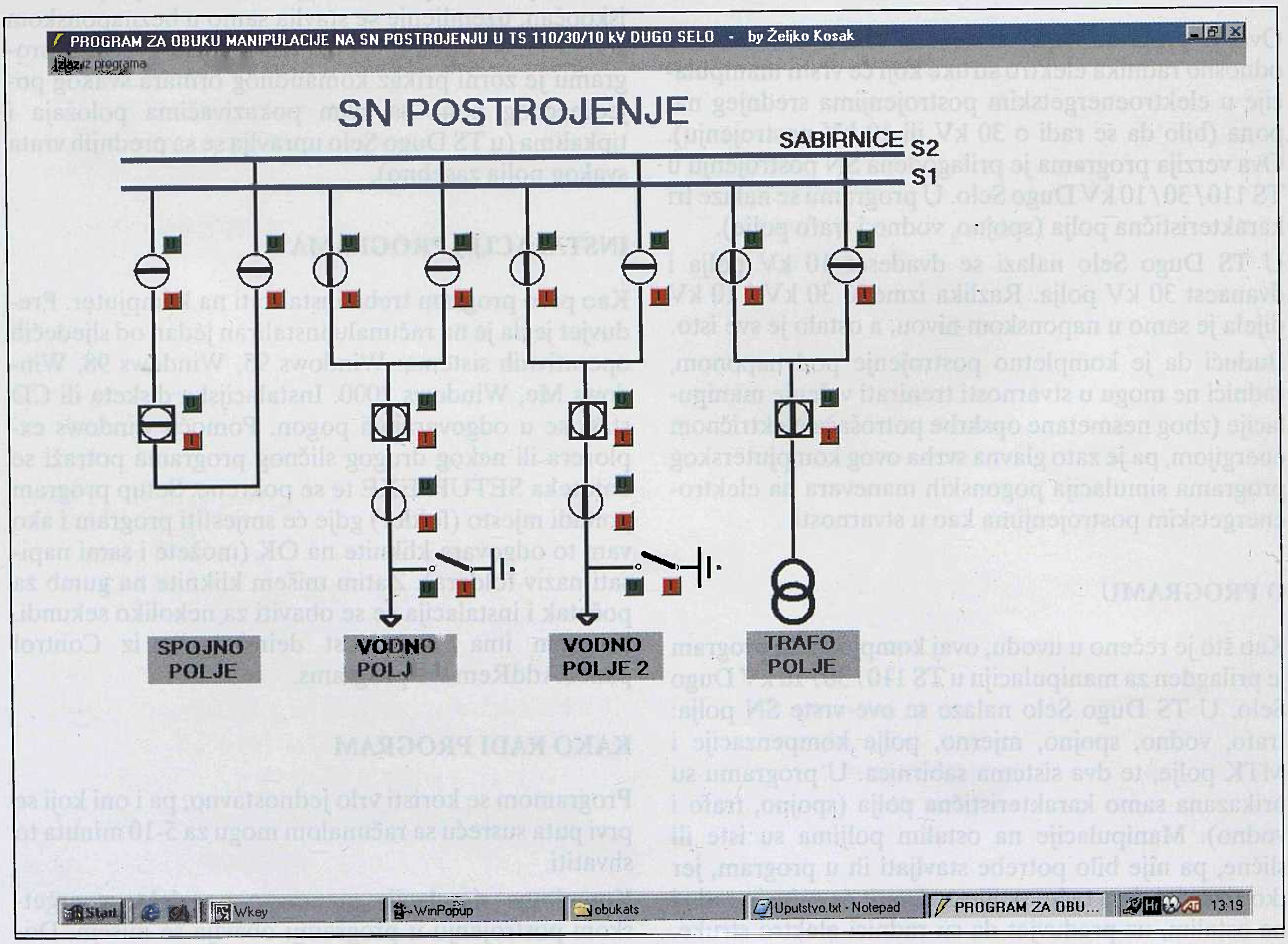
Evo nekih primjera manipulacije:

Manipulacija u vodnom polju

Recimo da se radi na dalekovodu koji izlazi iz vodnog polja 1. Da bi se radnicima osiguralo beznaponsko stanje potrebno je dalekovod iskopčati i uzemljiti. To se radi na sljedeći način:

- Dođe se sa kursorom miša iznad tipkala za isklop prekidača u Vodnom polju 1 i lijevom tipkom miša se klikne na tipkalo, te nakon isklopa pokazivač položaja prekidača promijeni izgled u "iskopčano".
- Sada se može na isti način iskopčati i izlazni (vodni) rastavljač u Vodnom polju 1. Kursorom se dođe na tipkalo za isklop izlaznog rastavljača tog vodnog polja i lijevom tipkom miša se klikne na tipku za isklop. Pokazivač položaja izlaznog rastavljača promijeni izgled u "iskopčano".
- Zbog veće sigurnosti poželjno je iskopčati i sabirnički rastavljač Vodnog polja 1. Koji će se sabirnički rastavljač iskopčati ovisi o tome koji je sistem sabirnica pod naponom. Ako je pod naponom Sistem 1, kursorom miša treba doći na tipkalo za isklop sabirničkog rastavljača sistema 1 u vodnom polju 1 i lijevom tipkom miša kliknuti na tipkalo. Pokazivač rastavljača promijeni izgled u "iskopčano".
- Sada su svi aparati u Vodnom polju 1 iskopčani i na kraju preostaje još dalekovod uzemljiti. U praksi se noževima za uzemljenje upravlja ručno, no u ovoj simulaciji se njima upravlja kao i sa ostalim aparatima. Dakle, kursorom miša se dođe iznad tipkala za uklop uzemljenja i lijevom tipkom miša se klikne na tipkalo. Nakon toga uzemljenje dalekovoda ima izgled da je uzemljenje uključeno.

To bi bio cijeli posao oko iskopčanja i uzemljenja dalekovoda. Nakon što radovi završe potrebno je dalekovod ukopčati. To se radi tako da je redoslijed ukopčanja obrnut od iskopčanja. Prvo treba izvaditi noževe za uzemljenje klikom miša na tipkalo za isklop uzemljenja, zatim se ukopčaju sabirnički i izlazni rastavljač i (sklopka) Vodnog polja 1.



Slika 1.

Prebacivanje tereta sa jednog sistema sabirnica na drugi

Ponekad se ukaže potreba da se teret prebaci sa jednog sistema sabirnica na drugi sistem sabirnica (ukoliko su u postrojenju ugrađena dva sistema). Da se ne bi prekinula opskrba potrošača električnom energijom, taj posao se može obaviti koristeći spojno polje.

Uzmimo npr. da su sva polja ukopčana na sabirnice sistema 1. Da bi sve prebacili na sabirnice sistema 2, trebamo uraditi sljedeće:

- Ukopčamo sabirnički rastavljač sistema 1 i sabirnički rastavljač sistema 2 u Spojnom polju.
- Nakon toga ukopčamo prekidač Spjnog polja. Sada imamo napon na oba sistema sabirnica, tj. premostili smo Sistem 1 i Sistem 2 i dobili smo mogućnost manipulacije sabirničkim rastavljačima u ostalim poljima bez potrebe iskopčanja prekidača.
- Sada možemo redom ukopčati sabirnički rastavljač sistema 2 u Vodnom polju 1, sabirnički rastavljač sistema 2 u Trafo polju.
- Da bi oslobodili sistem 1 od napona iskapčamo redom sve sabirničke rastavljače sistema 1 u Trafo polju, Vodnom polju 2 i Vodnom polju 1. Kada smo to učinili sva polja dobivaju napon sa sabirnica Sistema 2.
- No, napon nam je još ostao na sistemu 1. Preostalo nam je još samo iskopčati Spojno polje. Prvo iskopčamo prekidač u Spojnom polju i nakon njega iskopčamo sabirnički rastavljač sistema 1 i sabirnički rastavljač sistema 2 u Spojnom polju.

Time je cijeli postupak prebacivanja sa jednog na drugi sistem završen.

Napomena Prije same manipulacije prebacivanja sistema potrebno je ukopčati rastavljač u Mjernom polju za sistem 2 da bi funkcionirala zaštita (u samom programu mjerno polje nije prikazano jer je manipulacija vrlo jednostavna tj. jednostavno se samo rastavljač ukopča ili iskopča, jer mjerna polja nemaju prekidača).

Moguća je realizacija osposobljavanja simuliranog upravljanja na srednjonaponskom postrojenju u dogovoru s autorima ovoga programa.

Oni su voljni dostaviti instalacijsku disketu ili CD svim zainteresiranim pogonima HEP-a, a zatim izvršiti praktični dio osposobljavanja.

Obratiti se Nikoli Petricu, Elektra, Gundulićeva 32, tel.: 01/ 4601-363.

CONTROL SIMULATION OF A MID-VOLTAGE SUBSTATION

This simulation control of a MV substation enables practical education of electrical assemblers for the work on electric energy stations by computer. In this way the problem of training on a station under voltage has been avoided, which is as a rule not feasible. The training duty follows from the obligations of the Work Protection Law (Official Gazette (N.N.) 59/96).

By means of such training the manipulation danger has been completely avoided, because all operations are realised using a simulation station by block sheme.

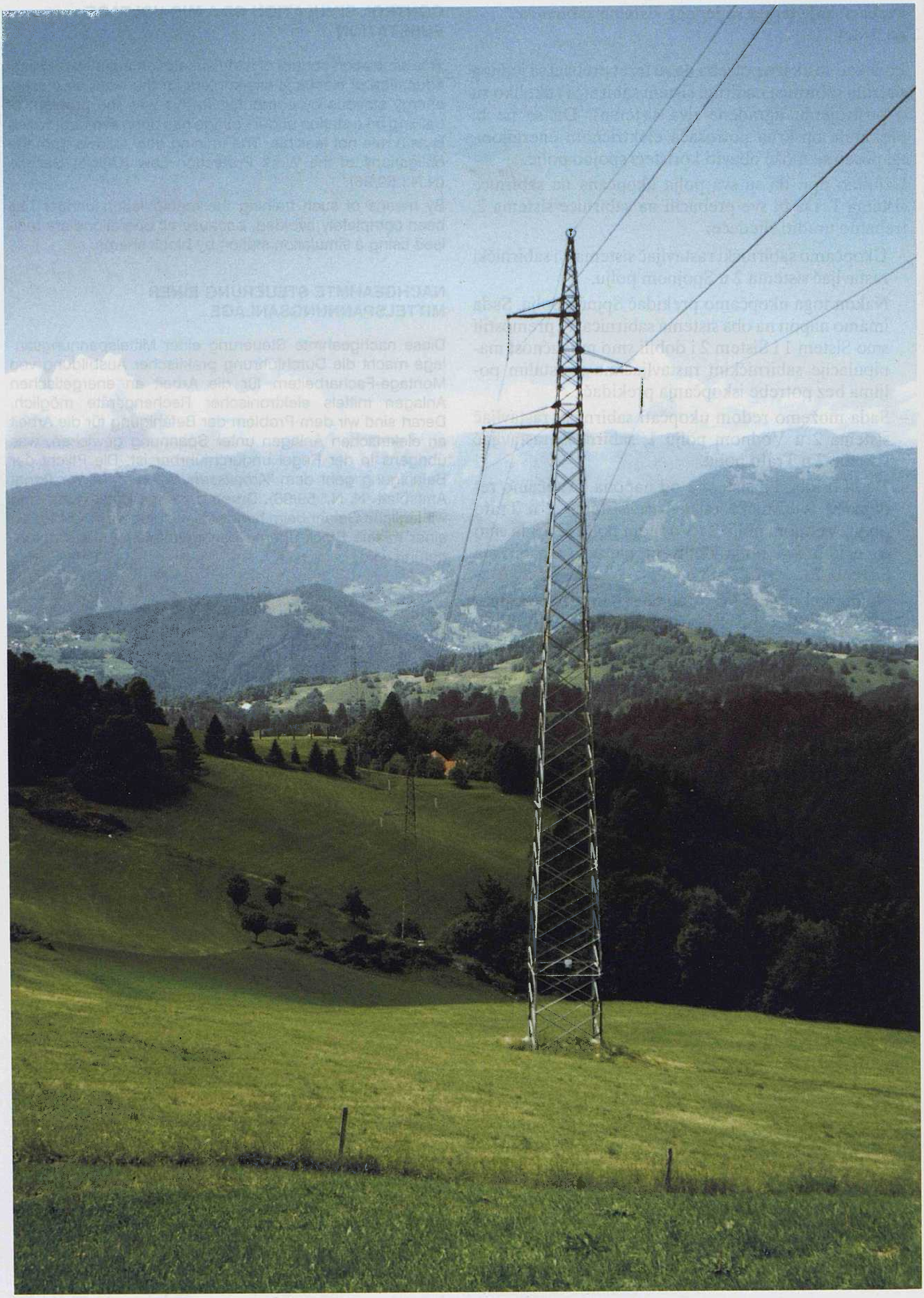
NACHGEAHMTE STEUERUNG EINER MITTELSPANNUNGSANLAGE

Diese nachgeahmte Steuerung einer Mittelspannungsanlage macht die Durchführung praktischer Ausbildung von Montage-Facharbeitern für die Arbeit an energetischen Anlagen mittels elektronischer Rechengeräte möglich. Derart sind wir dem Problem der Befähigung für die Arbeit an elektrischen Anlagen unter Spannung gewichen, was übrigens in der Regel undurchführbar ist. Die Pflicht der Befähigung geht dem "*Arbeitsschutzgesetz*" hervor (kroat Amtsblatt "N. N." 59/96). Durch derartige Befähigung sind wir jegliche Gefahr beim handneln vermieden, da dieses an einer mittels Block-Shema nachgeahmten Anlage durchgeführt wird.

Naslov pisaca:

Nikola Petric, dipl. ing.
Zlatko Pataki, dipl. ing.
Željko Kosek, el. teh.
Hrvatska elektroprivreda
DP Elektra - Zagreb
Gundulićeva 32
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2001-15-10.



PROJEKT REGIONALNOG RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE

Mr. sc. Ivica T o l j a n – mr. sc. Davor B a j s – mr. sc. Goran M a j s t r o v i ć – Vladimir G r u j i ć – Marinko R o g i ć, Zagreb

UDK 621.316.11:621.31
STRUČNI ČLANAK

Predstavljaju se aktivnosti u okviru regionalnog planiranja prijenosne mreže pod pokroviteljstvom USAID-a. Projekt je počeo u ožujku 2001. godine i trajat će do kraja 2002. U okviru projekta svakoj zemlji sudionici je osiguran i dostavljen programski paket PSS/E američkog proizvođača Power Technologies Inc., te organizirani tečajevi korištenja. Pomoću PSS/E je zatim modelirana regionalna prijenosna mreža za 2005. godinu, a predstoji izvođenje studije vrednovanja uloge pojedinih kandidiranih interkonektivnih vodova.

Ključne riječi: interkonekcije, investicije, tokovi snaga, regionalno planiranje, tržište električne energije.

UVODNO O PROJEKTU

U okviru SECI inicijative (South East Cooperation Iniciative) pokrenuta je grupa projekata radi boljeg povezivanja elektroenergetskih sustava zemalja jugoistočne Europe i ostatka UCTE-a s ciljem bolje pripreme za predstojeće tržišne odnose u novim dereguliranim uvjetima.

Pod pokroviteljstvom USAID (US Association for International Development), kojeg kao voditelj projekta zastupa elektroprivredna kompanija iz Michigana "CMS Energy" u okviru spomenute grupe SECI projekata, pokrenut je i međunarodni projekt regionalnog planiranja razvoja prijenosne mreže. Zemlje članice koje su aktivno uključene u ovaj projekt su Slovenija, Mađarska, Hrvatska, BiH, Makedonija, Rumunjska, Bugarska, Grčka i Turska, te nakon ukidanja sankcija i Jugoslavija. Koordinator projekta je makedonska elektroprivreda - ESM.

Tijekom pripremnog razdoblja voditelj i koordinator projekta obišli su sve elektroprivredne kompanije u regiji, te su na osnovi sagledavanja provedenih u sklopu SECI projekta međusobnog povezivanja elektroenergetskih sustava zemalja jugoistočne Europe definirali sljedeće načelne regionalne prioritete:

- obnova postojećih vodova i transformatorskih stanica u Hrvatskoj i BiH s ciljem priključenja druge sinkrone zone na UCTE,
- studija izvodljivosti za visokonaponski koridor istok – zapad, uključujući analizu priključka velikog turskog sustava na UCTE,
- tehno-ekonomska analiza mogućnosti rada tržišta električne energije nakon priključka druge sinkrone zone,
- telekomunikacijsko povezivanje dispečerskih centara u regiji u cilju pripreme za otvaranje novih tržišnih mogućnosti rekonekcijom druge sinkrone zone,
- definiranje metodologije revitalizacije visokonaponskih vodova i transformatorskih stanica.

Nakon definiranja osnovnih karakteristika elektroenergetskih sustava, kao i stanja u regiji, pristupilo se izvedbi projekta.

Projekt regionalnog planiranja prijenosne mreže je počeo 6.ožujka 2001. sastankom Steering Commitee-a u Skopju na kojem je potpisan Sporazum o razumijevanju (Memorandum of understanding). Cilj projekta je:

- osigurati (donirati) svim zemljama sudionicama odgovarajući software za analizu i planiranje prijenosnih mreža (softverski paket "Power System Simulator for Engineering - PSS/E"),
- formirati grupu eksperata za regionalno planiranje prijenosne mreže,
- postojeće podatke pojedinih sustava prikazati u formatu PSS/E,
- kreirati regionalni model,
- izvesti studiju planiranja regionalne mreže.

ORGANIZACIJSKA STRUKTURA PROJEKTA

Smirivanjem napetosti i sukoba na ovim prostorima stvorile su se pretpostavke za bližu suradnju elektroenergetskih sustava (EES) zemalja jugoistočne Europe. Činjenica da je električna energija vrlo bitan čimbenik u razvoju svake zemlje samo je ubrzala pokretanje ovog i sličnih projekata. Budući da će se širenje UCTE-a prema istoku i dalje nastaviti (nakon prik-

ljučka EES-a istočne Njemačke i CENTREL-a), očekuju se mnoge nove mogućnosti trgovine. Stoga jačanje interkonekcija sa susjednim državama postaje vrlo interesantno i s tehničkog i s ekonomskog aspekta. Zadatak ovog projekta je definirati moguća uska grla u predvidivim scenarijima budućih razmjena, te odrediti regionalno značenje pojedinih veza. Analiza regionalne mreže dat će bolji uvid u regiju u cjelini, a tako i ulogu hrvatske mreže u njoj.

Na osnovi svega navedenog inicijativom SAD-a i EU u drugoj polovici 90-tih formirana je organizacija SECI (South East Cooperation Iniciative) sa sjedištem u Beču, s ciljem uspostavljanja čvršće gospodarske suradnje između zemalja jugoistočne Europe. Zadatak SECI-ja je pokrenuti niz stručnih projekata na raznim područjima koja su od važnosti za sve zemlje članice. Na taj način se izdvoje projekti koji su najvećeg regionalnog značenja i dobiju referencu za eventualno lakše dobivanje financijskih sredstava od međunarodnih institucija, budući da u svakom projektu sudjeluju i eksperti Europske banke za obnovu i razvoj (EBRD) i Svjetske banke.

Projekt regionalnog razvoja prijenosne mreže u potpunosti je organiziran i vođen od strane USAID-a, dok se postojeća infrastruktura SECI-ja iskoristila u cilju bržeg i lakšeg provođenja postavljenih zadataka.

Organizacijska struktura ovog projekta USAID-a sastoji se od Upravnog odbora, tehničke grupe i triju radnih grupa, kako je prikazano slikom 1.

Predstavnik Hrvatske u Upravnom odboru je mr. sc. Ivica Toljan, direktor Direkcije za prijenos, član tehničke grupe je Marinko Rogić iz Sektora za upravljanje i gospodarenje, a članovi radnih grupa su Marinko Rogić, Vladimir Grujić, te mr. sc. Davor Bajs i mr. sc. Goran Majstrović iz Energetskog instituta "Hrvoje Požar".

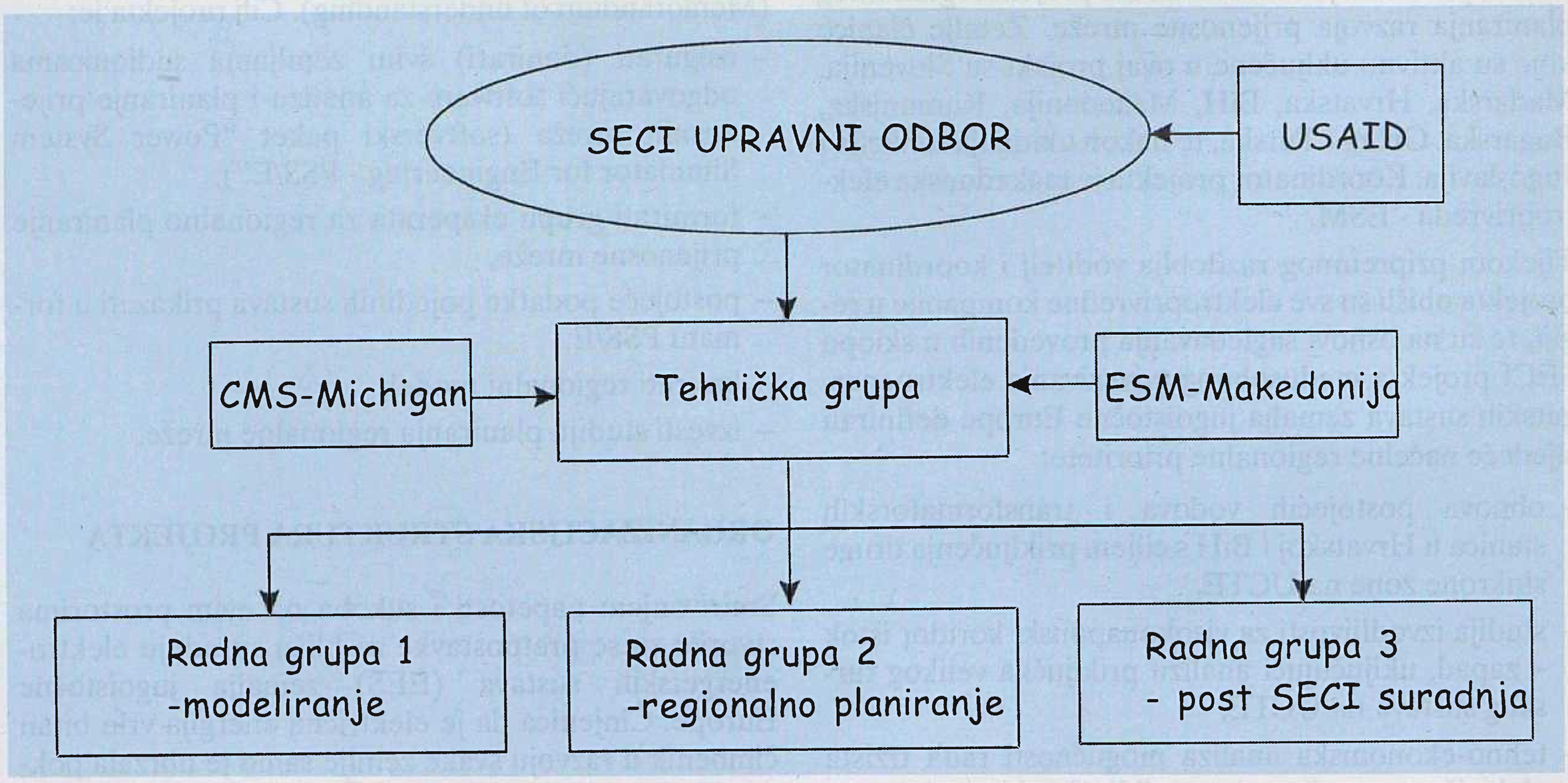
Do danas su održana dva sastanka Upravnom odboru i 6 sastanaka tehničke i radnih grupa. Završetak projekta planira se do kraja 2002. godine.

CILJEVI PROJEKTA

1) Softverski paket Power System Simulator for Engineering - PSS/E

Svaka od navedenih zemalja do sada je imala vlastiti način prikupljanja i zapisivanja podataka, kao i vlastite softvere za tu namjenu. Zbog lakšeg komuniciranja javila se potreba za istovrsnim softverom, koji se koristi u ostalim zemljama UCTE-a i diljem svijeta. Odabran je PSS/E jer je jedan od najrenomiranijih alata za analizu elektroenergetskih mreža u svijetu i koristi se u preko 100 zemalja. PSS/E se sastoji od niza modula (modul za proračun klasičnih tokova snaga, modul za optimalne tokove snaga, moduli za statičku, tranzijentnu i dinamičku stabilnost, modul IPLAN itd). Ovaj iznimno skupi američki software zaštićen je ključem (hardlockom). U okviru projekta podijeljeno je 19 ključeva, od kojih su Hrvatskoj pripala dva. Jedan ključ za PSS/E se koristi u Sektoru za upravljanje i gospodarenje EES-om, a drugi u Energetskom institutu "H.Požar". Licenca za korištenje nema vremensko, ni bilo kakvo drugo ograničenje, a u paket je uključena u dvogodišnja pretplata na nove verzije, što je već rezultiralo dobivanjem nove verzije 28.

Nakon raspodjele PSS/E-a organizirani su tečajevi korištenja. Prvi od tih tečajeva pod nazivom "tokovi snaga i statička analiza" održan je u Zagrebu, u prostorijama Energetskog instituta "Hrvoje Požar". Nakon toga su održani i tečajevi "optimalnih tokova snaga" i tečaj "dinamičke analize".

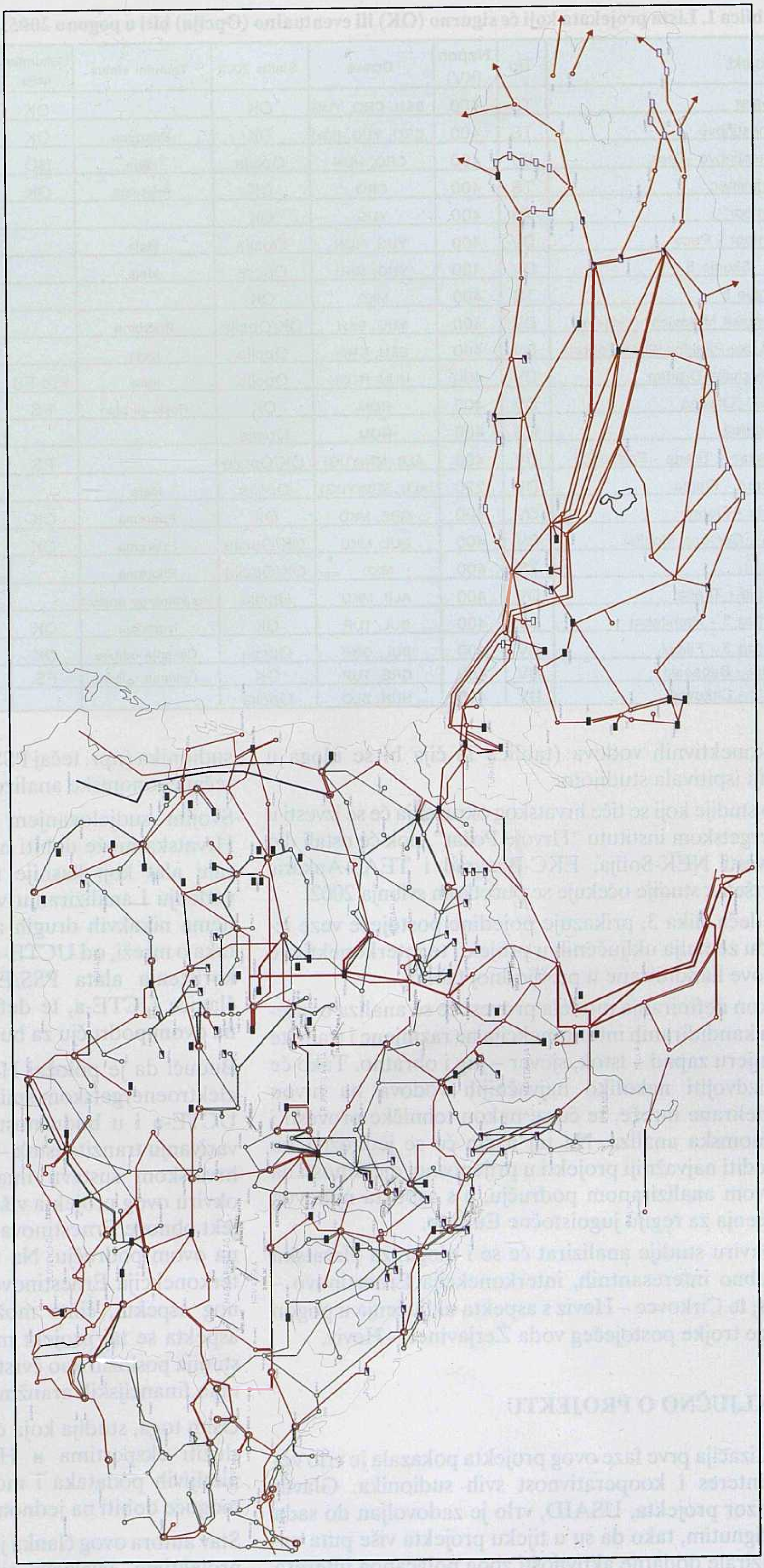


Slika 1. Organizacijska struktura SECI-ja

2) Regionalni model prijenosne mreže

Sve zemlje sudionice formirale su model vlastitog sustava (400 kV i 220 kV) prema službeno usvojenim planovima za 2005. godinu, uključujući i dio austrijske i talijanske mreže, te ekvivalent ostalog dijela UCTE-a i to za vršno zimsko i ljetno opterećenje. Povezivanjem pojedinih modela formirao se regionalni model prijenosne mreže kojeg su potvrdile sve zemlje članice. Kontaktom sa svakom zemljom posebno i preko zajedničke tehničke grupe nastojali su se otkloniti problemi u modeliranju pomoću PSS/E-a. Slika 2 prikazuje model regionalne prijenosne mreže.

U konačnici regionalni model sadrži 1556 sabirnica, 2343 grane, 255 elektrana, 354 agregata, 516 transformatora i 739 modeliranih opterećenja. Trenutno između Slovenije i Mađarske, te ostatka UCTE-a postoje četiri 400 kV i pet 220 kV interkonektivnih vodova, te dvadeset i šest 400 kV i petnaest 220 kV interkonektivnih vodova među ostalim zemljama jugoistočne Europe.



Slika 2. Regionalni model prijenosne mreže

3) Studija planiranja regionalne mreže

Tehnička grupa i radne grupe 1, 2 i 3 definirale su scenarije proizvodnje i potrošnje električne energije u regiji koristeći podatke pojedinih sustava. U scenarije se uključuju i nalazi i dokumentacija o projektima u prijenosnoj djelatnosti u regiji Svjetske banke i EBRD-a.

Svaka zemlja sudionik kandidirala je projekt(e) koji bi mogao biti od regionalnog značenja s aspekta mogućih razmjena i tranzita. Na taj način se dobila lista od 25 potencijalnih postrojenja i in-

Tablica 1. Lista projekata koji će sigurno (OK) ili eventualno (Opcija) biti u pogonu 2005., a koji su od regionalnog značenja

Projekt	Tip	Napon (KV)	Drzave	Status 2005	Trenutni status	Dokumentacija	Duljina (km	Tip voda	Financiranje	Cijena (Mil USD)
Mostar	TS	400	B&H, CRO, YUG	OK		OK			OK	25
Ernestinovo	TS	400	CRO, YUG, B&H	OK	Priprema	OK			NO	30
Ernestinovo -Pecs	DV	400	CRO, HUN	Opcija	Ideja	NO	90	2X(2X490)	NO	30
Zerjavinec	TS	400	CRO	OK	Priprema	OK			NO	45
Sombor	TS	400	YUG	OK						
Sombor - Pecs	DV	400	YUG, HUN	Opcija	Ideja					15
Nis -Skopje 5	DV	400	YUG, MKD	Opcija	Ideja		156	2x490		31
Skopje 5	TS	400	MKD	OK						10
Sremska Mitrovica - Uqljevik	DV	400	YUG, B&H	OK/Opcija	Priprema					12
B. Luka-Prijedor-Bihac-Zagreb	DV	400	B&H, CRO	Opcija	Ideja					
Bekescaba-Oradea	DV	400	HUN, ROM	Opcija	Ideja	Pre-FS	92	3x460		34
Arad - Oradea	DV	400	ROM	OK	Poslovni plan	FS	108	3x300		19
Isakchea	RS	400	ROM	Opcija						
Elbasan - Tirana - Podgorica	DV	400	ALB, MN(YUG)	OK/Opcija		FS	185	2x490	Dio	30
Prizren - Fierza	DV	220	ALB, SER(YUG)	Opcija	Ideja					
Bitola - Florina	DV	400	GRE, MKD	OK	Priprema	OK	40	2x490		9
Stip - Cervena Mogila	DV	400	BUL, MKD	OK/Opcija	Priprema	OK	150	2x490	Dio	23
Stip	TS	400	MKD	OK/Opcija	Priprema					12
Skopje - Tirana	DV	400	ALB, MKD	Opcija	Preliminarna analiza		200	2x490		30
Maritza 3 - Hamitabat	DV	400	BUL, TUR	OK	Izgradnja	OK		3x400	OK	23
Maritza 3 - Filippi	DV	400	BUL, GRE	Opcija	Čekanje odluke	OK		3x400		49
Filippi - Babaeski	DV	400	GRE, TUR	OK	Čekanje odluke	FS		3x400		50
Heviz - Cirkovce	DV	400	HUN, SLO	Opcija						

terkonektivnih vodova (tablica 1) čija bi se uloga u regiji ispitivala studijom.

Dio studije koji se tiče hrvatskog okruženja će se izvesti u Energetskom institutu "Hrvoje Požar", dok će ostali dio provesti NEK-Sofija, EKC-Beograd i TEAS-Ankara. Završetak studije očekuje se početkom svibnja 2002.

Sljedeća slika 3, prikazuje pojedine postojeće veze između zemalja uključenih u projekt, te interkonektivne vodove kandidirane u prethodnoj tablici.

Nakon definiranja modela provest će se analiza o utjecaju kandidiranih interkonekcija na razmjene i tranzite u smjeru zapad – istok, sjever – jug i obratno. Tako će se izdvojiti nekoliko najvažnijih vodova na nivou modelirane mreže, te će se nakon tehničke provesti i ekonomska analiza. Na taj način će se jednoznačno odrediti najvažniji projekti u prijenosnoj djelatnosti na čitavom analiziranom području, a s aspekta njihovog značenja za regiju jugoistočne Europe.

U okviru studije analizirat će se i uloga, za Hrvatsku posebno interesantnih, interkonekcija Ernestinovo – Pecs, te Cirkovce – Heviz s aspekta uključenja u pogon druge trojke postojećeg voda Žerjavinec – Heviz.

ZAKLJUČNO O PROJEKTU

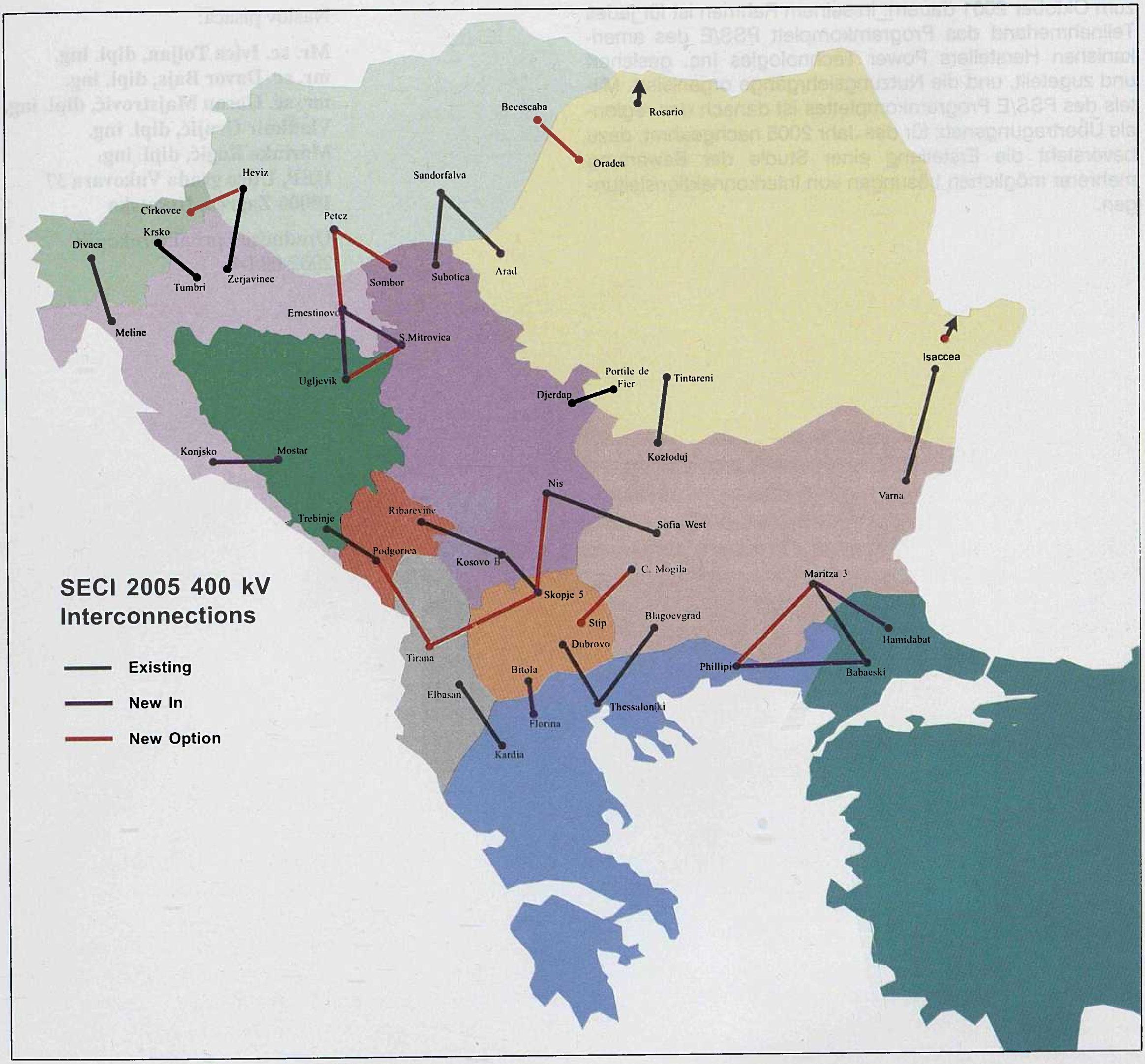
Realizacija prve faze ovog projekta pokazala je vrlo velik interes i kooperativnost svih sudionika. Glavni sponzor projekta, USAID, vrlo je zadovoljan do sada postignutim, tako da su u tijeku projekta više puta organizirale dodatne aktivnosti zbog pojačanog interesa sudionika (npr. tečaj PSS/E za optimalne tokove snaga, tečaj ekonomske analize i sl.).

Svojim sudjelovanjem u projektima ovakvog tipa Hrvatska može dobiti niz korisnih informacija i donirani alat koji kasnije mogu vrlo dobro poslužiti u vođenju i analiziranju vlastitog sustava. Ovaj projekt nema nikakvih drugih aspiracija, do razmjene podataka o mreži, od UCTE-a do Turske, doniranja i obuke korištenja alata PSS/E softvera kojeg koriste sve članice UCTE-a, te definiranja najvažnijih projekata na ovom području za buduće razmjene i tranzite.

Budući da je položaj Hrvatske vrlo karakterističan u elektroenergetskom smislu, trenutno kao zadnja linija UCTE-a i u budućnosti još važniji čimbenik u ostvarivanju tranzita istok – zapad, sjever – jug, projekti u hrvatskom sustavu imaju i regionalnu važnost. U okviru ovog projekta više puta je naglašeno da je projekt obnove Ernestinova, uz Mostar, najvažniji projekt na ovom području. Na taj način se i kandidirana interkonekcija Ernestinovo – Pecs razmatra s regionalnog aspekta, čime može dobiti na važnosti. S tog aspekta se taj projekt može promovirati, a navedena studija poslužiti kao čvrsto uporište u dobivanju povoljnijih financijskih aranžmana na međunarodnoj razini.

Osim toga, studija koja će se uskoro završiti može poslužiti ekspertima u Hrvatskoj kao izvor niza zanimljivih podataka i mogućnosti, koje trenutno nije moguće dobiti na jednom mjestu ili u istom formatu.

Stav autora ovog članka je da se potrebno angažirati na projektima ovakvog tipa, kako bi što spremniji



Slika 3. Postojeći i kandidirani interkonektivni 400 kV vodovi u regiji za 2005. godinu

dočekali nove mogućnosti trgovine električnom energijom i razvoja prijenosnog sustava koje će se otvoriti priključenjem druge sinkrone zone UCTE-u i izgradnjom novih interkonektivnih vodova u hrvatskom okruženju.

LITERATURA

[1] Report from the 4th Meeting of the SECI Project Group, Skopje, January 1999;

[2] Report from the Organizational Meeting for the SECI TSP Project, Skopje, March, 2001;

[3] Report from the SECI TSP Project, Technical Coordinating Group Meeting, Bucharest, June 2001;

[4] T. ČEREPNALKOVSKI, P. MILLER, M. GUERIN: "SECI Regional Transmission Planning Project", Selit Conference, Istanbul, 2001.

REGIONAL TRANSMISSION NETWORK DEVELOPMENT PROJECT

In this paper activities within the regional transmission network planning sponsored by USAID are presented. The project was launched in March 2001 and it will end in October 2002. Within the project, each participating country received the PSS/E programme package realised by the American producer Power Technologies Inc. and courses for users were organised. Using PSS/E the regional transmission network has been modelled for the year 2005, and an evaluation study of the role of nominated connecting lines is also foreseen.

PROJEKT DER REGIONALEN ENTWICKLUNG DES ÜBERTRAGUNGSNETZES

In dieser Arbeit sind die Tätigkeiten im Rahnem des regionalen Planens des Übertragungsnetzes unter Obhut von USAID. Dieses Projekt begann im März 2001 und wird bis

zum Oktober 2001 dauern. In seinem Rahmen ist für jedes Teilnehmerland das Programkomplett PSS/E des amerikanishen Herstellers Power Technologies Inc. gesichert und zugeteilt, und die Nutzungslehrgänge organisiert. Mittels des PSS/E Programkomplettes ist danach das regionale Übertragungsnetz für das Jahr 2005 nachgeahmt, dazu bevorsteht die Erstellung einer Studie der Bewertung mehrerer möglichen Lösungen von Interkonnektionsleitungen.

Naslov pisaca:

Mr. sc. Ivica Toljan, dipl. ing.
mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing.
mr. sc. Goran Majstrović, dipl. ing.
Vladimir Grujić, dipl. ing.
Marinko Rogić, dipl. ing.
HEP, Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-08-04.

TRANCRO – NACIONALNI PROGRAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI U TRANSPORTU

Dr. Branka J e l a v i ć – mr. Davor M a t i ć, Zagreb

UDK 625.7:620.9
PREGLEDNI ČLANAK

U zemljama EU danas prevladava nepovoljna struktura pojedinih vidova putničkog i robnog transporta, pri čemu jača utjecaj cestovnog prijevoza u odnosu na druge, energetski i ekološki efikasnije oblike transporta. S gospodarskim razvojem zemalja u tranziciji, struktura njihova prometa približava se nepovoljnoj strukturi razvijenih europskih zemalja (porast broja osobnih vozila i kamionskog prijevoza i smanjenje udjela željezničkog prijevoza itd...). Preventivnim djelovanjem moguće je djelomično ublažiti posljedice mogućeg budućeg energetski ne-efikasnog razvoja sektora transporta. S tim je ciljem pokrenut i nacionalni program energetske efikasnosti u transportu – TRANCRO. U članku je opisana postojeća situacija i aktualni trendovi razvoja sustava transporta u Europi, te postojeće i planirane aktivnosti obuhvaćene programom TRANCRO.

Ključne riječi: TRANCRO, transport, promet, energetska efikasnost, ekologija.

1. UVOD

Stalna skrb o povećanju energetske efikasnosti jest jedna od temeljnih komponenti održivog razvoja. Krajnji cilj poboljšanja, međutim, nije veća tehnička efikasnost u energetskom sustavu, nego efikasnija i kvalitetnija energetska usluga za krajnjeg potrošača. Energetska efikasnost po svojoj prirodi značajno doprinosi klimatskoj stabilizaciji i uopće smanjenju štetnog utjecaja na okoliš. Konzekventna politika energetske efikasnosti vodi i do otvaranja novih radnih mjesta, te na kraju i do veće konkurentnosti cijele nacionalne ekonomije.

Međutim, za ostvarivanje takvih ciljeva tržišni mehanizmi nisu dostatni, štoviše može se reći da oni stvaraju niz tržišnih barijera uvođenju energetske efikasnosti. Stoga je nužno potrebno osmišljavanje cjelovite nacionalne strategije, s jasnom politikom, mjerama i instrumentima koji će omogućiti i stvarnu implementaciju energetske efikasnosti.

Organizirana i sustavna skrb o energetskoj efikasnosti provodit će se u Republici Hrvatskoj na temelju Nacionalnih energetskih programa, koje je 1997. godine pokrenula Vlada RH, od kojih su za ovo područje posebno značajni $KUEN_{zgrada}$ (Energetska efikasnost u zgradarstvu), MIEE (Mreža industrijske energetske efikasnosti), KOGEN (Program kogeneracije), $KUEN_{cts}$ (Energetska efikasnost centraliziranih toplinskih sustava) te TRANCRO (Program energetske efikasnosti u transportu) pokrenut 2000. godine, a koji je predmet ovog članka. Ovim programima obuhvaćena su sva značajna područja energetske potrošnje unutar kojih se može djelovati na poboljšanju učinkovitosti korištenja energije [1].

U dosadašnjem tijeku provedbe programa, pokrenutih 1997. godine, analizirano je postojeće stanje u Hrvatskoj, posebno stanje u pogledu zakonodavstava, ekonomije, definirani su postojeći problemi i barijere za budući razvoj, analizirana iskustva drugih zemalja te predložene buduće aktivnosti, način njihovog provođenja, i dinamika. Pokrenuta je izrada pilot projekata s glavnim ciljem provjere i praćenja energetskih, ekonomskih i ekoloških uvjeta za provođenje programa. Tijekom izrade pilot projekata moći će se uočiti i/ili potvrditi problemi i barijere, te će se na konkretnim primjerima analizirati svi utjecaji i doprinosi rezultata provedbe programa na energetski sektor i na sveukupno gospodarstvo.

2. ANALIZA SADAŠNJEG STANJA

Promatrano na europskoj razini [1, 2], uočljivo je da zemlje članice EU nemaju energetski efikasnu strukturu pojedinih vidova transporta. U transportu putnika, najveći porast imaju energetski najmanje efikasni vidovi. Prometni učinak osobnih vozila porastao je za 18% u razdoblju od 1990. do 1999. godine, dok je prometni učinak zračnog prometa u istom razdoblju porastao za 65%[1]. U odnosu na 1970. godinu, broj putnik-kilometara (pkm) osobnih vozila porastao je približno 2,5 puta, a zračni preko 7,5 puta. U ukupnoj

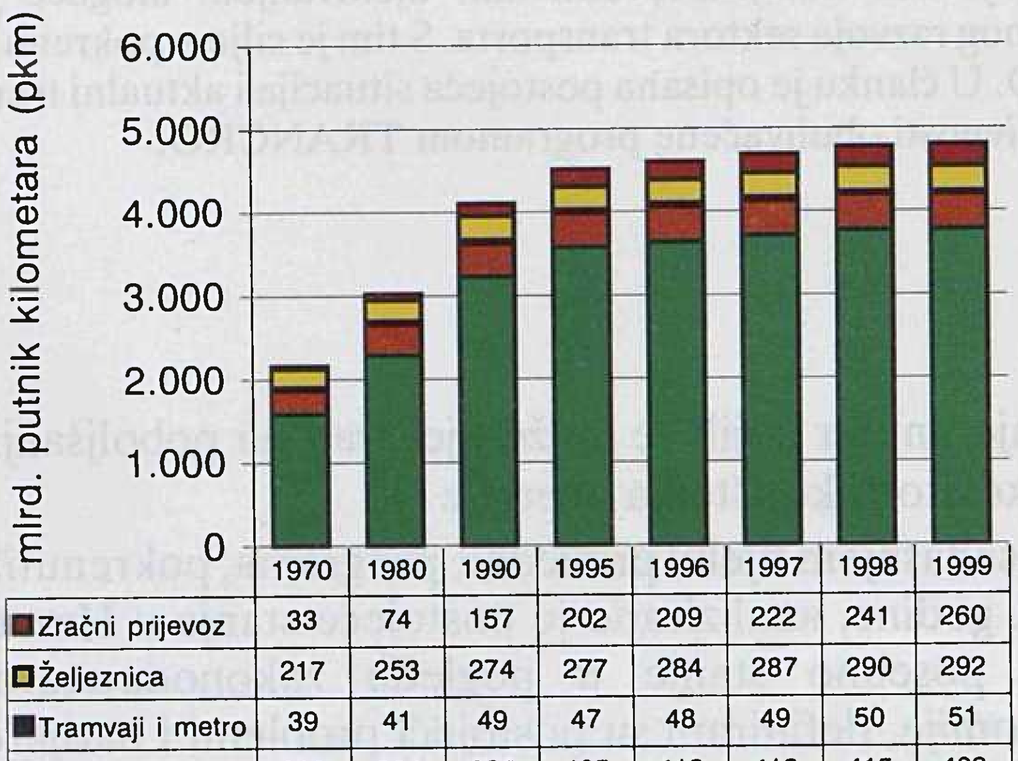
[1] Istodobno, prometni učinak autobusnog prometa porastao je za 9%, javnog gradskog prijevoza za 5% te željezničkog putničkog prometa za 8%.

strukturi putničkog transporta zemalja članica EU u 1999. godini, osobna vozila sudjeluju nešto ispod 80%. Također, u strukturi udjela pojedinih vidova transporta jasno je uočljiv trend pada udjela prijevoza putnika željeznicom, autobusima i sredstvima javnog gradskog prijevoza.

Porast udjela cestovnog prometa [1, 2] u odnosu na transport željeznicom u zemljama EU još više dolazi do izražaja u transportnom učinku robnog prometa, izraženom u tonskim kilometrima (tkm). U razdoblju od 1990. do 1999. godine, transportni učinak cestovnog prijevoza povećan je za 41%, dok je istodobno učinak prijevoza željeznicom smanjen za 7% (negativni trend). Zbog tržišnih uvjeta poslovanja EU je postala visoko ovisna o kamionskom prijevozu, koji pruža veću fleksibilnost i smanjenje potrebnih zaliha ("just-in-time delivery production), dok istovremeno, posljedice njihova djelovanja (oštećenje prometne infrastrukture, štetan utjecaj na okoliš) ne opterećuju (cijenom) u odgovarajućoj mjeri ovaj oblik robnog transporta.

Ekonomski gubici EU zbog prometnih gužvi procijenjeni su na 1 do 2% gospodarskog društvenog proizvoda (GDP) [1]. Postoji veza s energetskom efikasnošću jer slaba protočnost prometnica povećava potrošnju goriva po vozilo-km.

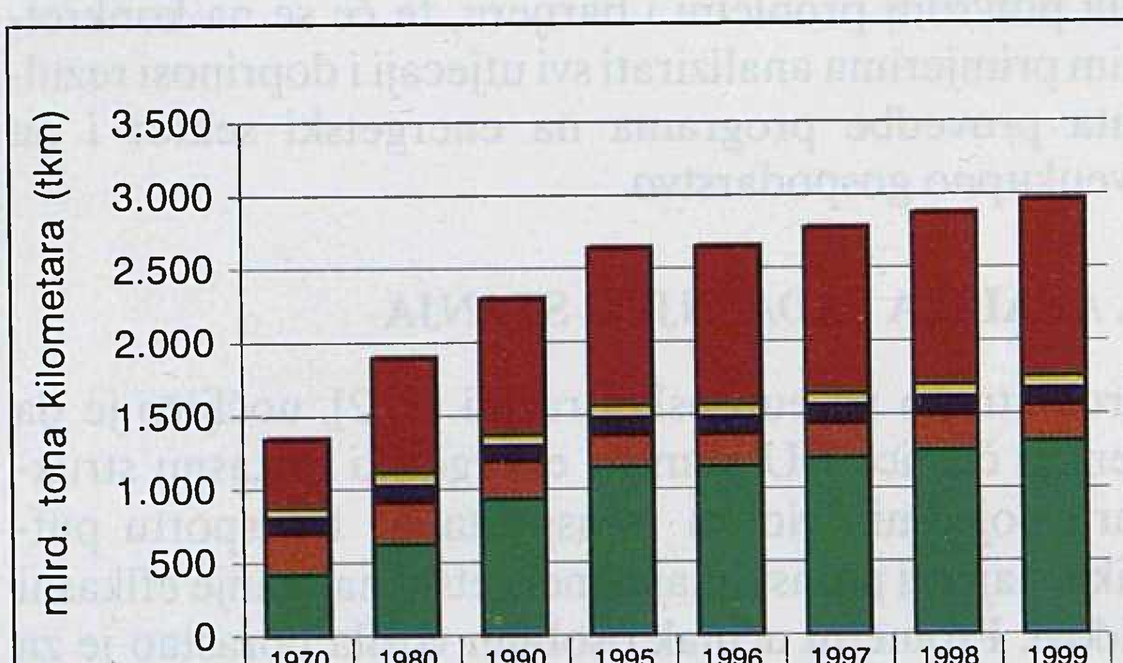
Stoga će i ostvareni dobici u energetskoj efikasnosti ostvareni tehnološkim razvojem transportnih sredstava (putničkih i teretnih) biti djelomično poništeni porastom prometnih gužvi (i pripadnim smanjenjem efikasnosti prometa, ali i smanjenjem kvalitete života u cjelini).



	1970	1980	1990	1995	1996	1997	1998	1999
Zračni prijevoz	33	74	157	202	209	222	241	260
Željeznica	217	253	274	277	284	287	290	292
Tramvaji i metro	39	41	49	47	48	49	50	51
Autobusi	280	364	395	405	413	413	415	403
Osobna vozila	1.588	2.294	3.231	3.577	3.640	3.706	3.776	3.784

Godina	Osobna vozila	Autobusi	Tramvaji i metro	Željeznica	Zračni
1970	73,6	13,0	1,8	10,0	1,5
1980	75,8	12,0	1,3	8,4	2,4
1990	78,7	9,6	1,2	6,7	3,8
1995	79,4	9,0	1,1	6,1	4,5
1996	79,2	9,0	1,1	6,2	4,5
1997	79,2	8,8	1,1	6,1	4,7
1998	79,1	8,7	1,0	6,1	5,0
1999	79,0	8,4	1,1	6,1	5,4

Slika 1. Prometni učinak i struktura udjela pojedinih vidova putničkog transporta u zemljama EU



	1970	1980	1990	1995	1996	1997	1998	1999
morski	472	780	922	1.071	1.076	1.124	1.167	1.195
cjevovodni	66	91	75	83	85	85	87	89
riječni	103	107	108	114	112	118	121	120
željeznički	283	287	255	221	220	238	241	237
cestovni	416	628	932	1.146	1.152	1.205	1.255	1.318

Godina	Cestovni	Željeznički	Riječni	Cjevovodni	Morski
1970	31,0	21,1	7,7	4,9	35,3
1980	33,2	15,2	5,6	4,8	41,2
1990	40,7	11,1	4,7	3,3	40,2
1995	43,5	8,4	4,3	3,1	40,7
1996	43,5	8,3	4,2	3,2	40,8
1997	43,5	8,6	4,3	3,1	40,5
1998	43,7	8,4	4,2	3,0	40,7
1999	44,5	8,0	4,1	3,0	40,4

Slika 2. Prometni učinak i struktura udjela pojedinih vidova robnog transporta u zemljama EU

U EU su stoga pokrenuti programi energetske efikasnosti[2] kao posljedica činjenice da se održiv i energetski efikasan razvoj sustava transporta može ostvariti prije svega kroz promjenu strukture pojedinih vidova robnog i putničkog transporta (pomak prema željezničkom i brodskom prijevozu roba, povećanje udjela željezničkog i javnog gradskog prijevoza u prometu putnika), a u manjoj mjeri tehnološkim razvojem cestovnih vozila.

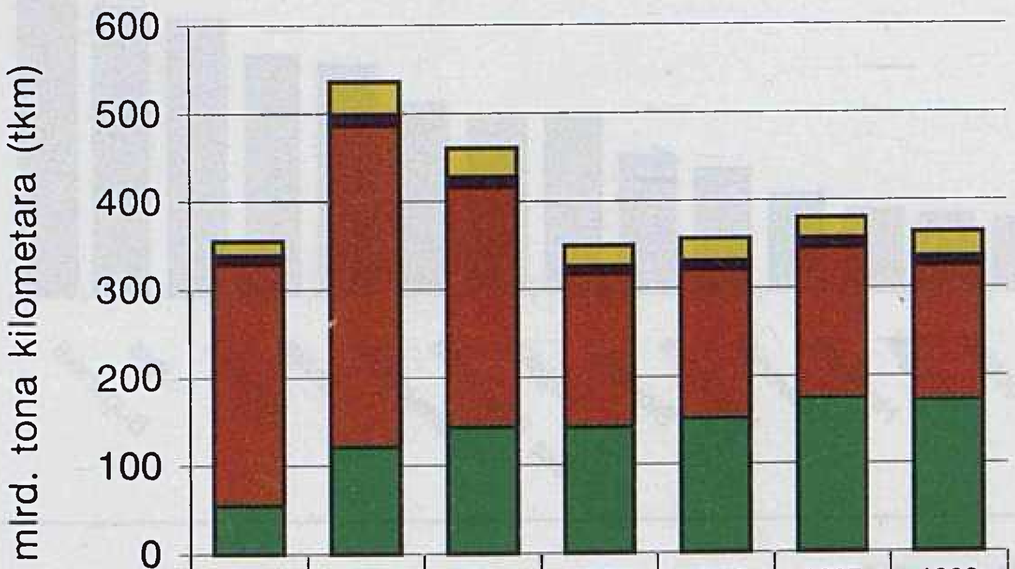
Kako zemlje EU imaju visoku razinu mobilnosti, daljnje proširenje cestovno orijentirane strukture prometa pružat će sve manje ekonomske koristi, dok istodobno stvara rastuće ekološke probleme.

U zemljama središnje i istočne Europe (u daljnjem tekstu SIE[3]) aktivnost prijevoza roba po jedinici gospodarskog društvenog proizvoda bila je znatno viša nego u zemljama EU. Visok iznos pokazatelja tona kilometara po jedinici GDP-a nastao je zbog visokog udjela ekstrakcije sirovina i industrije bazičnih materijala kao i centralizirane proizvodnje naslijeđene iz prošlosti. Međutim, struktura transporta u gospodarstvima u tranziciji s bržim razvitkom (poput Poljske i Češke Republike) približava se obrascu koji prevladava u EU. Promjene u strukturi gospodarstva pratile su i promjenu u strukturi izvezene odnosno uvezene robe. Izvoz gotovih proizvoda je opao, dok je porastao izvoz poluproizvoda jer su se zemlje SIE integrirale u širi europski proizvodni sustav (pri čemu je ukupni transportni učinak zemalja SIE opao za 21% u razdoblju od 1990. do 1998. godine). S obzirom da je povećani izvoz poluproizvoda zahtijevao i povećani ulaz materijala u raznim fazama proizvodnje, došlo je do pomaka prema prijevozu kamionima u odnosu na prijevoz željeznicom zbog istih razloga (veća fleksibilnost i smanjenje potrebnih zaliha).

U razdoblju od 1990. do 1998. godine (nažalost, podaci za 1999. godinu još nisu dostupni), u zemljama SIE, transportni učinak željezničkog robnog prometa opao je za 43,5%, udio riječnog transporta za 14% i transport cjevovodima za približno 14%. Istodobno, udio cestovnog robnog transporta porastao je za 19,4% [1].

U strukturi pojedinih vidova robnog transporta zemalja SIE u 1970. godini, udio cestovnog transporta iznosio je svega 15,4%, a udio željezničkog transporta čak 77,3%. U 1998. godini udio cestovnog transporta porastao je na 47,4%, a udio željezničkog transporta pao je na 42,2% [1].

Udio željezničkog robnog transporta zemalja SIE je smanjen i zbog činjenice da su glavne željezničke prometnice vodile na istok, a ne na zapad, te što je sustav željeznica nekompatibilan sa zapadnim sustavom. Zbog toga će, porastom trgovinske razmjene sa EU, kamionski transport u sve većoj mjeri opterećivati prometni sustav EU. Stoga, postoji interes zemalja članica EU da putem preventivnog djelovanja spriječe stvaranje nepovoljne strukture pojedinih vidova transporta, poput one u zapadnom sustavu, čije se posljedice nastoje sanirati naknadnom promjenom strukture pojedinih vidova transporta (što je u tom slučaju znatno teže i skuplje).



	1970	1980	1990	1995	1996	1997	1998
cjevovodni	16	37	32	23	25	24	28
riječni	10	13	12	9	9	10	10
željeznički	274	364	272	174	170	171	153
cestovni	55	122	144	143	152	175	172

Godina	Cestovni	Željeznički	Riječni	Cjevovodni
1970	15,4	77,3	2,8	4,6
1980	22,8	67,8	2,5	6,9
1990	31,3	59,1	2,5	7,0
1995	41,1	49,8	2,5	6,7
1996	42,7	47,7	2,6	7,0
1997	46,0	45,1	2,6	6,4
1998	47,4	42,2	2,8	7,7

Slika 3. Prometni učinak i struktura udjela pojedinih vidova robnog transporta u zemljama SIE

Trendovi kretanja prema sve nepovoljnijoj strukturi pojedinih vidova transporta, izraženi su u zemljama SIE kroz porast broja osobnih automobila (u nedostatku usporedivih podataka o putnik-kilometrima) koji je udvostručen u razdoblju od 1990. do 1998. godine [5]. Istodobno, nedostatak nacionalnih i lokalnih izvora financiranja doveo je do tendencije smanjenja aktivnosti sustava javnog prijevoza (uz poticanje

[2] Spomenimo samo: TREND (Interactive E- TRransport and ENergy Dissemination Package) kao dio SAVE projekta, istraživanja unutar STRAMS projekta (Strategic Transport Research for European Member States), Transport RTD kao dio 4th Framework Programme, koji pokriva cijeli niz programa iz područja transporta (EMMA, DANTE, DUMAS, HIPERTRANS, PRIMA, RECONNECT, REDEFINE i AEROCERT).

[3] U ovom slučaju (kod prikaza podataka), u zemlje SIE spadaju: Bugarska, Češka Republika, Estonija, Mađarska, Litva, Latvija, Poljska, Rumunjska, Slovenija i Slovačka.

daljnjeg nepovratnog usmjerenja prema uporabi osobnih vozila na račun uporabe sredstava javnog prijevoza).

Broj osobnih vozila na 1.000 stanovnika iznosio je u zemljama SIE u 1998. godini 221, u odnosu na 451 vozilo na 1.000 stanovnika u EU [1, 4, 5] što govori o mogućem potencijalu porasta. S druge strane, zemlje SIE imaju nesrazmjeran broj osobnih vozila na 1.000 stanovnika u odnosu na visinu gospodarskog društvenog proizvoda po glavi stanovnika.

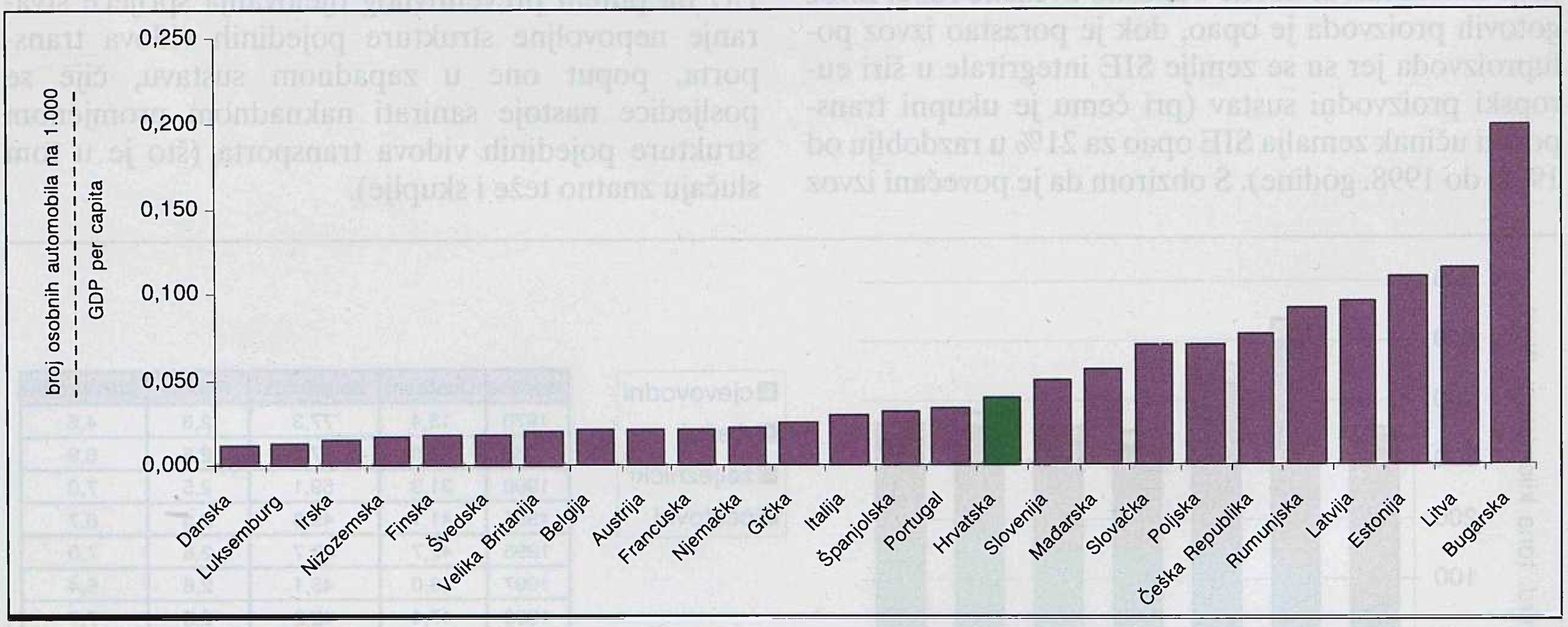
U ukupnoj emisiji CO_2 u EU, cestovni je transport sudjelovao s 23%, što je izuzetno visoko ako se uzme u obzir da je udio cjelokupnog sektora transporta u emisiji CO_2 28%. Utjecaj pojedinih sektora robnog i putničkog transporta vidljiv je i u njihovoj specifičnoj emisiji CO_2. U emisiji NO_x na razini EU transport je sudjelovao s 52% (od čega cestovni 40%), a u emisiji CO sa 62% (od čega cestovni 56%) [2].

Republika Hrvatska prati trendove zemalja u tranziciji (promjene u strukturi industrije prema proizvodima manje pogodnim za transport željeznicom, bum u kamionskom prijevozu, porast broja osobnih vozila nesrazmjeran gospodarskom rastu itd...). Rastuća potreba za mobilnošću i transportom roba zahtijeva i novu infrastrukturu za čije su financiranje (kao i u slučaju ostalih zemalja u tranziciji) javni fondovi nedovoljni.

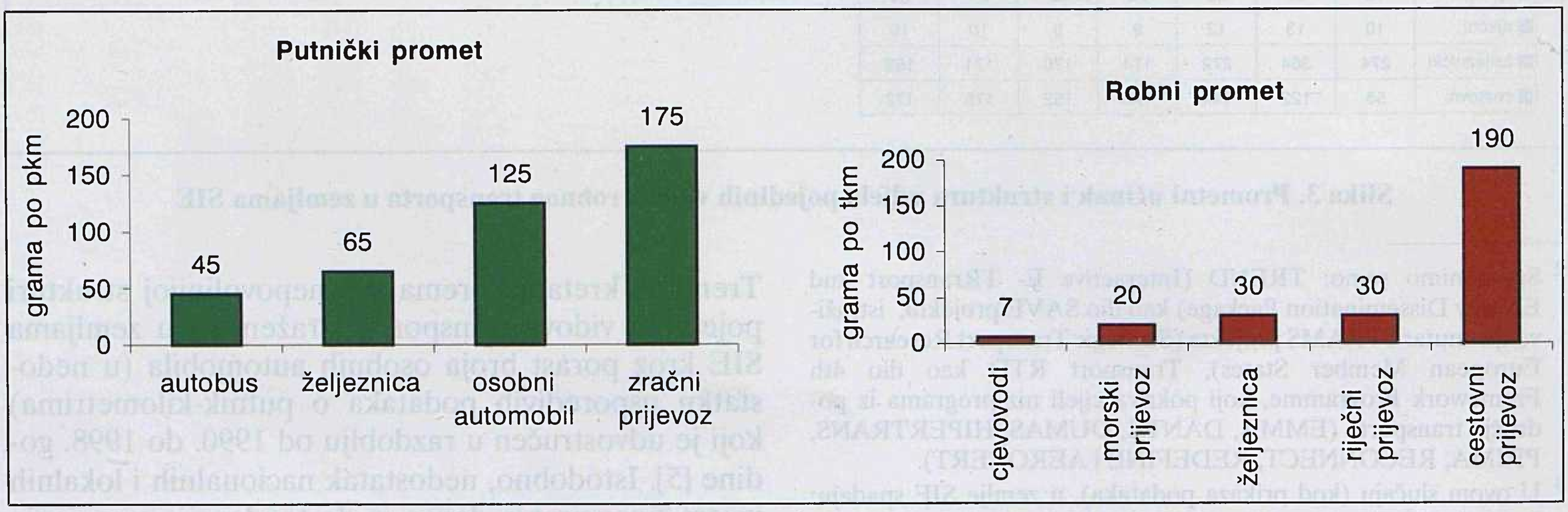
Vezano uz emisiju zagađivača, u Republici Hrvatskoj svi vidovi prometa zajedno sudjelovali su u ukupnoj emisiji NO_x sa 64,2% (od čega na cestovni promet otpada približno 40%, a 24,2% na ostale mobilne izvore), a u emisiji CO_2 sa 31,9% (od čega 24,4% u cestovnom prometu) [3].

Udjele pojedinih vidova putničkog i robnog transporta u putnik-kilometrima i tona-km tek je potrebno prikupiti kroz program TRANCRO preko podataka državne statistike i uz suradnju s pojedinim organizacijama iz sektora transporta koje u njemu surađuju. Ipak, podatak o strukturi potrošnje energije u transportu daje orijentacijski podatak koji nije izravno usporediv s podacima o prometnom učinku koji ovisi o specifičnoj potrošnji energije pojedinih transportnih sredstava.

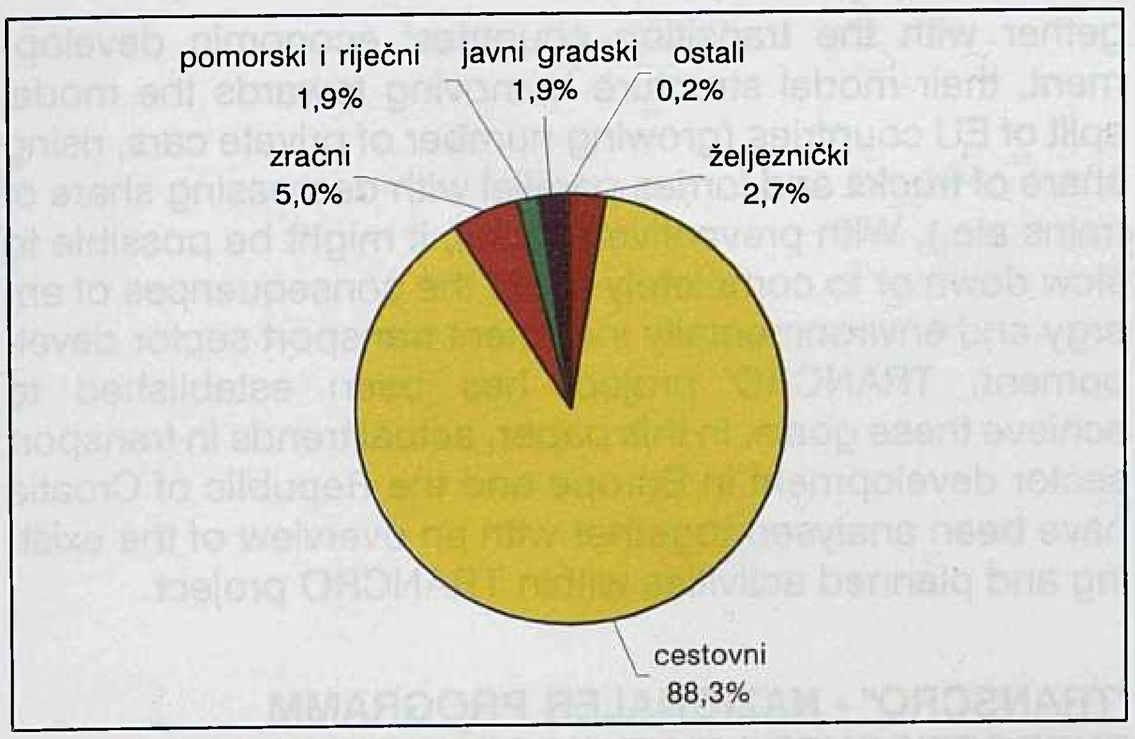
Uočljivo je da prevladavaju slični odnosi. Struktura potrošnje energije u transportu je vrlo nepovoljna jer je (podaci za 2000. godinu) čak 88,3% ukupno utrošene energije u transportu u Republici Hrvatskoj utrošeno u cestovnom prometu, a svega 2,7% u npr. energetski efikasnijem željezničkom transportu [3].



Slika 4. Broj osobnih automobila / GDP per capita



Slika 5. Specifična emisija CO_2 pojedinih vidova transporta



Slika 6. Struktura potrošnje energije u sektoru transporta u Republici Hrvatskoj u 1998. godini

3. DOSADAŠNJE AKTIVNOSTI NA PROGRAMU TRANCRO

Ministarstvo pomorstva, prometa i veza, Ministarstvo gospodarstva, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, INA - Industrija nafte, Jadranski naftovod i Energetski institut "Hrvoje Požar" zaključili su dana 26.6.2001. godine "Sporazum o pripremi i vođenju nacionalnog energetskog programa TRANCRO - Nacionalni program energetske efikasnosti u transportu".

Ministarstvo pomorstva, prometa i veza je nositelj programa TRANCRO, dok Energetski institut "Hrvoje Požar" provodi stručnu koordinaciju projekta.

Na programu TRANCRO, pored potpisnika Sporazuma, surađuju i Ministarstvo znanosti i tehnologije, Ministarstvo turizma, Ministarstvo prosvjete i športa, Ministarstvo poljoprivrede, Ministarstvo vanjskih poslova, Ministarstvo unutarnjih poslova, Hrvatska gospodarska komora, Državna uprava za vode, Hrvatske autoceste, Hrvatske ceste, Fakultet prometnih znanosti, Croatia Airlines, Hrvatske željeznice, Hrvatska elektroprivreda i Hrvatski auto-klub. Sve navedene organizacije su zastupljene u Upravnom vijeću programa.

4. BUDUĆE AKTIVNOSTI NA PROGRAMU TRANCRO

Zadaci postavljeni pred program TRANCRO su trajno praćenje utroška energenata svih zastupljenih vidova transporta (cestovni, željeznički, zračni, pomorski i riječni), prognoza porasta potrošnje pojedinih energenata u idućem dugoročnom razdoblju (na razini Republike Hrvatske, odnosno pojedinih urbanih sredina), te praćenje emisije štetnih plinova. Rezultati analize će biti dostupni svim zainteresiranim sudionicima uključenim u navedenu problematiku, od proizvođača i dobavljača goriva do znanstvenih institucija i institucija koje se bave strateškim planiranjem.

Na temelju dobivenih rezultata, u drugoj fazi programa analizirat će se potrebne mjere u cilju željenog energetski i ekološki prihvatljivog razvoja sustava transporta u Republici Hrvatskoj. Moguće mjere analizirat će se kako sa stanovišta njihova pozitivnog utjecaja, tako i sa stanovišta potrebnih sredstava za njihovu provedbu. Na temelju rezultata istraživanja, Ministarstvo pomorstva, prometa i veza predložit će Vladi Republike Hrvatske, Program sa svim potrebnim mjerama i aktivnostima na donošenje i provedbu.

Predviđene su i pojačane aktivnosti vezane uz marketing i obrazovanje te pilot projekti.

Planom rada (projektnim zadatkom) za 2002. godinu, financiranom od strane Ministarstva pomorstva, prometa i veza, predviđene su sveobuhvatne aktivnosti na prikupljanju podataka o prometnom učinku i utrošku energije u transportu u razdoblju od 1995. do 2001. godine (razdoblje od 1989. do 1994. godine obuhvaćeno je dosadašnjim istraživanjima u sklopu projekta PROHES i objavljeno u publikaciji Analiza prometa i veza – energetska potražnja do 2020. godine zajedno s prognozom potreba za energijom u sektoru transporta). Kao dio projektnog zadatka predviđena je dugoročna prognoza potrošnje energije u transportu uz veću razinu detalja nego u studiji PROHES-a uz izradu pripadnog programskog paketa za PC računala. Ovaj model će, ovisno o odabranom scenariju, izvršiti i izračun štetnog utjecaja pojedinih vidova putničkog i robnog transporta na okoliš (emisija štetnih plinova). Svi će rezultati biti objavljeni u jednoj cjelovitoj studiji koja bi poslužila kao predstudija za izradu glavne studije energetike u transportu te kao podloga za cost-benefit analizu pojedinih mjera energetske efikasnosti u transportu.

Pored uspostavljene suradnje s domaćim institucijama, predviđena je i suradnja sa stranim institucijama koje se bave navedenom problematikom. S tim ciljem su već uspostavljeni kontakti s pojedinim stranim organizacijama koje se bave sličnom problematikom i koje su iskazale interes za međusobnom suradnjom i razmjenom informacija (ENGVA - European Natural Gas Vehicle Association, IANGV - International Association of Natural Gas Vehicles, TransportAction, Bremen Initiative itd...). Jedan od osnovnih ciljeva programa je i razmjena informacija i iskustava između organizacija i pojedinaca uključenih u prometnu problematiku. Dodatne informacije o programu TRANCRO, prijedlozi, primjedbe, ponude za suradnju itd... mogu se dobiti slanjem upita na e-mail adresu koordinatora programa dmatic@eihp.hr.

5. ZAKLJUČAK

Iskustva europskih zemalja pokazuju da na energetsku efikasnost u sektoru transporta veći utjecaj ima njegova struktura nego tehnološki razvoj. Naime, usporedo s razvojem pogonskih motora osobnih vozila koja imaju nižu potrošnju goriva, raste i njihova snaga, što poništava potencijalni pozitivan utjecaj. Istodobno,

značajna ušteda energije i smanjenje onečišćenja okoliša može se ostvariti pomakom prema energetski efikasnijim vidovima transporta (npr. željeznički i brodski transport). Na ovaj bi način bila vraćena prijašnja uloga koju je imao željeznički transport u Hrvatskoj, uz istodobno oživljavanje hrvatskih luka.

Smanjenjem udjela osobnih vozila u urbanim sredinama uz povećanje udjela javnog gradskog prijevoza (i povećanja broja osoba po osobnom vozilu) ostvarila bi se značajna društvena korist (od uštede energije do povećanja cjelokupnog stupnja efikasnosti zbog smanjenja prometnih gužvi). Pozitivan ekološki utjecaj i općenito utjecaj na kvalitetu života u urbanim sredinama moguće je ostvariti i programima uporabe ekološki čistih goriva (od ukapljenog naftnog plina i prirodnog plina do biodizela) za pogon osobnih vozila i autobusa javnog gradskog prijevoza.

Postoji, dakle, cijeli niz mjera, kojima je moguće djelovati pozitivno na energetsku efikasnost u transportu, no kroz program TRANCRO potrebno je provesti usporednu analizu pozitivnog utjecaja i troškova pojedinih mjera, te odabrati one najprimjerenije za hrvatske prilike.

LITERATURA

[1] European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, "EU transport in figures - 2000", Brussels 2001.

[2] European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, "EU transport in figures - 2001", Brussels 2002.

[3] B. VUK et. al., "Energija u Hrvatskoj 1996. – 2000.", Ministarstvo gospodarstva, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2002.

[4] Državni zavod za statistiku; "Prijevoz, skladištenje i veze u 2000."; Zagreb, 2002.

[5] "Transport in central European countries 1993-1998", Eurostat, Theme 7 – Transport, 4/2000.

TRANCRO – NATIONAL PROGRAMME OF ENERGY EFFICIENCY IN TRANSPORT

The modal split between various transport modes in EU countries (with increasing share of road transport) is inefficient from energy and environmental point of view. Together with the transition countries' economic development, their modal structure is moving towards the modal split of EU countries (growing number of private cars, rising share of trucks and lorries parallel with decreasing share of trains etc.). With preventive actions, it might be possible to slow down or to completely avoid the consequences of energy and environmentally inefficient transport sector development. TRANCRO project has been established to achieve these goals. In this paper, actual trends in transport sector development in Europe and the Republic of Croatia have been analysed together with an overview of the existing and planned activities within TRANCRO project.

"TRANSCRO" - NAZIONALER PROGRAMM ENERGETISCHER LEISTUNGSFÄHIGKEIT IM TRANSPORT

In den EU-Länder überwiegt heutzutage die ungünstige Beschaffenheit einzelner Arten der Personen- und Güterbeförderung, wobei im Bezug auf die anderen, energetisch und umweltfreundlich günstigeren Verkehrsarten, der Strassenverkehr immer weiter zunimmt. Mit deren wirtschaftlichen Entwicklung nähert sich die Verkehrsbeschaffenheit der Übergangsländern der ungünstigen Verkehrsstruktur in den entwickelten europäischen Ländern (Zuwachs der PKW-Anzahl und des Lastwagenverkehrs, die Schrumpfung des Eisenbahnverkehrsanteils usw....). Durch vorsorgliche Tätigkeit ist es teilweise möglich die Folgen künftiger, möglicherweise ineffizienter Entwicklung des Transportsachgebietes zu lindern. Der kroatische nazionale Programm energetischer Leistungsfähigkeit im Transport - TRANSCRO - ist zu diesem Zweck eingeleitet worden. Im Artikel ist die bestehende Situation und die jetzigen Entwicklungsbestrebungen bezüglich des europäischen Transportsystems, sowie bestehende und geplante, im Rahmen des Programmes TRANSCRO gefasste Tätigkeiten beschreiben worden.

Naslov pisaca:

Dr. Branka Jelavić, dipl. ing.
mr. Davor Matić, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-04-22.

O STATISTIČKIM OSOBINAMA USKOPOJASNOG ŠUMA NA NISKONAPONSKIM ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Mr. sc. Dubravko S a b o l i ć, Zagreb

UDK 096.6:621.391.82
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Na temelju mjerenja izvodi se statistički model uskopojasnog šuma prisutnog na niskonaponskoj električnoj instalaciji, u području od 100 do 800 kHz. Daju se razdiobe uskopojasnih komponenti šuma po amplitudi i po razmaku na frekvencijskoj osi, koje se odnose na dane mjerne uvjete. Za utvrđivanje statistički vjerodost ojne raspodjele snage po frekvencijama bilo bi potrebno izvršiti opsežnija mjerenja.

Ključne riječi: uskopojasni šum, električna instalacija, statistika.

Uvod

Analiza šuma u frekvencijskim područjima višima od onih u kojima postoji važan utjecaj harmonika mrežne frekvencije potrebna je prvenstveno zbog mogućnosti korištenja distribucijske mreže za komunikacije. Klasične primjene u tom području ostvaruju se, prema europskoj normi EN 50065, na frekvencijama između 9 kHz i 150 kHz. U Americi i Japanu takvi se sustavi koriste do frekvencija od nekih 450 kHz. Danas su već komercijalno dostupni, ili su u zreloj fazi razvoja, uređaji za komunikaciju PLC medijem (engl. Power Line Carrier) koji rade u značajno višim područjima frekvencija. Općenito, danas se može reći da će sustavi za komunikacije velikim digitalnim brzinama (2 Mb/s na više) raditi u području od 9 kHz do 10 MHz na vanjskoj distribucijskoj mreži (engl. outdoor), odnosno od 10 MHz do najmanje 20 MHz na unutarnjim instalacijama zgrada (engl. indoor). Razmatra se, i gotovo je izvjesno, korištenje pojasa do 30 MHz, a možda i do 60 MHz. O klasičnim i novim primjenama PLC komunikacijskih sustava čitatelj se može informirati u literaturi navedenoj na kraju članka.

Postoji nekoliko različitih vrsta šuma prisutnoga na distribucijskoj mreži u višim frekvencijskim područjima. One se razlikuju po svojemu podrijetlu, i mogu se promatrati odvojeno. U simulacijama komunikacijskih sustava te se vrste šuma mogu modularno dodavati u simulirani kanal. Zbog toga je bitno za svaku vrstu šuma imati odgovarajući statistički model koji će omogućiti sintezu stohastičkog procesa s mogućnošću kontrole karakterističnih parametara.

Osnovna vrsta šuma je tzv. pozadinski šum (engl. background noise), koji je koloriran u području do 100 kHz (intenzitet pada s približno 40 dB/dek), a nakon toga, pa sve do vrlo visokih frekvencija poprima karakteristike približno bijelog šuma, razine u svakom slučaju ispod –130 dB(W/Hz) na 50 Ω. Podrijetlo pozadinskog šuma nije tretirano u literaturi, ali se svakako može pretpostaviti da pozadinskom šumu doprinose sva trošila spojena na elektroenergetsku mrežu, a on može stizati mehanizmom vođenja po kabelima i instalacijama, odnosno prijamom smetnji već izračenih u prostor, ili s distribucijske mreže, ili iz bilo kojeg drugog izvora.

Impulsni šum (engl. single event impulse noise) jedan je od najznačajnijih fenomena prisutnih na PLC mreži, jer ima vrlo jak utjecaj na komunikacijske sustave. Danas već postoje zadovoljavajući modeli impulsnog šuma. Glavne karakteristike statističkih modela su: razdioba impulsa po amplitudama, po trajanju impulsa, i po trajanju intervala između dvaju susjednih impulsa. Impuls je svaka fluktuacija napona koja premašuje neki predefinirani prag detekcije, obično oko 100 mV, kada je mrežni napon frekvencije 50 Hz odfiltriran iz mjernog sustava.

Periodički šum sinkron s mrežnom frekvencijom (engl. periodic synchronous noise) potječe od trošila spojenih na mrežu koja se napajaju uzimanjem energije iz mreže u točno određenim fazama mrežnog napona. Tipičan primjer su tiristorski ispravljači, prigušivači rasvjete, itd.

Periodički šum asinkron s mrežnom frekvencijom (engl. periodic asynchronous noise) dolazi od suvremenih elektroničkih uređaja napajanih switch-mode mrežnim napajačima, koji rade na nekoj relativno niskoj ultrazvučnoj frekvenciji (tipično između 20 kHz i 40 kHz), generiranoj u njima samima, bez sinkronizma s mrežnom frekvencijom. U amplitudno-frekvencijskom dijagramu ta se vrsta šuma očituje kao niz prilično jakih komponenti razmaknutih za iznos osnovne frekvencije. Tipično, čak i harmonici približno

stotog reda osnovne frekvencije mogu nadvisiti pozadinski šum za 10 i više dB. Frekvecije smetnji takvoga podrijetla nisu suviše stabilne.

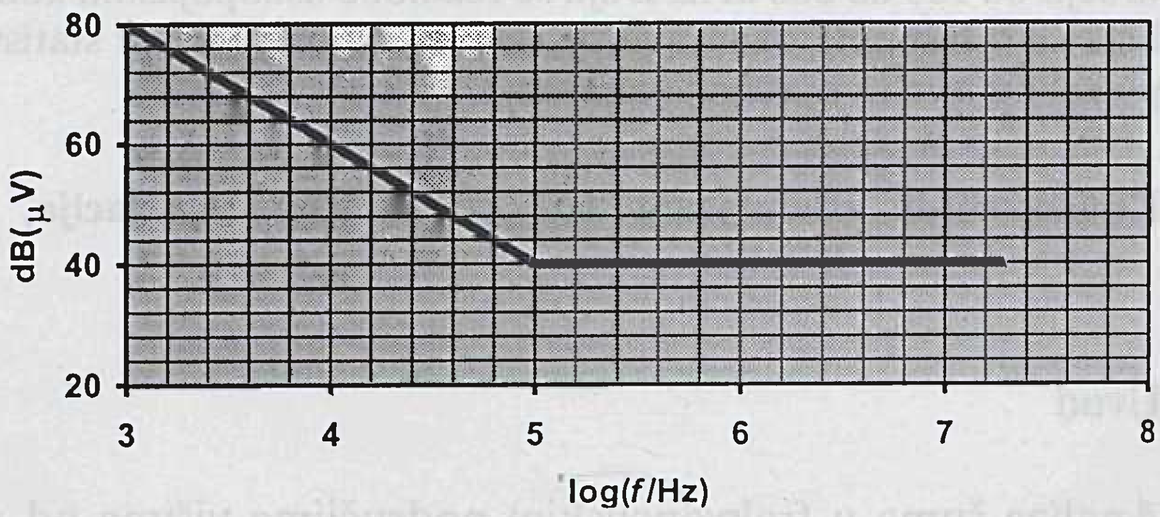
Napokon, uskopojasni šum (engl. single-tone noise) nastaje prijamom uskopojasnih signala iz okolnog prostora. Oni dolaze najčešće od radiodifuzijskih odašiljača, a karakterizirani su širinom pojasa od samo par kHz, te visokom stailnošću frekvencije. Postoji i jedan broj smetnji takve vrste iz drugih izvora, koje je teško identificirati. Intenzitet uskopojasnog šuma u pravilu se značajno povećava tijekom noći. Osim komponenti vrlo uskog spektra, u razmatranje ove vrste šuma mogu se uključiti i smetnje širega opsega, do nekih 20-ak kHz, koje značajno izranjaju iz pozadinskog šuma, a čije porijeklo nije jasno. U literaturi ne postoji statistički model uskopojasnog šuma, a u simulacijama se koriste deterministički modeli, proizvoljnim dodavanjem jednog broja sinusnih komponenti.

U ovome radu dajemo anlizu jednog mjernog uzorka ograničenog opsega, koji je međutim dovoljan da bi se uočile osnovne statističke zakonitosti kod uskopojasnog šuma prisutnog na električnim instalacijama. S obzirom da su prezentirani rezultati u stvari dobiveni kao nusprodukt prilikom mjerenja poduzetih za drugu namjenu, te zbog nemogućnosti automatiziranja mjernog sustava, sakupljeno je tek nekoliko tisuća pojedinačnih uskopojasnih komponenti na dvije bitno različite lokacije (poslovna zgrada u centru grada, stambena kuća na periferiji), odnosno u bitno različitim vremenima (radno vrijeme, vikend, noć). Set podataka takve brojnosti savim je sigurno dovoljan za formiranje statističkog modela razdiobe po amplitudama i po slobodnim intervalima između susjednih detektiranih uskopojasnih komponenti u ukupnom analiziranom pojasu frekvencija, od 100 kHz do 800 kHz, a djelomice i do 20 MHz, kako je već naznačeno u tekstu ovoga članka. Mjerni uzorak, međutim, nije dovoljan za dobivanje statistički signifikantnog modela razdiobe snage smetnji ove vrste po frekvencijama. Ipak, u tekstu ćemo zbog potpunosti dati i takvu obradu, imajući na umu da ona predstavlja tek jednu grubu aproksimaciju. Prema tomu, važno je zaključiti da ovdje prezentirani modeli razdioba amplitude i frekvencijskih intervala slobodnih od smetnji vjerno opisuju stvarnu situaciju na danim lokacijama, odnosno u danim mjernim uvjetima.

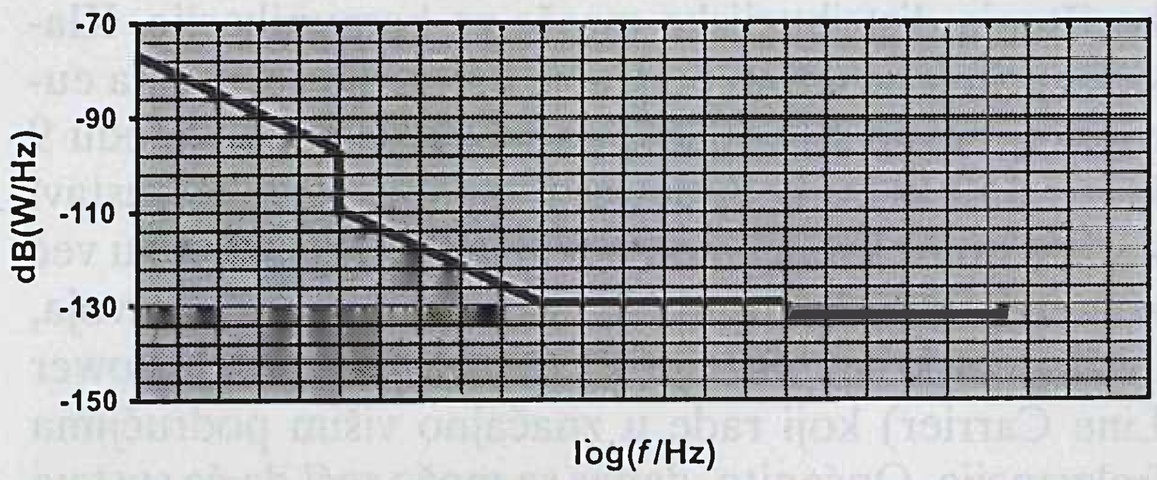
Daljnja istraživanja uskopojasnog šuma nastavit će se istom metodom, ali opsežnijim promatranjem pojave. Da bi se dobio općenitiji model, potrebno je povećati broj lokacija, kao i ukupno trajanje mjerenja. To će ujedno dovesti i do mogućnosti kvalitetne statističke analize raspodjele snage po frekvencijama, a isto tako i do mogućnosti analize u užim frekvencijskim pojasevima.

1. OPIS MJERENJA

U ovome radu analizirat ćemo osobine uskopojasnog šuma prisutnog na instalaciji električne mreže na dvije lokacije: u poslovnoj zgradi s osam etaža i oko 150 ureda (zgrada Prijenosnog područja Zagreb, Ul. grada Vukovara 37), te u jednoj obiteljskoj kući u stambenom naselju u Zagrebu, u različita vremena tijekom dana. Mjerenja su vršena kroz "masku" koja izdvaja pozadinski šum i omogućuje analizu samo onih uskopojasnih komponenti koje se značajno izdižu iznad razine pozadinskog šuma. Pri tome, naravno, nema garancije da i neki dio kontinuiranog spektra šuma, koji bi se možda izdizao iznad toga praga, neće ući u razmatranje, ali se on može prepoznati i odračunati. Oblik maske definiran je slikom 1, izraženom u jedinici dB(μV). Na slici 2 nalazi se ista maska preračunata u jedinicu dB(W/Hz) za opteretni otpor od 50 Ω, te uz uvažavanje širine pojasa selektivnog voltmetra koja je bila korištena u pojedinom dijelu promatranog frekvencijskog spektra.



Slika 1. Mjerna maska izražena u dB(μV)

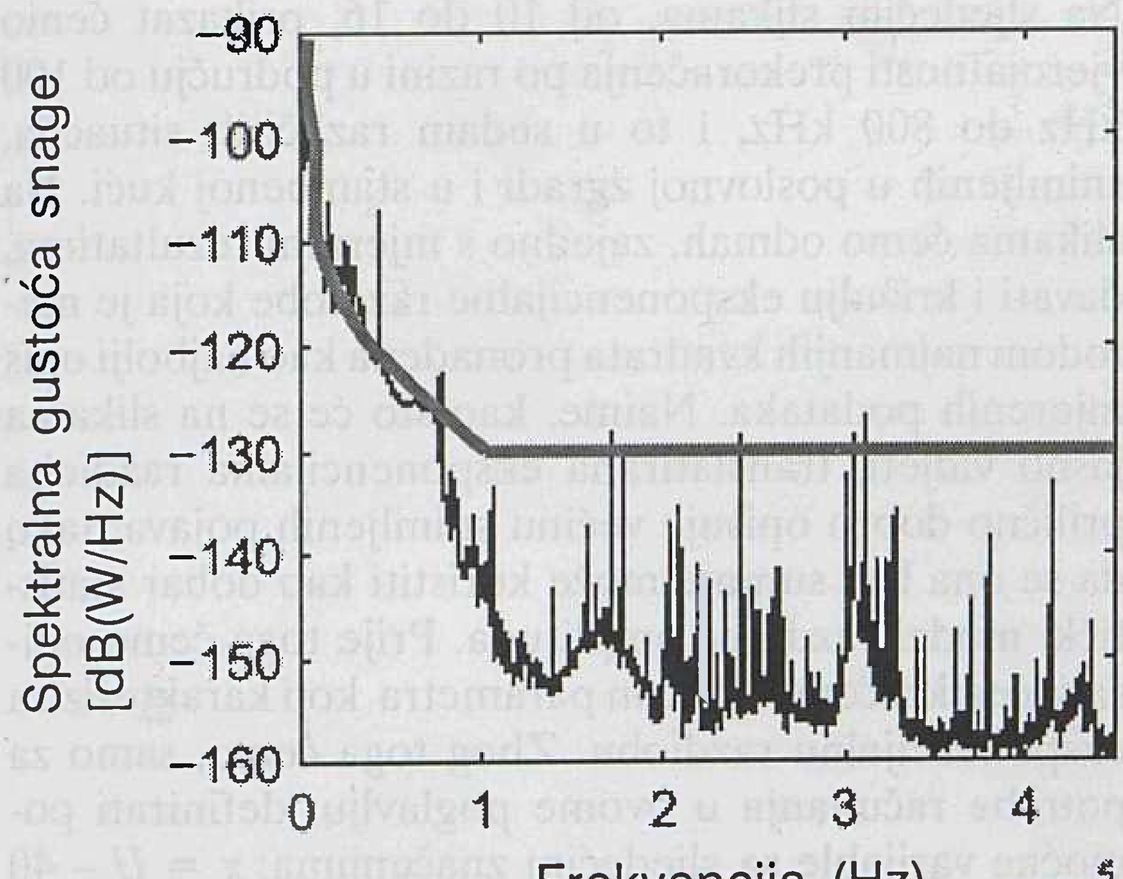


Slika 2. Mjerna maska izražena u dB(W/Hz) za teret od 50 Ω, i uz odgovarajuće širine pojasa selektivnog voltmetra koje su bile primijenjene u mjerenjima

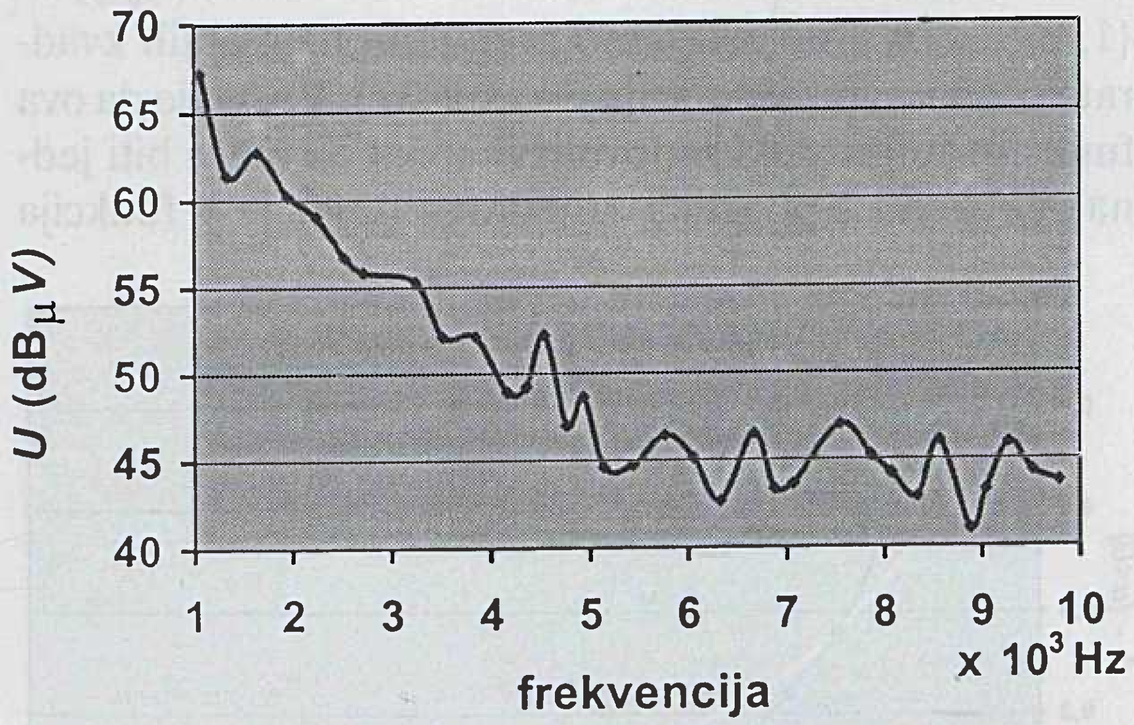
Kako ova maska otprilike izgleda umetnuta u jednu tipičnu snimku spektralne ovisnosti šuma PLC-a, i koja je njena uloga, vidjet ćemo npr. kada je približno ucrtamo u jednu od slika karakteristika šuma. To je prikazano na slici 3.

U daljnjoj analizi sve vrijednosti napona šuma detektiranih uskopojasnih komponenti dane su u svojoj pravoj vrijednosti u dB(μV). Međutim, zbog djelovanja maske, niti jedna komponenta razine niže od 40 dB(μV) nije detektirana, tako da se u mjernim rezultatima pojavljuju samo signali koji, poput onih s prethodne slike, strše iznad postavljene maske. Na taj način možemo analizirati upravo osobine uskopojasnih (single-tone) smetnji, koje su takve jakosti da značajno nadvisuju pozadinski šum.

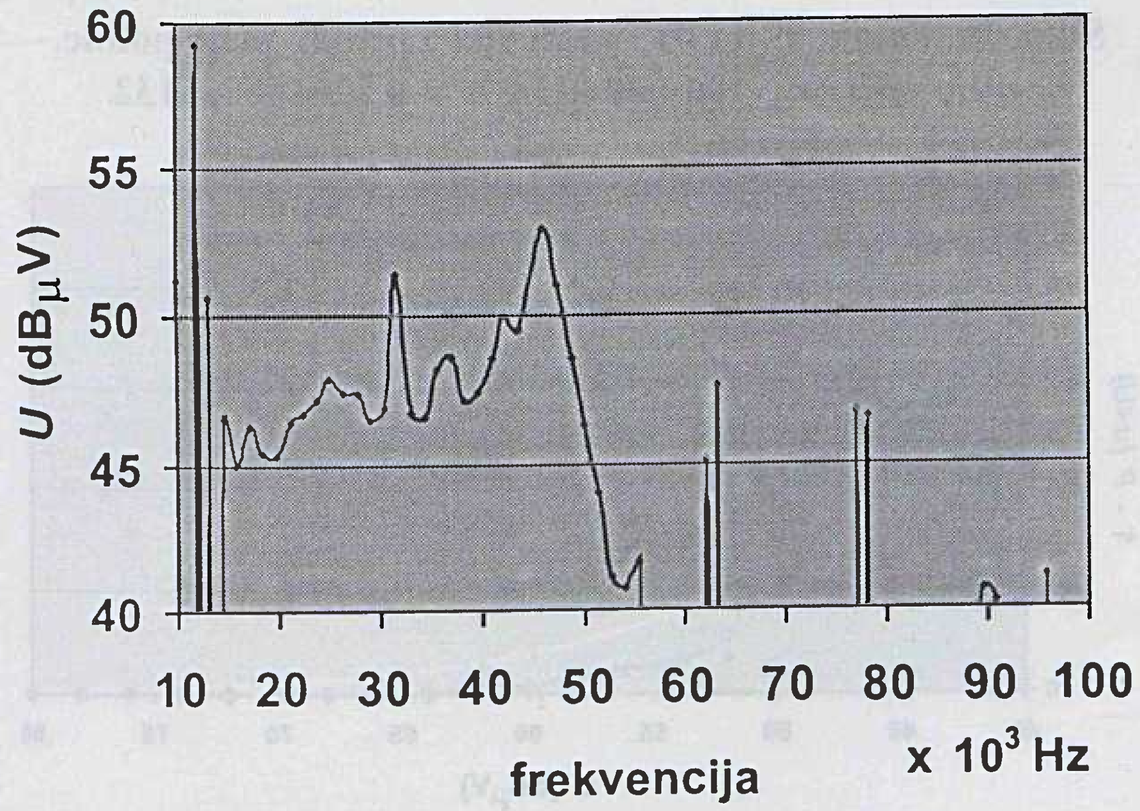
Jedan djelić mjernih rezultata prezentirat ćemo primjera radi u grafičkom obliku, na slikama 4 do 9. Oni se mogu sistematizirati po mjestu i vremenu promatranja



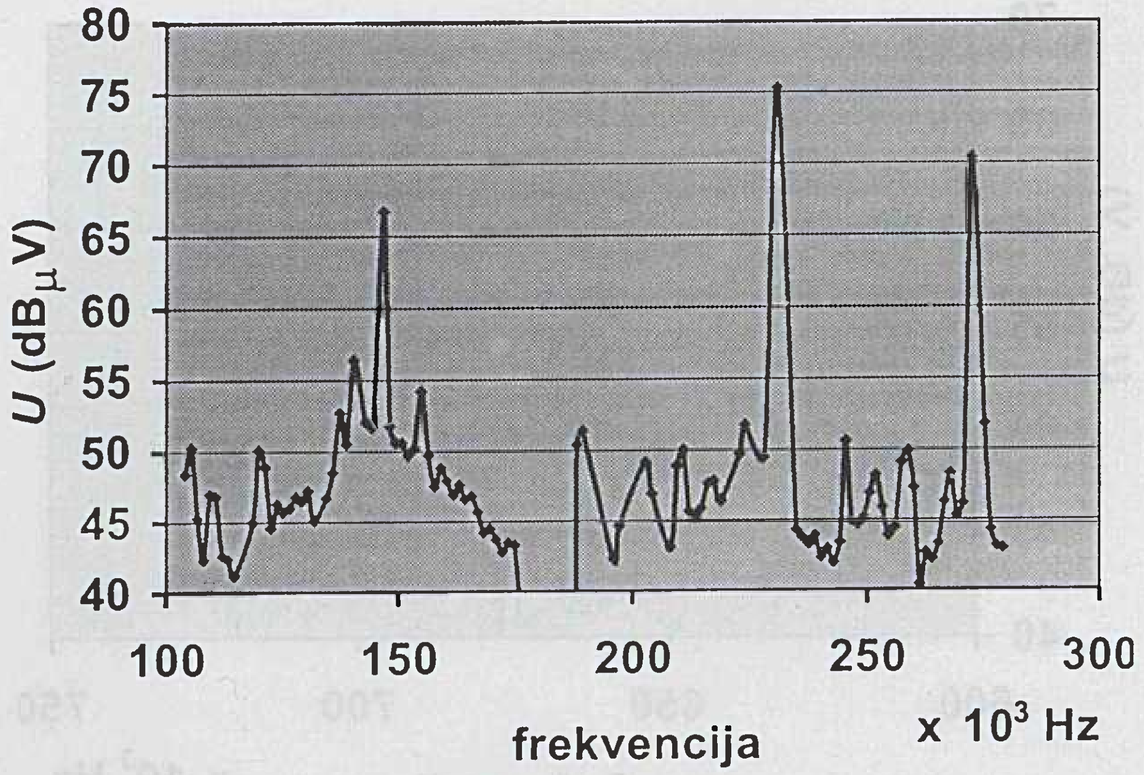
Slika 3. Maska (deblja glatka linija) sa slike 2 unešena u jednu snimku spektralne ovisnosti. Vidi se da ona "reže" pozadinski šum, ostavljajući samo najistaknutije uskopojasne komponente, i to u skladu s tijekom spektralne karakteristike šuma. Maska se ovdje vidi kao krivulja, jer je mjerilo apscise linearno, a ne logaritamsko kao na prethodnoj slici.



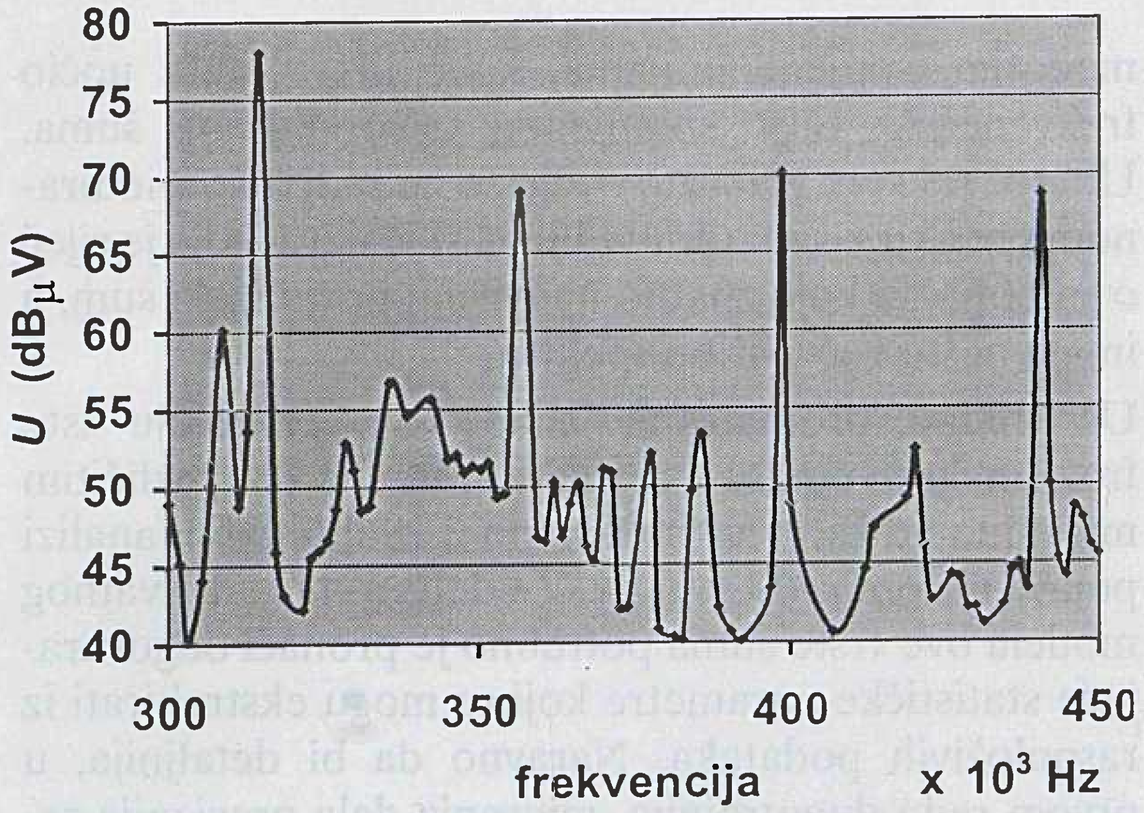
Slika 4. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, prije podne, radno vrijeme, BW prijemnika:100 Hz



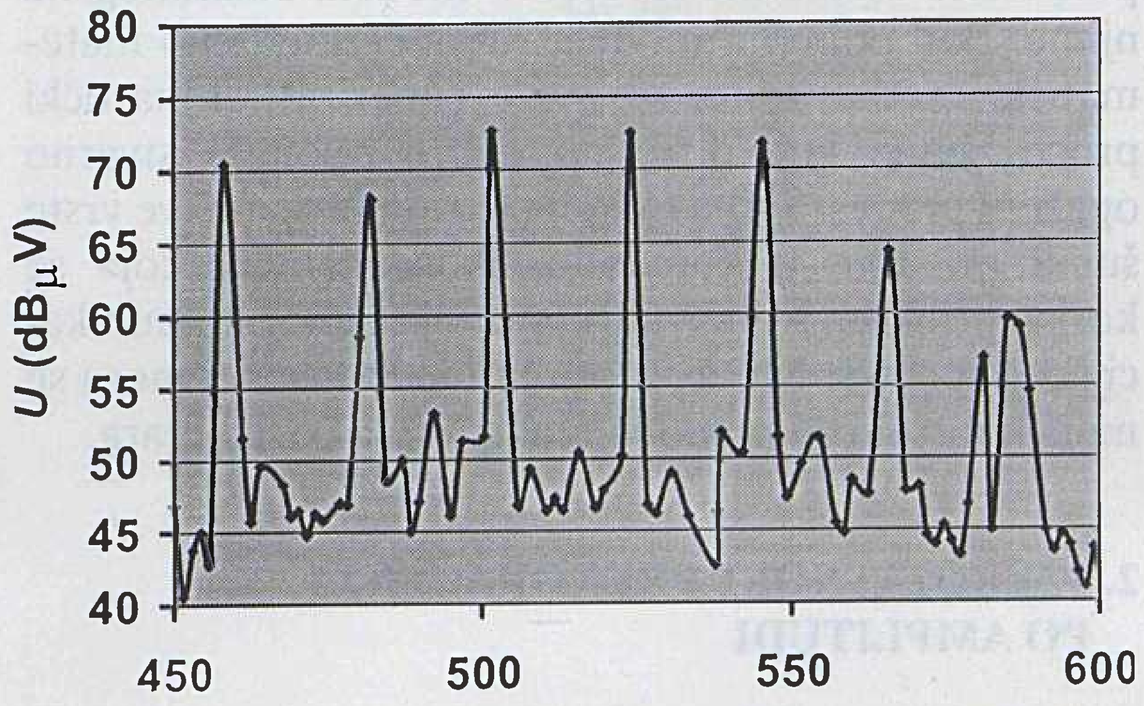
Slika 5. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, prije podne, radno vrijeme, BW prijemnika: 1740 Hz



Slika 6. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, prije podne, radno vrijeme, BW prijemnika: 1740 Hz



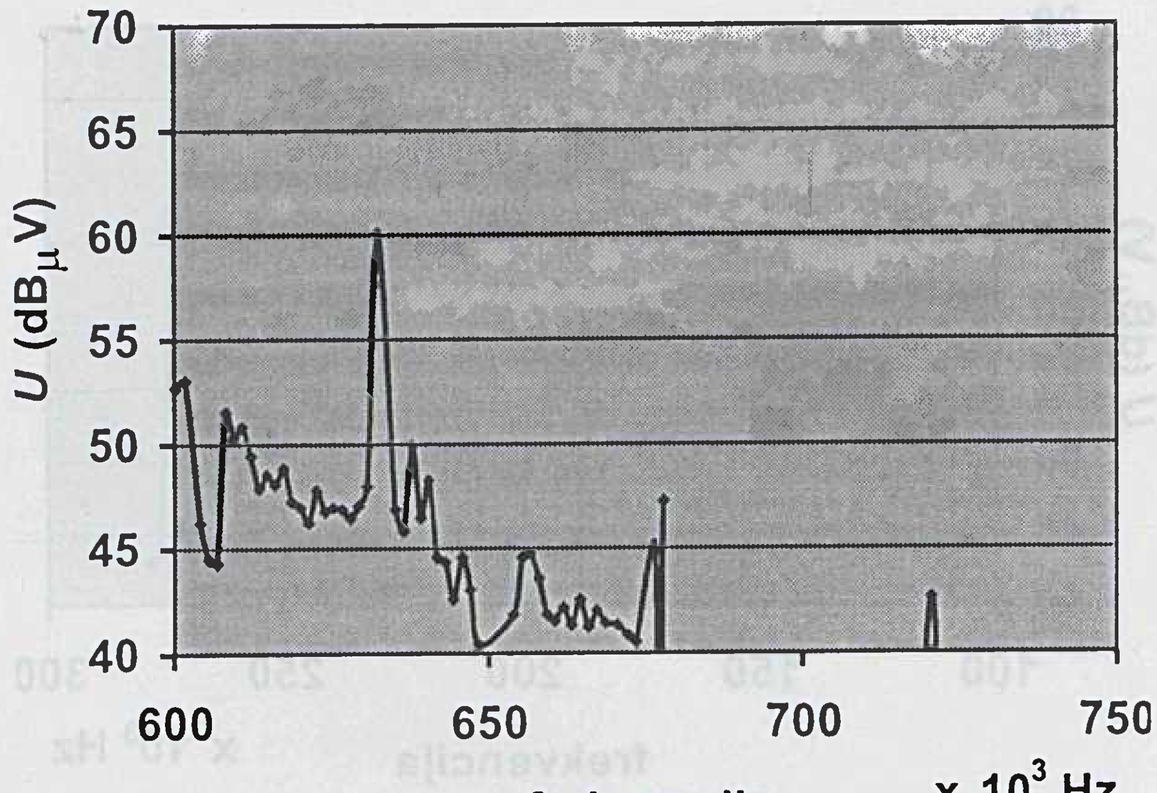
Slika 7. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, prije podne, radno vrijeme, BW prijemnika: 1740 Hz



Slika 8. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, prije podne, radno vrijeme, BW prijemnika: 1740 Hz

i po frekvencijskom pojasu. Nakon toga prikaza načinit ćemo statističku obradu rezultata, koja će biti posebno detaljna u području između 100 kHz i 800 kHz, gdje ćemo definirati model uskopojasnog šuma. Na sljedećim slikama prave mjerne podatke predstavljaju u stvari samo diskretne točke na dijagramima. One su,

Energija, god. 51 (2002) 3, 229-241



Slika 9. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, prije podne, radno vrijeme, BW prijemnika: 1740 Hz

međutim, spojene linijama, kako bi se lakše uočio frekvencijski tijek snimljenog uskopojasnog šuma. Unatoč takvom prikazu, ovdje se ne radi o kontinuiranom spektru, osim u par vidljivih slučajeva, gdje je riječ o smetnjama koje znatno nadvisuju pozadinski šum, a imaju nešto veću širinu spektra.

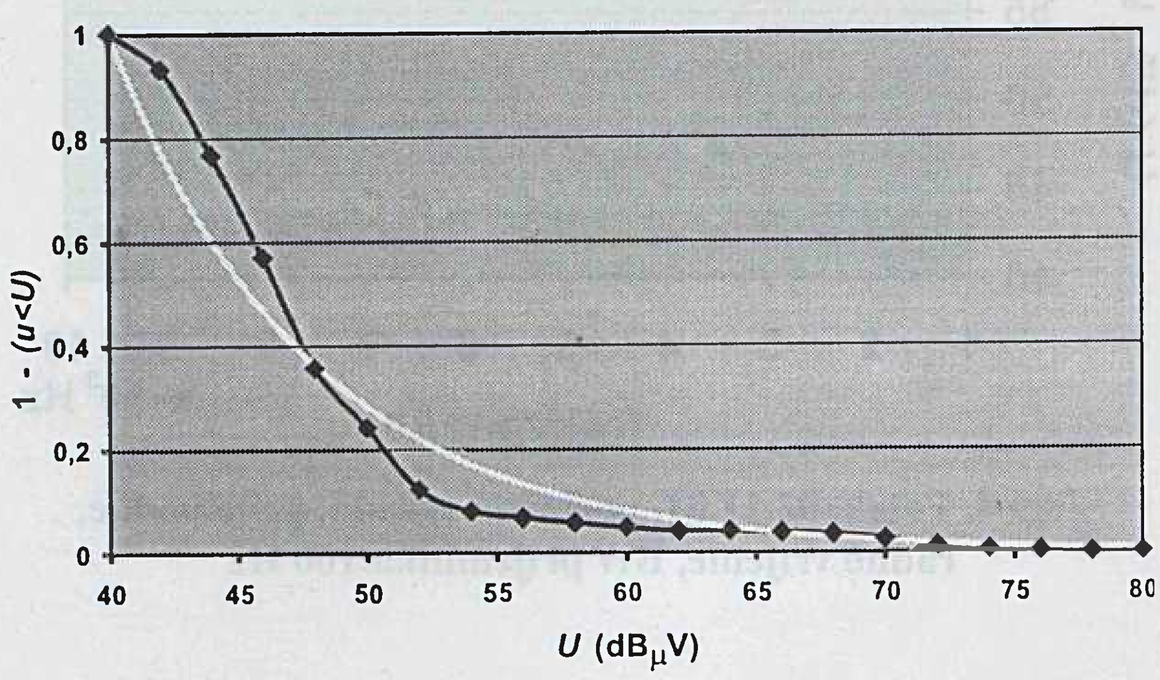
Usporedno promatranje slika koje prikazuju iste frekvencijske pojase u različita vremena i na različitim mjestima može rezultirati samo u kvalitativnoj analizi pojave uskopojasnog šuma. Za definiranje adekvatnog modela ove vrste šuma potrebno je pronaći odgovarajuće statističke parametre koji se mogu ekstrahirati iz raspoloživih podataka. Naravno da bi detaljnija, u prvom redu dugotrajnija, mjerenja dala preciznije rezultate. Mi ćemo u sljedećem poglavlju iz ovdje prezentiranih mjerenja izračunati osnovne statističke parametre nužne za uspostavu modela baziranog na njima. Pod pojmom modela šuma razumijemo matematički model kojim se može generirati stohastički proces šuma koji dovoljno dobro oponaša stvarno opaženi proces. Svrha modela je simulacija takve vrste šuma prisutne u komunikacijkom kanalu, koja se koristi prilikom istraživanja i razvoja sâmog komunikacijskog sustava. Model mora biti jednostavn i mora se moći kontrolirati pomoću malog broja parametara.

2. VJEROJATNOST PREKORAČENJA PO AMPLITUDI

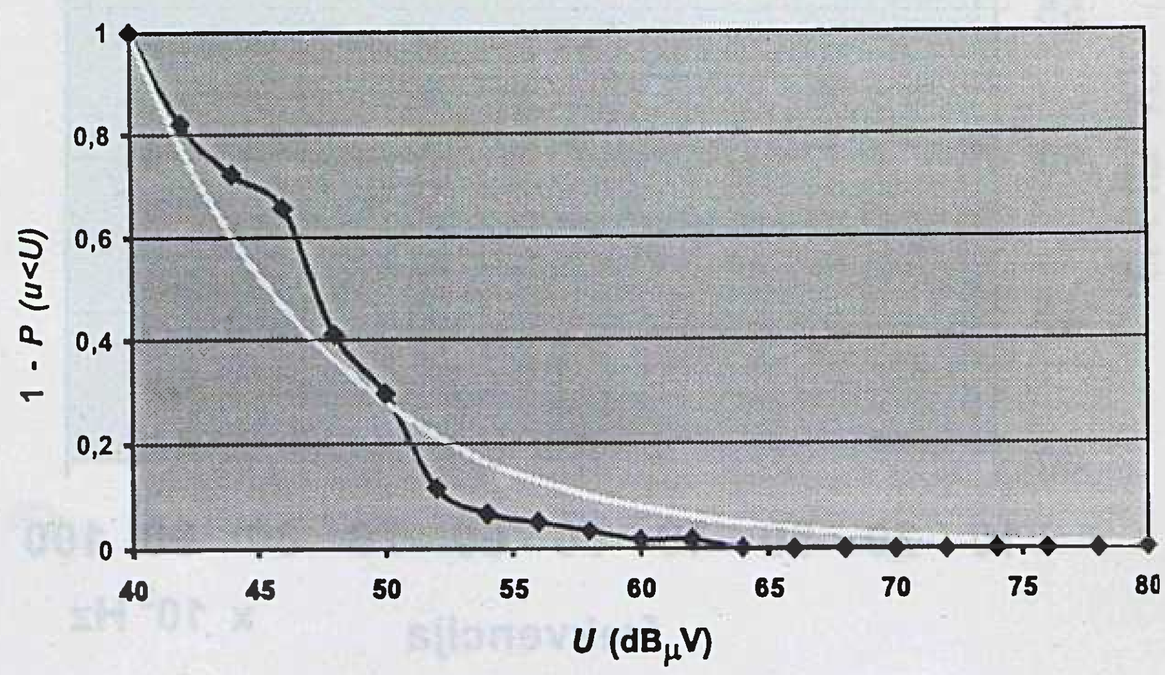
Osnovnu obradu učinit ćemo tražeći funkcije vjerojatnosti prekoračenja razine u pojedinim situacijama i u pojedinim frekvencijskim područjima. Vjerojatnost prekoračenja definiramo kao komplementarnu veličinu razdiobi stohastičke varijable U, naime razine efektivne vrijednosti napona pojedine komponente, izražene u decibelima u odnosu na 1μV. Ako je razdioba definirana kao vjerojatnost da u stohastičkom eksperimentu varijabla poprimi vrijednost u manju od U, tj. kao $P(u<U)$, tada je vjerojatnost prekoračenja jednaka 1 - $P(u<U)$.

Na sljedećim slikama, od 10 do 16, prikazat ćemo vjerojatnosti prekoračenja po razini u području od 100 kHz do 800 kHz, i to u sedam različitih situacija, snimljenih u poslovnoj zgradi i u stambenoj kući. Na slikama ćemo odmah, zajedno s mjernim rezultatima, davati i krivulju eksponencijalne razdiobe koja je metodom najmanjih kvadrata pronađena kao najbolji opis mjerenih podataka. Naime, kao što će se na slikama jasno vidjeti, translatirana eksponencijalna razdioba prilično dobro opisuje većinu snimljenih pojava, tako da se ona bez sumnje može koristiti kao dobar statistički model razdiobe amplituda. Prije toga ćemo opisati u najkraćemu izračun parametra koji karakterizira eksponencijalnu razdiobu. Zbog toga ćemo, samo za potrebe računanja u ovome poglavlju, definirati pomoćne varijable sa sljedećim značenjima: $x = U - 40$ dBμV, odnosno $y = 1 - P\ (u<U)$.

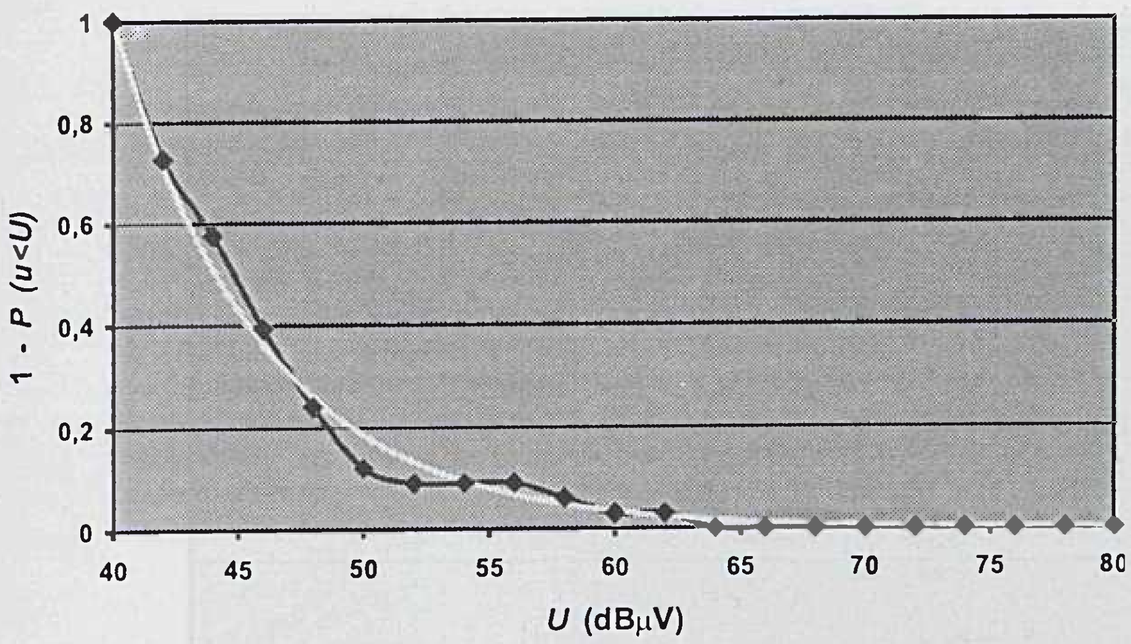
Iz mjerenih podataka možemo lako dobiti ovisnosti vjerojatnosti prekoračenja, y, o varijabli x, koja predstavlja nadvišenje razine detektiranih komponenti iznad 40 dBμV. Recimo da tu ovisnost izračunamo u N točaka, tj. za N vrijednosti veličine x odredimo vjerojatnost prekoračenja kao omjer broja detektiranih komponenti koje imaju veću ili jednaku razinu od U i ukupnog broja detektiranih komponenti. Pomoću tih točaka, (x_i,y_i), $i \in \{1, 2, ..., N\}$, pokušavamo metodom najmanjih kvadrata pronaći aproksimaciju $y \approx \exp(-\lambda x)$. Važno je da ova funkcija automatski zadovoljava uvjet da mora biti jednaka 1 kada x poprima vrijednost 0, jer je y funkcija



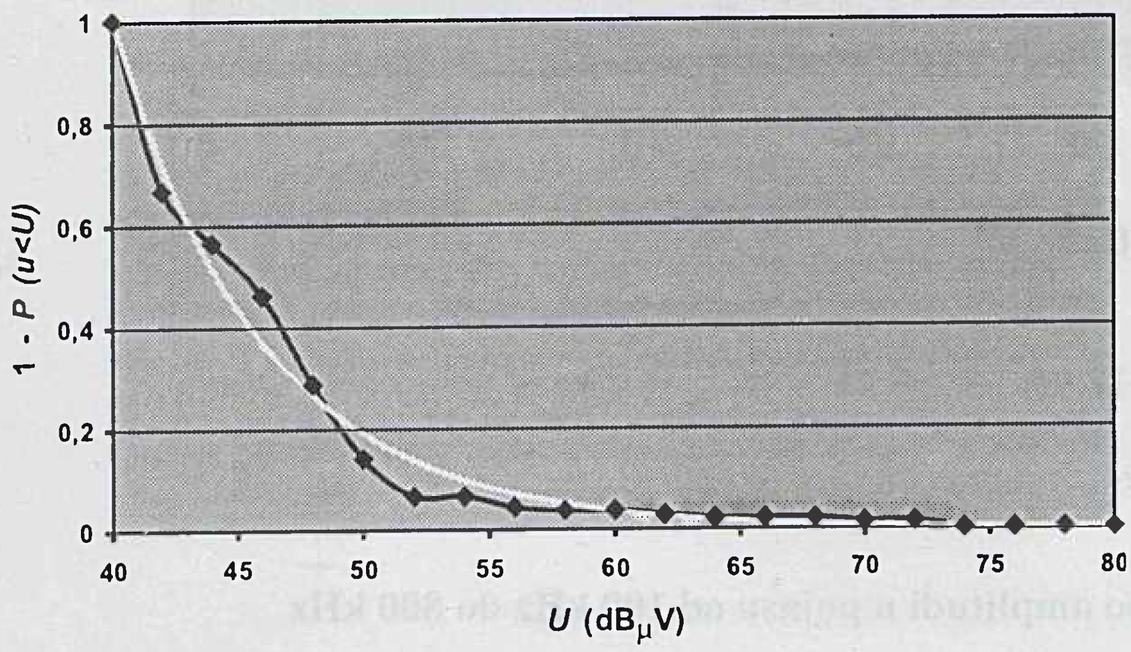
Slika 10. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, prije podne, radno vrijeme, 100-800 kHz, λ = 0.126140535132



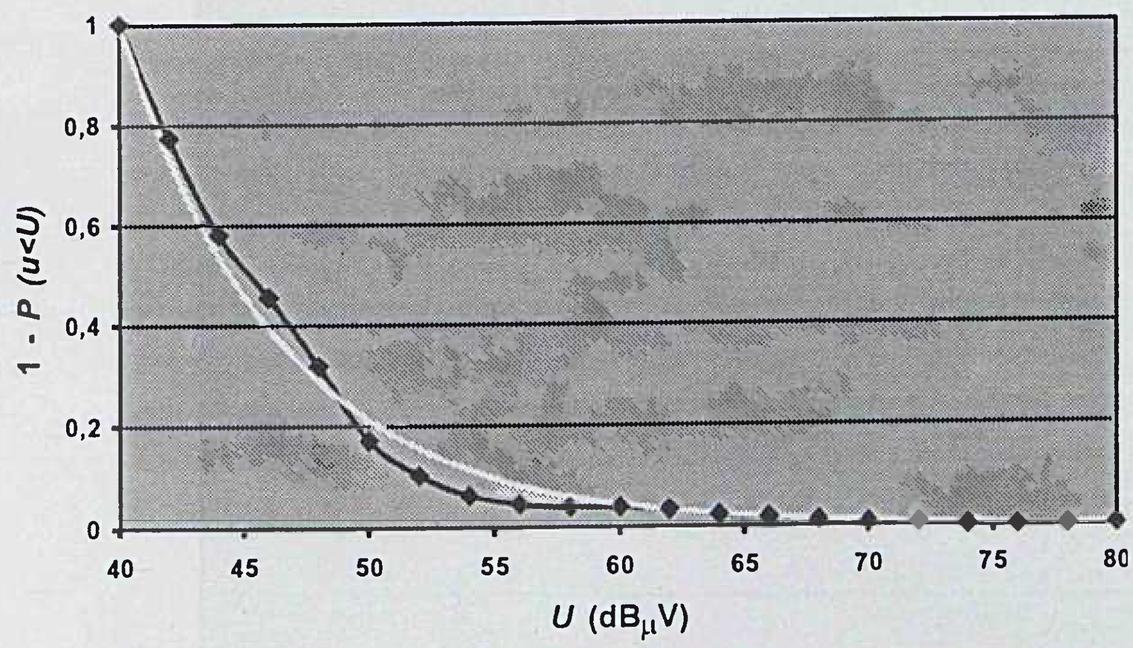
Slika 11. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, poslije podne, nakon radnog vremena, 100-800 kHz, λ = 0.127780843542



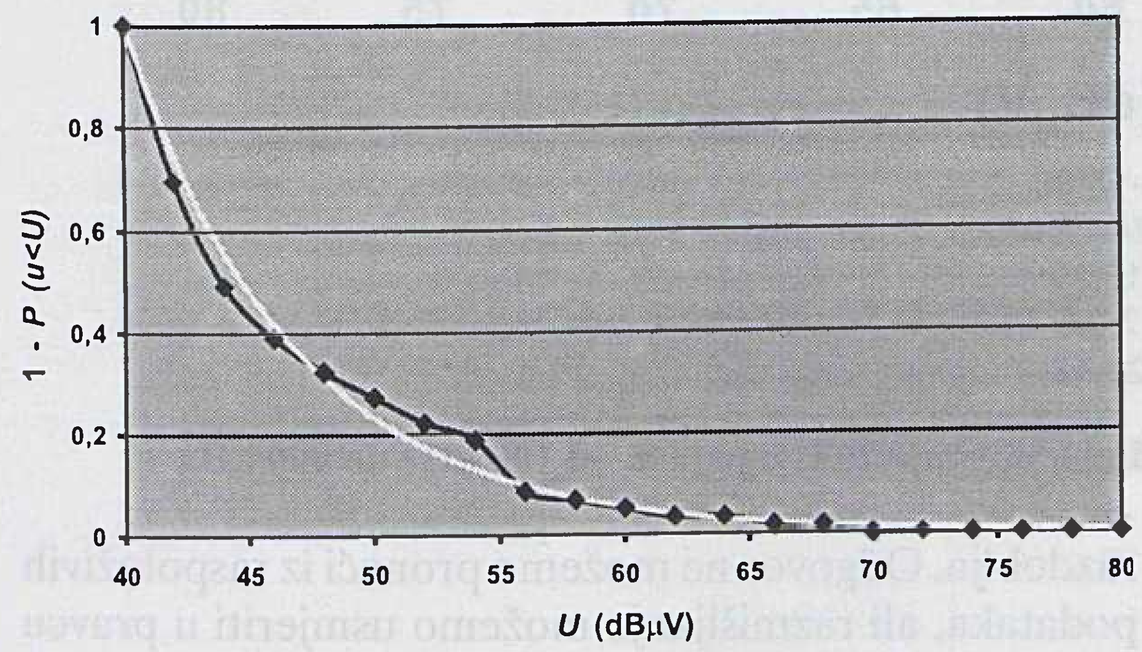
Slika 12. Petak, 02.11.01, poslovna zgrada, navečer, nakon radnog vremena, 100-800 kHz, λ = 0.168005976885



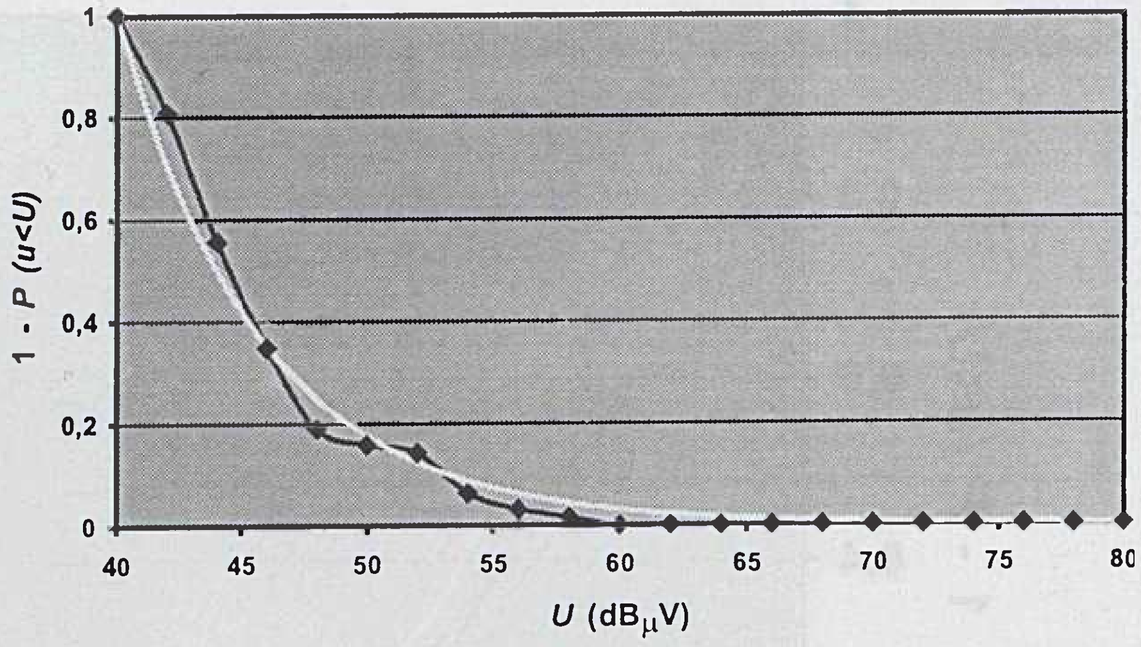
Slika 13. Subota, 03.11.01, poslovna zgrada, poslije podne, 100-800 kHz, λ = 0.165257690157



Slika 14. Subota, 03.11.01, poslovna zgrada, navečer, 100-800 kHz, λ = 0.155334148272



Slika 15. Subota, 03.11.01, kuća, između 22:40 i 24:00, 100-800 kHz, λ = 0.146468590814



Slika 16. 03.11.01, kuća, između 22:40 i 24:00, 100-800 kHz, λ = 0.173451573675

komplementarna razdiobi. Ukupna kvadratna pogrješka aproksimacije evaluirana u svih N točaka iznosi:

$$Q=\sum_{i=1}^{N}\left[\exp(-\lambda x_i)-y_i\right]^2 . \qquad (1)$$

Derivacija te veličine po jedinom parametru, koja mora biti jednaka nuli, glasi:

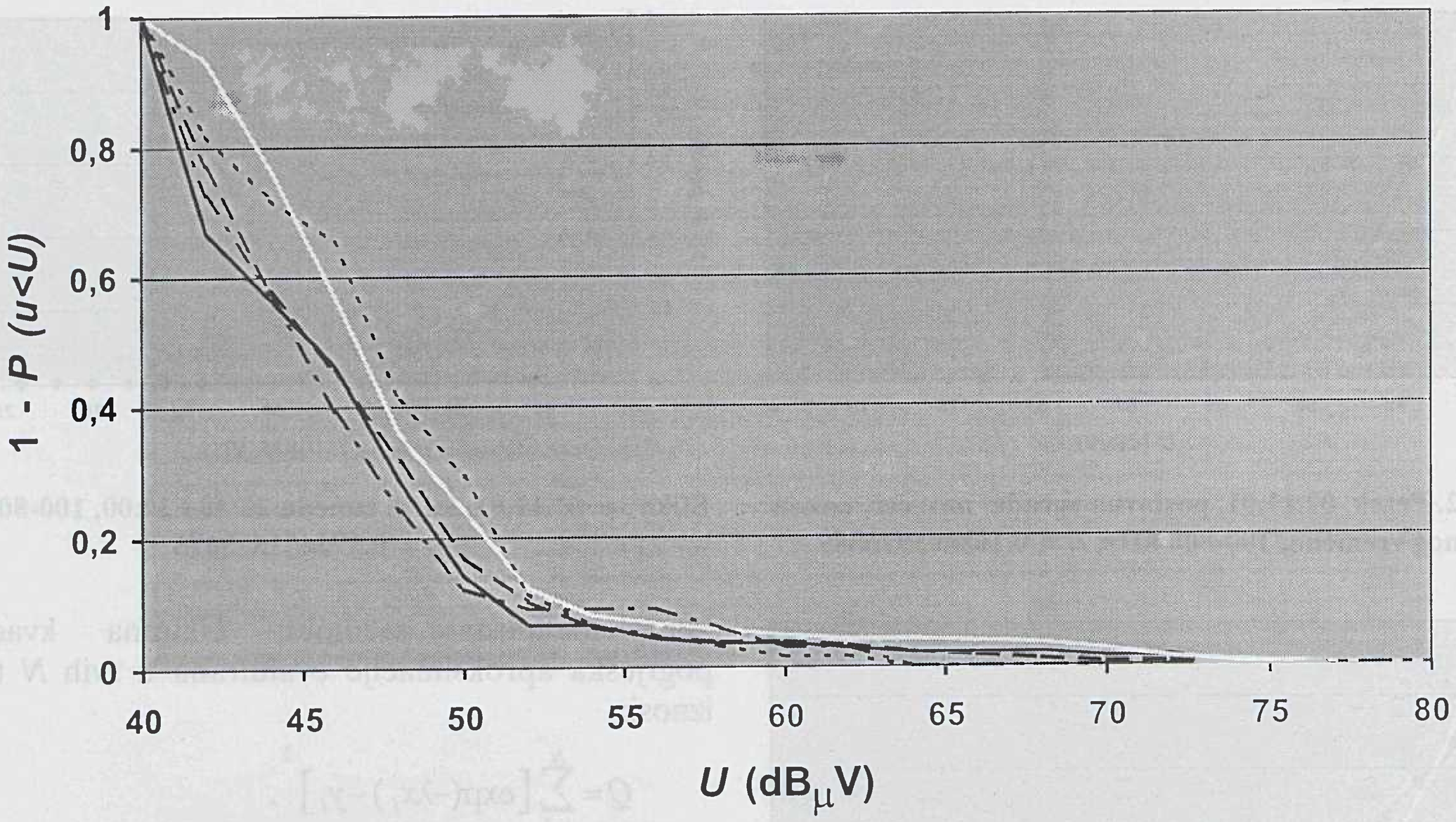
$$\frac{\partial Q}{\partial \lambda}=2\sum_{i=1}^{N}\left[\exp(-\lambda x_i)-y_i\right]\cdot\exp(-\lambda x_i)\cdot(-x_i)=0. \qquad (2)$$

Iz toga iščitavamo lijevu i desnu stranu jednadžbe za λ, koje ćemo označiti sa a i b:

$$a=\sum_{i=1}^{N}x_i\cdot\exp(-2\lambda x_i)$$
$$b=\sum_{i=1}^{N}x_i\cdot y_i\,\exp(-\lambda x_i). \qquad (3)$$

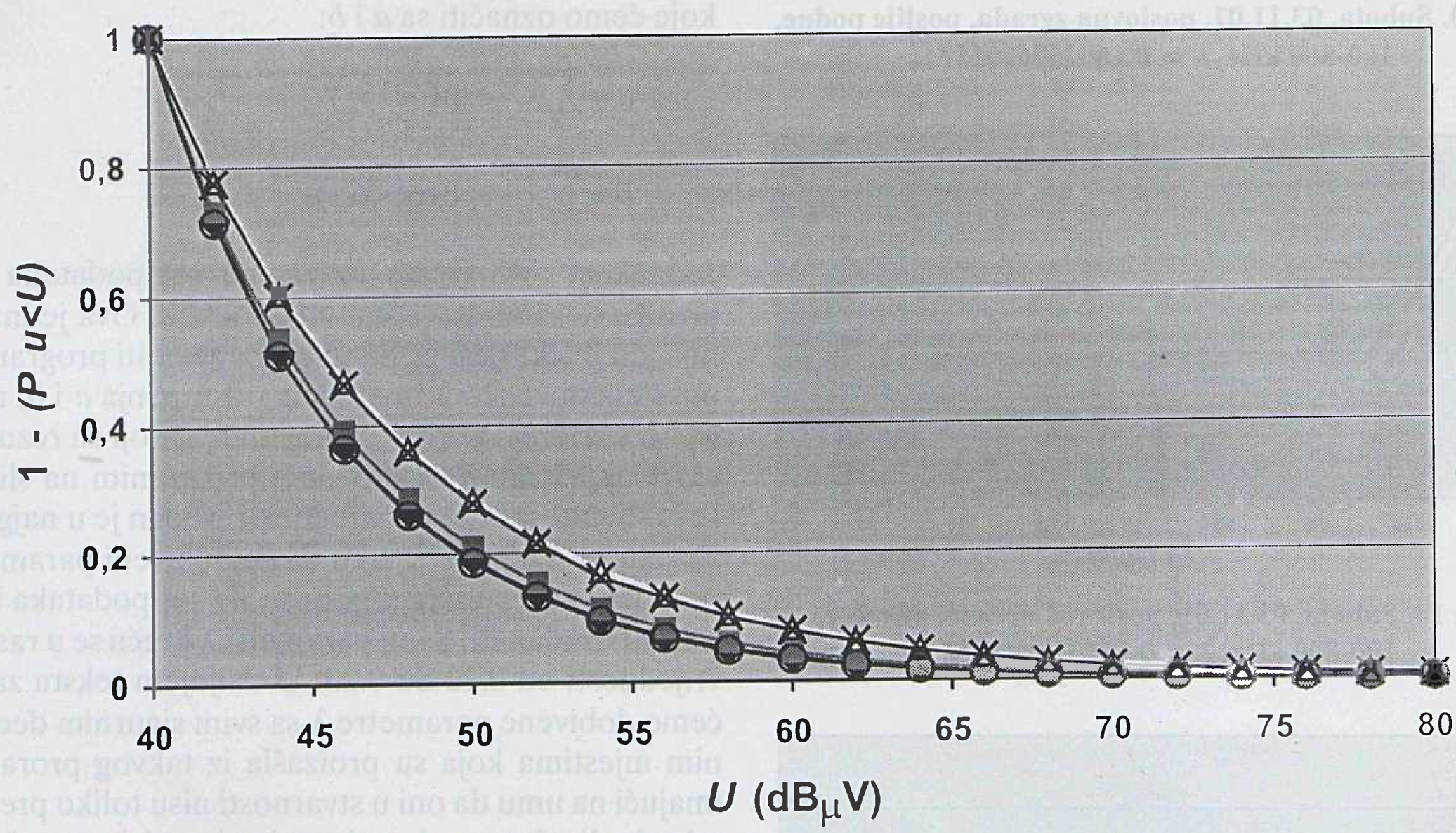
Jednakost ovih izraza uz zadani set podataka (x_i,y_i) postiže se samo uz jednu vrijednost λ. Ova jednadžba nije analitički rješiva, pa se mora načiniti program koji minimizira veličinu relativnog odstupanja a i b, naime $(a-b)/(a+b)$. U svim proračunima, koji su rezultirali eksponencijalnim razdiobama prikazanim na slikama koje slijede, modul te vrijednosti sveden je u najgorem slučaju na $2.65\ \ 10^{-12}$, tako da su dobiveni parametri λ praktički posve točni u odnosu na set podataka iz kojega su izračunati. Sami parametri λ kreću se u rasponu vrijednosti od 0.12 do 0.23. U daljnjem tekstu zapisat ćemo dobivene parametre λ sa svim sigurnim decimalnim mjestima koja su proizašla iz takvog proračuna, imajući na umu da oni u stvarnosti nisu toliko precizno određeni, odnosno da oni sami ovise o izboru točaka iz kojih su izračunati, a točnost modela ovisi o mjernoj nesigurnosti sadržanoj u tim točkama.

Slike 17 i 18 pokazuju ovisnost parametra razdiobe, λ, o vremenu u kojem su prikupljeni podaci pomoću kojih je su razdiobe izračunate. Sve razdiobe odnose se na poslovnu zgradu. Vremena snimanja unešena su dosta precizno. Iz njih se vidi da tijekom radnog dana, petka, razdioba biva takvoga karaktera, da favorizira veće amplitude, što znači da je parametar λ manji. Ipak, u petak navečer razdioba poprima karakteristiku kakvu



Puna linija: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 15:25-16:00.
Isprekidana linija: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 16:24-17:07
Bijela linija: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 10:17-15:10
Točkasta linija: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 17:03-17:24
Crta-točka: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 20:30-20:43

Slika 17. Usporedba vjerojatnosti prekoračenja po amplitudi u pojasu od 100 kHz do 800 kHz



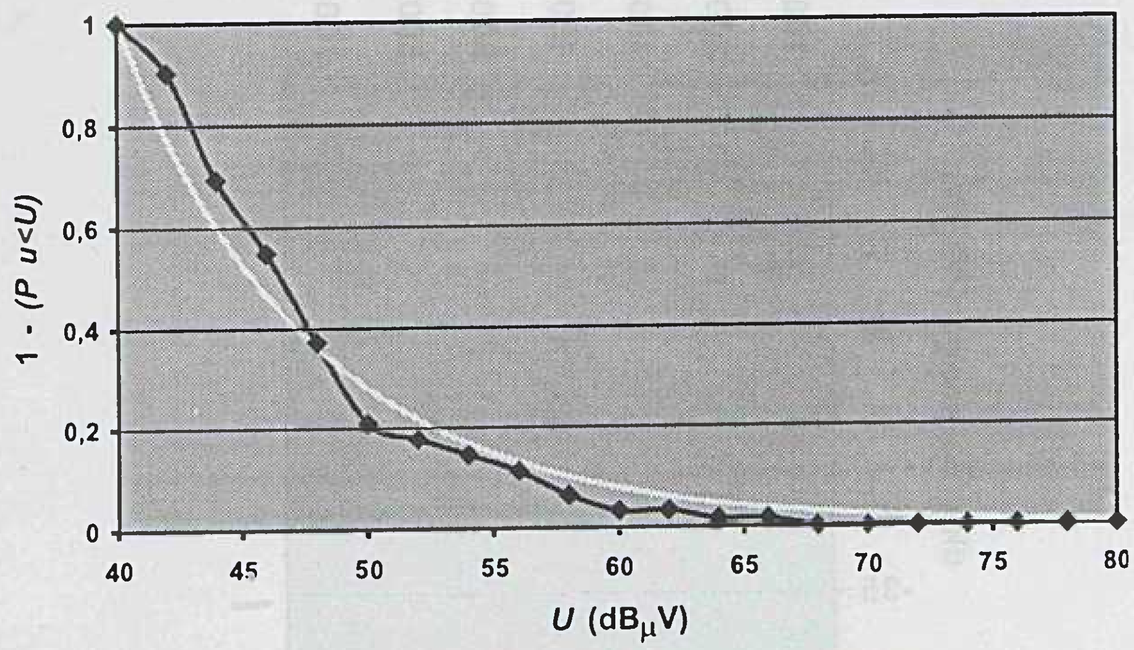
Romb: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 15:25-16:00.
Kvadrat: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 16:24-17:07
Trokut: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 10:17-15:10
Križić: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 17:03-17:24
Kružić: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 20:30-20:43

Slika 18. Usporedba izračunatih eksponencijalnih razdioba po amplitudi u pojasu od 100 kHz do 800 kHz

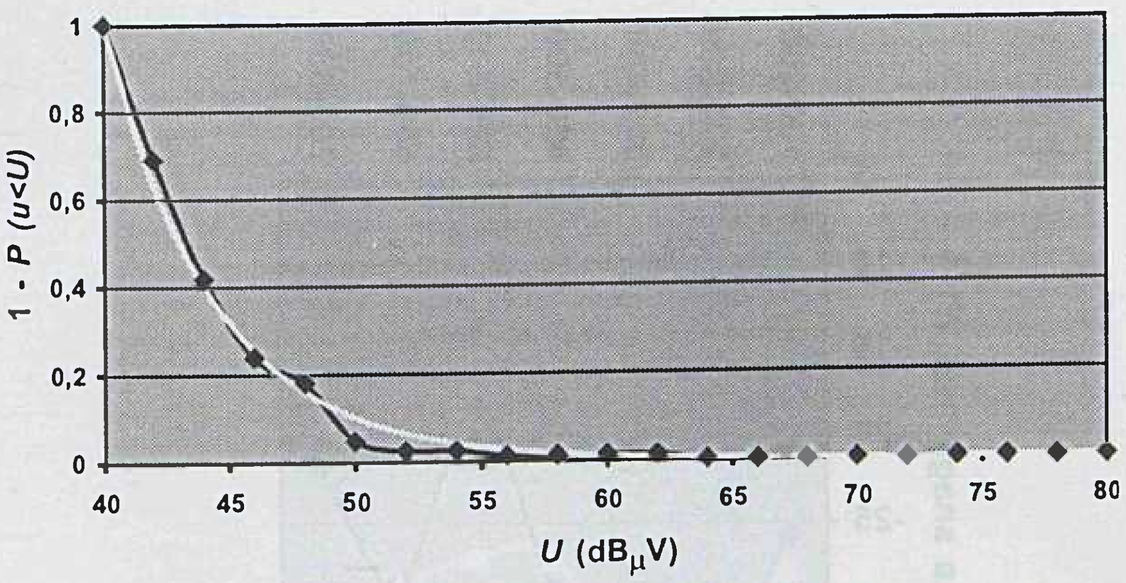
inače ima u subotu, dakle za trajanja vikenda. Zanimljivo je pitanje zbog čega karakteristika načinjena u petak oko 17 sati, dakle dosta nakon završetka radnog vremena, nije već tada poprimila obilježje "mirnijeg" razdoblja. Odgovor ne možemo pronaći iz raspoloživih podataka, ali razmišljanje možemo usmjeriti u pravcu sagledavanja utjecaja dnevnog dijagrama opterećenja elektroenergetskog sustava, koji upravo u tom razdo-

blju doživljava svoj vrhunac. Vjerojatno je da pozadinski šum pokazuje korelaciju s opterećenjem sustava, a uskopojasne komponente se svojom snagom superponiraju na "pod" pozadisnkog šuma. Da bi se razlučio utjecaj opterećenja elektroenergetske mreže na spomenute dvije vrste šuma, bilo bi potrebno načiniti dugotrajna mjerenja, kroz sva godišnja doba. No, nama ovdje nije cilj odgovoriti na pitanje o podrijetlu šuma, odnosno o vezi između opterećenja mreže i pojedine vrste šuma, u ovom slučaju uskopojasnog, nego nam je zadatak formirati jednostavan model šuma, a to možemo s raspoloživim podacima.

U nastavku, na slikama 19 i 20, dajemo izmjerene vjerojatnosti prekoračenja amplitude, kao i izračunate optimalne eksponencijalne razdiobe za zadane podatke, u frekvencijskim opsezima od 0.8 do 1.6 MHz i od 1.6 do 20 MHz, snimljene oko ponoći između 3. i 4. studenog 2001. u stambenoj kući u Zagrebu.

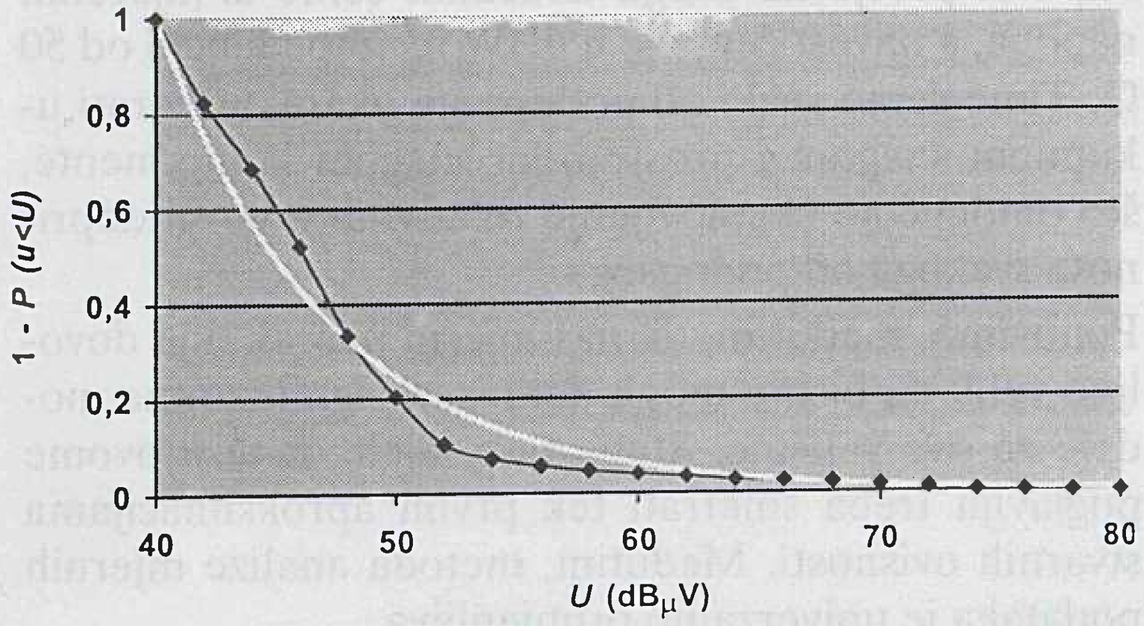


Slika 19. Subota, 03.11.01, kuća, između 23:30 i 24:00, 800-1600 kHz, λ = 0.127335230288

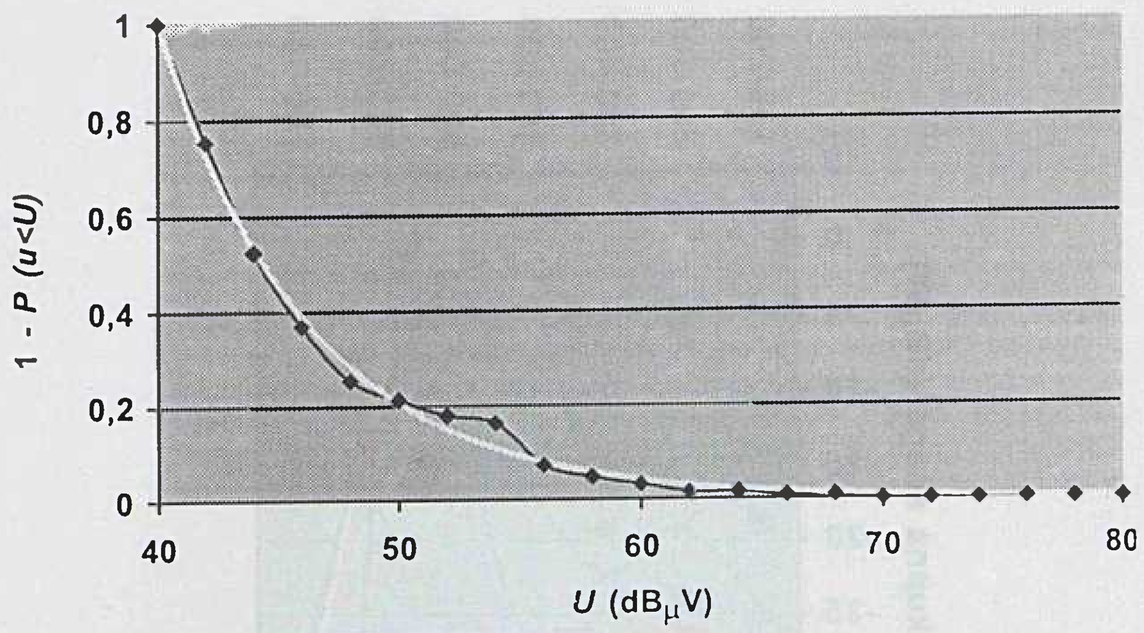


Slika 20. Subota, 03.11.01, kuća, između 23:30 i 24:00, 1.6-20MHz, λ =0.229038866268

Na slici 21, dajemo prikaz sumarnih rezultata mjerenja funkcija vjerojatnosti prekoračenja (crta s označenim točkama) i odgovarajućih optimalnih eksponencijalnih aproksimacija (bijela linija). Graf (a) prikazuje te podatke za sva mjerenja koja su provedena u poslovnoj zgradi, a odnosi se na opseg frekvencija od 100 do 800 kHz. Dijagram (b) daje iste podatke za sva mjerenja provedena u stambenoj kući, također u opsegu od 100 do 800 kHz. Na slici 22 vidimo pak vjerojatnost prekoračenja i adekvatnu aproksimaciju za sva uopće provedena mjerenja, u opsegu od 100 kHz do 20 MHz. Računske vrijednosti parametra napisane su ispod svake slike. Vidimo da i ovako sumarno izražene vjerojatnosti prekoračenja slijede u osnovi eksponencijalni tijek, s odstupanjima sličnog karaktera kao i u do sada prezentiranim rezultatima.

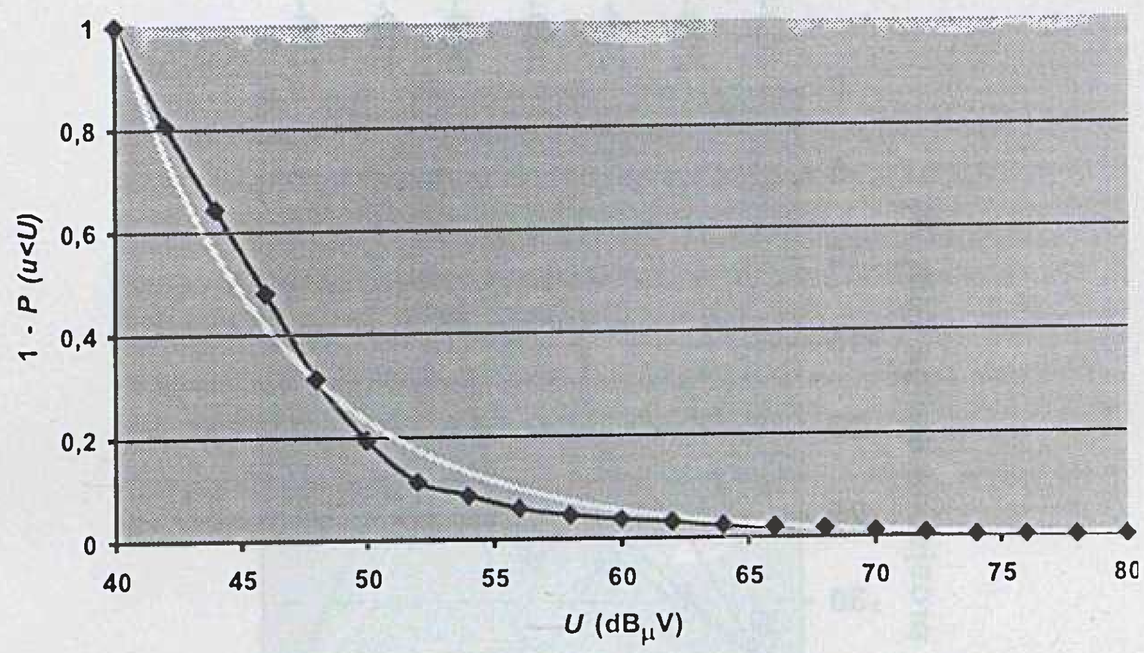


(a): λ = 0.139617630583



(b): λ = 0.157427975198

Slika 21. Vjerojatnosti prekoračenja i optimalne eksponencijalne aproksimacije za: (a) sva mjerenja koja su provedena u poslovnoj zgradi u opsegu od 100 do 800 kHz; (b) sva mjerenja koja su provedena u stambenoj kući u opsegu od 100 do 800 kHz



Slika 22. Vjerojatnost prekoračenja i optimalna eksponencijalna aproksimacija za sva provedena mjerenja, u frekvencijskom opsegu od 100 kHz do 20 MHz, λ = 0.127335230288

3. RAZDIOBA UKUPNE SNAGE USKOPOJASNOG ŠUMA

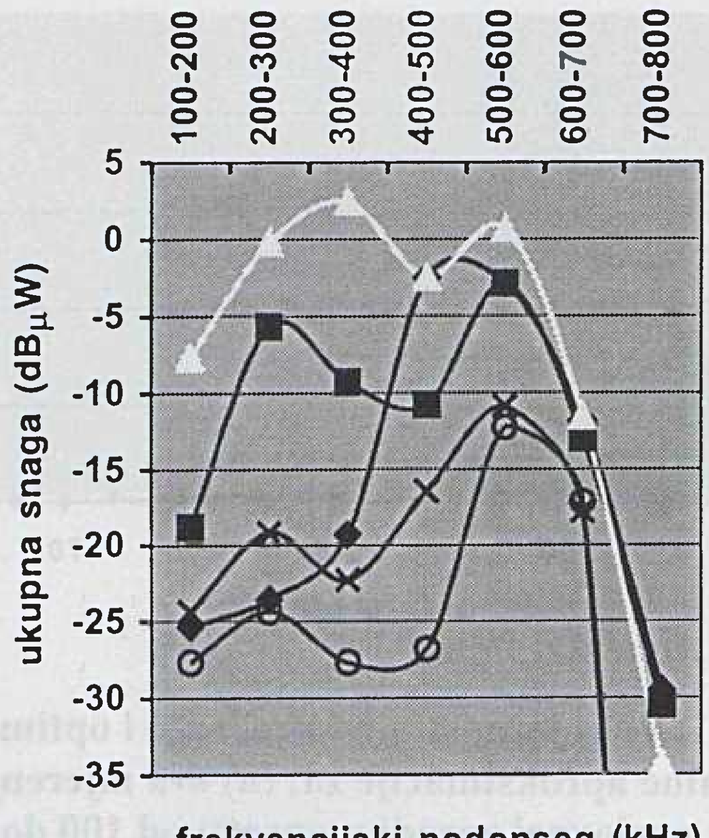
Vjerojatnost prekoračenja sama po sebi nije dovoljna za definiciju modela šuma. U ovome poglavlju raspravit ćemo raspodjelu ukupne snage detektiranih uskopojasnih smetnji po frekvencijskim podopsezima

širokim 100 kHz, unutar opsega od 100 do 800 kHz. Također ćemo dati prosječnu snagu komponente. Prosječna snaga jednaka je omjeru ukupne snage i broja detektiranih uskopojasnih komponenti. I ukupnu i prosječnu snagu izračunat ćemo iz mjerenih napona, a navest ćemo je u dBW na impedanciji od 50 Ω. Time ćemo svaki od podopsega okarakterizirati ukupnom snagom i prosječnom snagom komponente, što omogućuje ustanovljenje relativnih odnosa doprinosa svakoga od podopsega.

Ponovimo, međutim, da naš mjerni uzorak nije dovoljno velik da bismo mogli definirati signifikantne modele za ove veličine. Stoga raspodjele dane u ovome poglavlju treba smatrati tek prvim aproksimacijama stvarnih ovisnosti. Međutim, metoda analize mjernih podataka je univerzalno primjenljiva.

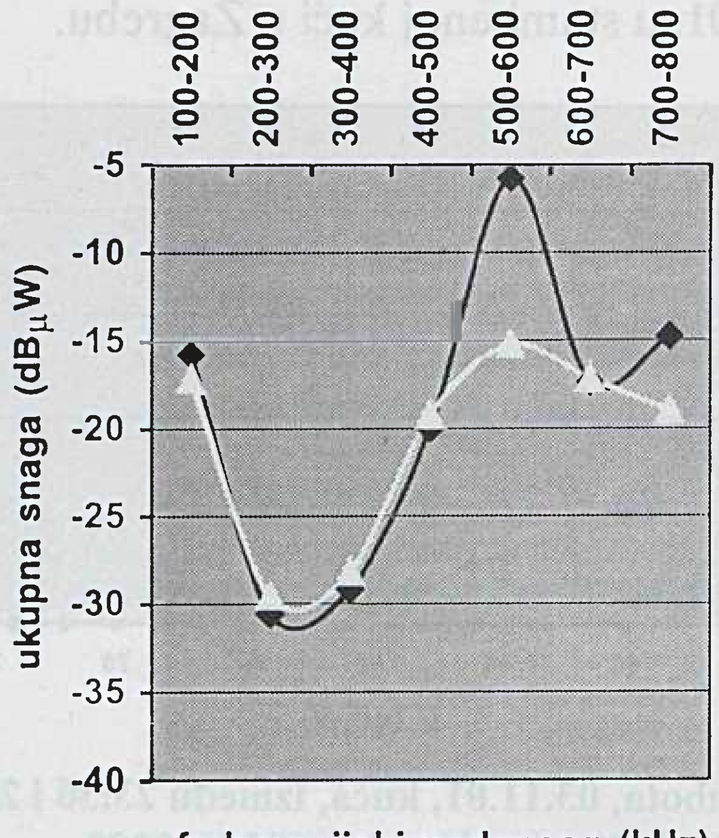
Prikazi na slikama u izvornom obliku imaju karakter histograma, ali će, samo radi bolje preglednosti, biti nacrtani kao kontinuirane krivulje. One bi se mogle doista konstruirati promatranjem unutar manjih frekvencijskih podopsega, pri čemu bi iznosi snaga, naravno, bili manji u skladu s novom širinom podopsega. Zbog toga slike koje slijede treba shvatiti kao histograme čije vrijednosti se očitavaju u točkama označenim markerima.

Na slici 23 vidimo da ukupna snaga izražena u decibelima u osnovi slijedi zakonitost koja bi se mogla aproksimirati polinomom 4. stupnja, jedino što krivulja za subotu poslije 15 sati ima izvjesnu anomaliju u odnosu na ostale. Slika 24 daje iste podatke izračunate iz podataka izmjerenih u stambenoj kući.



Romb: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 15:25-16:00.
Kvadrat: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 16:24-17:07
Kružić: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 20:30-20:43
Križić: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 17:03-17:24
Trokut: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 10:17-15:10

Slika 23. Raspodjela ukupne snage (a) i prosječne snage po komponenti (b) u poslovnoj zgradi u naznačeno vrijeme. Za dvije krivulje na slici (b) (križić i kružić) nema podatka za podpojas od 700-800 kHz, jer u njemu nije bila detektirana niti jedna komponenta razine iznad 40 dBμV.



Tamna linija: stambena kuća, subota, 03.11.01, 23:08-23:28
Bijela linija: stambena kuća, nedjelja, 04-11-01, 02:09-02:25

Slika 24. Raspodjela ukupne snage (a) i prosječne snage po komponenti (b) u stambenoj kući u naznačeno vrijeme. Vidi se veliki porast snage u podpojasevima 500-600 kHz i 700-800 kHz u kasnim noćnim satima, koji potječe od izdizanja komponenti srednjevalnih radijskih odašiljača.

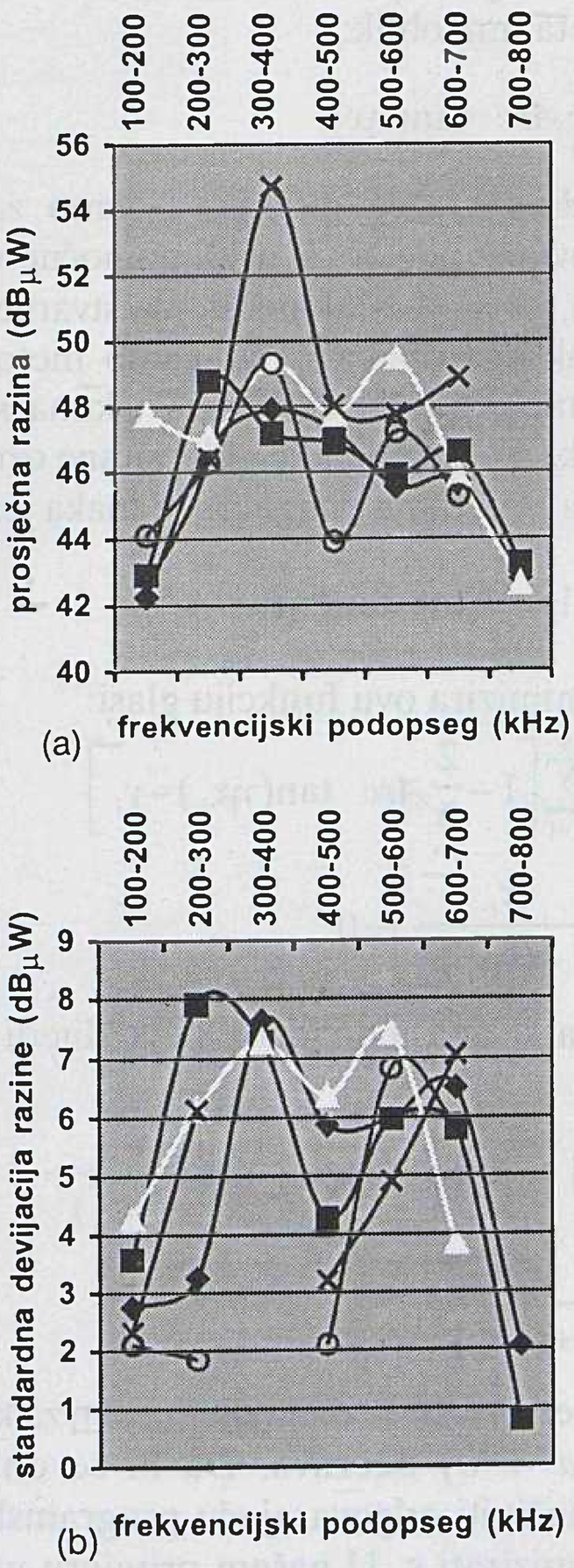
4. PROSJEČNA RAZINA I STANDARDNA DEVIJACIJA RAZINE

U ovome poglavlju dajemo ovisnost srednje razine detektiranih komponenti u dBμV u pojedinim podopsezima, kao u prethodnom poglavlju, te ovisnost standardne devijacije razine u istim tim frekvencijskim područjima. Ovi podaci važan su sastavni dio modela šuma. Oni omogućuju simuliranje situacije u kojoj imamo više diskretnih uskopojasnih komponenti u svakom podopsegu, pri čemu one nisu jednake po snazi, odnosno amplitudi. Sljedeće slike, 25 i 26, također imaju karakter histograma, ali su zbog bolje preglednosti prikazane kao krivulje.

Usporedivši slike 25 i 26 sa 23 i 24 vidjet ćemo da evidentno postoji jaka veza između standardne devijacije razine i ukupne snage u podopsezima. To se naročito dobro vidi na slikama snimljenim u stambenoj kući. Objašnjenje je u osnovi jednostavno: karakter uskopojasnog šuma PLC-a je takav da pored većeg broja relativno slabih komponenti postoji jedan broj relativno vrlo jakih, koje potječu npr. od srednjovalnih radio odašiljača. One nose većinu ukupne snage. Mnogobrojne slabije komponente čine srednju vrijednost razine niskom, ali prisustvo jakih doprinosi ukupnoj snazi i standardnoj devijaciji razine.

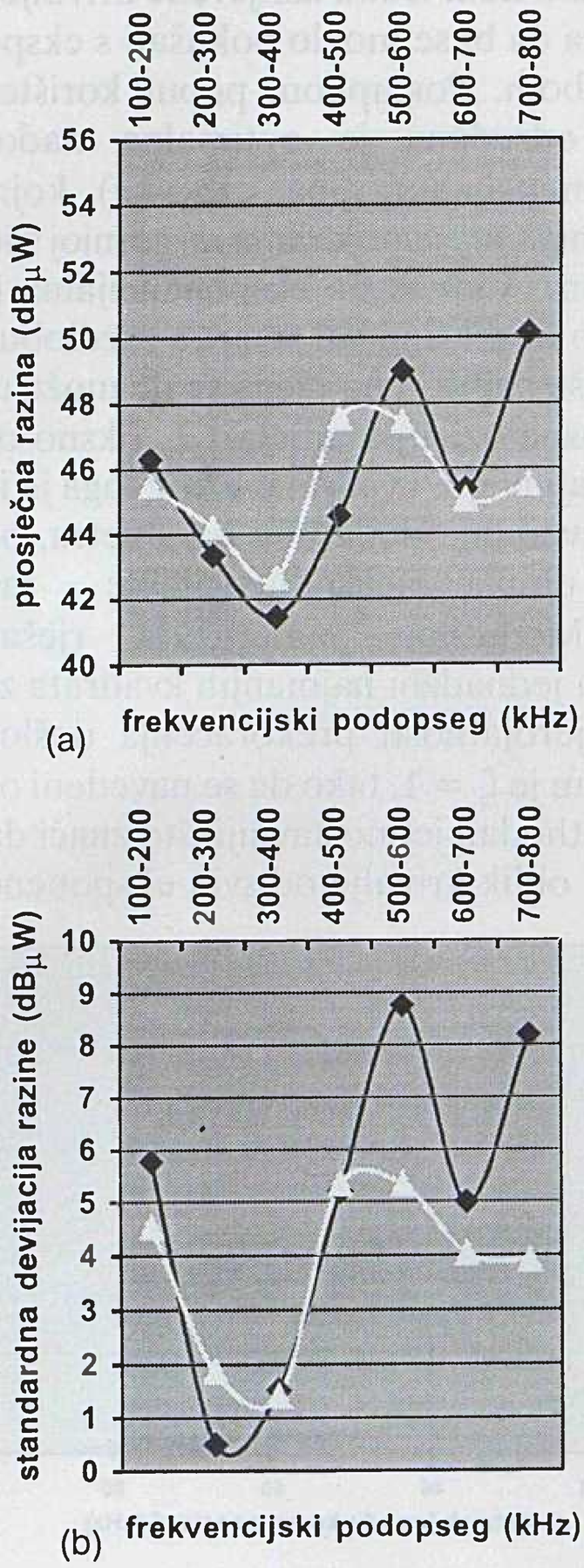
5. RAZDIOBA RAZMAKA IZMEĐU DETEKTIRANIH DISKRETNIH FREKVENCIJSKIH KOMPONENTI ŠUMA

S obzirom da u ovome poglavlju obrađujemo pojavu diskretnih komponenti šuma uskoga pojasa jačih od 40 dBμV, za kompletno definiranje modela takve pojave potrebno je, pored do sada obrađene amplitudne razdiobe, konačno odrediti i statističke osobine razmaka između susjednih detektiranih spektralnih linija.



Romb: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 15:25-16:00.
Kvadrat: poslovna zgrada, subota, 03.11.01, 16:24-17:07
Kružić: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 20:30-20:43
Križić: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 17:03-17:24
Trokut: poslovna zgrada, petak, 02.11.01, 10:17-15:10

Slika 25. Prosječna razina (a) i standardna devijacija razine (b) u poslovnoj zgradi u naznačeno vrijeme. Za dvije krivulje na slici (b) (križić i kružić) nedostaju podaci za podopsege 300-400 kHz i 700-800 kHz, jer u njima nije bila detektirana niti jedna komponenta razine iznad 40 dBμV.

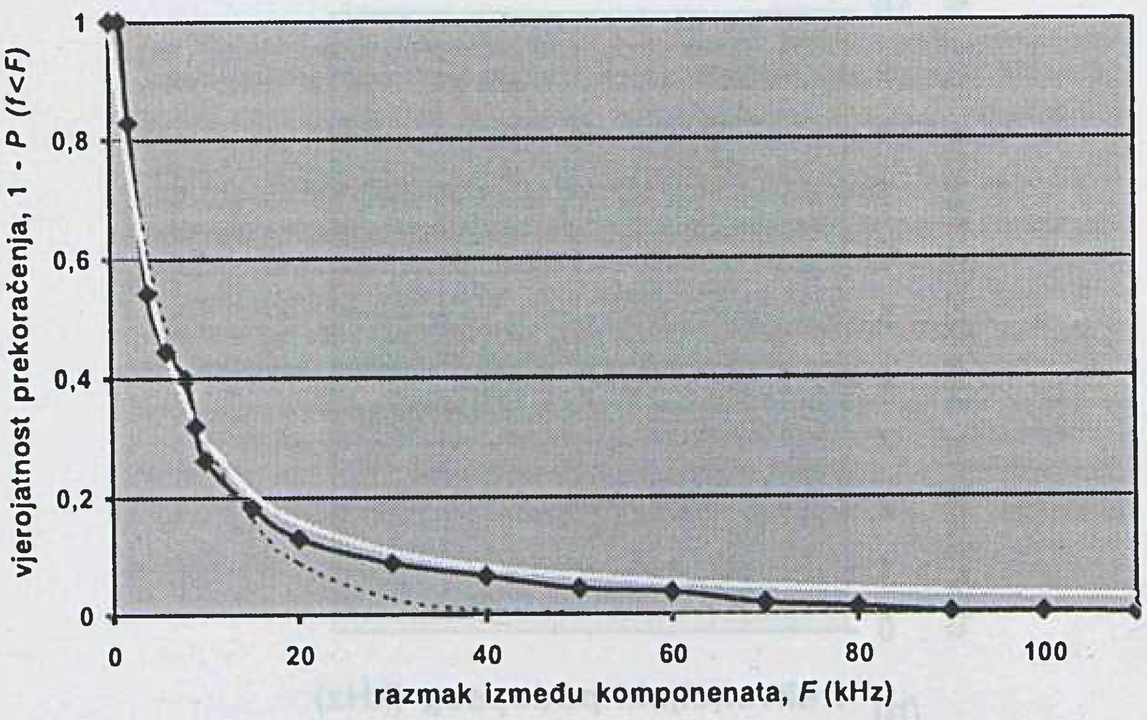


Tamna linija: stambena kuća, subota, 03.11.01, 23:08-23:28
Bijela linija: stambena kuća, nedjelja, 04-11-01, 02:09-02:25

Slika 26. Prosječna razina (a) i standardna devijacija razine (b) u stambenoj kući u naznačeno vrijeme

Metoda istraživanja je sljedeća: temeljem provedenih mjerenja statističkom obradom odredit ćemo funkcije vjerojatnosti prekoračenja razmaka između frekvencija, kako za pojedine lokacije i vremena mjerenja, tako i ukupno, za zbroj svih mjernih rezultata. Zatim ćemo metodom najmanjih kvadrata pronaći funkciju koja najbolje opisuje izmjerenu pojavu, odnosno konkretne parametre koji opisuju takvu funkciju za svaki pojedini, kao i za sumarni slučaj. Na slikama koje slijede dat ćemo usporedno izmjerenu krivulju, kao i krivulju teoretske razdiobe dobivene ovim postupkom. Našu analizu ograničit ćemo na frekvencijsko područje od 100 do 800 kHz.

Najprije ćemo analizirati snimljenu sumarnu krivulju vjerojatnosti prekoračenja za sve izmjerene podatke. Na slici 27 krivulja s točkama dobivena je obradom izmjerenih podataka. Nju je potrebno nadomjestiti teoretskom razdiobom koja zadovoljava dva granična uvjeta: vjerojatnost prekoračenja razmaka komponenti od 0 Hz mora biti jednaka 1, a vjerojatnost prekoračenja za jako velike razmake komponenti mora asimptotski težiti nuli. Oblik izmjerene krivulje na prvi pogled sugerira da bi se moglo pokušati s eksponencijalnom razdiobom. Postupkom poput korištenoga u poglavlju 2. određena je optimalna nadomjesna krivulja eksponencijalnog tipa, $\exp(-\lambda x)$, koja nadomješta izmjerenu. Ona je prikazana na gornjoj slici isprekidanom linijom. Vidi se da eksponencijalna krivulja ne može dobro aproksimirati stvarnu razdiobu, jer joj je koljeno suviše naglo, a na njega se ne može utjecati, jer je jedini raspoloživi parametar, λ, fiksno određen jednadžbom najmanjih kvadrata. Zbog toga je ispitana i mogućnost uvođenja dodatnog parametra, odnosno općenitijeg oblika eksponencijalne razdiobe: $\exp[(-\lambda x^{\zeta})]$. Međutim, numeričkim rješavanjem transcedentnih jednadžbi najmanjih kvadrata za takav tip funkcije vjerojatnosti prekoračenja došlo se do rješenja u kojem je $\zeta = 1$, tako da se navedeni oblik reducirao na prethodan jednostavniji, što znači da za zadani izmjereni oblik krivulje od svih eksponencijalnih razdioba najbolji rezultat postiže upravo ona najjednostavnijeg oblika, $\exp(-\lambda x)$. To znači da razmak spektralnih linija u uskopojasnom šumu PLC mreže nema eksponencijalnu razdiobu. Nadalje, ispitivanjem pomoću komplementarne funkcije greške, $\mathrm{erfc}(\sigma, x)$, utvrdili smo također i da ustanovljena razdioba nije gaussovska, što znači da se varijacijom parametra σ ne može postići dobra aproksimacija koljena karakteristike. Normalna razdioba također ima suviše veliku zakrivljenost u koljenu krivulje.



Puna linija s točkama: izmjerena krivulja
Bijela linija: inverzna tangensna vjerojatnost prekoračenja, η = 0.19816125110
Isprekidana linija: najbolja aproksimacija u obliku eksponencijalne funkcije

Slika 27. Vjerojatnost prekoračenja razmaka između susjednih komponenti uskopojasnog šuma za sva provedena mjerenja, u području frekvencija od 100 do 800 kHz

Krivulja koja izuzetno dobro reproducira snimljenu ovisnost ima oblik inverznog tangensa. Ako je F stohastička varijabla frekvencijskog razmaka između susjednih komponenti uskopojasnog šuma, te ako je vjerojatnost da je razmak f veći ili jednak od F jednaka $1 - P(f<F)$, dakle komplemantarnoj razdiobi, inverzna tangensna funkcija koja automatski zadovoljava oba granična uvjeta ima oblik:

$$y = 1 - \frac{2}{\delta} Arc\ \tan(\eta x). \tag{4}$$

Ovdje smo zbog kraćeg pisanja, a samo za potrebe računanja u ovome poglavlju, uveli pomoćne varijable $y = 1 - P(f<F)$, i $x = F$. Nadomještanje stvarne razdiobe krivuljom ovakvoga oblika izvest ćemo metodom najmanje kvadratne pogrješke evaluirane u konačnom broju poznatih točaka, N. Za podatke indeksirane oznakom i, $i \in [1,N]$, ukupna kvadratna pogrješka jednaka je:

$$Q = \sum_{i=1}^{N} \left[1 - \frac{2}{\delta} Arc\ \tan(\eta x_i) - y_i \right]^2. \tag{5}$$

Uvjet koji minimizira ovu funkciju glasi:

$$\frac{dQ}{d\eta} = 2 \sum_{i=1}^{N} \left[1 - \frac{2}{\delta} Arc\ \tan(\eta x_i) - y_i \right] \cdot \left[-\frac{2}{\delta} \cdot \frac{x_i}{1+(\eta x_i)^2} \right] = 0. \tag{6}$$

Lijeva i desna strana jednadžbe koja slijedi iz ovoga uvjeta glase:

$$a = \sum_{i=1}^{N} \left[1 - \frac{2}{\delta} Arc\ \tan(\eta x_i) \right] \frac{x_i}{1+(\eta x_i)^2}$$

$$b = \sum_{i=1}^{N} \frac{x_i y_i}{1+(\eta x_i)^2}. \tag{7}$$

Rješenje ove jednadžbe je ona vrijednost η za koju izraz $\varepsilon = (a - b)/(a + b)$ iščezava. Da bi se ona dobila, potrebno je načiniti odgovarajuću programsku rutinu koja će minimizirati ε. U našem primjeru na taj smo način došli do parametara η u slučajevima koje prikazujemo na slikama koje slijede, pri čemu je vrijednost ε, kao i u ranijim proračunima, bila svedena na red veličine 10^{-12} ili manje, tako da smo vrijednost η pronašli uvijek s barem 12 sigurnih decimalnih mjesta. Premda u tekstu i na slikama uvijek navodimo tako precizno izražene vrijednosti, to nema osobitoga značenja, jer one ovise o broju i preciznosti upotrijebljenih točaka snimljene krivulje, već se tako samo naglašava da je

vrijednost η korištenjem opisanoga postupka moguće pronaći praktički proizvoljno točno, što znači da je algoritam stabilan i da daje jednoznačno rješenje.

Na slici 27 bijelom linijom nacrtana je razdioba prema (4), s vrijednošću parametra η označenom u legendi. Vidi se vrlo dobro poklapanje s izmjerenim vrijednostima i izvrsna aproksimacija zakrivljenosti. Za veće vrijednosti frekvencijskog razmaka aproksimacija daje malo veći rezultat od stvarnoga. Glavni uzrok tome vidi se iz (6): metoda najmanjih kvadrata u ovome slučaju minimizira samo srednje odstupanje pomnoženo s aproksimacijom derivacije, dočim ne postoji jednadžba koja bi minimizirala samo srednje odstupanje. Zbog toga točke s velikim vrijednostima x malo doprinose optimizaciji. Nadalje, u eksperimentima su se iznimno veliki intervali bez ijedne komponente pojavili tek u nekoliko slučajeva, tako da, općenito, raspoloživi podaci za velike x-eve ne moraju biti statistički dovoljno signifikantnima. To se bolje vidi na slikama koje prikazuju statistiku frekvencijskih razmaka komponenti u pojedinačnim snimkama načinjenim na nekoliko lokacija i u nekoliko različitih vremena, jer su na njima veliki razmaci još malobrojniji.

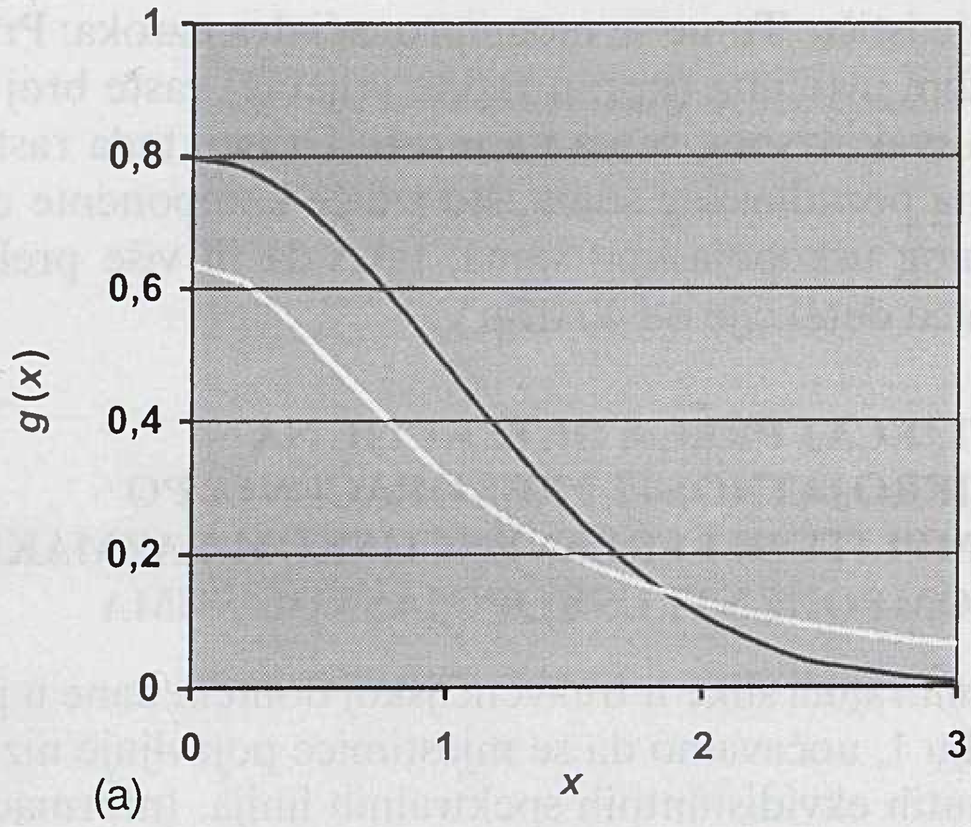
Vrlo važna osobina za definiranje upotrebljivog modela šuma je vjerna reprodukcija derivacije funkcije razdiobe, što je očito vrlo dobro zadovoljeno iskorištenom inverznom tangensnom funkcijom. To znači da je gustoća vjerojatnosti, kao negativna derivacija vjerojatnosti prekoračenja, dobro aproksimirana negativnom derivacijom upotrijebljene funkcije. Ono što se ne može riješiti praktički nikakvim jednostavnim modelom je diskontinuitet vjerojatnosti prekoračenja u bliskoj okolini razmaka frekvencija od 9 kHz. On je prisutan zbog velikog broja signala srednjovalnih radijskih programa uhvaćenih na PLC mreži iz etera. Razmak tih kanala je 9 kHz, a njihov broj naročito je velik noću. Ujedno, ovi su signali u pravilu par desetaka dB jači od ostalih u pojasu.

S obzirom na vrlo dobru aproksimaciju vjerojatnosti prekoračenja, a posebno njenog nagiba, inverznom tangensnom funkcijom oblika (4), možemo zaključiti da gustoća vjerojatnosti koja opisuje interval među diskretnim frekvencijskim komponentama uskopojasnog šuma unutarnje PLC mreže u frekvencijskom opsegu od 100 do 800 kHz, za signale jače od 40 dBμV, ima zvonoliki oblik, ali ne onaj karakterističan za normalnu razdiobu, nego u obliku "Agnezinog uvojka":

$$g(F) = -\frac{d}{dF}(1 - P(f < F)) = \frac{2}{\delta} \cdot \frac{\eta}{1 + (\eta F)^2}. \qquad (8)$$

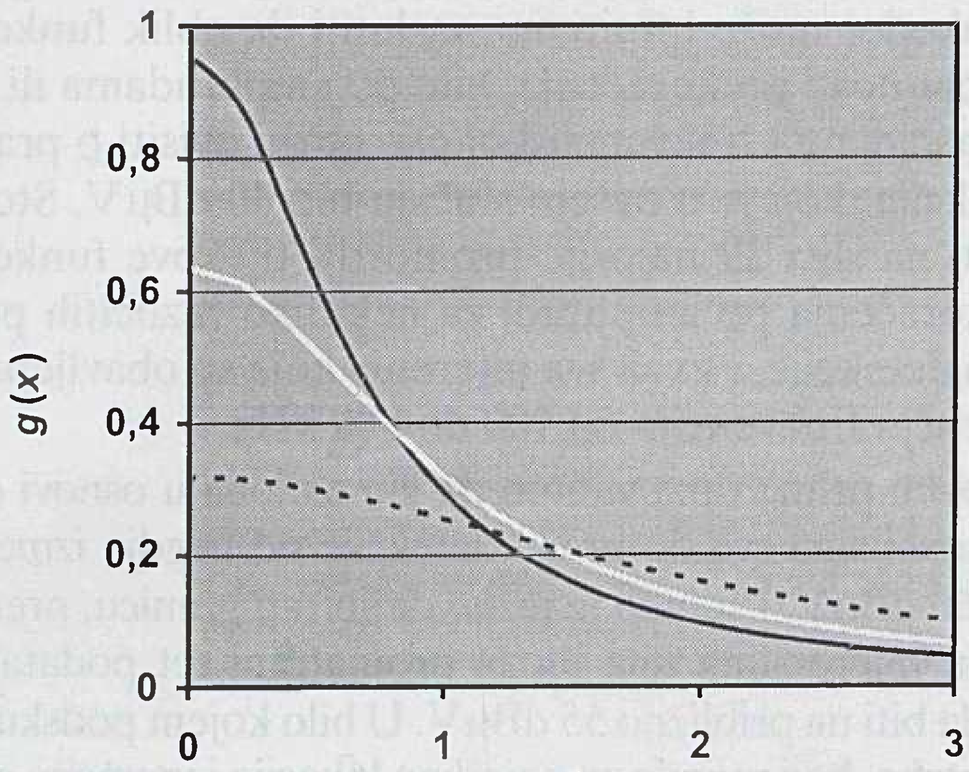
Rezultati mjerenja definitivno potvrđuju da je riječ upravo o takvoj vrsti gustoće razdiobe.

Na slici 28 (a) dana je usporedba normalizirane Gaussove gustoće razdiobe i gustoće razdiobe prema gornjoj formuli, uz iznos parametara $\sigma = 1$ i $\eta = 1$. Obje funkcije promatramo samo za pozitivne vrijednosti x, tako da su njihovi integrali u granicama od 0 do ∞ jednaki 1 i neovisni od parametara σ, odnosno η. Na slici (b) vidi



(a)

Tamna linija: normalna gustoća razdiobe, σ = 1
Bijela linija: gustoća razdiobe (7), η = 1



(b)

Tamna linija: gustoća razdiobe (7), η = 1.5
Bijela linija: gustoća razdiobe (7), η = 1.0
Isprekidana linija: gustoća razdiobe (7), η = 0.5

Slika 28. Usporedba normalne gustoće razdiobe i gustoće razdiobe oblika "Agnezinog uvojka"

se funkcija (8) za nekoliko različitih vrijednosti parametra. Zanimljivo je da ta funkcija gustoće razdiobe nema disperziju, jer integral tipa $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x^2}{k^2 + x^2} dx$ divergira. Svejedno, možemo definirati veličinu koja će nam dočarati devijaciju ovakve razdiobe tako da odredimo točku u kojoj gustoća razdiobe pada na polovinu vršne vrijednosti. Lako je pokazati da se to događa u točki $x = 1/\eta$. Stoga, premda $1/\eta$ nije devijacija u smislu klasične definicije, tu vrijednost možemo smatrati mjerom raspršenja stohastičke varijable oko očekivane vrijednosti. Što je parametar η veći, to je raspšenje manje, odnosno veća je vjerojatnost da će stohastička varijabla poprimiti vrijednost bližu očekivanoj. Očekivanje je definirano kada se promatra gustoća razdiobe na čitavom intervalu od $-\infty$ do $+\infty$, pri čemu je ono jednako 0.

Općenito, naše istraživanje pokazuje da u "mirnijim" uvjetima (npr. u poslovnoj zgradi u petak navečer, ili za vikend), parametar η poprima manje vrijednosti, što znači da se mali razmaci među komponentama šuma

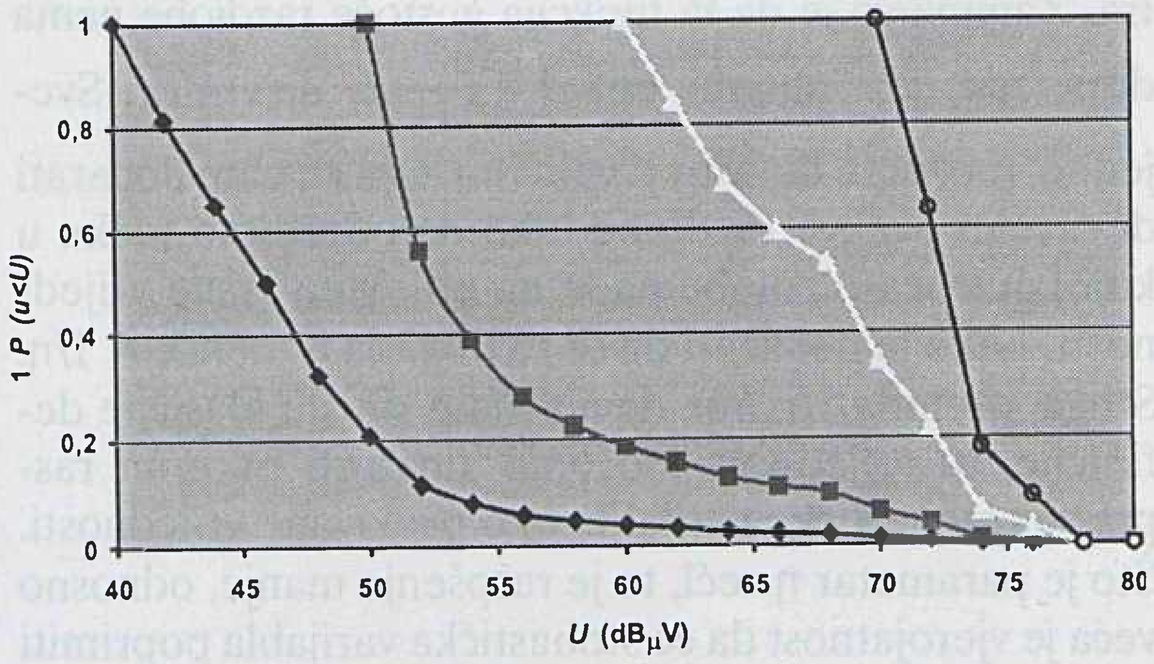
manje ističu. Tome se mogu pronaći dva uzroka: Prvo, u težim uvjetima (npr. u radno vrijeme) raste broj izvora svakovrsnog šuma na mreži. Drugo, tada raste i razina pozadinskog šuma, što izdiže komponente diskretnog uskopojasnog šuma, tako da ih više prelazi granicu detekcije od 40 dBμV.

6. UTJECAJ PRAGA DETEKCIJE NA VJEROJATNOSTI PREKORAČENJA PO AMPLITUDI I FREKVENCIJSKOM RAZMAKU KOMPONENTI USKOPOJASNOG ŠUMA

Promatrajući slike u frekvencijskoj domeni dane u poglavlju 1, uočavamo da se mjestimice pojavljuje niz istaknutih ekvidistantnih spektralnih linija. Informacija o tome gubi se u statističkim veličinama ekstrahiranim iz mjernih podaka, jer između takvih linija najčešće postoji još jedan broj detektiranih komponenti. Iz slika se također može intuitivno naslutiti da oblik funkcije vjerojatnosti prekoračenja, bilo po amplitudama ili po razmacima na frekvencijskoj osi, može ovisiti o pragu detekcije, koji je u našem slučaju bio 40 dBμV. Stoga ćemo na slici 29 najprije promotriti tijekove funkcije prekoračenja po amplitudi za nekoliko različitih pragova detekcije, i to za sva mjerenja koja su obavljena u području frekvencija od 100 do 800 kHz.

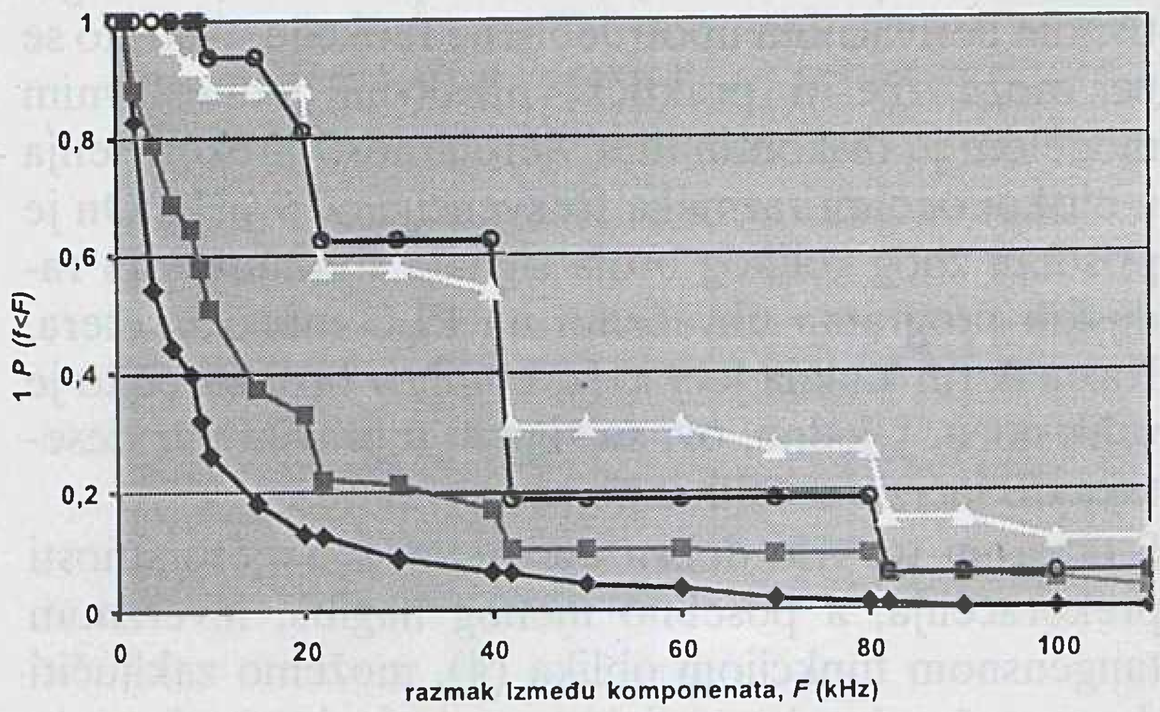
Na ovim primjerima vidimo da je razdioba u osnovi eksponencijalna sve do praga detekcije od negdje između 50 i 60 dBμV. Premda je teško definirati granicu, prema našim mjerenjima ona bi, za promatrani set podataka, mogla biti na približno 55 dBμV. U bilo kojem podskupu podataka, koji vrijede za pojedine lokacije i vremana snimanja, ta se veličina može vrlo značajno razlikovati, tako da granični prag detekcije bude i ispod 40 dBμV. Stoga 55 dBμV ne treba držati nikakvim osobito važnim i tipičnim iznosom, nego samo vrijednošću specifičnom za ovaj skup mjerenja. Nakon te granice, razdioba, koja inače ima oblik približno odgovarajući translatiranoj eksponencijalnoj funkciji, počinje degenerirati, kao što se na slici lijepo vidi. Izranjanjem praga detekcije iz područja mnogobrojnih slabijih komponenti, odjednom se zalazi u domenu gdje mnoge prisutne komponente, koje pripadaju pojedinim tehničkim sustavima s ekvidistantnim rasterom frekvencija, poput npr. srednjovalne radiodifuzije, ili pak pojedinim izvorima periodičke smetnje, poput switch-mode napajača elektroničkih uređaja, imaju razine koje su značajno iznad ostalih spektralnih linija uskopojasnog šuma. Mnoge od takvih komponenti imaju razine između 65 i 75 dBμV.

Situacija se još više mijenja u razdiobi po razmaku komponenti na frekvencijskoj osi. Kako se prag detekcije podiže, tako preostaju samo izuzetno jake komponente, koje u pravilu pokazuju neku periodičnost. U našim mjerenjima uočavamo komponente periodične sa 9 kHz (srednjovalna radiodifuzija, koja egzistira u području od 526.5 do 1606.5 kHz), te sa 21800 Hz, što može pripadati smetnji neidentificiranog switch-mode napajača. Naravno, pojavljuju se i cjelobrojni višekratnici tih razmaka, s obzirom da amplituda takvih komponenti nema monotoni tijek po frekvenciji. Kod viših razina praga detekcije preostaju praktično samo takve spektralne linije, pa vjerojatnost prekoračenja ima značajne propade u okolini navedenih razmaka i njihovih višekratnika. Zbog toga, što je prag detekcije viši, to razdioba manje nalikuje izvornoj, inverzno-tangensnoj, a više postaje stupnjevita, sa samo nekoliko koraka. To je ilustrirano na slici 30.



Romb: prag detekcije = 40 dBμV
Kvadrat: prag detekcije = 50 dBμV
Trokut: prag detekcije = 60 dBμV
Kružić: prag detekcije = 70 dBμV

Slika 29. Vjerojatnost prekoračenja po amplitudi uz različite pragove detekcije. Podaci obuhvaćaju sva provedena mjerenja, bilo u poslovnoj zgradi ili u stambenoj kući, u frekvencijskom opsegu od 100 do 800 kHz



Romb: prag detekcije = 40 dBμV
Kvadrat: prag detekcije = 50 dBμV
Trokut: prag detekcije = 60 dBμV
Kružić: prag detekcije = 65 dBμV

Slika 30. Vjerojatnost prekoračenja po razmaku između susjednih detektiranih komponenti uskopojasnog šuma. Podaci obuhvaćaju sva provedena mjerenja, bilo u poslovnoj zgradi ili u stambenoj kući, u frekvencijskom opsegu od 100 do 800 kHz

7. ZAKLJUČAK

Preliminarno istraživanje pojave uskopojasnog šuma na električnim instalacijama niskonaponske mreže dalo je statistički signifikantne modele razdiobe prema amplitudama i prema razmaku između susjednih frekvencijskih komponenti uskopojasnog šuma, u po-

jasu od 100 kHz do 800 kHz, pod objašnjenim uvjetima mjerenja. Raspodjela snage šuma po frekvencijama nije se mogla izvesti zbog suviše malog broja diskretnih komponenti šuma detektiranog u pojedinim uskim podopsezima. Stoga je u daljnjim istraživanjima potrebno povećati broj lokacija i ukupno trajanje mjerenja. Isto tako, potrebno je obaviti mjerenja u širem opsegu frekvencija interesantnom za primjenu u simulacijama PLC komunikacijskih sustava velikih brzina.

LITERATURA

[1] CENELEC, Standard EN50065.

[2] K. DOSTERT: "Powerline Communications", Prentice Hall, 2001.

[3] K. DOSTERT: "High Speed Data Transmission over Power Lines Using Multi-Carrier (OFDM) Techniques", Frequenz, Vol. 54 (2000), No. 11-12.

[4] R. M. VINES et al: "Noise on Residential Power Circuits, IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility", Vol. EMC-26, No. 4, Nov. 1984.

[5] O. G. HOOIJEN: "A Channel Model for the Residential Power Circuit Used as a Digital Communications Medium", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 40, No. 4, Nov. 1998.

[6] M. ZIMMERMAN, K. DOSTERT: "An Analysis of the Broadband Noise Scenario in Powerline Networks", Proceedings of the 4th International Symposium on Powerline Communications and its Applications, Limerick, Ireland, April 5th-7th , 2000.

[7] J. E. NEWBURY, K. J. MORRIS: "Power Line Carrier Systems For Industrial Control Applications", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 14, No. 4, Oct. 1999.

[8] J. NEWBURY, W. MILLER: "Potential Communication Services Using Power Line Carriers and Broadband Integrated Services Digital Network", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 14, No. 4, Oct. 1999.

[9] M. H. SHWEHDI, A. Z. KHAN: "A Power line Data Communication Interface Using Spread Spectrum Technology in Home Automation", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 11, No. 3, July 1996.

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF SHORT-RANGE NOISE ON LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS

Based on measurements a statistical short-range noise model existing on low-voltage electrical installations ranging from 100 to 800 kHz is being worked out. The distribution of short-range components by amplitude and distance on the frequency axe are given, which relate to measurement circumstances. In order to determine the statistically valuable power distribution according to frequencies a wider-ranging series of measurements would be necessary.

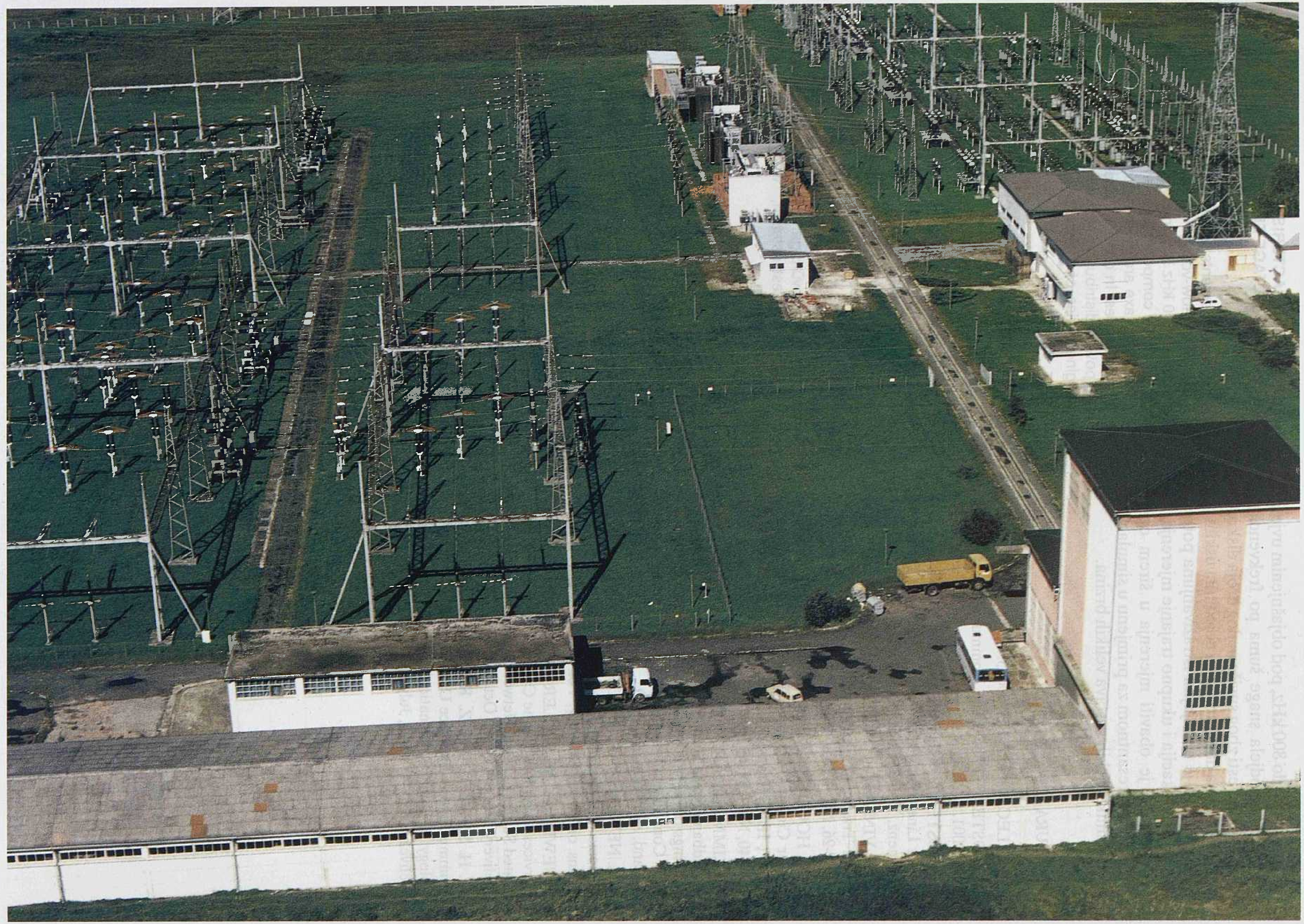
ÜBER STATISTISCHE EIGENSCHAFTEN DES SCHMALBANDGERÄUSCHES IN ELEKTRISCHEN NIEDERSPANNUNGSANLAGEN

Auf Grund der Messungen wird das statistische Modell eines, den Bereich zwischen 100 und 800 kHz umfassenden, Schmalbandgeräusches in elektrischer Niederspannungsanlage erstellt. Jene Verteilungen der Schmalbandgeräuschkomponenten nach Amplituden und nach den Abständen an der Frequenzachse werden gegeben, welche sich auf gegebene Messbedingungen beziehen. Um statistisch glaubwürdige Verteilungen von Leistung nach Frequenzen festzustellen, wären ausführlichere Messungen notwendig.

Naslov pisca:

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-04-14.



KVALITETA TOPLINSKE ENERGIJE – OSNOVNI UVJET UVOĐENJA SUSTAVA INDIVIDUALIZIRANJA TROŠKOVA GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA

Mr. sc. Florijan R a j i ć, Zagreb

UDK 621.18.002
PREGLEDNI ČLANAK

U radu se opisuje postojeće stanje u sustavima grijanja stambenih zgrada iz vlastitih toplinskih stanica, i iz velikih toplinskih gradskih ili područnih sustava grijanja u Hrvatskoj. Opisuju se i pretežiti načini održavanja potrebitih temperatura i tlakova u kućnim razvodnim mrežama, te njihovi glavni nedostatci sa stajališta osiguranja kvalitete energije grijanja. Navode se europske norme i preporuke, temeljem kojih i u nas treba ozakoniti gradnju sustava grijanja s kvalitetnom proizvodnjom, mjerenjem, razdiobom, točnim i reguliranim održavanjem kvalitete topline, koja je važan uvjet za pravedno individualiziranje i naplatu potrošnje topline u skupno grijanim zgradama i stanovima Hrvatske.

Ključne riječi: kvaliteta, količina i snaga energije, protok, tlak i temperatura vode.

1. OSNOVNE VRSTE CENTRALIZIRANIH SUSTAVA GRIJANJA

Postoji nekoliko osnovnih načina i vrsta izvedbi sustava centraliziranih grijanja prostora i stanova u zajedničkim stambenim i poslovnim zgradama. Načini grijanja razlikuje se po tehničkim izvedbama, uvjetovanim prvenstveno vrstama goriva i medija za prijenos topline.

U nas se također rabi nekoliko osnovnih vrsta i načina grijanja, te odgovarajućih toplinskih postrojenja. Najčešća su postrojenja i ogrijevne mreže s vrućom vodom, vrućim zrakom, te vrelom i vrućom vodom, i vodenom parom. U svrhu proizvodnje topline grijanja koristi i više vrsta energenata; kruta goriva – ugljen, drvo i različiti kruti odpadci, različite vrste kapljevitih goriva, te prirodni i "generatorski" plinovi.

Prednosti koje imaju ovakvi sustavi centraliziranih grijanja su: jednostavnija uporaba, transport, skladištenje i zaštita okoline od opasnih goriva, visoki stupnjevi djelovanja generatora i postrojenja za proizvodnju ogrijevne topline, bitno smanjenje prostora za kućne ogrijevne uređaje, peći i aparate, vrlo visoki komfor stanovanja, te opća jednostavnost i ugodnost uporabe topline. Nedostatci ovakvih sustava centraliziranih grijanja su: viša cijena i složenost ogrijevnih mreža, relativno veliki gubici toplinske energije u njima, te bitno teže optimiranje prijenosa i razdiobe topline po svim stanovima i ogrijevnim tijelima. Još jedan od glavnih nedostataka sustava centraliziranih grijanja (CTS-a), a naročito onih s vrelom ili vrućom vodom kao ogrijevnim medijem, je složeno i relativno skupo održavanje prijeko potrebite **kvalitete toplinske energije** u cjelokupnoj ogrijevnoj mreži, odnosno na ulazima i izlazima svih ogrijevnih tijela. Drugim riječima; ogrijevna voda na ulazu svakog trošila topline mora imati točne, propisane, i stalno raspoložive, svakom režimu rada potrebite, vrijednosti količina topline, odnosno propisane vrijednosti njezinih temperatura i tlaka.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE OGRIJEVNE VODE U CENTRALIZIRANIM SUSTAVIMA GRIJANJA

Jedna od osnovnih i najvažnijih značajki svakoga sustava grijanja je **kvaliteta grijanja**. Kvaliteta grijanja se može izraziti opisnom ili brojevnom oznakom za cjelokupni sustav stanovanja i grijanja, a može se izraziti i za njegove pojedine dijelove. U ovim će se razmatranjima pod kvalitetom grijanja podrazumijevati kvaliteta osnovnih toplinskih značajki energetskog dijela sustava grijanja. To su ukupni **sadržaj topline** ili **toplinski kapacitet** sustava, **toplinska snaga**, te **tlak** i **temperatura** ogrijevne vode.

U suvremenim sustavima grijanja, u svijetu i u nas, kao prijenosnik topline od proizvodnih postrojenja do ogrijevnih tijela, najčešće se rabi vrela (T_{pol}>100 °C) ili vruća (T_{pol}<100 °C) ogrijevna voda.

Kvaliteta toplinske energije grijanja definira se s nekoliko osnovnih fizikalnih značajki ogrijevne vode. Njima pripadaju i potrebita **raspoloživost, sigurnost i pouzdanost grijanja**.

a. Količina topline, snaga grijanja i brzina strujanja ogrijevne vode

Raspoložive **količine topline** ogrijevne vode (Q_v [m^3]) kao prijenosnog medija, ovise o ukupnoj količini vode u ogrijevnom sustavu, odnosno o zapremini i količini vruće vode u spremniku, količini vode u instalacijskim cijevima i u ogrijevnim tijelima, te o ukupnoj akumuliranoj toplini u cjelokupnom sustavu grijanja. Kvaliteta toplinske energije i kvaliteta grijanja određena je prvenstveno stabilnošću raspoložive količine, i snage ogrijevne topline. Potrebita količina topline i snaga grijanja moraju biti uvijek sigurne i raspoložive, tako da se, u svakom radnom "režimu", mogu održati točne propisane, racionalne i optimalne vrijednosti grijanja.

Tablica 1. Područja vrijednosti osnovnih značajki kvalitete grijanja

Količina Q [m^3] i protok vode [kg/s]	Snaga grijanja [W]	Tlak vode p[bara]	Temperatura vode polaza T_{pol}[°C]	Temperatura vode povrata T_{povr}[°C]
Ovisno o mreži!	Ovisno o mreži!	3-10	120-70	90-50

b. Temperature vode na ogrijevnim tijelima

U najvažnije značajke kvalitete topline pripadaju **temperature ogrijevne vode** (T_{pol} *i* T_{povr}[^oC]) odnosno njihova razlika $\Delta T = T_{pol} - T_{povr}$[$^oC$]. One ovise o vrsti sustava grijanja i njegovom toplinskom kapacitetu, te o drugim toplinskim, statičkim i dinamičkim, značajkama sustava, s kojima su određene, i stalne ili programirane i automatski održavane, propisane količine topline, i vrijednosti temperatura i tlakova ogrijevne vode. S njima je određena i građa ogrijevne mreže (broj ogrijevnih tijela i vrste njihovog gradbenog materijala, količine i dimenzije instalacijskih cijevi, i dr.). Temperature ogrijevne vode, i za polazne i za povratne dijelove ogrijevnih sustava, se propisuju u strogo određenim područjima vrijednosti.

U nas su postojeći sustavi centraliziranih grijanja pretežito starijih izvedbi, imaju gradbene dijelove od različitih materijala, s nerijetko prevelikim specifičnim toplinskim kapacitetima. Takve značajke imaju, primjerice, masivna ložišta generatora vruće vode, radijatori od lijevanog željeza, deblje mrežne čelične cijevi i dr. Nedostatak ovakvih sustava je slaba dinamičnost, primjerice sporije početno ugrijavanje, i sporije hlađenje (što je sa stajališta korisnika i dobro), te opća dinamička tromost sustava grijanja pri promjenama temperatura ogrijevne vode. Taj je nedostatak, u dinamičkom smislu, često uzrokom niže kvalitete toplinske energije grijanja. Poboljšana dinamika promjena temperatura u ložištima generatora vrele i vruće vode, u izmjenjivačima, ogrijevnim tijelima i primjerenim cjevovodima danas se uzima kao jedna od pozitivnjih značajki suvremenih sustava grijanja.

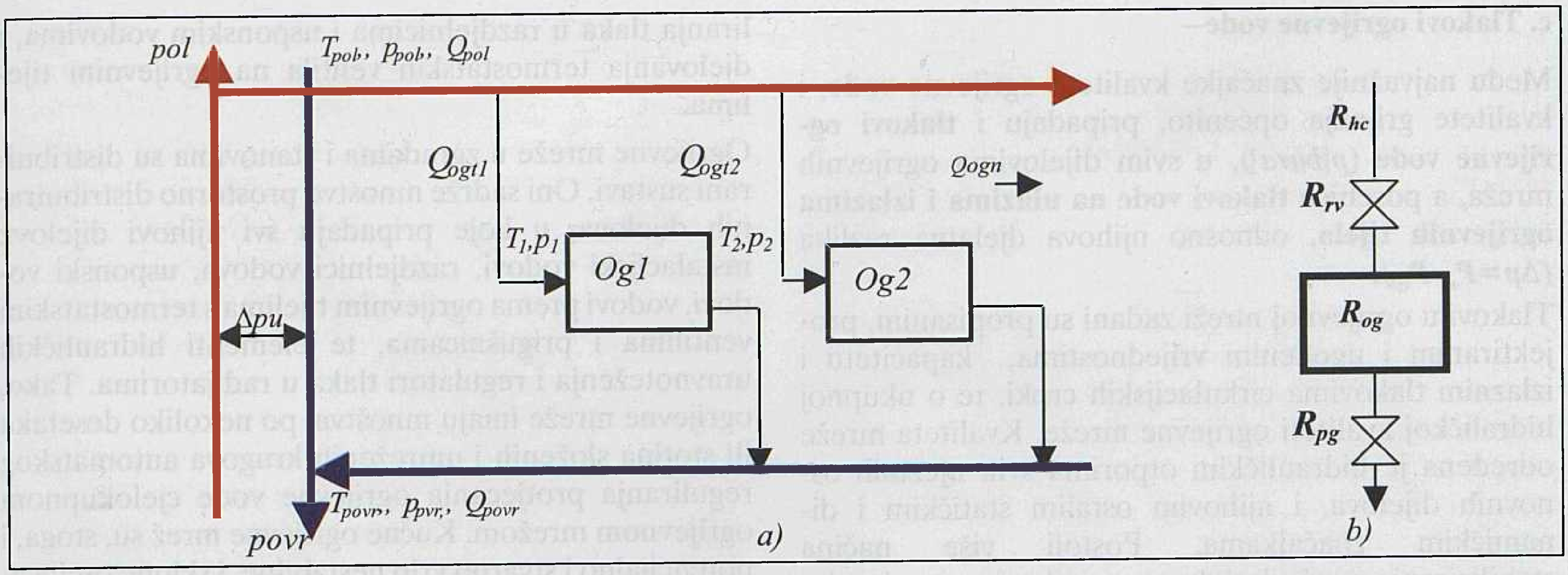
Optimalne vrijednosti snaga grijanja i temperatura ogrijevne vode, ovisne o temperaturama okoline su pojednostavnjeno pokazane u tablici 2. Ove vrijednosti su primjerice u Njemačkoj, propisane normama, te ozakonjene pripadnim uredbama i preporukama.

Budući da se suvremeni sustavi centraliziranih grijanja grade s ciljem postizanja opće racionalnosti, tako se nastoje optimirati i racionalizirati svi njihovi gradbeni dijelovi. Tako se, prvenstveno, prema slici 1a, optimiraju ogrijevna tijela ili radijatori (O_{g1}, O_{g2}, O_{gn}...), pa se njima se postiže optimalno grijanje. S time se bitno utječe na ukupnu cijenu i ostale osnovne opreme grijanja, i njezine optimalne značajke. Pažljivo se moraju odabrati i ostali važni dijelovi sustava: cjevovodi moraju biti dobro dimenzionirani, a regulacijski ventili imati optimalni "autoritet" (odnosno $R_{rv} \geq 0{,}5R_{uk}$). I svi ostali dijelovi sustava (slika 1b); svi hidraulički otpori cjevovoda (R_{uc}), termostatskih ventila (R_{rv}), prigušnica (R_{pg}) i ogrijevnih tijela (R_{og}), moraju osigurati optimalnu sigurnost, raspoloživost, te statiku i dinamiku grijanja.

Doprinos stabilnosti rada ogrijevnog sustava i temperatura daje i, primjereno određena, količina

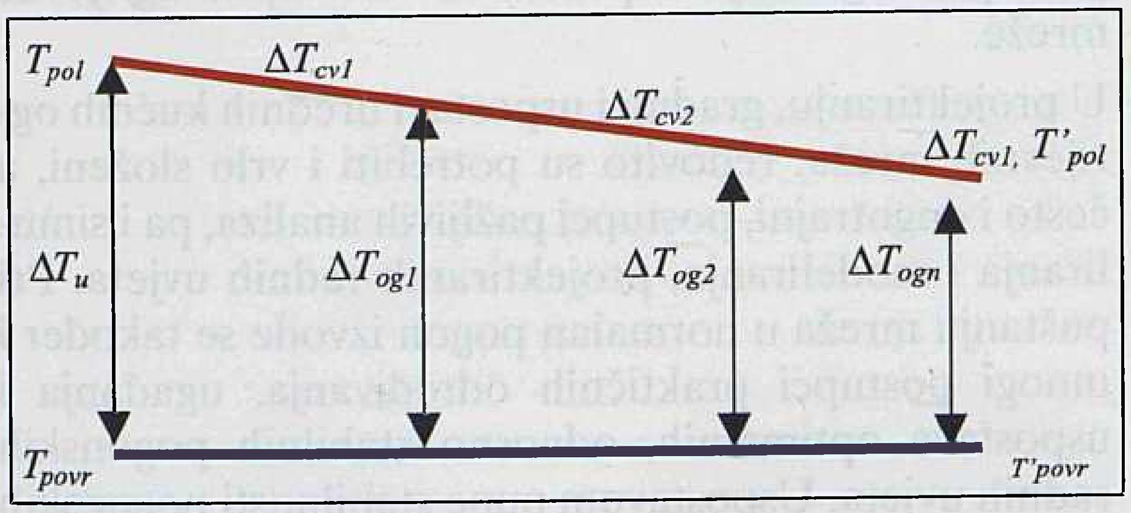
Tablica 2. Ovisnost značajki ogrijevne vode i grijanja o vanjskim temperaturama

Vanjska temperatura	T_{pol}-T_{povr}=110/70[°C]		T_{pol}-T_{povr}=90/70[°C]		T_{pol}-T_{povr}=70/50[°C]		Prosječna snaga grijanja [%]
[°C]	T_{pol}[°C]	T_{povr}[°C]	T_{pol}[°C]	T_{povr}[°C]	T_{pol}[°C]	T_{povr}[°C]	
+20	20	20	20	20	20	20	0
+15	38	30	33	30	29	25	25
+10	54	40	44	39	35	31	40
+5	67	48	54	45	42	36	50
0	80	55	64	52	46	40	60
-5	92	60	73	59	52	44	72
-10	102	65	82	64	56	48	83
-15	110	70	90	70	70	50	100



Slika 1. Osnovni dijelovi i značajke mreže s paralelno spojenim ogrijevnim tijelima

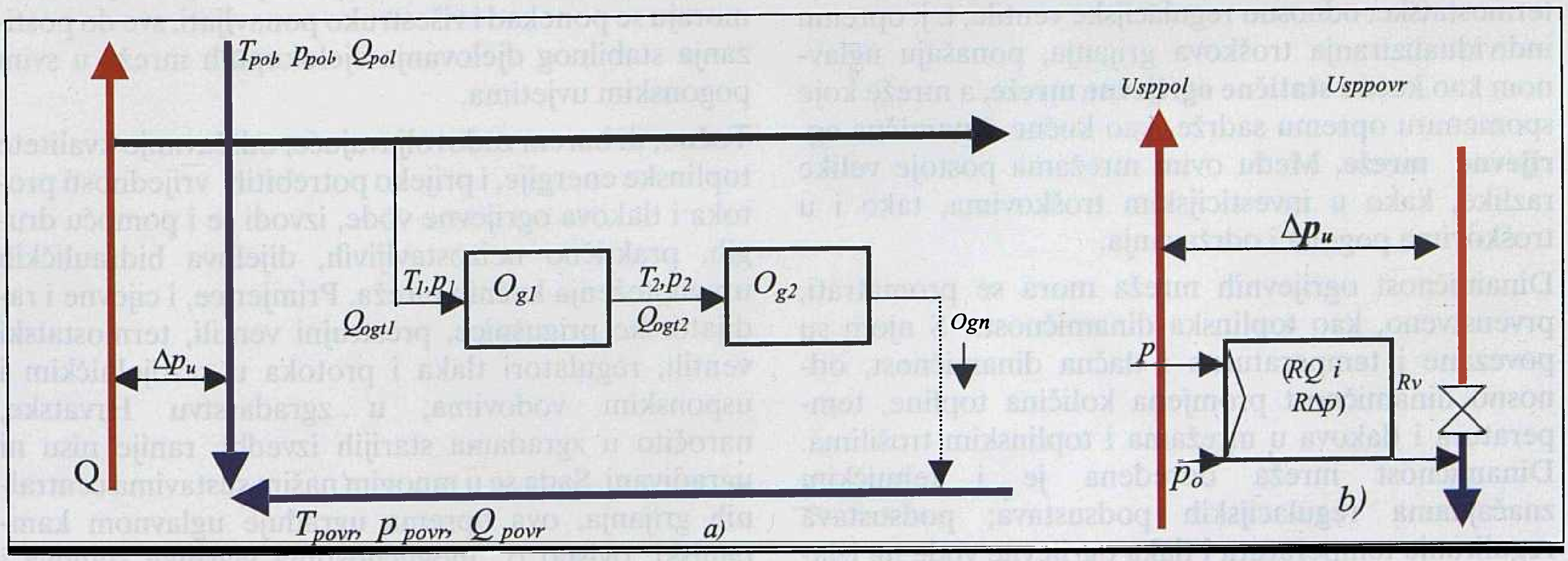
pričuvne i cirkulirane vruće vode u sustavu. Nedostatne i nestabilne količine raspoložive cirkulirajuće i pričuvne vruće vode, zapravo njezine pričuvne topline, u sustavu, redovito rezultiraju i značajnijim kolebanjima temperatura grijanja od njihovih zadanih vrijednosti (slika 2). Takve se pojave posebno očituju u prijelaznim stanjima, odnosno pri brzom povećavanju ili smanjivanju količina topline i temperatura ogrijevne vode. Stoga različiti oblici loših grijanja, a posebno u loše toplinom opskrbljenim dijelovima zgrada, primjerice u stanovima spojenim na, od toplinskih izvora, udaljenije grupe usponskih vodova, redovito rezultiraju niskim temperaturama ogrijevnih tijela, i općenito slabijim grijanjem. Stoga i padovi temperatura (ΔT_{cv1}, ΔT_{cv2}, ΔT_{cvn},...) na razvodnim cijevima instalacija grijanja također moraju biti u propisanim granicama.



Slika 2. Padovi temperatura u mreži s ogrijevnim tijelima

Značajno je napomenuti, da loša grijanja mogu biti posljedice i drugih različitih utjecaja. Tako se, primjerice, događaju i pregrijavanja stanova, grijanja načinom "vruće-hladno" i dr. Najnepovoljnija su "grijanja" stanova niskim, ili nedovoljnim, temperaturama polazne vode (T_w), i većim padovima temperatura u dijelovima cijevnih instalacija (ΔT_{og1}, ΔT_{og2}, ΔT_{ogn}....).

Posebno velika kolebanja temperatura, tlakova i količina protjecanja ogrijevne vode mogu se dogoditi u serijski spojenim ogrijevnim tijelima, odnosno u jednocijevnim sustavima grijanja (slika 3). Radi toga su ovi sustavi i nepogodni za sigurnu i točnu individualizaciju troškova grijanja. To se posebice odnosi na primjenu isparničkih, ali i elektroničkih sustava razdjelnika topline. I u suvremenim sustavima s individualiziranim troškovima grijanja, koji imaju velike postotke "fiksnog" obračuna topline (40 do 60%), to uvijek rezultira s većim ili manjim, ali redovito s nepravednim, individualiziranim računima. Njih "pragmatični" isporučioci topline, bez mnogo ustezanja, uporno, ispostavljaju stanarima, ili grupama stanara odnosno potrošača.



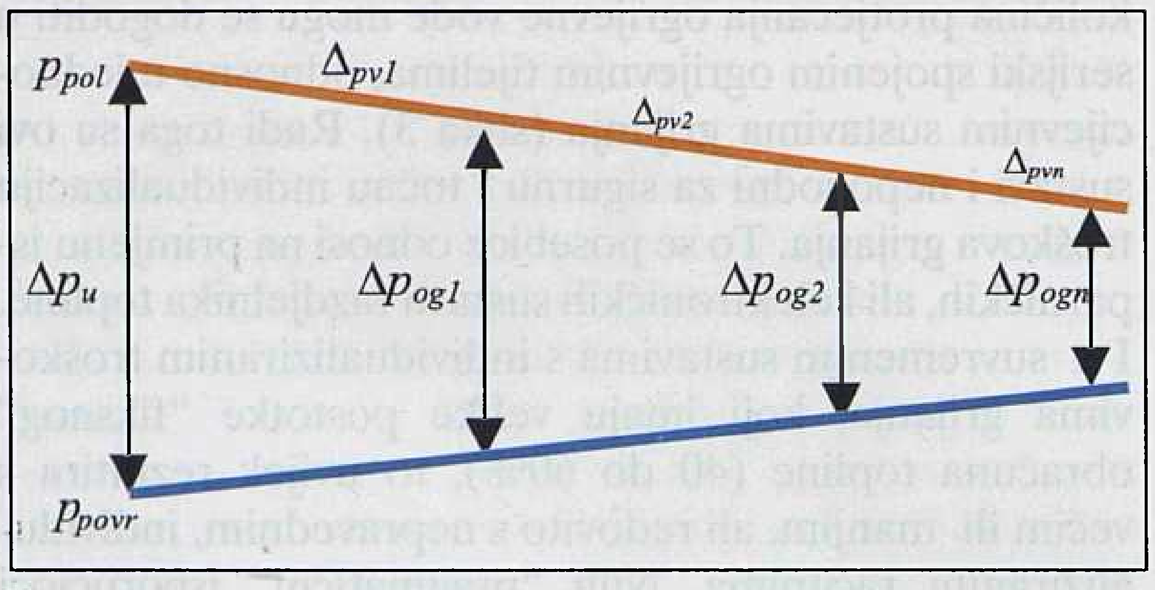
Slika 3. Osnovni dijelovi i značajke mreže sa serijski spojenim ogrijevnim tijelim

c. Tlakovi ogrijevne vode

Među najvažnije značajke kvalitete ogrijevne vode, i kvalitete grijanja općenito, pripadaju i **tlakovi ogrijevne vode** (*p*[*bara*]), u svim dijelovima ogrijevnih mreža, a posebice **tlakovi vode na ulazima i izlazima ogrijevnih tijela**, odnosno njihova djelatna razlika ($\Delta p = P_{ul} - P_{izl}$).

Tlakovi u ogrijevnoj mreži zadani su propisanim, projektiranim i ugođenim vrijednostima, kapacitetu i izlaznim tlakovima cirkulacijskih crpki, te o ukupnoj hidraličkoj kvaliteti ogrijevne mreže. Kvaliteta mreže određena je hidrauličkim otporima svih njezinih osnovnih dijelova, i njihovim ostalim statičkim i dinamičkim značajkama. Postoji više načina stabiliziranja mrežnih tlakova na njihovim propisanim vrijednostima. To se izvodi s pomoću reguliranja tlaka na izlazima toplinskih stanica, i tlakova na glavnim ili horizontalnim razdjelnicima. Posebno je važno, prema slici 3b, reguliranje tlakova u usponskim vodovima razvodne mreže ($\Delta p_w RQ,,R\Delta p$), koje se pretežito i učinkovito izvodi s pomoću regulatora bez pomoćne energije, odnosno pomoću jednostavnih mehaničko-hidrauličkih regulatora.

Padovi tlaka (slika 4) u ogrijevnoj mreži ovise o hidrauličkim otporima u razvodnim cijevima (Δ_{pv1}, Δ_{pv2}, Δ_{pvn}), i hidrauličkih otpora opreme ogrijevnih tijela (Δp_{og1}, Δp_{og2}, Δp_{ogn}).



Slika 4. Padovi tlaka u mreži s ogrijevnim tijelima

Kućne ogrijevne mreže, koje ne sadrže automatske i termostatske, odnosno regulacijske ventile, t. j. opremu individualiziranja troškova grijanja, ponašaju uglavnom kao kućne **statične ogrijevne mreže,** a mreže koje spomenutu opremu sadrže, kao kućne **dinamične ogrijevne mreže.** Među ovim mrežama postoje velike razlike, kako u investicijskim troškovima, tako i u troškovima pogona i održavanja.

Dinamičnost ogrijevnih mreža mora se promatrati, prvenstveno, kao toplinska dinamičnost. S njom su povezane i temperaturna i tlačna dinamičnost, odnosno dinamičnost promjena količina topline, temperatura i tlakova u mrežama i toplinskim trošilima. Dinamičnost mreža određena je i tehničkim značajkama regulacijskih podsustava; podsustava reguliranja temperatura i tlaka ogrijevne vode na izlazima toplinskih stanica, podsustava automatskog reguliranja tlaka u razdjelnicima i usponskim vodovima, i djelovanja termostatskih ventila na ogrijevnim tijelima.

Ogrijevne mreže u zgradama i stanovima su distribuirani sustavi. Oni sadrže mnoštvo prostorno distribuiranih dijelova, u koje pripadaju svi njihovi dijelovi: instalacijski vodovi, razdjelnici vodova, usponski vodovi, vodovi prema ogrijevnim tijelima s termostatskim ventilima i prigušnicama, te elementi hidrauličkih uravnoteženja i regulatori tlaka u radijatorima. Tako, ogrijevne mreže imaju mnoštva, po nekoliko desetaka ili stotina složenih i umreženih krugova automatskog reguliranja protjecanja ogrijevne vode cjelokupnom ogrijevnom mrežom. Kućne ogrijevne mrež su, stoga, i potencijalno i stvarno vrlo nestabilne, i sklone oscilacijama različitih frekvencija i amplituda protoka, tlakova i temperatura ogrijevnih medija kao osnovnih značajki kvalitete energije grijanja.

3. UTJECAJI OPREME SUSTAVA GRIJANJA NA ODRŽAVANJE KVALITETE TOPLINSKE ENERGIJE

Za postizanje potrebite i optimalne kvalitete energije grijanja, najčešće je potrebita raznovrsna osnovna oprema sustava grijanja, i oprema mjerenja i automatskog reguliranja osnovnih značajki kvalitete toplinske energije (prema slikama 3a i 3b), oprema hidrauličkog uravnoteženja ("balansiranja"), te mnogi i raznovrsni postupci ugađanja optimalnih značajki ogrijevne mreže.

U projektiranju, gradnji i uspostavi urednih kućnih ogrijevnih mreža, redovito su potrebiti i vrlo složeni, a često i dugotrajni, postupci pažljivih analiza, pa i simuliranja i modeliranja, projektiranih radnih uvjeta. Pri puštanju mreža u normalan pogon izvode se također i mnogi postupci praktičnih određivanja, ugađanja i uspostave optimalnih, odnosno stabilnih pogonskih radnih uvjeta. Uspostavom pune stabilnosti pogonskih značajki i njihovih vrijednosti, osigurava se i kvaliteta energije grijanja. Spomenuti postupci ugađanja mreža moraju se ponekad i višestruko ponavljati, sve do postizanja stabilnog djelovanja cjelokupnih mreža u svim pogonskim uvjetima.

Točno, ili barem zadovoljavajuće, održavanje kvalitete toplinske energije, i prijeko potrebitih vrijednosti protoka i tlakova ogrijevne vode, izvodi se i pomoću drugih, praktično neizostavljivih, dijelova hidrauličkih uravnoteženja kućnih mreža. Primjerice, i cijevne i radijatorske prigušnice, prestrujni ventili, termostatski ventili, regulatori tlaka i protoka u razdjelničkim i usponskim vodovima, u zgradarstvu Hrvatske, naročito u zgradama starijih izvedbi, ranije nisu ni ugrađivani. Sada se u mnogim našim sustavima centralnih grijanja, ova oprema ugrađuje uglavnom kampanjski, ovisno o mogućnostima vlasnika stanova i zgrada.

Za osiguranje pune kvalitete energije grijanja predlaže se i primjena kombiniranih regulatora protoka i razlika tlakova ***(RQ, RΔP)***, u dijelovima ogrijevnih mreža ili kod pojedinih potrošača. U najvažnija reguliranja tlaka i protoka kroz ogrijevna tijela treba pribrojiti i reguliranja protoka vode, temperatura ogrijevnih tijela pomoću termostatskih ventila. Ugradnja termostatskih i ostalih automatski pokretanih ventila mora biti i projektirana i izvedena vrlo pažljivo. Tako se moraju izbjeći i šumovi i buka, koji, i kao značajni i ekološki negativni faktori kvalitete grijanja, vrlo često nastaju i u mnogobrojnim krugovima automatskog reguliranja kućnih ogrijevnih mreža. Bitno povećanje kvalitete energije grijanja postiže se i pomoću prestrujnih ventila u toplinskim stanicama i dijelovima kućnih mreža.

a. Kvaliteta mjerenja i reguliranja osnovnih toplinskih značajki

Osnovna mjerila, prijeko potrebita za nadzor kvalitete toplinske energije grijanja zgrada i stanova, su **mjerila količine protjecanja**, **mjerila količine topline**, **mjerila temperatura i tlakova vode** ogrijevne vode, **te isparnički i elektronički razdjelnici topline** na ogrijevnim tijelima.

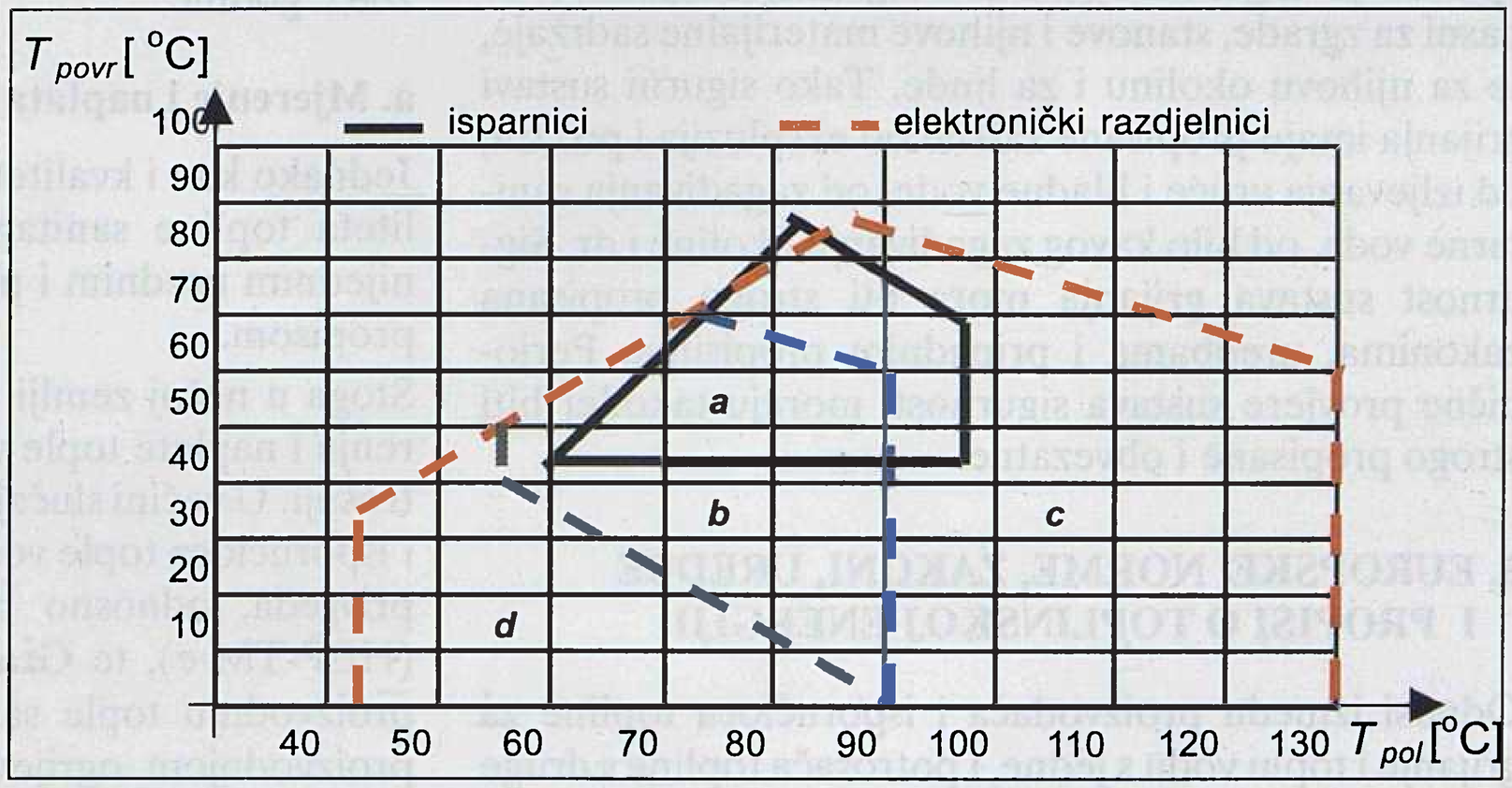
Za mjerenja količina protjecanja ogrijevne i hladne vode, koriste klasične vrste vodomjera i ultrazvučnih mjerila protjecanja. Točnost mjerila, odnosno dozvoljene pogreške njihovog djelovanja određene su klasom točnosti i načinom uporabe. Za ova mjerila su potrebita uobičajena tipska i uporabna odobrenja, te propisane, službene, periodične kontrole točnosti djelovanja. Za mjerila tlaka, i temperatura, trebaju također uobičajena, zakonima i normama, propisana tipska odobrenja za uporabu, periodične provjere točnosti i redovita održavanja.

Isparnički i elektronički razdjelnici topline pripadaju vrstama indikatora, odnosno onim vrstama "mjernih uređaja", za koje nisu potrebita tipska odobrenja za ugradnju i uporabu. Naime pogreške mjerenja, odnosno točnost djelovanja razdjelnika, zbog načina "mjerenja" i načina njihove uporabe, su u cjelini gledano, relativno nepogodne za njihovu pojedinačnu kontrolu i umjeravanje. Za njih stoga ne trebaju posebna, propisana "tipska", odobrenja, nego samo tzv. suglasnosti, odnosno potvrde ili "uvjerenja", da je njihova kvaliteta odgovarajuća za njih propisanim normama (primjerice, normi DIN EN 834 i DIN EN 385).

Stoga se razdjelnici topline koriste samo **za skupna, i statistički točna**, očitavanja i obradu rezultata mjerenja. Mjerenja topline s razdjelnicima pripadaju vrsti, "bezdimenzionalnih", mjerenja koja se rabe u svrhu individualizirane raspodjele potrošnje topline po ogrijevnim tijelima, i pravedne naplate troškova grijanja. Stoga, razdjelnici topline pripadaju jednoj vrsti mjernih indikatora. Oni se grade s pokaznim skalama bez oznaka fizičkih mjernih jedinica (Wh, kWh..), pa se njihove mjerne skale označavaju s neutralnim, odnosno nedimenzionalnim ili relativnim, "jedinicama mjerenja" i iskazivanja potrošene količine topline. U praktičnoj su uporabi "energetske" jedinice (EJ), na skalama razdjelnika naznačene najčešće samo "crticama" i brojčanim iznosima jedinica (primjerice: 1,0, 1,1, 1,2..2,0..5,0.. 6,0…).

Zbog specifičnosti osnovnih tehničkih svojstava, i isparničkih i elektroničkih razdjelnika topline, nemoguće ih je izrađivati jednakima za sve mjerna područja i načine njihove praktične primjene. Stoga se, ovisno o mjernim područjima ulazno-izlaznih temperatura vode na ogrijevnim tijelima, razdjelnici topline proizvode i dijele u više vrsta, prema njihovim *T-T*, odnosno T_{pol}-T_{povr} dijagramima (slika 5). Za isparničke razdjelnike, prema *T-T* dijagramu sa slike 5a, njihovi proizvođači, uz jednake osnovne dijelove razdjelnika, rabe i više podvrsta "mjernih" skala, prilagođenih snagi i vrsti ogrijevnih tijela.

Elektronički se razdjelnici, uz optimalnu prilagodbu osnovnim toplinskim značajkama ogrijevne mreže, dijele na tri osnovne vrste. Prva vrsta su tzv. "jednostavni" elektronički razdjelnici s jednim osjetilom temperature, s kojima se pokrivaju raspodjele potrošene topline iz područja središnjih vrijednosti T-T dijagrama (područje 5b), u kojima je moguća i prihvatljiva točnost razdiobe potrošene topline, te njezin individualizirani obračun i naplata. Ovakvi se razdjelnici rabe sve rjeđe, a umjesto njih se primjenjuju elektronički razdjelnici s dva osjetila (područje 5d), koji su prijeko potrebiti za niže radne temperature ogrijevne vode i manje razlike temperatura u polaznim i povratnim cijevima ogrijevnih tijela (T_{pol} -T_{povr}≤5°C). Za više



Slika 5. T-T dijagrami razdjelnika topline

radne temperature ogrijevne vode i tijela (područje 5c), zbog zaštite razdjelnika od štetnih utjecaja viših temperatura, rabe se elektronički razdjelnici s odvojenim osjetilima. Osjetila se na ogrijevna tijela ugrađuju neposredno, a njihovi elektronički dijelovi na hladnije, najbliže zidove ili posebne nosače.

Kao i isparnički, i elektronički razdjelnici se grade za iskazivanje, očitavanje i individualizirani obračun troškova grijanja u spomenutim bezdimenzijskim, odnosno energetskim, jedinicama.

4. POUZDANOST, RASPOLOŽIVOST I SIGURNOST SUSTAVA GRIJANJA

Za sve tehničke sustave, pa i za sustave grijanja u zgradama i stanovima prijeko su potrebite zadane vrijednosti pouzdanosti, raspoloživosti i pogonske sigurnosti.

Pouzdanost sustava grijanja određena je njegovim tehničkim svojstvima da se s njime, uvijek pravovremeno i točno, osiguraju potrebita snaga i energija grijanja na svakom potrošaču. Pouzdanost sustava je određena njegovom tehničkom kvalitetom. Tehnički kvalitetno izvedeni sustavi grijanja su točni i pouzdani sustavi, koji u propisanim vremenskim razdobljima djeluju bez otkaza, i pogonskih zastoja.

Raspoloživost sustava grijanja je njihovo svojstvo, da u propisanim vremenskim razdobljiam djeluju bez otkaza. Raspoloživi sustavi grijanja, moraju, tijekom cijelih propisanih vremenskih razdoblja djelovati bezotkazno. To znači da oni moraju biti u pogonu ili pogonski pripravni, tijekom cijele sezone grijanja prostorija, a tijekom cijele godine moraju biti u pogonu za pripravu tople, sanitarne vode. Njihova raspoloživost tako mora biti potpuna, tijekom cijele godine, a njihovi zastoji moraju biti kratki i planirani. Broj njihovih neplaniranih zastoja mora biti minimalan.

Sigurnost sustava grijanja je određena kvalitetom njihove izvedbe, odnosno kvalitetom njihovih zaštita i zaštita njihovog pouzdanog, raspoloživog i sigurnog djelovanja. Sigurni su oni sustavi grijanja, koji su bezopasni za zgrade, stanove i njihove materijalne sadržaje, te za njihovu okolinu i za ljude. Tako sigurni sustavi grijanja imaju propisane zaštite od eksplozija i požara, od izljevanja vruće i hladne vode, od zagađivanja sanitarne vode, od bilo kavog zagađivanja okoline i dr. Sigurnost sustava grijanja mora bti strogo propisana zakonima, uredbama i pripadnim propisima. Periodične provjere sustava sigurnosti moraju također biti strogo propisane i obvezatne.

5. EUROPSKE NORME, ZAKONI, UREDBE I PROPISI O TOPLINSKOJ ENERGIJI

Odnosi između proizvođača i isporučioca topline za grijanje i toplu vodu s jedne, i potrošača topline s druge gospodarski interesne strane, su u gotovo cijeloj Europskoj uniji pravno i materijalno potpuno uređeni. Njihovi zakoni, te pripadne uredbe, norme i propisi imaju obvezatnu snagu, i njih se moraju pridržavati svi sudionici u poslovima proizvodnje, prijenosa, potrošnje i naplate troškova grijanja, pa i projektanti, graditelji, korisnici i održavatelji svih vrsta sustava grijanja, i proizvodnje potrošne tople vode.

Vrlo uredna, zapravo i nama primjerena i potpuno dostupna, zakonska regulativa o proizvodnji, prijenosu, raspodjeli, potrošnji i naplati troškova topline grijanja i tople vode, pojednostavnjeno je pokazana slikom 6. U Njemačkoj je ona donesena prije više od dvadeset godina.

Ovakva cjelokupna i uzorna zakonska regulativa s područja toplinske energije i energije grijanja, je i nama potuno dostupna i raspoloživa. Prema njoj možemo pripremiti sve potrebite, nama prilagođene i stupnju našega razvoja odgovarajuće zakone, uredbe i propise. i mi možemo, brzo definirati i izraditi potrebite, štetno nedostajuće, zakone, uredbe i propise. i prema drugim, primjerice njemačkim uzorima zakona za proizvodnju, prijenos, i potrošnju svih vrsta energije i energenata, kojima pripadaju i voda za grijanje i topla sanitarna voda.

6. ZAKONSKA REGULATIVA O KVALITETI TOPLINSKE ENERGIJE U HRVATSKOJ

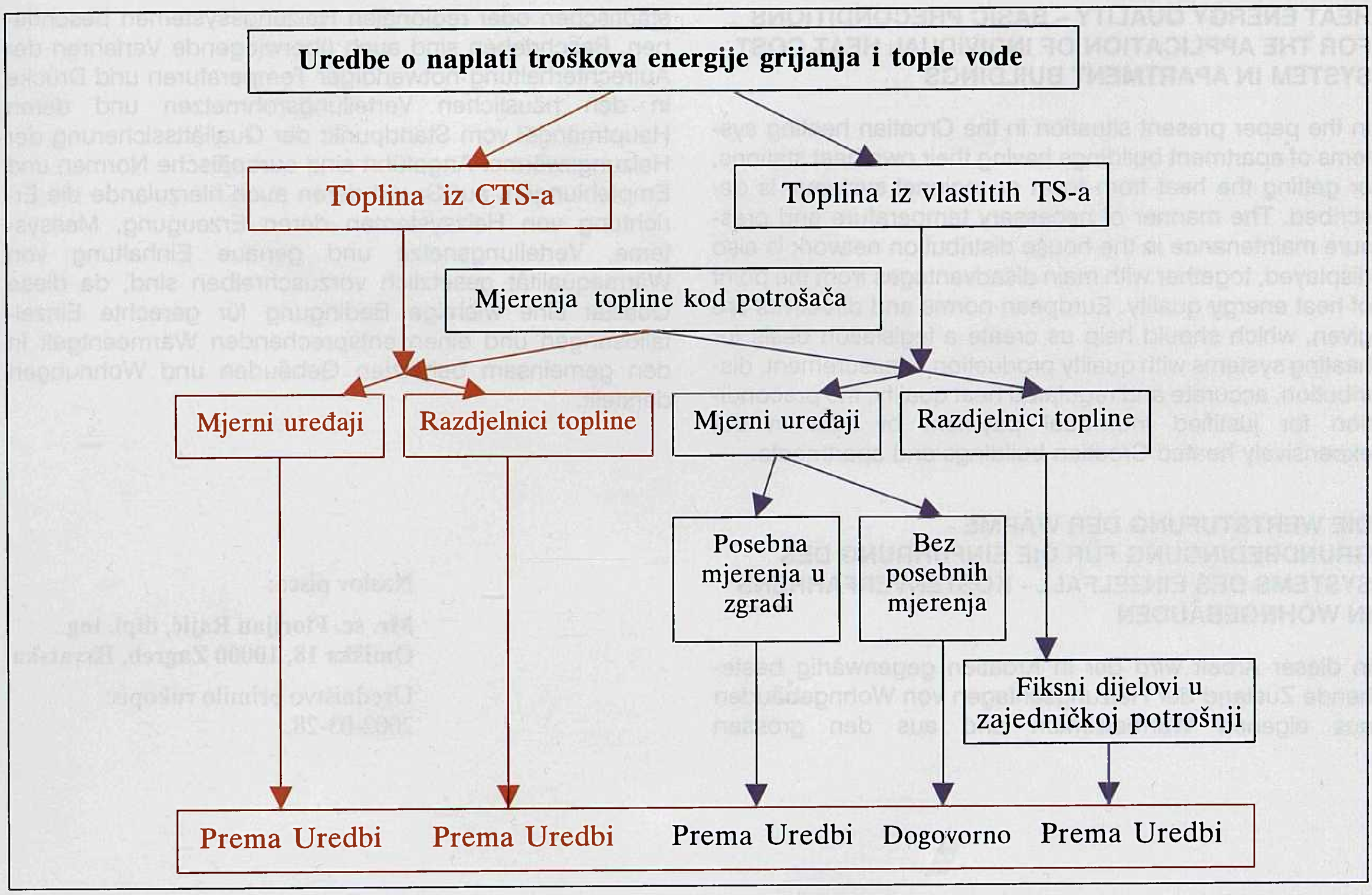
Republika Hrvatska praktično nema zakona ni odgovarajućih sveobvezujućih uredbi o proizvodnji, prijenosu, raspodjeli i potrošnji, pa ni o kvaliteti energije grijanja. U cjelini, u nas postoji samo parcijalna primjena dijelova DIN i EU normi, koje samo za nove zgrade primjenjuju projektanti i graditelji. Od 1.1.2002. godine, Zakon o komunalnim djelatnostima, samo jednim, doduše i nepreciznim, člankom obvezuje sve projektante i graditelje novih zgrada i stanova na ugradnju opreme mjerenja topline i vode prema stvarnoj potrošnji.

Osnovni zakoni o proizvodnji, prijenosu, i naplati toplinske energije grijanja prema stvarnoj potrošnji su tek u pripremi, i njihovo se donošenje očekuje do konca 2002. godine.

a. Mjerenje i naplata troškova tople vode

Jednako kao i kvaliteta topline ogrijevne vode, ni kvaliteta topline sanitarne vode u nas nije regulirana nijednim urednim i pravednim zakonom, uredbom ili propisom.

Stoga u našoj zemlji praktično i nema posebnih mjerenja i naplate tople vode prema njezinoj stvarnoj potrošnji. U većini slučajeva, pa tako i najveći proizvođači i isporučioca tople vode, primjerice Hrvatska elektroprivreda, odnosno njezin CTS i Toplinske mreže (HEP-TM-e), te Gradska plinara u Zagrebu (GPZ), proizvodnju tople sanitarne vode najčešće spajaju s proizvodnjom ogrijevne vode. Stvarnu količinu, odnosno kvalitetu topline u toploj vodi, u nas gotovo nitko ne mjeri. Njezina se potrošnja, od vlasnika i



Slika 6. Zakonska naplata troškova grijanja i tople vode u Njemačkoj

stanara naplaćuje nepravedno, uglavnom prema kvadraturi stanova, i drugih toplinom opskrbljivanih prostora. Mjerenje količine topline u toploj vodi, barem u toplinskim stanicama treba odvojiti, i toplinu naplaćivati prema stvarno potrošenoj količini.

Tako bi i u nas, bitan napredak u pravednosti obračuna i naplate troškova tople vode, bio i prijelaz na obračun i naplatu prema broju članova kućanstava. Nažalost, monopolni proizvođači topline, primjerice HEP-TM-e i GPZ-a, zbog "pragmatičnih razloga" i bijega od malo složenijh poslova i rada na obračunu troškova, gotovo nikada i nigdje ne čine.

7. ZAKLJUČAK

"Paket" osnovnih zakona o energiji ili energetici u nas je donesem tijekom prošle godine. U pripremi su i ostali podzakonski akti ovoga dijela, u nas veoma važnog, i vrlo zapostavljenog, gospodarskog područja, odnosno pripadnih zakona, uredbi, propisa i normi.

Uredbe, norme, propisi i preporuke moraju sadržavati sve vrste potrošnje energenata i energije, te njihovu proizvodnju, prijenos, i individualiziranu raspodjelu i naplatu troškova uporabe. U njima istaknuto mjesto moraju zauzimati uredbe i propisi za područja toplinske energije. U pripadnim zakonima i uredbama mora se propisati i kvaliteta, i načini kontrole, toplinske energije grijanja zgrada i stanova. Moraju se, razborito, odrediti promišljeni, i praktično ostvarljivi, rokovi uvođenja i pune primjene ovih zakona, kako za postojeće, tako i za buduće građene, centralizirano i zasebno grijane zgrade i stanove.

LITERATURA

[1] L. BRENNER: "Optimierung von Heitzungsanlagen", Aarau, AT-Verlag, 1989.

[2] Boesch und Fuchs: "Warmwasserversorgung heute", Sttgart, AT-Verlag, 1992.

[3] D. GOETTLING, F. KUPPLER: "Heitzkostenverteilung", Verlag Mueller, 1991.

[4] F. HELL: "Razionelle Heitztechnik", VDI-Verlag, Düsseldorf 1989.

[5] F. RAJIĆ: "Sustavi racionaliziranja potrošnje energije individualiziranjem troškova grijanja i uporabe vode", Energija No 6, Zagreb, 1998.

[6] H. ROOS: "Hidraulik der Wasserheitzung", R. Oldenburg Velag, Muenchen 1994.

[7] F. H. R. JUFFER STOHLER: "Wirtschaflicher Heitzen", AT-Verlag, Aarau 1992.

Energija, god. 51 (2002) 3, 243-250

HEAT ENERGY QUALITY – BASIC PRECONDITIONS FOR THE APPLICATION OF INDIVIDUAL HEAT COST SYSTEM IN APARTMENT BUILDINGS

In the paper present situation in the Croatian heating systems of apartment buildings having their own heat stations, or getting the heat from town or regional systems, is described. The manner of necessary temperature and pressure maintenance in the house distribution network is also displayed, together with main disadvantages from the point of heat energy quality. European norms and directives are given, which should help us create a legislation basis for heating systems with quality production, measurement, distribution, accurate and regulated heat quality, the precondition for justified individual payment of heat in the expensively heated Croatian buildings and apartments.

DIE WERTSTUFUNG DER WÄRME - GRUNDBEDINGUNG FÜR DIE EINFÜHRUNG DES SYSTEMS DES EINZELFALL - KOSTENVERFAHRENS IN WOHNGEBÄUDEN

In dieser Arbeit wird der in Kroatien gegenwärtig bestehende Zustand der Heizungsanlagen von Wohngebäuden aus eigenen Wärmewerken und aus den grossen städtischen oder regionalen Heizungssystemen beschrieben. Beschrieben sind auch überwiegende Verfahren der Aufrechterhaltung notwendiger Temperaturen und Drücke in den häuslichen Verteilungsrohrnetzen und deren Hauptmängel vom Standpunkt der Qualiättssicherung der Heizungswärme. Angeführt sind europäische Normen und Empfehlungen, auf Grund deren auch hierzulande die Errichtung von Heizsystemen deren Erzeugung, Messysteme, Verteilungsnetze und genaue Einhaltung von Wärmequalität gesetzlich vorzuschreiben sind, da diese Qualität eine wichtige Bedingung für gerechte Einzelfallösungen und einen entsprechenden Wärmeentgelt in den gemeinsam beheizten Gebäuden und Wohnungen darstellt.

Naslov pisca:

Mr. sc. Florijan Rajić, dipl. ing.
Omiška 18, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-03-28.

UREDBA O JAVNOJ NABAVI

U veljači ove godine Vlada je donijela **Uredbu o objavama i evidenciji javne nabave.** Uredba je objavljena u Narodnim novinama broj 14 od 13. veljače 2002. godine. Dio je općih odredaba o nabavi roba i usluga te ustupanju radova. Uredbom se određuje sadržaj objava u postupku nabave na koje se primjenjuje Zakon o javnom nadmetanju[1].

Uredba se sastoji od 6 članaka i dva dodatka: Dodatak I. i Dodatak II.

U članku 1. t.2. utvrđuje se da je naručitelj obvezan objaviti postupak nabave u Narodnim novinama sukladno Zahtjevu za objavljivanje objave, odnosno za to utvrđenom obrascu koji je sastavni dio Uredbe.

U članku 2 navedena je lista svih vrsta objava koje se nalaze u prilogu 1 ove Uredbe. Dakle, prema vrsti nabave popunjava se adekvatna objava, odnosno obrazac (članak 3).

U članku 4 u 6 točaka navode se obveze izdavača, odnosno Narodnih novina u svezi s objavljivanjem javnih nabava. Ovaj članak se u cijelosti prenosi:

" Članak 4

(1) Izdavač je obvezan uz svako izdanje Narodnih novina, ali najmanje jednom tjedno, objaviti poseban prilog: Oglasnik javne nabave u Republici Hrvatskoj.
Oglasnik javne nabave sadrži sve objave u Republici Hrvatskoj koje nisu prethodno objavljene.

(2) Izdavač će omogućiti:

1. Pretplatu posebno na Oglasnik javne nabave u Republici Hrvatskoj, neovisno o pretplati na "Narodne novine".
2. Na Internetu besplatan pristup sažetku svih objava u Oglasniku javne nabave u Republici Hrvatskoj istodobno s njegovim izlaženjem,
3. Dostavu zahtjeva za objavljivanje objave telefaksom i e-poštom, a naručiteljima provjeru primitka zahtjeva,
4. Upravi za javnu nabavu besplatan pristup cjelokupnoj bazi podataka i korištenja programa te prijenos podataka na njezin internet poslužitelj,
5. Objavljivanje uputa za korištenje datoteke, obrazaca iz ove Uredbe, telefona, telefaksa i e-pošte za dostavu zahtjeva za objavljivanje objave i provjeru njegova primitka."

Prema članku 5 naručitelj mora voditi evidenciju postupaka nabave i sklopljenih ugovora na obrascu E-V V iz Dodatka II. ove Uredbe.

Kako je u Zakonu navedeno da se javno nadmetanje mora objaviti u Narodnim novinama, uputstvo o proceduri objavljivanja dano je na WEB stranici Narodnih novina na adresi: **www.nn.hr** i odabirom "Obrasci za objavu javne nabave". Tu su dana uputstva za snimanje obrazaca na vlastito računalo, postupak popunjavanja obrazaca te postupak predaje obrazaca radi objave u "**Oglasniku javne nabave**".

Ova stranica je dostupna svim korisnicima interneta bez obzira jesu li pretplaćeni na Narodne novine on-line ili ne.

Narodne novine će objavljivati oglase za javno nadmetanje najmanje jedanput tjedno (petak) kao prilog . Ukoliko broj oglasa bude velik, tiskat će se poseban bilten "Oglasnik javne nabave". Tako će se korisnici moći pretplatiti samo na "Oglasnik" koji će korisnicima interneta – pretplatnicima biti dostupan na internetu isti dan.

Što se tiče cijena ove usluge, ona se kreće ovisno o vrsti objave od 600 do 1400 kuna, uz napomenu da će se za tekstove s više od 650 riječi plaćati 75 kuna po cm stupca.

Između ostalog dostava oglasa za javno nadmetanje može se dostaviti i putem e-maila. Postupak je sljedeći:

Popunjen MS Word obrazac dostavlja se na adresu: oglasnik-jn@nn.hr, dok se ovjereni ispis oglasa s uplatnicom dostavlja faksom na broj (01) 455-52-15.

UREDBA O POSTUPKU NABAVE ROBA, RADOVA I USLUGA MALE VRIJEDNOSTI

Uredba je objavljena u Narodnim novinama broj 14 od 13. veljače ove godine. Ovom Uredbom se uređuju postupci nabave koji prethode sklapanju ugovora o nabavi roba i usluga te ustupanju radova vrijednosti do 200.000 kuna, bez poreza na dodanu vrijednost (PDV) u proračunskoj ili poslovnoj godini.

Uredba se sastoji od jedanaest članaka u kojima se definira način nabave, javno i ograničeno prikupljanje ponuda, izravno ugovaranje, provedba postupka nabave, sadržaj dokumentacije za nabavu, kriteriji odabira najpovoljnije ponude, dostavljanje ponude, rokovi te godišnje evidencije i izvješća. U prilogu Uredbe je obrazac E-MV za evidenciju postupka nabave i sklopljenih ugovora.

Prema članku 5 naručitelj može nabaviti izravnim ugovaranjem s jednim ponuditeljem istovrsnu robu, usluge i radove u vrijednosti do 20.000 kuna u jednoj proračunskoj godini bez prethodne provedbe postupka javnog ili ograničenog postupka prikupljanja ponuda ili ako je u prethodnom postupku javnog ili ograničenog nadmetanja dobio samo jednu prihvatljivu ponudu.

U članku 6 utvrđen je postupak nabave. Za vrijednost nabave veću od 20.000 kuna postupak nabave provodi stručno povjerenstvo naručitelja. Postupak nabave se može provesti bez javnog otvaranja ponuda, ako je tako navedeno u dokumentaciji za nabavu. Kriterij odabira, prema članku 8, je najniža cijena za istovrsnu robu, radove i usluge. Za usluge iz područja prostornog uređenja i u području arhitektonskog projektiranja uz cijenu primjenjuju se i dodatni kriteriji.

ZAKON O PRIVATIZACIJI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

U ožujku je donesen Zakon o privatizaciji Hrvatske elektroprivrede d.d. koji je objavljen u Narodnim novinama broj 32 od 28. ožujka 2002. godine. Zakonom se utvrđuje privatizacija HEP-a. U dvanaest članaka utvrđen je postupak privatizacije, kako raspolagati s prihodima od dionica, prijenos i prodaja dionica, kako zaštititi interes i sigurnost RH te kakvi su učinci Zakona.

S obzirom na važnost ovog zakona za zaposlenike HEP-a i kratkoću njegova teksta prenosi se zakon u cijelosti.

[1] Vidjeti: Energija, 51/2002/1, str. 67.

"ZAKON O PRIVATIZACIJI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE d.d.

Članak 1.

Ovim se Zakonom uređuje privatizacija Hrvatske elektroprivrede d.d. (u daljnjem tekstu: HEP d.d.).

Članak 2.

(1) Trgovačka društva osnovana sukladno odredbi članka 29. Zakona o tržištu električne energije (»Narodne novine«, br. 68/01.) i sve ostale dionice i udjeli u vlasništvu HEP-a d.d. u pojedinim trgovačkim društvima neće se posebno privatizirati na temelju ovoga Zakona. Tim dionicama i udjelima sukladno važećim propisima i ograničenjima iz ovoga Zakona raspolaže HEP d.d.

(2) Dok Republika Hrvatska ne postane članicom Europske Unije, HEP d.d. je dužan zadržati isključivo vlasništvo u ovisnim društvima koja obavljaju djelatnosti prijenosa i distribucije električne energije, odnosno u svojem vlasništvu imaju prijenosnu i distributivnu mrežu.

Postupak privatizacije

Članak 3.

(1) Privatizacija HEP-a d.d. provest će se:

1. prijenosom bez naknade 7% dionica hrvatskim braniteljima i članovima njihovih obitelji,

2. prodajom do 7% dionica zaposlenicima i ranije zaposlenima u HEP-u d.d. (u daljnjem tekstu: zaposlenici), po posebnim pogodnostima koje će propisati Vlada Republike Hrvatske,

3. prodajom najmanje 15% dionica u postupku javne ponude sukladno propisima koji uređuju izdavanje i promet vrijednosnih papira, i to:

- hrvatskim državljanima, uz pravo prvenstva, pogodnostima i pod uvjetima koje će utvrditi Vlada Republike Hrvatske prigodom uvrštenja dionica HEP-a d.d. na službenu kotaciju,
- domaćim pravnim osobama i stranim ulagateljima, bez prava prvenstva i posebnih pogodnosti prodajom putem javne ponude,

4. prodajom preostalog dijela dionica sukladno tržišnim prilikama na tržištu kapitala na temelju odluke Vlade Republike Hrvatske,

5. iz preostalog dijela dionica preuzet će se potreban broj dionica za naknadu bivšim vlasnicima.

(2) Republika Hrvatska zadržava vlasništvo nad 51% dionica HEP-a d.d. koje će se privatizirati na temelju posebnog zakona nakon prijama Republike Hrvatske u članstvo Europske Unije.

(3) Postotci dionica navedeni u stavku 1. i 2. ovoga članka utvrđuju se, u odnosu na temeljni kapital HEP-a d.d. prije pokretanja privatizacije, na način propisan u točki 1. do 3. stavka 1. ovoga članka.

(4) Redoslijed i dinamiku privatizacije iz stavka 1. točke 1. do 4. ovoga članka utvrđuje Vlada Republike Hrvatske, s tim da će se prodaja dionica iz stavka 1. točke 2. ovoga članka obaviti nakon prve prodaje dionica u postupku javne ponude.

Prihodi od dionica HEP-a d.d.

Članak 4.

(1) Dividenda ostvarena na temelju dionica u vlasništvu Republike Hrvatske prihod je državnog proračuna.

(2) Nije prihod državnog proračuna dividenda ostvarena od dionica koje će biti u smislu odredbe članka 3. stavka 1. točke 1. ovoga Zakona prenesene bez naknade.

Prijenos dionica na hrvatske branitelje i članove njihovih obitelji

Članak 5.

Hrvatski sabor će posebnim zakonom osnovati fond u koji će se prenijeti dionice iz članka 3. stavka 1. točke 1. ovoga Zakona, sa svim pripadajućim pravima, uključujući i dospjelu dividendu.

Prodaja dionica zaposlenicima

Članak 6.

Vlada Republike Hrvatske donijet će odluku o načinu prodaje, cijeni, posebnim pogodnostima, vremenu prodaje i uvjetima prodaje dionica iz članka 3. stavka 1. točka 2. ovoga Zakona zaposlenicima.

Članak 7.

Vlada Republike Hrvatske donosi odluku o načinu prodaje, cijeni, vremenu i uvjetima prodaje dionica HEP-a d.d. javnom ponudom i posebnim pogodnostima prodaje hrvatskim građanima.

Zaštita interesa i sigurnosti Republike Hrvatske

Članak 8.

(1) Za vrijeme dok je Republika Hrvatska vlasnik 50% i više dionica HEP-a d.d., HEP d.d., odnosno njegova tijela mogu samo uz suglasnost Vlade Republike Hrvatske donositi odluke, odnosno sklopiti pravne poslove ili poduzeti pravne radnje koje se odnose na prodaju, odnosno zajedničko ulaganje čija vrijednost prelazi vrijednost 3% imovine HEP-a d.d.

(2) Vlada Republike Hrvatske može s drugim dioničarima sklopiti ugovor o načinu korištenja prava glasa iz dionica HEP-a d.d. kojih je vlasnik Republika Hrvatska i načinu korištenja prava iz stavka 1. ovoga članka. Tim ugovorom se na treće osobe ne mogu prenijeti ovlaštenja Vlade Republike Hrvatske iz stavka 1. ovoga članka i pravo glasa iz dionica HEP-a d.d. kojih je vlasnik Republika Hrvatska.

(3) Nitko izuzev Republike Hrvatske ne može postupno ili odjednom steći dionice HEP-a d.d. čiji ukupni nominalni iznos čini više od 10% temeljnog kapitala, a koje daju pravo glasa u glavnoj skupštini HEP-a d.d., bez obzira na to stječu li ih jedna osoba ili više povezanih osoba.

(4) Za čitavo vrijeme dok je Republika Hrvatska vlasnik jedne ili više dionica HEP-a d.d. s pravom glasa u glavnoj skupštini, HEP d.d., odnosno njegova tijela mogu samo uz suglasnost Vlade Republike Hrvatske donositi odluke, odnosno sklapati ili poduzimati pravne radnje u odnosu na:

- prestanak društva
- odricanje od dozvole ili ovlaštenja za obavljanje djelatnosti, ili koncesije od interesa za Republiku Hrvatsku,
- promjenu tvrtke,
- premještanje sjedišta HEP-a d.d. u inozemstvo.

(5) U slučaju pokretanja postupka likvidacije nad HEP-om d.d. ili njezinim pravnim sljednikom, a za čitavo vrijeme dok je Republika Hrvatska vlasnik makar i jedne dionice HEP-a d.d. s pravom glasa, Republika Hrvatska ima pravo prvokupa cjelokupne, odnosno dijela imovine HEP-a d.d. po procijenjenoj tržišnoj vrijednosti.

Članak 9.

(1) Vlada Republike Hrvatske će periodično, a najmanje tromjesečno izvješćivati Hrvatski sabor o tijeku privatizacije HEP-a d.d.

(2) Izvješće iz prethodnog stavka je državna tajna.

(3) Za nadzor ostvarivanja prava radnika u procesu restrukturiranja i privatizacije osnovat će se zajedničko povjerenstvo Vlade Republike Hrvatske, uprave i sindikata.

(4) Povjerenstvo iz prethodnog stavka izradit će tekst socijalne klauzule kojim će se urediti pravni položaj radnika i ugraditi ju u poslovne planove društva za predstojeće tri poslovne godine od dana donošenja ovoga Zakona.

Učinci Zakona

Članak 10.

U ime Republike Hrvatske, sva prava iz dionica HEP-a d.d. u vlasništvu Republike Hrvatske ostvaruje Vlada Republike Hrvatske, osim u slučajevima kad je to ovim Zakonom povjereno Hrvatskom saboru.

Članak 11.

HEP d.d. može jednokratno, prije pokretanja ili za vrijeme provedbe bilo koje faze privatizacije po članku 3. stavku 1. ovoga Zakona izraditi početnu bilancu sa stanjem na dan pokretanja postupka privatizacije ili pojedine faze, sukladno odredbama članka 10. stavka 2. i članka 12. Zakona o računovodstvu (»Narodne novine«, br. 90/92.) koje vrijede za novoosnovana trgovačka društva.

Stupanje na snagu

Članak 12.

Ovaj Zakon stupa na snagu osmoga dana od dana objave u »Narodnim novinama«."

MJERNI TRANSFORMATORI BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U Narodnim novinama broj 17 od 22. veljače 2002. godine objavljen je "**Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za mjerne transformatore brojila električne energije**". Ovim Pravilnikom propisuju se mjeriteljski zahtjevi kojima moraju udovoljavati mjerni transformatori brojila električne energije razreda točnosti 0,1; 0,2 i 0,5 koji se upotrebljavaju za obračun električne energije u krugovima izmjenične struje, frekvencije 50 Hz.

Primjenom ovog Pravilnika prestaje vrijediti "Pravilnik o metrološkim uvjetima za mjerne transformatore brojila električne energije" iz Službenog lista SFRJ broj 66/84 i Narodnih novina broj 53/91.

U člancima 1 do 3 utvrđene su opće odredbe, a u člancima 4 do 24 zahtjevi kojima moraju udovoljiti mjerni transformatori.

Prema ovom Pravilniku mjerni transformatori jesu:

- strujni mjerni transformatori
- strujni mjerni transformatori s proširenim opsegom
- skupina strujnih mjernih transformatora izrađena kao cjelina od dvaju ili triju mjernih transformatora
- jednopolno izolirani naponski mjerni transformator
- dvopolno izolirani naponski mjerni transformator, pojedinačni ili dva transformatora u V-spoju u zajedničkom kućištu, s tri izolatora
- kapacitivni naponski mjerni transformator
- kombinirani mjerni transformator izrađen kao cjelina od jednog strujnog mjernog transformatora i jednog naponskog mjernog transformatora, jednopolno izoliranog, u zajedničkom kućištu
- skupina mjernih transformatora izrađena kao cjelina od dvaju ili triju strujnih mjernih transformatora i dva ili tri naponska mjerna transformatora u zajedničkom kućištu (članak 2).

U članku 4 određene su nazivne vrijednosti za sekundarnu i primarnu struju, sekundarni napon te nazivne snage strujnih i naponskih mjernih transformatora. U člancima 7 i 9 određene su jednadžbe pomoću kojih se izračunavaju strujna i fazna pogrješka.

U članku 11 određene su granice pogrješaka strujnih mjernih transformatora koje su prikazane u tablici 1.

Prema članku 12 strujne i fazne pogrješke strujnih mjernih transformatora pri nazivnoj frekvenciji ne smiju premašiti vrijednosti dane u tablici 1 za sve vrijednosti tereta izmedu 25 % i 100 % nazivnog tereta.

Tablica 1 - Granice dopuštenih pogrješaka u ovisnosti o postotku nazivne struje

Oznaka razreda točnosti	Strujna pogrješka P_i %							Fazna pogrješka $\pm\delta_i$ min						
	200	150	120	100	20	5	1	200	150	120	100	20	5	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,1	-	-	0,1	0,1	0,2	0,4	-	-	-	5	5	8	15	-
0,2	-	-	0,2	0,2	0,35	0,75	-	-	-	10	10	15	30	-
0,5	-	-	0,5	0,5	0,75	1,5	-	-	-	30	30	45	90	-
0,1 ext. 150 %	-	0,1	-	0,1	0,2	0,4	-	-	5	-	5	8	15	-
0,1 ext. 200 %	0,1	-	-	0,1	0,2	0,4	-	5	-	-	5	8	15	-
0,2 ext.150%	-	0,2	-	0,2	0,35	0,75	-	-	10	-	10	15	30	-
0,2 ext. 200 %	0,2	-	-	0,2	0,35	0,75	-	10	-	-	10	15	30	-
0,5 ext. 150 %	-	0,5	-	0,5	0,75	1,5	-	-	30	-	30	45	90	-
0,5 ext. 200 %	0,5	-	-	0,5	0,75	1,5	-	30	-	-	30	45	90	-
0,2 S	-	-	0,2	0,2	0,2	0,35	0,75	-	-	10	10	10	15	30
0,5 S	-	-	0,5	0,5	0,5	0,75	1,5	-	-	30	30	30	45	90

U članku 14 (u tablici 2) dane su granice dopuštenih pogrješaka mjernih naponskih transformatora:

Tablica 2 - Granice dopuštenih pogrešaka u ovisnosti o postotku nazivnog napona

Oznaka razreda točnosti	Naponska pogrješka $\pm P_n$ %			Fazna pogrješka $\pm\delta_u$ %		
	120	100	80	120	100	80
0,1	0,1	0,1	0,1	5	5	5
0,2	0,2	0,2	0,2	10	10	10
0,5	0,5	0,5	0,5	20	20	20

Prema članku 15 naponske i fazne pogrješke naponskih mjernih transformatora pri nazivnoj frekvenciji (kod kapacitivnog mjernog transformatora u opsegu od 99 % do 101 % nazivne frekvencije) za sve vrijednosti tereta između 25 % i 100 % nazivnog tereta, uz induktivni faktora snage 0,8 ne smiju premašiti vrijednosti dane u tablici 2.

U člancima 16 do 18 dani su uvjeti za prazni hod, temperaturu okoline te pri različitom opterećenju.

Natpisi i oznake te natpisne pločice utvrđeni su u člancima 19 do 24.

PRETHODNA SUGLASNOST NA STATUT VIJEĆA ZA REGULACIJU ENERGETSKIH DJELATNOSTI

Radi obavljanja poslova iz područja energetskih djelatnosti, posebno onih u svezi s reguliranjem cijena energije koje se obračunavaju na temelju tarifnih sustava doneseni su:

- Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti[1] (NN 68/2001) (Zakon)
- Zakon o dopuni Zakona o regulaciji energetskih djelatnosti (NN 109/2001)
- Odluka o imenovanju predsjednika, zamjenika predsjednika i članova Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti (NN 117/2001)
- Odluka o davanju prethodne suglasnosti na Statut Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti (NN 21/2002).

Prema dopuni Zakona prilikom prvog imenovanja predsjednik Vijeća za regulaciju, zamjenik predsjednika i ostali članovi Vijeća za regulaciju imenuju se na vrijeme od dvije godine, ali mogu nakon toga biti ponovno imenovani na vrijeme od daljnjih 5 godina.

Za predsjednika Vijeća za regulaciju imanovan je dr. sc. Mićo Klepo,a za zamjenika mr. sc. Eraldo Banovac. Za članove Vijeća imenovani su: mr. sc. Ana-Marija Boromisa, Darko Pavlović i Ivona Štritof.

Vlada Republike Hrvatske dala je prethodnu suglasnosti na Statut Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti. Odluka je objavljena u Narodnim novinama broj 21 od 6. ožujka 2002. godine.

IZMJENE I DOPUNE PROGRAMA STATISTIČKIH ISTRAŽIVANJA ZA 2002. GODINU

U Narodnim novinama broj 24 od 13. ožujka donesene su izmjene i dopune Programa statističkih istraživanja za 2000. do 2002. godine. Izmjene i dopune odnose se na projekte koji su potrebni za izgradnju novog statističkog sustava Republike Hrvatske prilagođenog potrebama u skladu s propisima i statističkim standardima Europske Unije. To je u skladu s obvezama koje je Republika Hrvatska preuzela sklapanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju između Republike Hrvatske i Europske Unije te u skladu s propisima i međunarodnim standardima UN-a, MMF-a, ILO-a, FAO-a, Svjetske trgovinske organizacije, UNESCO-a i dr.

Od relevantnih novih projekata i stručno-metodoloških radova treba spomenuti nekoliko:

- **Popis gospodarstva**

Ovaj projekt obuhvaća rad na organizacijskoj i metodološkoj pripremi za provedbu Popisa gospodarstva 2003., prema strukturnom planu projekta te donošenje Zakona o popisu i financiranju popisa, uključujući i provedbu Probnog popisa 2002. godine. Realizacijom projekta uspostavio bi se jedinstveni statistički poslovni registar koji bi obuhvatio pravne i fizičke osobe, oblikovanje posebnih baza podataka za izbor uzoraka za provedbu statističkih istraživanja poslovnih statistika.

- **Klasifikacije i nomenklature**

Projekt obuhvaća proučavanje međunarodnih klasifikacija i nomenklatura te izradu prijedloga za njihovu primjenu u statističkom sustavu Hrvatske. Završetak projekta planiran je u 2007. godini.

- **Uvođenje nomenklature prostornih jedinica za statistiku NUTS**

Aktivnosti se odnose na imenovanje projektnog tima od strane Vlade, čiji je zadatak:

- analiza regionalne podjele u državama članicama Europske Unije
- utvrđivanje kriterija za određivanje prostornih jedinica po svakoj od razina prostornog sustava
- utvrđivanje pokazatelja koji će se izrađivati za prostorne jednice pojedinih razina
- priprema prijedloga potrebnih propisa
- određivanje granica prostornih jedinica.

Svrha ovog projekta uvođenje je Nomenklature prostornih jedinica za statistiku kako bi se mogle izrađivati regionalne statistike po razinama prostornog sustava, a koje su podloga za moguće korištenje sredstava iz strukturnih fondova Europske Unije. Planirani završetak projekta je 2004. godina.

IZMJENE I DOPUNE STATUTA HEP-a

U srpnju 2001. godine održana je Glavna skupština Hrvatske elektroprivrede d.d.koja je na dnevnom redu imala i točku donošenja odluke o izmjenama i dopunama Statuta HEP-a. Između ostalog izmjena se odnosi na predmet poslovanja Društva.

Odluka je objavljena u Biltenu HEP-a broj 97 od 22. veljače 2002. godine, gdje je objavljen i pročišćeni tekst Statuta HEP-a.

Prema odluci članak 6 Statuta dopunjuje se upisom nove djelatnosti "pripremanje hrane i pružanje usluga prehrane, pripremanje i usluživanje pića i napitaka i pružanje usluga smještaja". Shodno tome, predmet poslovanja u III. dijelu članku 6 Statuta glasi:

[1] Vidjeti: Energija, 50/2001/5.

" Predmet poslovanja Društva je:

40.1 Proizvodnja i distribucija električne energije

40.2 Proizvodnja plina, distribucija plinovitih goriva distribucijskom mrežom

40.3 Opskrba parom i toplom vodom

45. Građevinarstvo

60.23 Ostali prijevoz putnika cestom

60.24 Prijevoz robe (tereta) cestom

70. Poslovanje nekretninama

73.1 Istraživanje i eksperimentalni razvoj u prirodnim, tehničkim i tehnološkim znanostima

74.15 Upravljanje holding-društvima

74.2 Arhitektonske i inženjerske djelatnosti i tehničko savjetovanje

74.3 Tehničko ispitivanje i analiza

80.4 Obrazovanje odraslih i ostalo obrazovanje d.n.

- Upravljanje elektroenergetskim sustavom
- Kupnja, prodaja i razmjena električne energije i plina
- Servisiranje vatrogasnih uređaja
- Uvoz i izvoz električne energije
- Zastupanje inozemnih tvrtki
- Nabava opreme i repromaterijala za izgradnju i korištenje elektroenergetskog sustava
- Međunarodni prijevoz stvari u cestovnom prometu
- Usluge kontrole kvalitete vode, tekućih i krutih goriva, maziva, turbo i trafo ulja te drugih materijala
- Pripremanje hrane i pružanje usluga prehrane, pripremanje i usluživanje pića i napitaka, pružanje usluga smještaja."

NAKON 20 GODINA RADA HE GOLUBIĆ

Izgrađena kao derivacijsko postrojenje HE Golubić koristi vodni potencijal desnog pritoka Krke – Butišnice kako je to prikazano na slikama 1 i 2. Hidroelektrana je smještena sedam kilometara sjeverno od Knina u selu Golubić. Da bi se dobio kompemzacijski bazen izgrađena je betonska pregrada duljine oko 44 metra te nasipi dužine 1.300 metara i visine 2 do 5 metara. Zapremnina bazena je 187.500 m^3.

U strojarnici su smještena dva agregata, čiji su osnovni podaci prikazani u tablici 1:

- dvije Francis turbine s horizontalnom osovinom
- dva generatora.

Izvan strojarnice na otvorenom smješten je jedan transformator na koji su priključena dva generatora. Transformator je povezan kabelom s TS 30/10 kV Golubić udaljenom od strojarnice oko 1,3 kilometra.

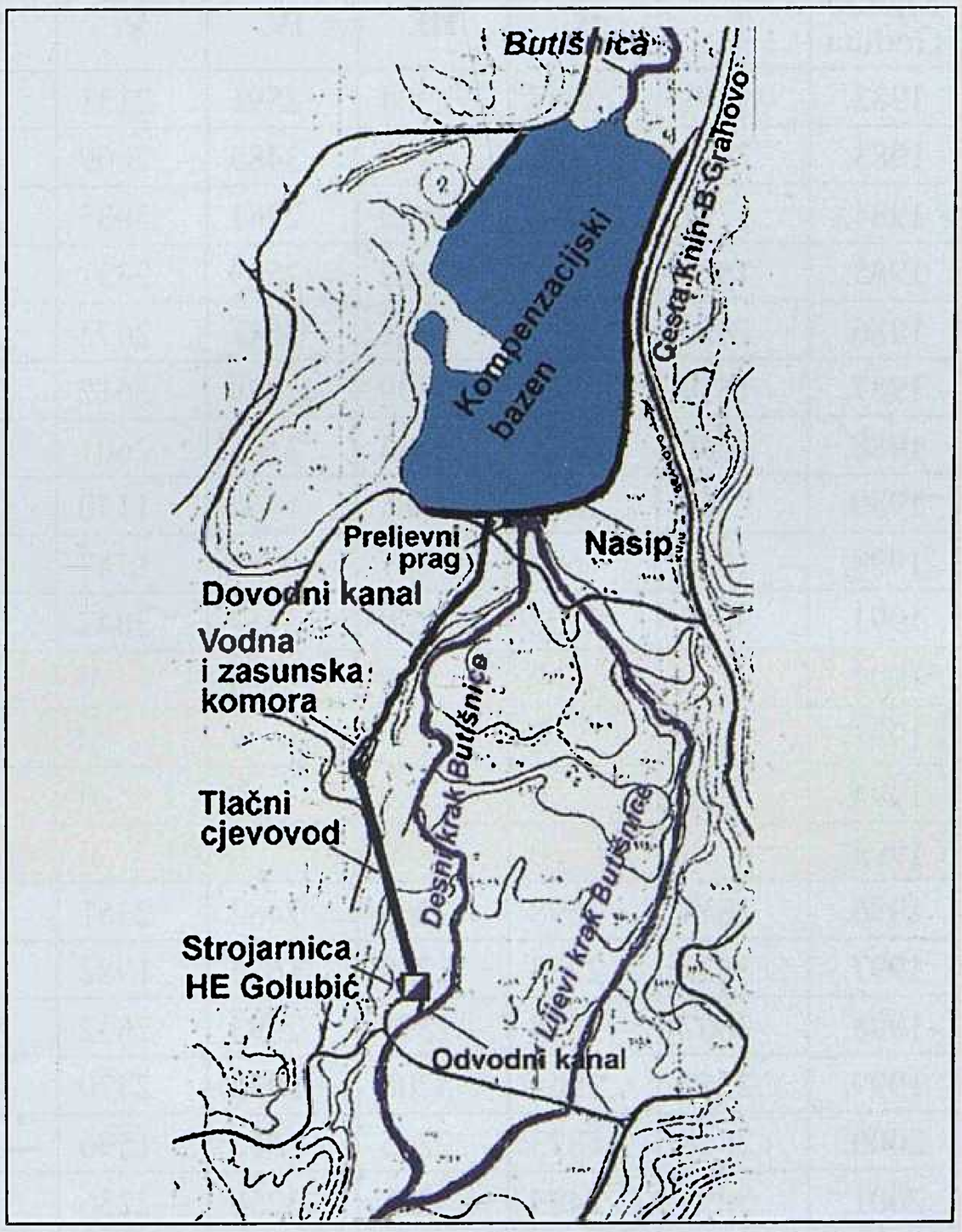
Mjesečna proizvodnja (MWh) HE Glubić prikazana je u tablici 2 te dijagramom na slici 3. Kao što je iz tablice 2 vidljivo u razdoblju od listopada 1991. godine do rujna 1995. godine HE Golubić je bila okupirana. Za to se razdoblje ne raspolaže sa statističkim podacima, pa se one ne uzimaju za izračunavanje prosjeka.

Najveća proizvodnja ostvarena je u ožujku 1986. godine, dok je najniža ostvarena u siječnju 1982. godine u iznosu od 361 MWh.

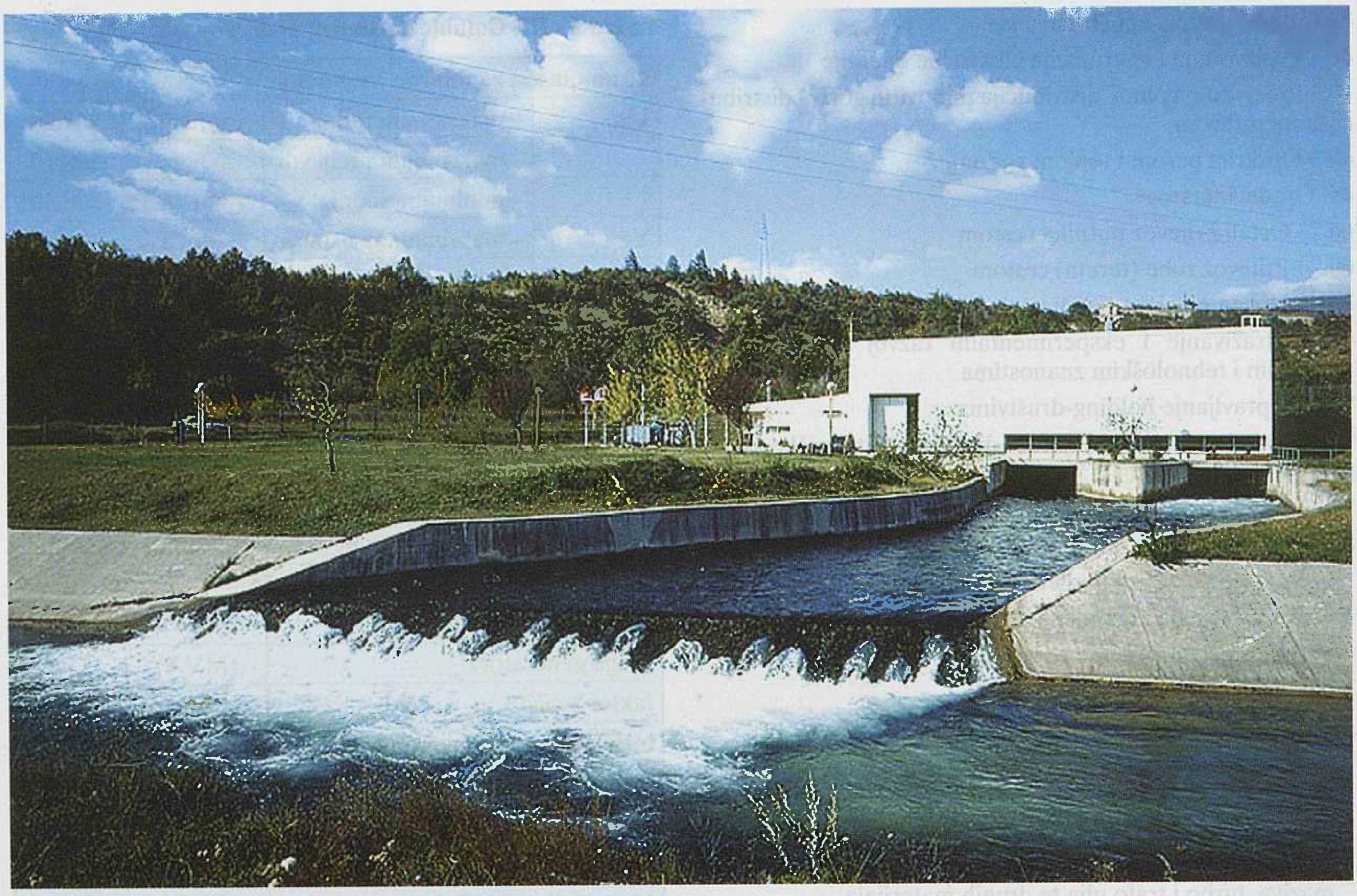
Najveća prosječna mjesečna proizvodnja ostvarena je u mjesecu travnju u iznosu od 2605 MWh, dok je najmanja ostvarena u mjesecu srpnju u iznosu od 910 MWh.

Talica 1 - HE Golubić - Osnovni podaci

Akumulacija za dnevno izravnanje			
Uspor	– maksimalni radni	(m n. m.)	307,50
	– maksimalni preljevni	(m n. m.)	308,50
	– minimalni radni	(m n. m.)	306,50
Volumen	– maksimalnog uspora	(hm^3)	0,329
	– minimalnog uspora	(hm^3)	0,142
	– korisni	(hm^3)	0,187
Energetska vrijednost korisnog volumena akumulacije		(GWh)	0,028
Hidroelektrana			
bruto-pad		(m)	64,2
konstruktivni pad turbine		(m)	59
srednji energetski ekvivalent		(kWh/m^3)	0,15
broj agregata			2
snaga turbine		(MW)	3,75
snaga generatora		(MVA)	3,85
faktor snage		(cosf)	0,85
instalirana snaga elektrane		(MW)	7,5
instalirani protok		(m^3/s)	2x7,0
brzina vrtnje agregata		(min^{-1})	500
Energija			
Maksimalna godišnja		(GWh)	39,8
Minimalna godišnja		(GWh)	18,4
Prosječna godišnja		(GWh)	28,5



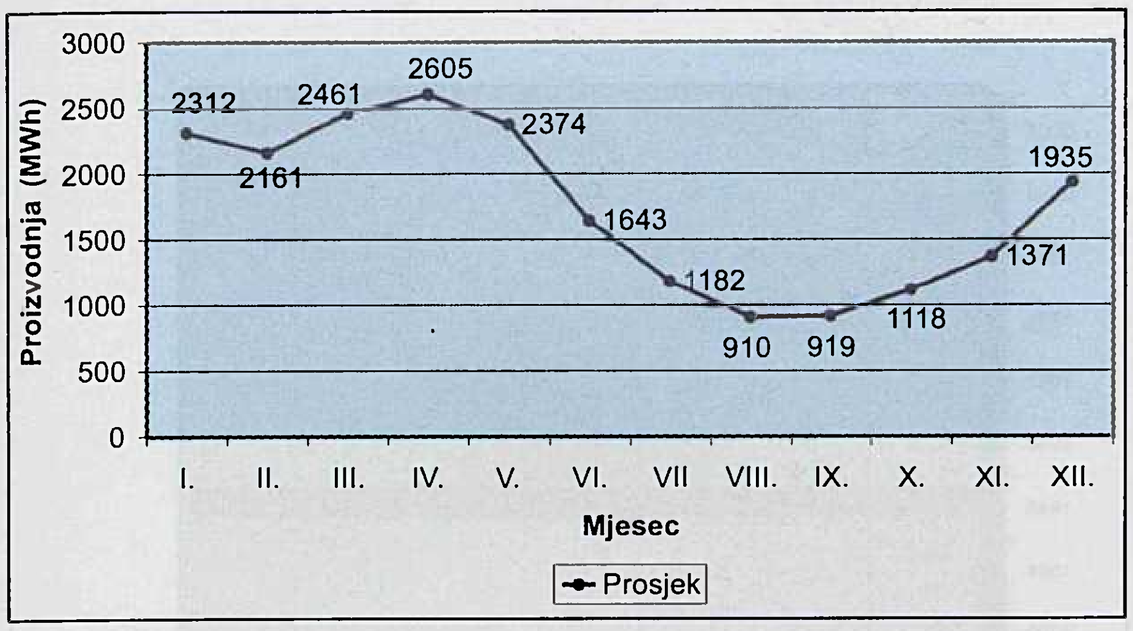
Slika 1 – HE Golubić – Situacijski polžaj



Slika 2 – HE Golubić

Tablica 2 - Mjesečna proizvodnja (MWh) u razdoblju od 1982. do 2002.

Mjesec Godina	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1982.	361	2097	1984	2591	2131	1480	1191	941	772	1260	1329	3006
1983.	2804	3151	2982	3485	2609	1785	1246	669	876	1003	784	1067
1984.	1792	2358	2850	2761	3085	2404	1454	1100	1302	2041	1882	1604
1985.	1504	1763	2882	2569	2351	1468	1016	776	661	742	1130	1492
1986.	2850	2697	4031	3547	2673	2132	1447	1065	1008	1025	1001	850
1987.	1819	2885	2839	2839	2612	1746	1145	998	798	931	974	1247
1988.	2680	2670	3333	3108	2601	2155	1317	1080	867	894	913	1168
1989.	753	1046	1185	1364	1170	1317	1453	1081	1105	1445	1250	1323
1990.	1034	680	807	2217	1747	1052	792	536	563	729	1852	2829
1991.	3017	2102	2229	2117	3842	2204	1550	1072	895	0	0	0
1992.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995.	0	0	0	0	0	0	0	0	818	995	1029	2742
1996.	3844	2698	2266	2482	2351	1701	1244	1190	1929	2348	2807	3938
1997.	3829	2253	1789	1675	1982	1223	946	790	719	787	1416	2342
1998.	2607	1845	1391	2093	2632	1552	1120	855	947	1316	1820	1674
1999.	2252	1965	3206	3032	2370	1701	1150	1021	786	883	1280	2927
2000.	2548	1873	2245	2552	1596	1001	819	632	675	716	1370	1524
2001.	3297	2489	3355	3256	2236	1361	1027	756	900	777	1097	1227
Prosjek	2312	2161	2461	2605	2374	1643	1182	910	919	1118	1371	1935



Slika 3 – HE Golubić – Prosječna mjesečna proizvodnja od 1982. do 2002.

Proizvodnja i korištenje kapaciteta HE Golubić u razdoblju od 1982. do 2002. prikazana je u tablici 3 te dijagramima na slikama 4, 5, 6 i 7.

U tablici 3 prikazana je proizvodnja na generatoru i pragu elektrane te sati rada, dužina trajanja kvara te sati utrošeni na remont i njegu.

Proizvodnja na generatoru i pragu prikazana je dijagramom na slici 4.

Prosječna godišnja proizvodnja električne energije u HE Golubić iznosi 19294 MWh. Najveća godišnja proizvodnja ostvarena je u 1996. godini i iznosi 28798 MWh, dok je minimalna ostvarena u 1989. godini u iznosu od 13645 MWh. Za razdoblje od 1991. do 1995. godine podaci su nepotpuni, jer je u to vrijeme elektrana bila okupirana.

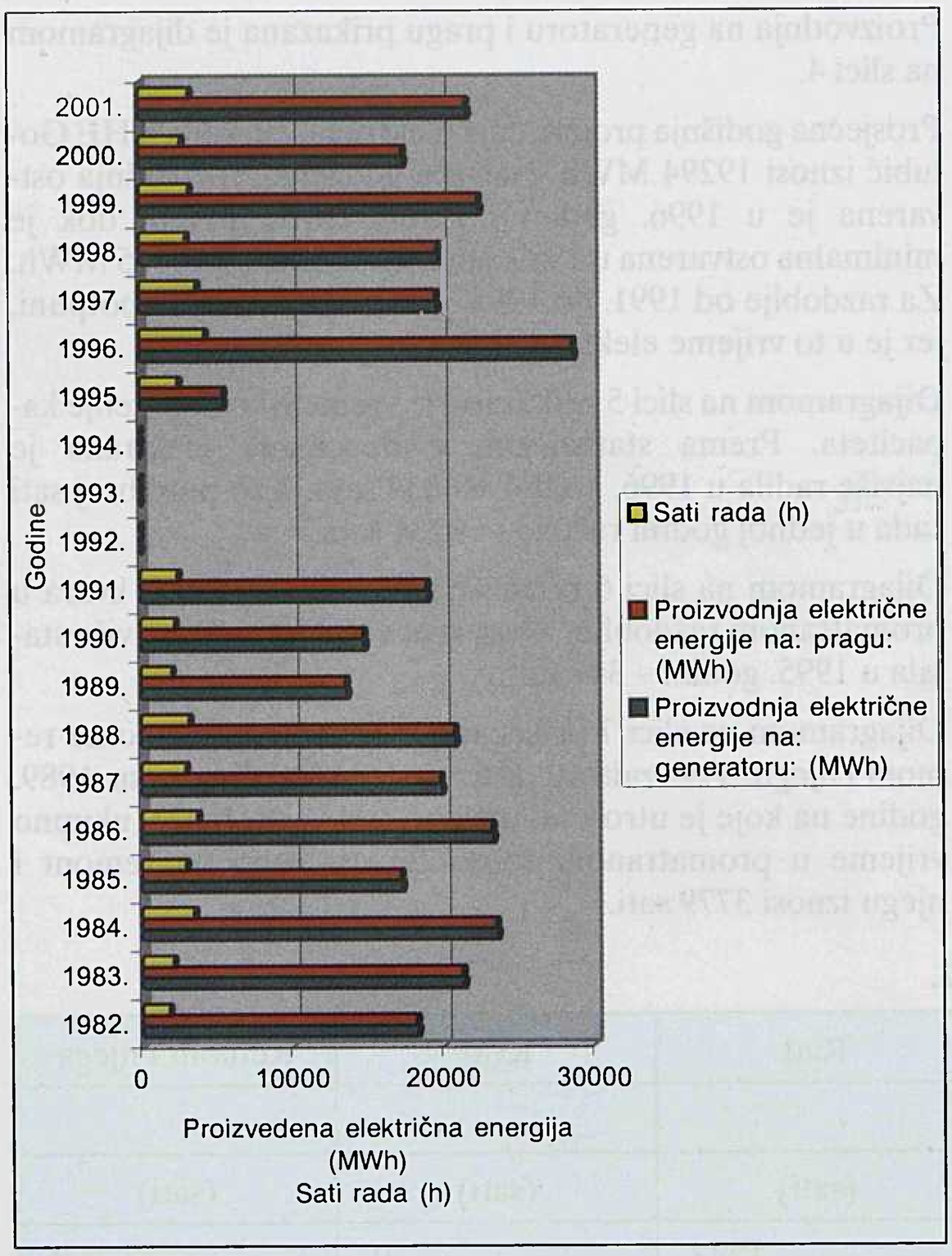
Dijagramom na slici 5 prikazano je vremensko korištenje kapaciteta. Prema statističkim evidencijama elektrana je najviše radila u 1996. godini - 4334 sata. Kao puni broj sati rada u jednoj godini računa se 8784 sata.

Dijagramom na slici 6 prikazana je dužin atrajanja kvara u promatranom razdoblju. Zbog kvara elektrana je najviše stajala u 1995. godini – 347 sati.

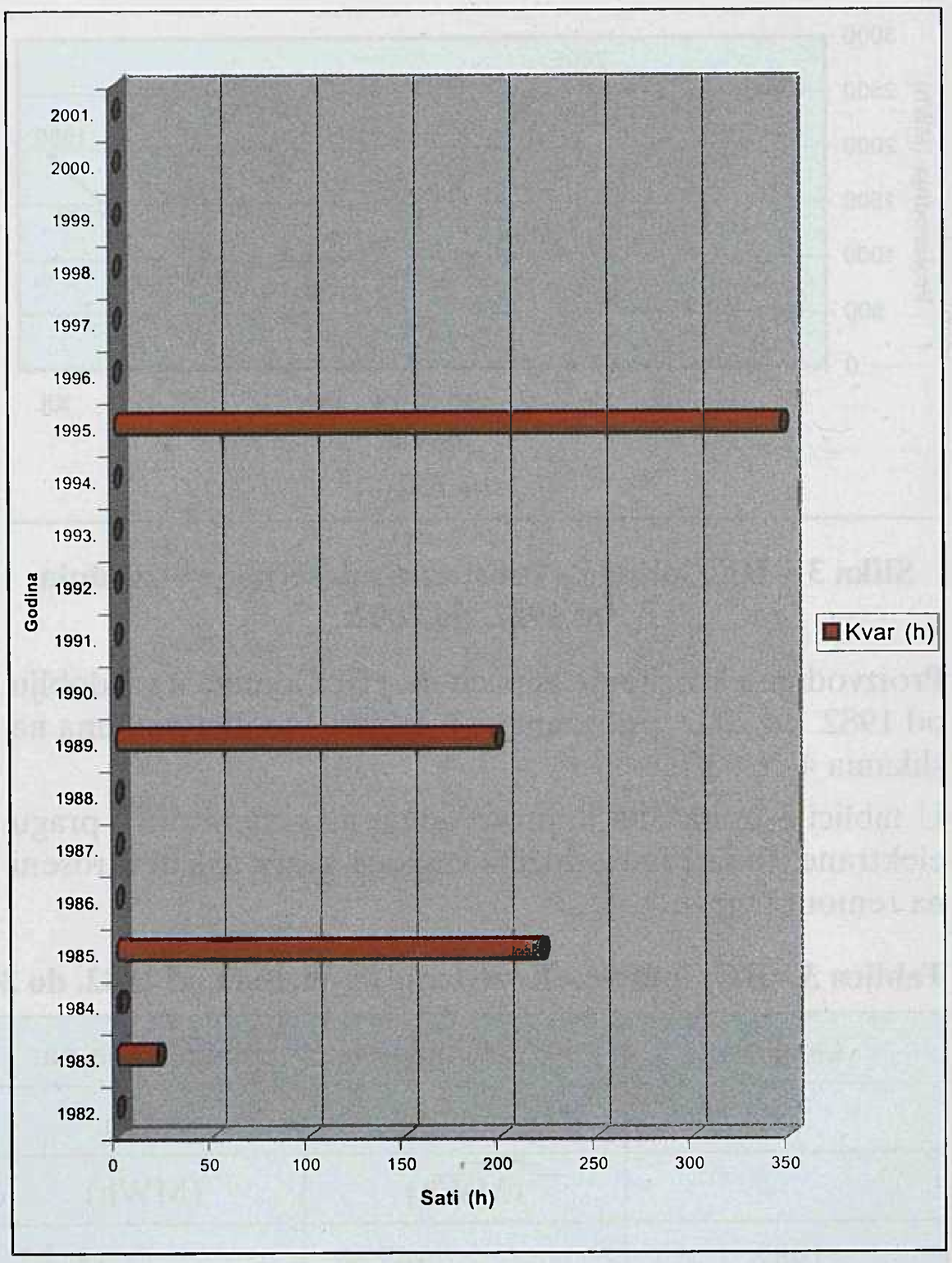
Dijagramom na slici 7 prikazano je vrijeme utrošeno na remont i njegu. Veći zahvati na tom području učinjeni su 1989. godine na koje je utrošeno ukupno 1048 sati. Inače, ukupno vrijeme u promatranom razdoblju utrošeno na remont i njegu iznosi 3779 sati.

Tablica 3 - HE Golubić - Korištenje kapaciteta od 1982. do 2002.

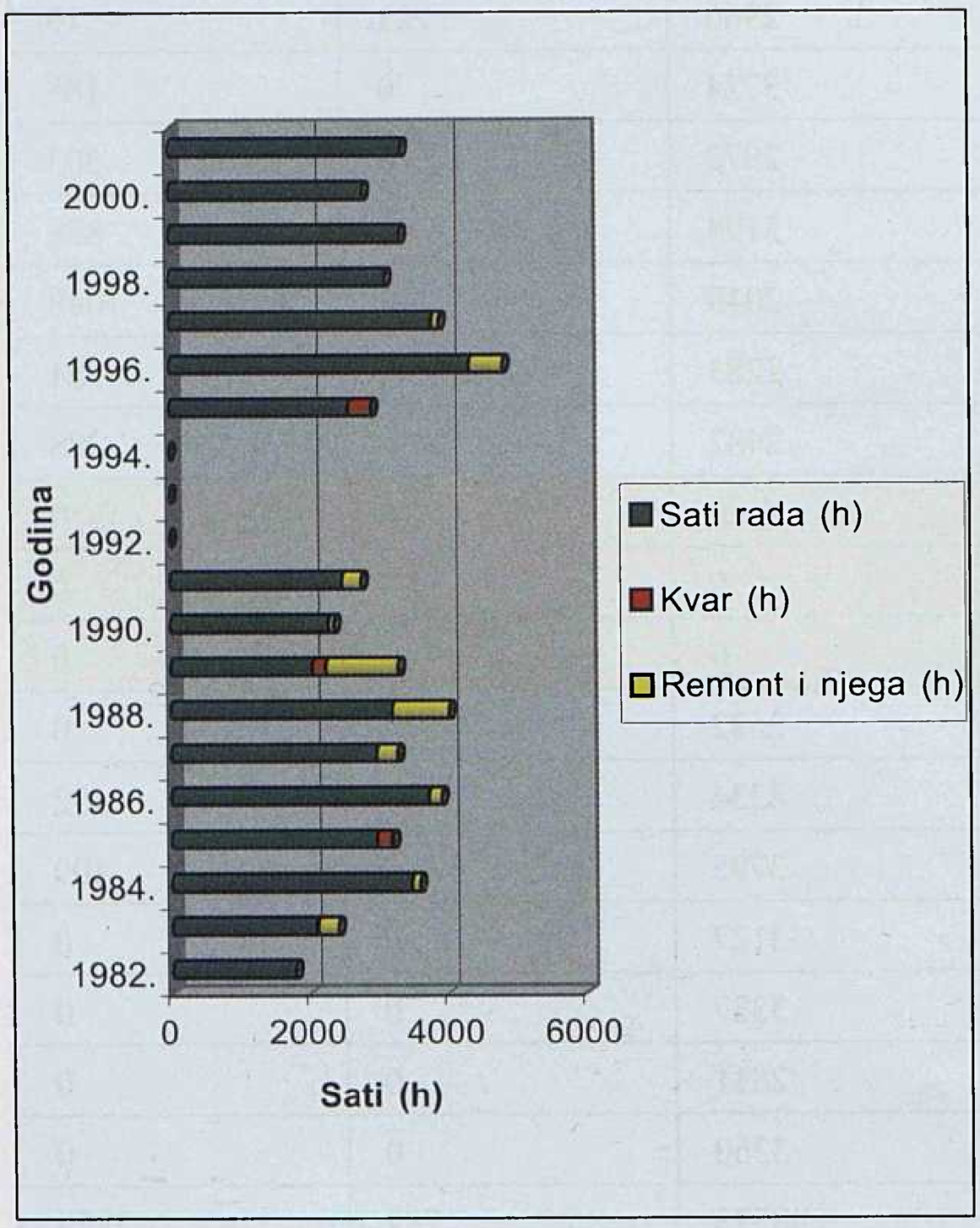
Godina	Proizvodnja električne energije na:		Rad	Kvar	Remont i njega
	generatoru:	pragu:			
	(MWh)	(MWh)	(sati)	(sati)	(sati)
1982.	18274	18195	1782	0	0
1983.	21372	21273	2083	21	303
1984.	23599	23505	3473	2	120
1985.	17287	17190	2966	221	19
1986.	23314	23222	3724	0	185
1987.	19898	19813	2972	0	303
1988.	20860	20778	3198	0	828
1989.	13645	13568	2046	198	1048
1990.	14838	14768	2283	0	84
1991.	19028	18973	2482	0	288
1992.	0	0	0	0	0
1993.	0	0	0	0	0
1994.	0	0	0	0	0
1995.	5584	5561	2582	347	0
1996.	28798	28708	4334	0	492
1997.	19751	19669	3795	0	109
1998.	19852	19762	3127	0	0
1999.	22573	22482	3337	0	0
2000.	17549	17470	2811	0	0
2001.	21778	21695	3360	0	0
Ukupno:	328000	326632	48573	789	3779
Prosjek	19294	19214			



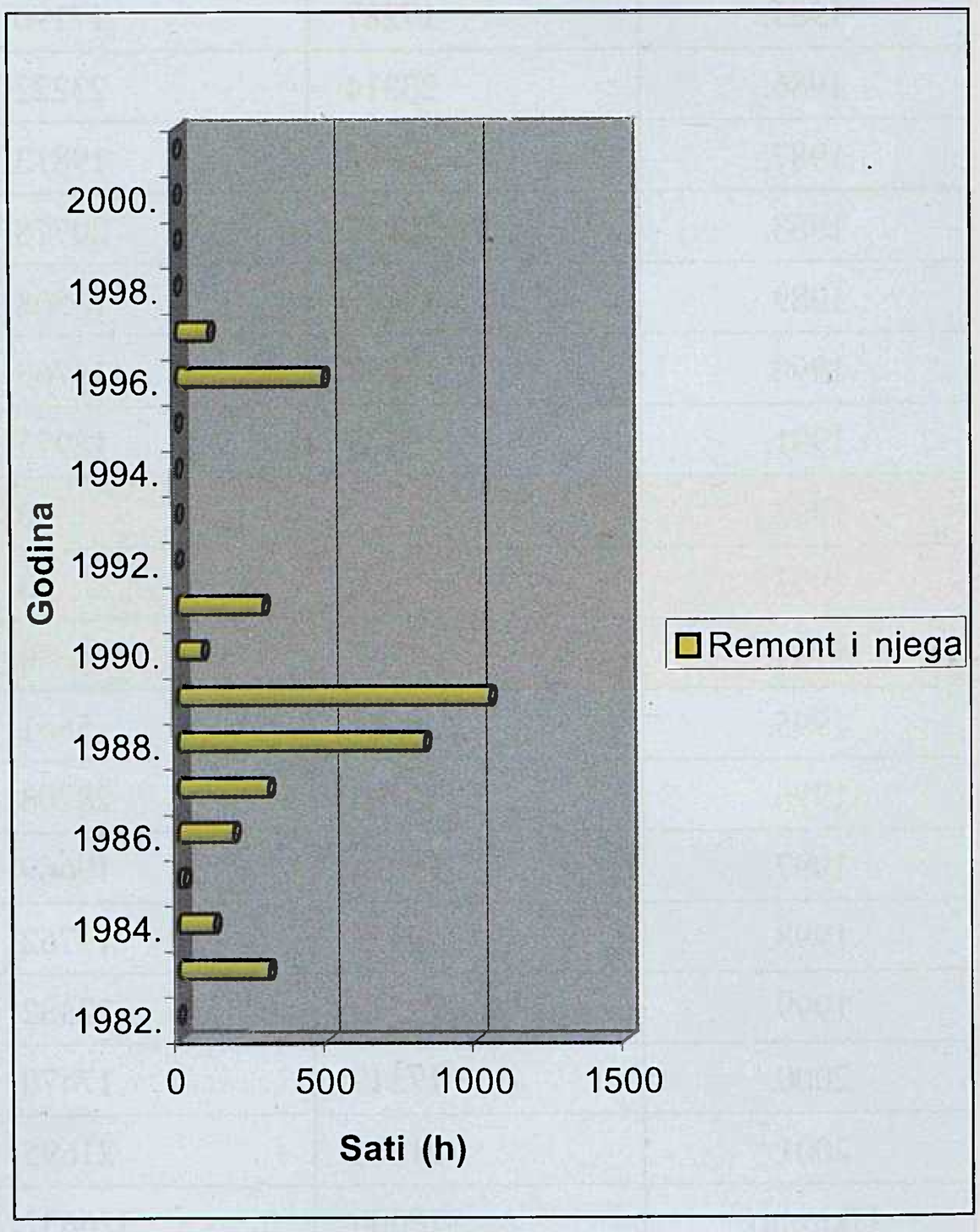
Slika 4 – HE Golubić – Proizvodnja električne energije od 1982. do 2002.



Slika 6 – HE Golubić – Dužina trajanja kvara (h) od 1982. do 2002.



Slika 5 - HE Golubić – Vremensko korištenje kapaciteta od 1982. do 2002.



Slika 7 – HE Golubić – Utrošeno vrijeme na remont i njegu od 1982. do 2002.

NASTAVLJA SE IZGRADNJA TS 400/220/110 KV ŽERJAVINEC

Potpisivanjem ugovora s Hrvatskom bankom za obnovu i razvitak, u ožujku ove godine, osigurana su financijska sredstva za izgradnju TS 400/220/110 kV Žerjavinec. Kao glavni izvođač radova na izgradnji odabran je Konzorcij Končar te je s njime sklopljen ugovor. Procijenjena vrijednost radova i opreme za ovu transformatorsku stanicu je oko 290 milijuna kuna. Predviđeni rok izgradnje je 18 mjeseci.

Projektna dokumentacija (projektni zadatak, glavni projekt i investicijski program) načinjena je od 1986. do 1989. godine kada je dobivena i građevna dozvola.

Izgradnja TS Žerjavinec započela je 1989. i trajala do 1991. godine. Djelomično je izgrađena zgrada Centra daljinskog upravljanja, kao i pomoćni sadržaji. Daljnja izgradnja je obustavljena zbog nedostatka financijskih sredstava.

Danas je izgradnja TS Žerjavinec prioritetna ne samo zbog povećanja sigurnosti opskrbe električnom energijom šireg područja grada Zagreba već i zbog stavljanja u punu funkciju dalekovoda DV 2x400 kV Heviz – Žerjavinec. Naime, ugovorom između mađarske elektroprivredne kompanije MVM iz Budimpešte i HEP-a o izgradnji ovog dalekovoda stvorena je obveza izgradnje TS Žerjavinec. Privremeno se ova veza ostvaruje preko TS 400/120 kV Heviz i TS 400/110 kV Tumbri. U ovakvoj konfiguraciji iskorištena je samo jedna trojka dalekovoda DV 2x400 kV Heviz – Žerjavinec, što je energetski, a i ekonomski neopravdano.

Manjak proizvodnih kapaciteta i nedostatak transformatorske stanice 400/220/110 kV Zagreb Istok izazivaju preopterećenje gradske 110 kV mreže i česte prekide u napajanju električnom energijom pojedinih dijelova grada. Danas se područje grada Zagreba opskrbljuje električnom energijom iz četiri izvora: dva proizvodna objekta TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb koji su smještena unutar grada te dvije transformatorske stanice TS 400/110 kV Tumbri i TS 220/110 kV Mraclin, smještene u vanjskom prstenu grada.

TS 400/110 KV ERNESTINOVO

Jedan od potpisanih ugovora o financiranju tri kapitalna programa obnove i izgradnje elektroprijenosnih objekata s Hrvatskom bankom za obnovu i razvitak ugovor je za obnovu TS 400/110 kV Ernestinovo. U isto vrijeme potpisan je i ugovor s izvođačem Konzorcijem Končar za obnovu i izgradnju ove transformatorske stanice. Rok za izvođenje radova je 18 mjeseci, a cijena je približno 195 milijuna kuna, odnosno 26 milijuna EUR.

Položaj TS 400/110 kV Ernestinovo prikazan je na slici 1. 400 kV vodovi prikazani su crvenom bojom.

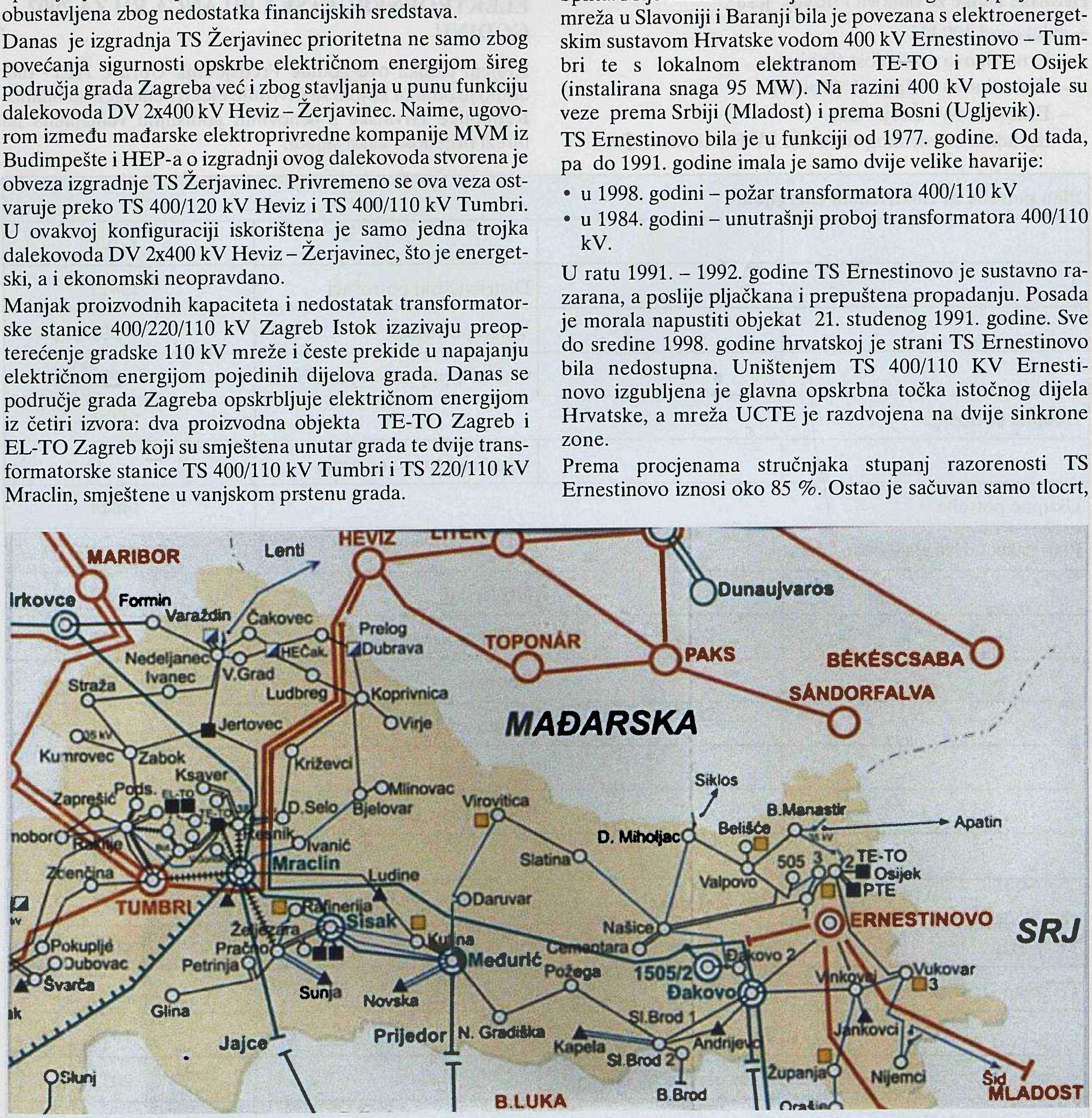
Smještena je u blizini Osijeka i jedna je od četiri transformatorske stanice gornjeg napona 400 kV, uz TS Tumbri u blizini Zagreba, TS Melina u blizini Rijeke i TS Konjsko u blizini Splita. Prije ratnih razaranja 1991. – 1992. godine, prijenosna mreža u Slavoniji i Baranji bila je povezana s elektroenergetskim sustavom Hrvatske vodom 400 kV Ernestinovo – Tumbri te s lokalnom elektranom TE-TO i PTE Osijek (instalirana snaga 95 MW). Na razini 400 kV postojale su veze prema Srbiji (Mladost) i prema Bosni (Ugljevik).

TS Ernestinovo bila je u funkciji od 1977. godine. Od tada, pa do 1991. godine imala je samo dvije velike havarije:

- u 1998. godini – požar transformatora 400/110 kV
- u 1984. godini – unutrašnji proboj transformatora 400/110 kV.

U ratu 1991. – 1992. godine TS Ernestinovo je sustavno razarana, a poslije pljačkana i prepuštena propadanju. Posada je morala napustiti objekat 21. studenog 1991. godine. Sve do sredine 1998. godine hrvatskoj je strani TS Ernestinovo bila nedostupna. Uništenjem TS 400/110 KV Ernestinovo izgubljena je glavna opskrbna točka istočnog dijela Hrvatske, a mreža UCTE je razdvojena na dvije sinkrone zone.

Prema procjenama stručnjaka stupanj razorenosti TS Ernestinovo iznosi oko 85 %. Ostao je sačuvan samo tlocrt,



Slika 1 – TS Ernestinovo – Položaj u EES-u

elementi objekta na tlu i u tlu, dosta oštećene građevine s posve devastiranom unutrašnjošću i rasplet vodova 400, 110 i 35 kV s velikim brojem oštećenih i posve uništenih stupova. Zapravo, razorenost je tolika da za obnovu TS Ernestinovo treba uložiti skoro jednako toliko financijskih sredstava koliko je potrebno za izgradnju novog objekta.

Pri izradi projektne dokumentacije trebalo je uzeti u obzir i današnje stanje tehnologije te dati suvremeno tehnološko rješenje.

U studenom prošle godine raspisan je međunarodni natječaj za obnovu TS Ernestinovo kojim se obuhvatila izrada projekta izvedenog stanja, izrada izvedbenog projekta, nabava kompletne opreme za transformatorsku stanicu, građevinski i obrtnički radovi, montaža, ispitivanje i puštanje u pogon.

Kao treći kapitalni elektroenergetski objekti, čijoj se obnovi pristupa te za koje su osigurana sredstva financiranja preko Hrvatske banke za obnovu i razvoj, jesu :

- dalekovod 400 kV
  - Ernestinovo – Mladost (Srbija)
  - Ernestinovo – Ugljevik (Bosna)
  - Ernestinovo – Žerjavinec
  - izgradnja dvostrukog voda 400 kV Ernestinovo Pecs
- dalekovod 220 kV
  - Đakovo – Gradačac
- dalekovod 110 kV
  - Ernestinovo - Đakovo 1
  - Ernestinovo – Osijek 1 i 2
  - Ernestinovo – Valpovo
  - Ernestinovo – Vinkovci
  - Ernestinovo – Našice.

Krajem prošle godine također je raspisan međunarodni natječaj za obnovu navedenih dalekovoda te je odabran kao izvođač radova Dalekovod iz Zagreba. Vrijednost ugovorenih radova je oko 186 milijuna kuna, odnosno oko 25 milijuna EUR-a. Ugovoreni rok dovršenja radova je 15 mjeseci.

Tako su ispunjeni svi preduvjeti za početak obnove i izgradnje TS Ernestinovo i pripadajućih dalekovoda.

ELEKTROENERGETSKA BILANCA RH ZA 2002. GODINU

Krajem ožujka ove godine Predsjednik Uprave HEP- d.d. donio je odluku kojom se utvrđuje elektroenergetska bilanca Republike Hrvatske s osnovnim godišnjim veličinama na mreži prijenosa kako slijedi:

Plan potreba za električnom energijom			
			GWh
		Distribucijski potrošači	13417
		Veliki potrošači	599
		Gubici u prijenosnoj mreži	598
Ukupna potrošnja			14614
		Izvoz električne energije	0
Ukupne potrebe			14614
Plan raspoložive električne energije			
		NE Krško	1387
		TE Plomin 1	525
		Toplane	470
		TE na lož ulje	1557
		TE na plin	1782
		Diesel elektrane	0
	Termoelektrane		4334
	Hidoelektrane		5531
TE + HE			9865
TE izvan Hrvatske			0
	TE Plomin 2		1330
	Uvoz električne energije		2032
Ukupno raspoloživo			14614

Za planiranu proizvodnju termoelektrana i toplana potrebno je osigurati:

- lož ulje 433.400 tona
- prirodni plin 771.800.000 m^3 (prema ugovoru)
- kameni ugljen 748.900 tona.

20 GODINA RADA NE KRŠKO

Nuklearna elektrana Krško smještena je na lijevoj obali Save oko 3 km jugoistočno od središta Krškog i oko 35 km sjeverozapadno od Zagreba. Panoramski pogled prikazan je na slici 1. U izgradnji nuklearne elektrane koja je započela 1974., a završila 1981. godine, sudjelovale su elektroprivrede Hrvatske i Slovenije sa jednakim udjelima. NE Krško je u pogonu od prosinca 1981. godine.

Osnovni podaci nuklearnoj elektrani Krško prikazani su u tablici 1.

Kao gorivo služi obogaćeni uran. Jezgru reaktora čini 21 gorivi element, od kojih se svake godine mijenja jedna trećina. Istrošeno gorivo smješta se u bazen kod reaktora. Uz elektranu je izgrađeno skladište za odlaganje čvrstih radioaktivnih otpadaka.

Pri radu nuklearne elektrane nastaju plinoviti, tekući i kruti radioaktivni otpaci. Za obradu radioaktivnih plinova nalazi se u elektrani adekvatno postrojenje s rezervoarom, čiji je kapacitet dovoljan za zadržavanje plina kroz razdoblje dulje od mjesec dana. U tom se vremenu većina kratkoživućih nestabilnih plinova raspadne, a preostali plinovi odlaze kontrolirano u atmosferu.

Tekuće radioaktivne otpatke pročišćava postrojenje za pročišćavanje, a otpadna se voda ispušta u Savu. Radiaktivnost ispuštene otpadne vode u rijeku Savu niža je od dopuštenih maksimalnih vrijednosti.

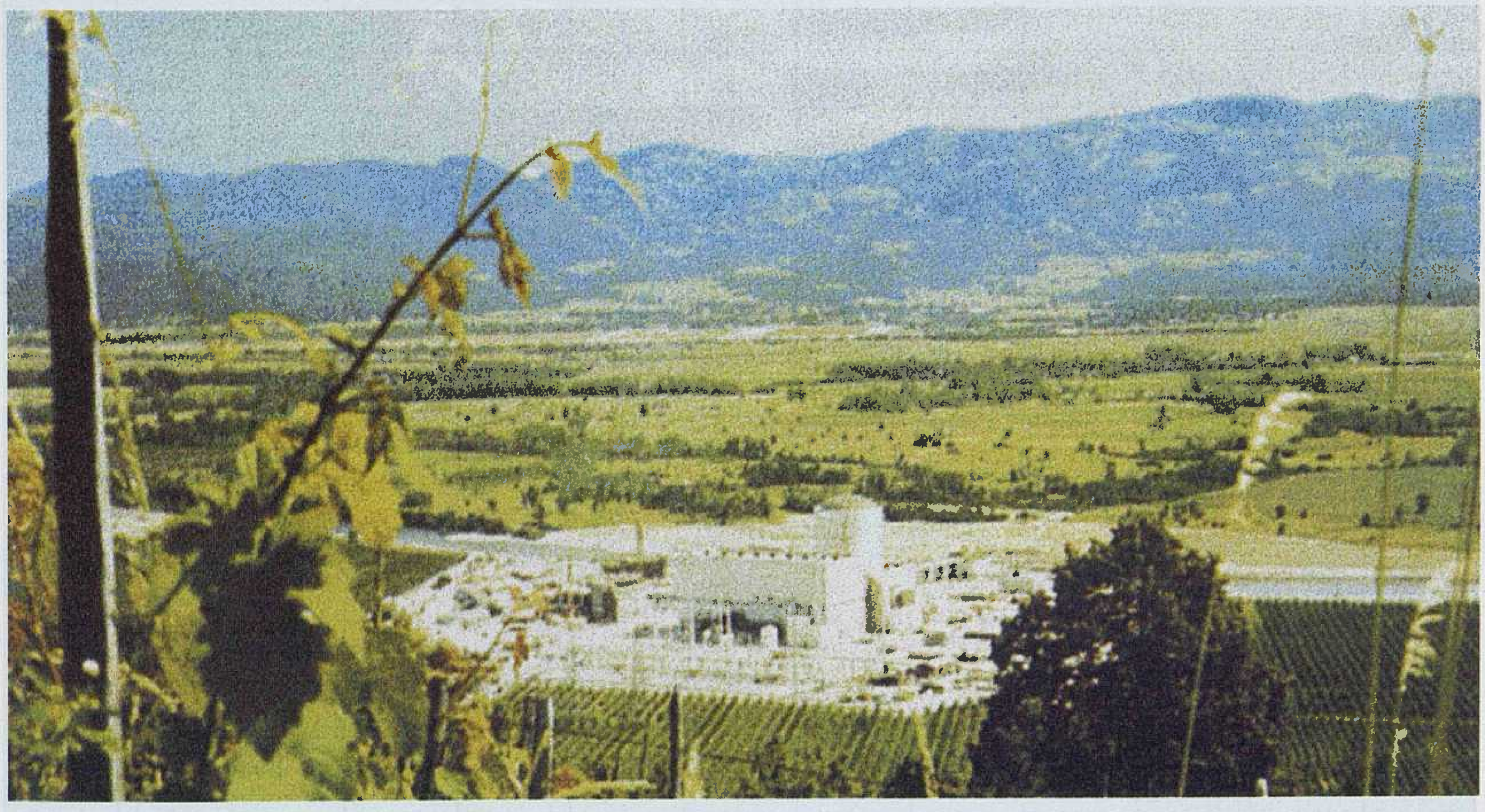
Sve krute radioaktivne otpatke koji nastaju za vrijeme pogona elektrane, prilikom održavanja i kod popravaka, sakuplja se u pogonu za čvrste otpatke.

Tablica 1 – NE Krško – Osnovni podaci

Instalirana snaga bloka		(MW)	664
Parametri pare na izlazu iz generatora pare			
	- tlak	(MPa)	6,08
	- temperatura	(°C)	279,5
Napojna voda			
	- temperatura	(°C)	221
Reaktor			
	- tip		PWR
	- toplinska snaga	(MW)	1882
Turbina			
	- snaga	(MW)	664
	- garantirani specifični potrošak	(MJ/kWh)	10,71
Generator			
	- snaga	(MVA)	813
	- faktor snage	(cos)	0,85
Blok-transformator			
	- snaga	(MVA)	2 x 400
	- prijenosni omjer	(kV)	21/400

Ovi otpaci se stlačuju i pune u bačve od čeličnog lima sadržaja 208 litara. Bačve se privremeno pohranjuju u skladištu uz elektranu.

Prema izvještaju Ministarstva gospodarska za prosinac 2001. godine ukupni volumen uskladištenog srednje i nisko ra-



Slika 1 – NE Krško – Panoramski pogled

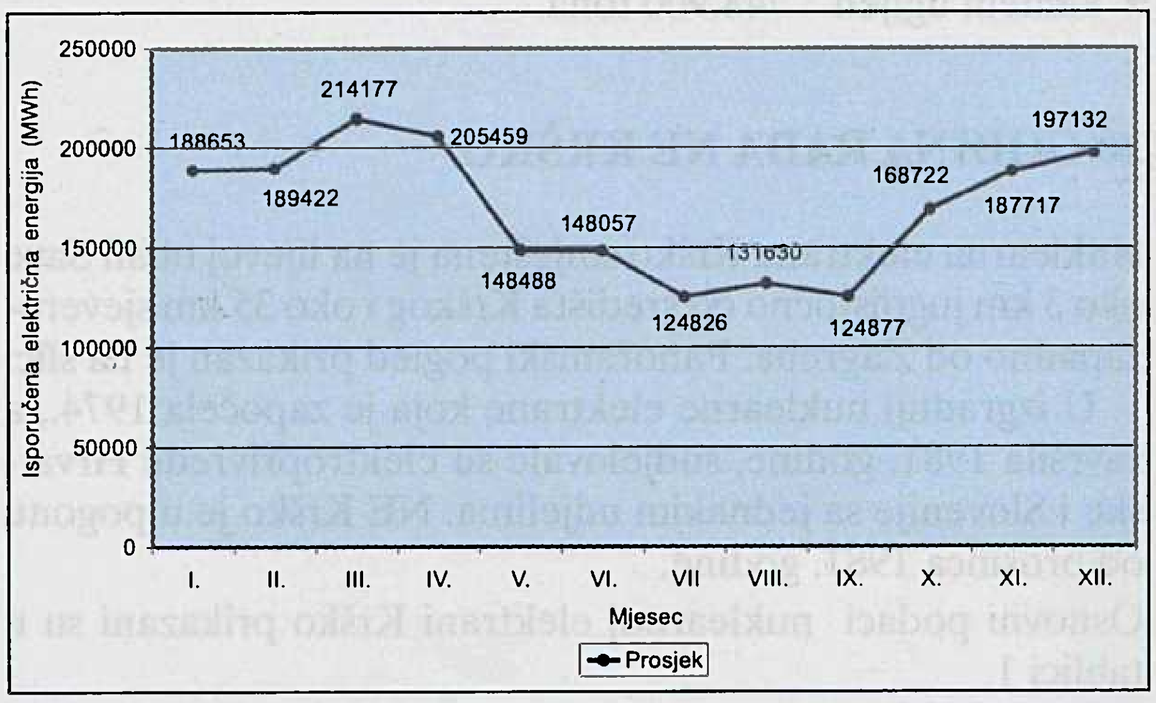
dioaktivnog otpada iznosio je 2207,4 m^3. U četvrtom kvartalu prošle godine NE Krško radila je 92 dana. Hidrološke prilike u tom su razdoblju bile nepovoljne. Minimalni protok Save kod NE Krško bio je 53 m^3/s, maksimalan 356 m^3/s, a srednji 120 m^3/s. Prirast temperature vode rijeke Save u tom razdoblju bio je veći od 2 Kelvina tijekom 70 dana.

Do kolovoza 1998. godine NE Krško je isporučivala električnu energiju u elektroenergetski sustav Hrvatske. Nakon toga iz poznatih razloga prekinula je isporuku. Tako da za razdoblje iza toga HEP ne raspolaže statističkim podacima o njenom radu. Pitanje nuklearne elektrane Krško nije do danas riješeno.

Mjesečna isporučena električna energija EES-u Hrvatske iz nuklearne elektrane Krško, dakle 50 % proizvodnje do kolovoza 1998. godine, prikazana je u tablici 2 te dijagramom na slici 2.

Najveća prosječna mjesečna isporučena električna energija, do kolovoza 1998. godine, bila je u mjesecu ožujku i iznosila je 214.177 MWh, dok je najniža bila u srpnju sa 124.826 MWh.

Proizvodnja električne energije (100 %), vremensko korištenje kapaciteta, sati rada, prekid rada zbog kvara te vrijeme utrošeno na remont i njegu prikazano je u tablici 3 te dijagramima na slikama 3, 4, 5 i 6 .



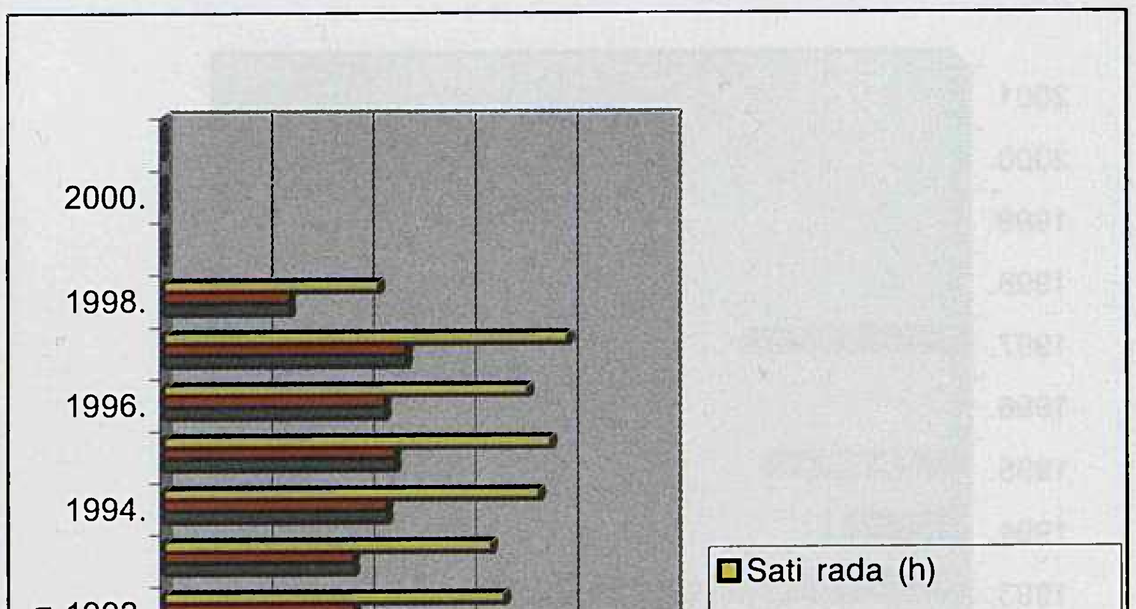
Slika 2 – NE Krško - Prosječna mjesečna isporučena energija EES-u Hrvatske

Tablica 2 – NE Krško – Mjesečna isporučena električna energija EES-u Hrvatske od 1982.do 2002.

Mjesec Godina	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1982.	0	86823	156741	118530	65233	0	71053	94412	139436	206615	40674	197829
1983.	215577	169469	196658	212111	218493	214936	10898	0	0	178548	203826	230284
1984.	20969	213838	216811	197434	216032	201730	0	40065	213546	208092	174486	209895
1985.	220152	208509	181492	222925	194318	101008	0	20182	210959	215579	222496	134053
1986.	229338	171660	217115	221567	198901	219671	180478	0	0	18103	203009	229938
1987.	220530	130752	230061	221190	225676	217518	216837	134786	0	94817	211218	229391
1988.	230884	209339	231936	211922	231445	219262	214443	115570	0	3195	105776	192164
1989.	220230	166056	232212	224679	232105	222917	221602	226670	5214	36267	217984	221717
1990.	224769	206423	223947	224674	225263	220040	183626	182505	188227	207312	104642	0
1991.	180619	207681	215411	223266	228536	165204	81111	174336	202608	225511	221500	228146
1992.	225442	202372	222556	213953	0	0	24080	161368	176314	213357	208012	231281
1993.	230665	198137	196955	221678	69688	0	0	184012	220894	227116	201564	124194
1994.	117535	207912	208908	222678	225136	220208	203193	128224	0	212150	220527	229236
1995.	230767	208260	220845	151408	0	175928	223613	192866	195551	228318	221676	230001
1996.	231845	216593	231017	224290	124248	0	46232	225239	224362	197631	224060	234157
1997.	176479	211747	234062	224248	64845	125650	228159	225851	220917	226939	222028	231821
1998.	231305	204610	224275	156256	4375	212904	216715	0	0	0	0	0
1999.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ukupno	3207106	3220181	3641002	3492809	2524294	2516976	2122040	2106086	1998028	2699550	3003478	3154107
Prosjek	188653	189422	214177	205459	148488	148057	124826	131630	124877	168722	187717	197132

Tablica 3 - NE Krško - Korištenje kapaciteta od 1982. do 2002.

	Proizvodnje električne energije na:		Sati rada	Kvar	Remont i njega
	generatoru:	pragu:			
	(GWh)	(GWh)	(h)	(h)	(h)
1982.	2355	2355	5196	527	3003
1983.	3702	3702	6268	167	2325
1984.	4200	4200	7151	220	1413
1985.	3843	3843	6421	588	1751
1986.	3780	3780	6456	49	2159
1987.	4266	4266	7250	195	1315
1988.	3932	3932	6869	103	1812
1989.	4455	4455	7471	100	488
1990.	4383	4383	7592	4	1164
1991.	4708	4708	8174	155	35
1992.	3757	3757	6699	66	2016
1993.	3750	3750	6455	379	1926
1994.	4391	4391	7396	91	1273
1995.	4558	4558	7619	157	984
1996.	4359	4358	7167	0	1560
1997.	4785	4785	7951	172	637
1998.	2501	2501	4240	0	847
1999.	0	0	0	0	0
2000.	0	0	0	0	0
2001.	0	0	0	0	0



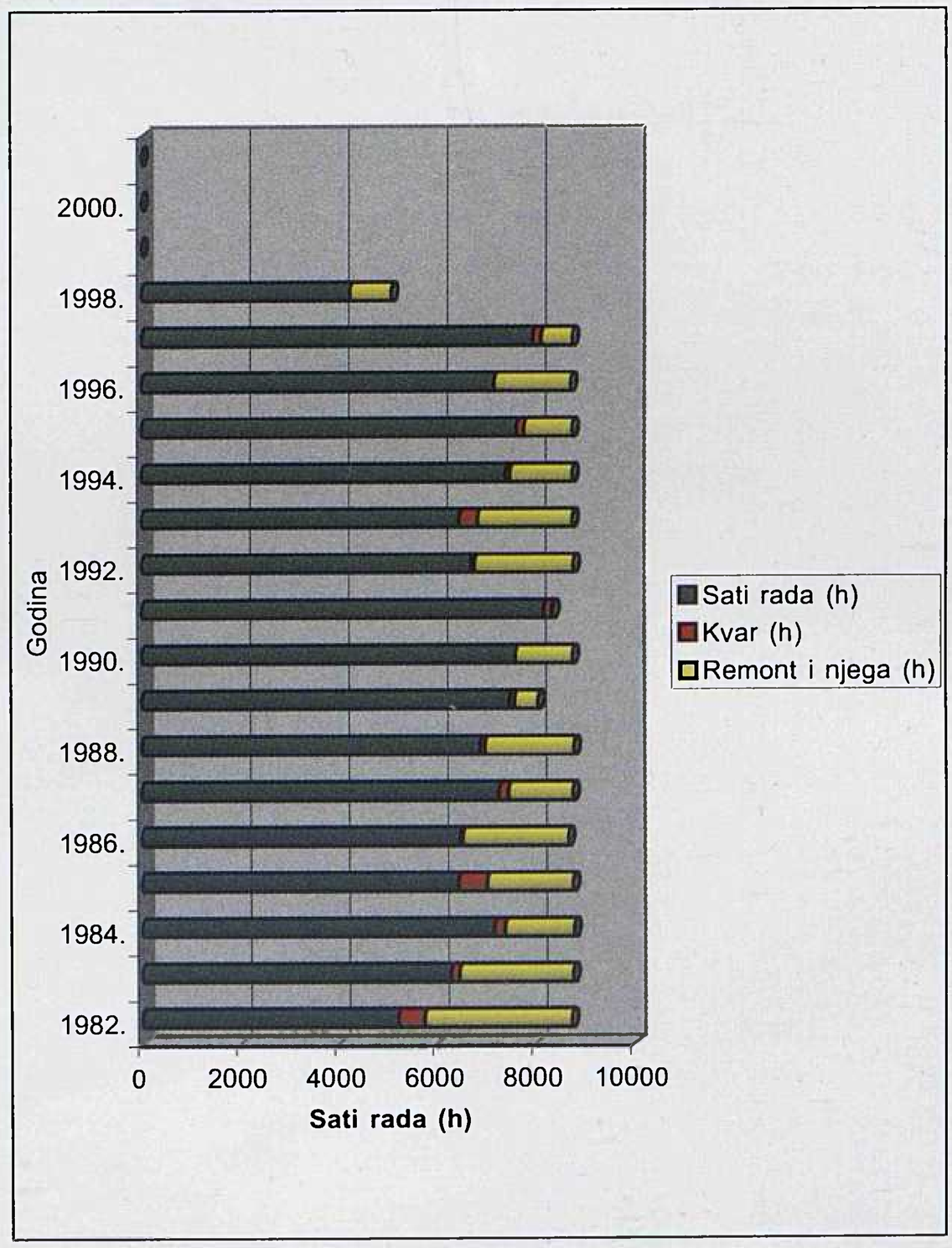
Slika 3 – NE Krško – Proizvodnja električne energije od 1982. do 2002.

Najveća proizvodnja, do kolovoza 1998. godine, prikazana je dijagramom na slici 3, bila je ostvarena u 1997. godini i iznosila je 4.785 GWh. Najmanja, pak, proizvodnja ostvarena je u 1982. godini s iznosom od 2.355 GWh.

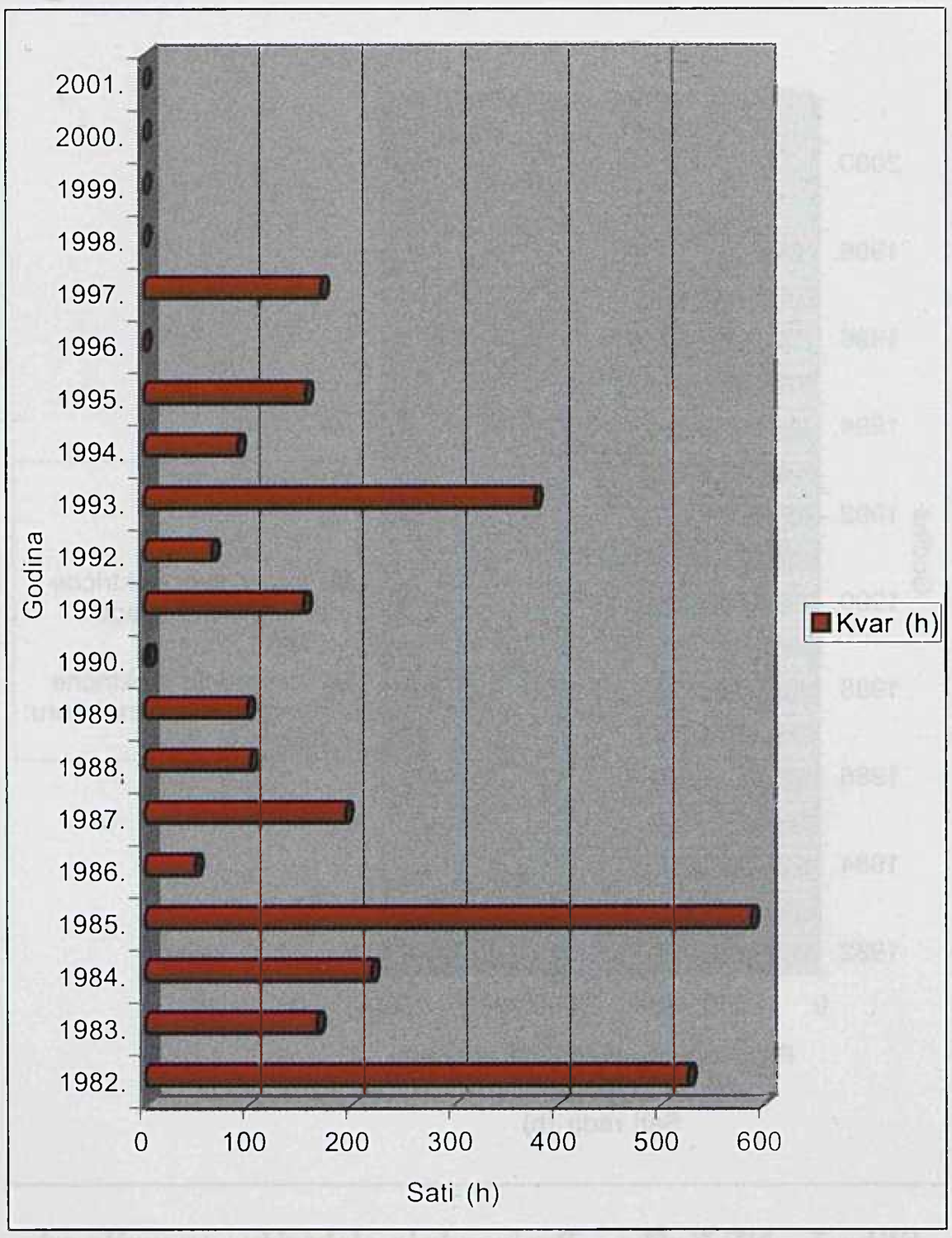
Najveći broj radnih sati ostvaren je u 1991. godini i iznosi 8.174 sata, dok je najmanji ostvaren u 1998. godini s iznosom od 4.240 sati kako je prikazano dijagramom na slici 4.

Najduže vrijeme trajanja kvara, dijagram na slici 5, bilo je u 1985. godini od 588 sati.

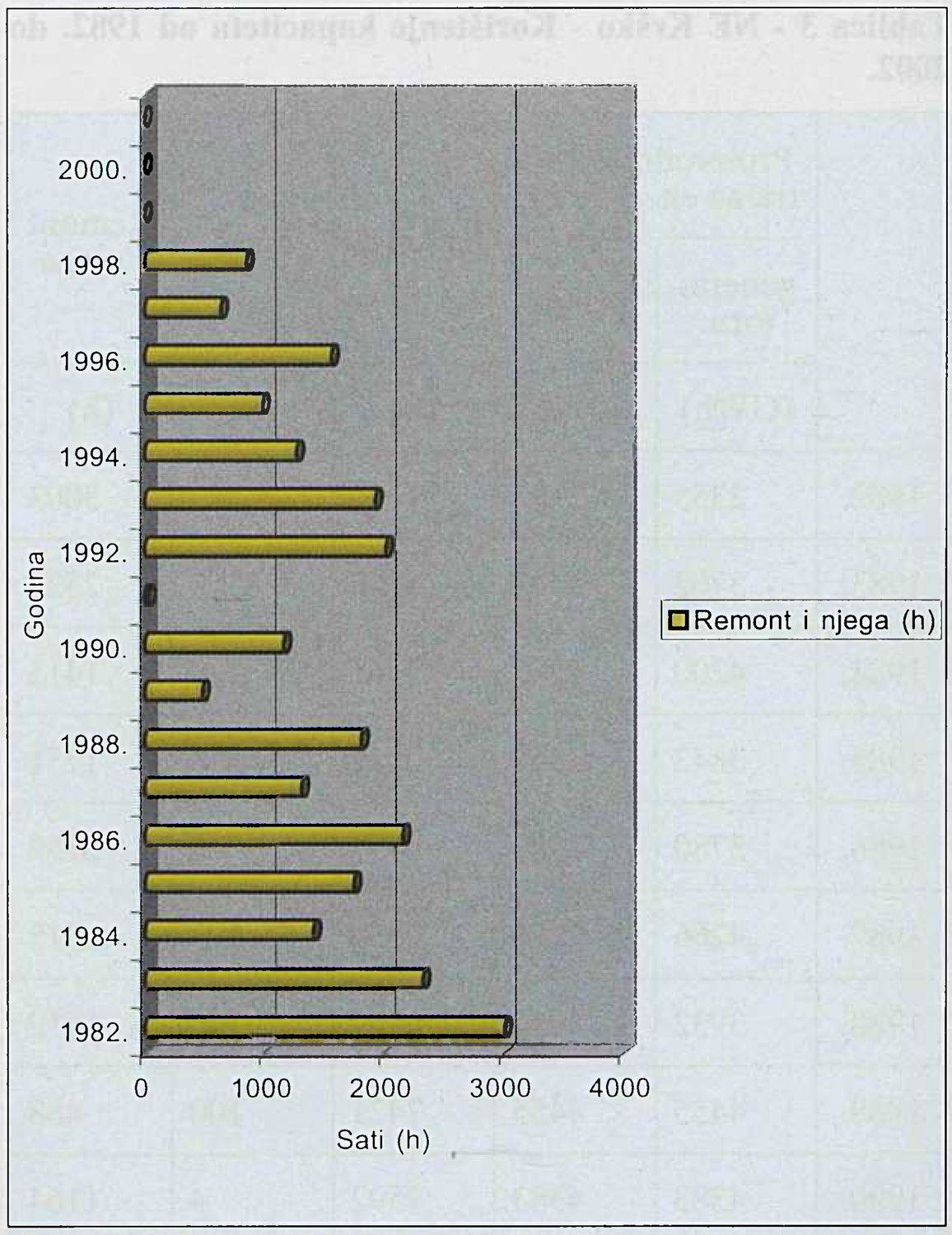
Na remont i njegu najviše se sati utrošeno u 1982. godini u iznosu od 3.003 sata, što je prikazano dijagramom na slici 6.



Slika 4 – NE Krško – Vremensko korištenje kapaciteta od 1982. do 2002.



Slika 5 – NE Krško – Dužina trajanja kvara od 1982. do 2002.



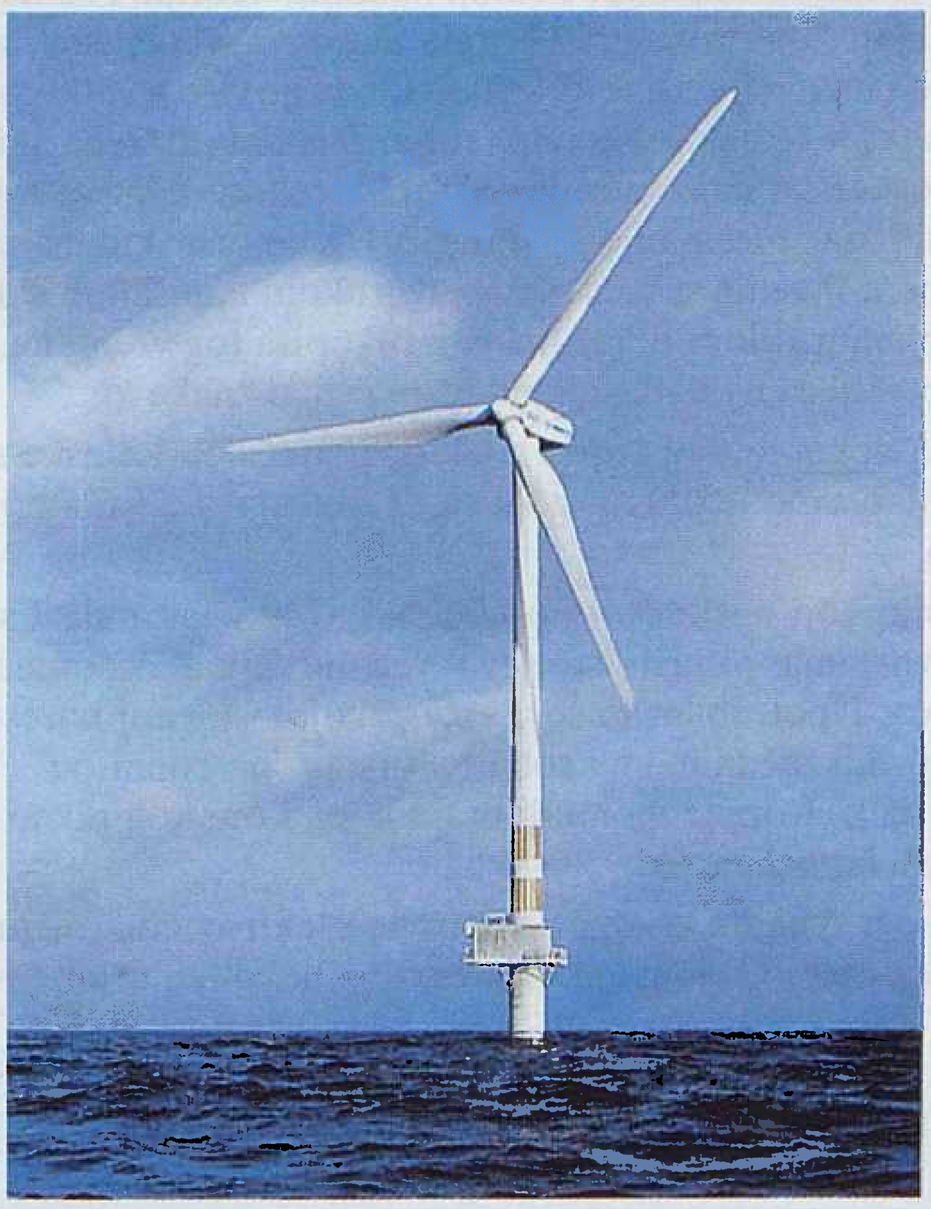
Slika 6 – NE Krško – Utrošeno vrijeme na remont i njegu od 1982. do 2002.

Priprema: mr. sc. Slavica Barta-Koštrun, dipl. ing.

PRVA PRIOBALNA FARMA VJETROELEKTRANA U ŠVEDSKOJ

Korištenje energije vjetra za proizvodnju električne energije je opće prihvaćeno. Mnoge zemlje koje za to imaju uvjete uključile su izgradnju vjetroelektrana u svoje programe razvoja energetike. Iz dana u dan niču nove farme vjetroelektrana. Jedna u nizu farma vjetroelektrana je i vjetroelektrana Utgrunden u Švedskoj, koja se ipak po nečemu razlikuje od dosad izgrađenih. Pri izboru lokacije trebalo je pronaći plitko more, u blizini obale, odnosno električne mreže kao i geološki stabilno tlo. Osim toga i brzina vjetra je trebala biti odgovarajuća. Tim kriterijima udovoljila je lokacija na turističkom otoku na jugoistočnoj obali Švedske, gdje je sagrađena farma vjetroelektrana Utgrunden, dosada jedna od najvećih u svijetu. Farma je smještena na podvodnom grebenu, gdje dubina vode iznosi šest do deset metara u sredini Kalmar Sound-a. Od obale je udaljena 12,5 kilometara.

Farma se sastoji od sedam vjetroelektrana jednične snage 1,5 MW. Na slici 1 prikazana je jedna od sedam jedinica.



Slika 1 - Vjetroelektrana iz farme Utgrunden

Prosječnom brzinom od 8 m/s (više od 30 km/h) isporučuje 38 GWh električne energije na godinu što je dovoljno za opskrbu 6.000 švedskih domaćinstava.

Kako se farma nalazi na morskom priobalju, sva oprema je morala biti izvedena iz materijala i adekvatno zaštićena za klimatske uvjete tog područja.

Ukupna visina tornja do osi rotora iznosi 65 metara. Toranj se sastoji od dva elementa radi lakšeg transporta i montaže. Donji dio tornja ima promjer 3 metra, visok je 36 metara i težak 140 tona. Montiran je na potpornje koji su zabijeni 19 metara u morsko dno. Rotor je promjera 70,5 metara. Na visini od osam metara od razine mora na toranj je montirana specijalna platforma opremljena kranom i kontejnerom.

U kontejneru je smještena elektroenergetska oprema. Da bi se osiguralo što efikasnije i jeftinije održavanje, u kontejneru je predviđen prostor za boravak i noćenje posade za vrijeme remonta i održavanja vjetroelektrane.

Sama izgradnja i instalacija turbine nije bila jednostavna. Klimatski uvjeti nisu stalno bili povoljni. Poteškoće je stvaralo i valovito more, čiji su visoki valovi često ometali graditelje.

No, nisu samo to bili problemi kod gradnje. Prepreku je stvarala i zakonska regulativa. Prema planu farma vjetroelektrana trebala je biti stavljena u pogon u ljeto 1999. godine. Problemi su nastali s administracijom oko dobivanja građevne dozvole i mogućih utjecaja na okoliš. Tako je izgradnja kasnila dvije godine.

U farmi vjetroelektrana Utgrunden ugrađene su turbine s novom tehnologijom koju je razvila kompanija Enron Wind. Turbine su izgrađene u njemačkoj tvornici u Salzbergenu, koja se specijalizirala za proizvodnju opreme za rad u priobalju i na moru.

Prema ocjeni isporučitelja opreme i izvođača radova pri usporedbi vjetroelektrana izgrađenih na kopnu i ovih u priobalju, prednost je na strani ovih na priobalju. To povećava izglede da će se u budućnosti i u drugim europskim državama graditi priobalne farme vjetroelektrana.

Danas Švedska ima, što instalirano, a što u gradnji, 13 MW kapaciteta u vjetroelektranama. Prema planu u 2005. godini trebala bi raspolagati s kapacitetom od 650 MW.

Ovom izgradnjom Švedska je vlada konkretno pokazala da podupire izgradnju izvora koji su prihvatljivi s aspekta zaštite okoliša. Naime, izgradnjom ove farme vjetroelektrana Švedska je smanjila emisiju stakleničkih plinova za 38.000 tona godišnje.

European Power News, March 2002.

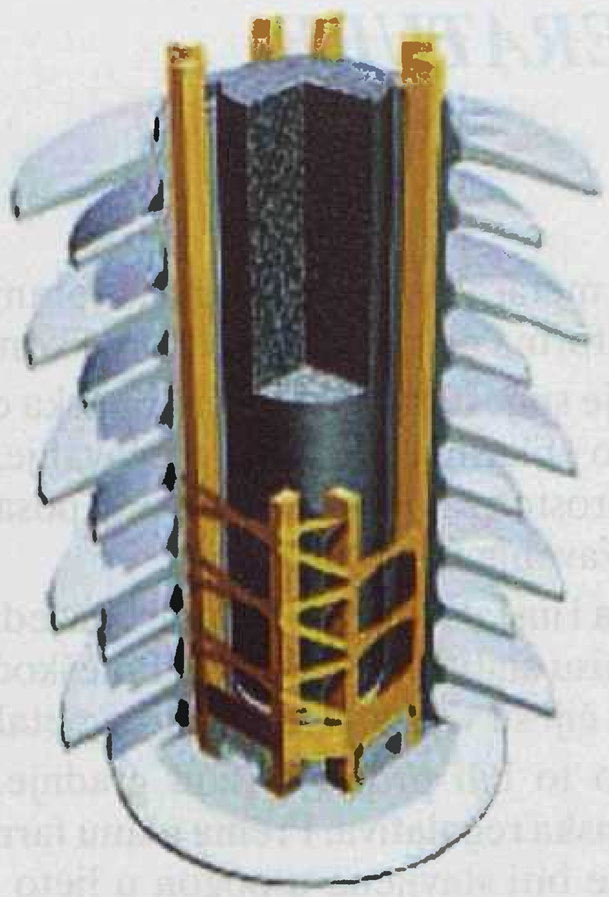
P. M.

ODVODNICI PRENAPONA - POLIMERI UMJESTO PORCULANA

Odvodnici prenapona razvijali su se od uređaja s jednostavnim zračnim prostorom između elektroda do današnjih odvodnika sa ZnO, smještenih u porculansko kućište. Kako se porculan može razbiti, nerijetko su meta raznih vrsta vandala. Zato su proizvođači istraživali materijal koji bi zamijenio porculan.

Rezultat istraživanja je novi odvodnik prenapona za visokonaponske mreže koji može potpuno zamijeniti dosadašnji s kućištem od porculana. Nazvan je PEXLIM (Polymeric Excellent Limiter). Kućište je načinjeno iz polimera, dok su blokovi cinkovog oksida koji su u njemu korišteni isti kao kod zadnje generacije porculanskih odvodnika. Ovo kućište ima manje komponenata od odvodnika s porculanskim kućištem. Izgled odvodnika PEXLIM prikazan je na slici 1.

Novi materijal za "pakovanje" (kućište) lagani je izolacijski materijal s boljim karakteristikama, što povećava sigurnost, a lagan je za rukovanje. Ima niz prednosti prema odvodniku s porculanskim kućištem:



Slika 1 - Polimerno kućište PEXLIM odvodnika

- znatno bolja trajnost - siilikonsko kućište je gipko, kompaktno i čvrsto, pa može biti ugrađen i u neograđeni prostor bez rizika za životinje i ljude
- vodoneprianljiv - silikon ima vodofobičnu površinu koja odbija vodene kapi te one oteku s površine
- veliko smanjenje težine - kućište od silikona mnogo je lakše od porculanskog (oko 50 %) što olakšava transport i rukovanje. Montaža odvodinka PEXLIM je sigurnija i lakša, a dozvoljava i alternativne lokacije i metode ugradnje
- pogodniji je s aspekta utjecaja na okoliš - silikonsko kućište ne sadrži supstance opasne za okoliš, a nakon isteka životnog vijeka može se koristiti u građevinarstvu ili spaliti, pri čemu ostaje neškodljiv pijesak
- dobro je otporan na starenje i vremenske prilike, odnosno neprilike
- na njega se ne hvata prljavština i zagađenje te ga kiša može oprati
- ima dobra električna svojstva.

Svojstva su mu takva, da se može koristiti i u trusnim područjima zahvaljujući svojoj maloj težini i odličnoj sposobnosti da apsorbira udare potresa.

Njegove tehničke karakteristike prikazane su u tablici 1.

Tablica 1 - Tehničke karakteristike odvodnika PEXLIM

System voltage / Naponska razina	52-170 kV	52-420 kV	52-420 kV
Rated voltage / Odabrani napon*	30-162 kV	30-360 kV	30-360 kV
Nominal discharge current / Nominalna struja odvodnika	10 kA	10 kA	20 kA
Line discharge class / Klasa odvodnika	Class 2	Class 3	Class 4

* Rated voltage / Odabrani napon/ parametar je na kojem se temelje pogonske i sigurnosne karakteristike. Izbor ovog napona za odvodnike kompromis je između željene razine zaštite i tolerancije vis-a-vis prolaznog prenapona. Izborom višeg napona raste sposobnost odvodnika da savlada prolazni prenapon, ali smanjuje granicu sigurnosti za određenu razinu izolacije.

Odvodnik prenapona PEXLIM razvio je ABB zajedno s kompanijama koje se bave proizvodnjom polimera. Dosada je ABB isporučio Americi odvodnike za mrežu od 800 kV, a proizvodi i za napone od 245 kV.

ABB Review, 2002/1

P. M.

POVIJEST ZNAKA @

U listopadu 1971. godine Ray Tomlison poslao je prvo elektroničko pismo s jednog elektroničkog računala na drugo. Za razliku od današnjeg stanja, tada je svega nekoliko računala bilo povezano u mrežu. Gospodin Tomlison, danas šestdesetgodišnjak, ne sjeća se više sadržaja pisma, ali se sjeća e-maila adrese: tomlison@bbn-tenexa.

Kao što je uočljivo, adresa se sastoji od tri dijela: adrese pošiljatelja, znaka @ i adrese elektroničkog računala. Tomlison je odabrao znak @ kao separator dviju adresa. Smatrao da je taj znak upravo ono što treba. Nije mnogo u upotrebi, a nalazi se na tipkovnicama pisaćih strojeva i elektroničkih računala.

Tako je znak @ postao i ostao integralni dio e-mail adresa, odnosno središnji dio interneta otkad je prvi put uveden kao separator u e-mail adresama.

Kako je nastao znak @? Postoji nekoliko teorija. Prema teoriji talijanskog profesora Giorgia Stabile s sveučilišta La Sapienza University, znak @ se koristio prije više od 500 godina za mjerenje težine i volumena robe. Znak predstavlja amforu i odnosi se na kapacitet posude od terakote koju su trgovci koristili za spremanje i transport sjemena kukuruza i tekućina. Posude su bile označene rukom napisanim slovom "a" tipičnim stilom florentinskog rukopisa tog vremena, koji jako podsjeća na današnji moderni izgled znaka @.

Prema nekoj ranijoj teoriji znak @ potječe od latinske riječi "ad", napisane italikom, gdje su se oba slova a i d stopila u jedno.

No, bilo koji način da je originalan, ovaj znak nalazi se na tipkovnicama pisaćih strojeva već od kraja osamnaestog stoljeća. Upotrebljavao se u europskoj poslovnoj korespondenciji na računima za robu te značio "po cijeni od" ("at a price of"). Koriste ga milijuni ljudi, pa i oni koji nikad nisu koristili latinski jezik.

Danas, u vrijeme sveopće upotrebe elektroničnih računala, znak @ ima i nacionalne nazive. Evo nekoliko primjera:

Zemlja	**Na nacional-nom jeziku**	**Engleski**	**Prijevod**
Francuska	escargot	snail	puž
Izrael	strudel	fodded pastry	savijača
Švedska	snabel-a	elefant's trunk	slonovska surla
Rusija	sobacha	small dog	mali pas
Nizozemska	apestaarje	monky tail	majmunov rep
Češka	zavinàc	rollmop	psić
Hrvatska	monky	monky	majmun

ABB Connections, 2/2001, 1/2002.

P. M.

ODRŽIVA GRADNJA

Za održivu gradnju ovog časa vlada vrlo veliki interes, budući ona integrira dvije tehnologije: fotovoltaičku i solarnu. Ove tehnologije svakog su dana sve pristupačnije i ekonomski isplativije, a uz to i sve lakše za rukovanje. Iako su malobrojne zgrade koje imaju ugrađene ove tehnologije, ipak se broj povećava. Primjena ovih tehnologija može se pokazati na dva skandinavska slučaja, koji mogu biti primjer i za druge. Radi se o dvije zgrade, jedna u Oslu u Norveškoj, a druga u Koldingu u Danskoj.

Činjenica je da se polovica energije (dobivene od fosilnih goriva) potroši u građevinama. To je izazov za arhitekte da u zgradarstvu ukomponiraju održive tehnologije te na taj način smanje zagađivanje, a i troškove.

U Norveškoj je vrlo brzo i vlada i privatni sektor shvatio potrebu održivog razvoja. Sredinom osamdesetih godina počeli su urbani ekološki Klosterenga projekt u Oslu, gotovo u središtu grada. Obnova ovog gustog i vrlo popularnog sjedišta grada dobila je podršku iz programa EU Thermie 96 te drugih nacionalnih i lokalnih institucija.

Dosada najveće dostignuće projekta bilo je otvaranje ekoloških stanova Klosterenga u ožujku 2000. godine. U 35 stanova (dvosobnih, trosobnih, četverosobnih) ugrađene su brojne održive tehnologije. Jedan od najvažnijih sustava je sunčev kolektor od 240 m2, smješten na krovu. On osigurava približno 100.000 kWh na godinu solarne energije koja se koristi za grijanje i pripremu tople vode.

Od ostalih tehnologija ugrađene su:

- južna fasada, dvostruko glazirana, služi kao pasivni solarni sustav
- postignuti izolacijski standardi dvostruko su bolji od postojećih norveških standarda
- visoki i uski prozori, smješteni na sjevernoj strani, osiguravaju dovoljne količine danjeg svijetla
- mjeri se individualna potrošnja energije

Kombinacija aktivnog i pasivnog solarnog sustava osigurava vrlo veliku efikasnost. Njihovom primjenom nije potreban dodatni sustav grijanja, što smanjuje potrošnju ukupne energije, a time i emisiju CO_2. Zimi se podovi griju vrućom vodom s krova i dvostruko glazirane fasade. Ljeti za vrućina dvostruka fasada služi kao dio sustava prirodne ventilacije, dozvoljava toplom zraku da izađe. Međusloj u fasadi daje sjenu i ljeti smanjuje zagrijavanje stanova.

Efekti primjene održivih tehnologija u usporedbi s potrošnjim energije u 1997. godini u Norveškoj prikazani su u donoj tablici:

	Referentna zgrada (1997. godina - Norveški normativ)		Zgrada Klosterenga (Ekološki stanovi)	
	Zimi (W/m^2)	Ljeti (W/m^2)	Zimi (W/m^2)	Ljeti (W/m^2)
Grijanje	22		30	
Ventilacija		14		5
Topla voda	15	15	10	10
Fenovi i pumpe	1	1	2	2
Svjetlo	3	2	3	2
Ostalo	4	4	4	4
Hlađenje				
UKUPNO:	59	22	54	18

No, nije samo manja potrošnja energije prednost ovakve gradnje. Primjenjena su i neka druga ekološka rješenja. Pojednostavljeni su građevni detalji te reduciran broj materijala. Upotrebljeni su materijali koji se mogu recirklirati i ponovo upotrijebiti, nisu toksični i lako se održavaju i obnavljaju.

Uz zgradu je smješten vodeni park, koji koristi pročišćene otpadne vode iz ekoloških stanova i kišnicu. Svi stanovi imaju pogled na vodeni park i dvorište.

Drugi primjer je građevina društvenog centra u Koldingu u Danskoj, gdje je na sličan način postignuta ušteda energije, smanjena emisija CO_2 te korišteni ekološki izolacijski materijali. Građevina se počela koristiti u prosincu 2001. godine.

REFOCUS, March/April 2002.

P. M.

PRVI OBJAVLJENI DOKUMENTI IPPC-a

Europska Komisija službeno je usvojila prvih osam referentnih dokumenata o raspoloživim tehnikama za velike industrijske pogone, kao dio direktive EU za integriranu preventivu i kontrolu zagađivanja (skraćeno IPPC od Integrated Pollution Prevention and Control). Primjena ove direktive obvezna je za nekih 60.000 velikih pogona u EU i pridruženim zemljama.

Prema direktivi traži se od svih novih industrijskih pogona u određenim sektorima. uključujući energetski sektor, da prije stavljenja u pogon dobiju dozvolu IPPC-a. U dozvoli bi se zahtijevalo da primijene najbolje dostupne tehnike (skraćeno BAT od The best available techniques) za smanjenje zagađivanja. Prema direktivi postojeći pogoni također će morati implementirati te standarde do 2007. godine. No, neke će nacionalne vlade direktivu implementirati i prije roka.

Usvojenih osam referentnih dokumenata odnose se na proizvodnju željeza i čelika, neferitnih metala, cementa i vapna, pulpe i papira, stakla, klorirane i kaustične sode kao i procesiranje feritnih metala te projektiranje i pogon indistrijskih sustava za hlađenje.

BAT za energiju još je u pripremi.

EU Energy, br. 24, 17. 01. 2002.

P. M.

ENERGIJA IZ OCEANA

Energiji valova raste popularnost. Testirane su tri različite metode proizvodnje energije iz valova sve u nastojanju da se ovaj čisti i obilni izvor počne koristiti.

Oceani, koji pokrivaju 70% svijeta, sadrže netaknuti izvor obnovljive energije u obliku valova. Prema procjeni World Energy Council-a, općenito energija dobivena korištenjem valova iznosila bi oko 2000 TWh godišnje. Korištenje samo 0.2% ove energije zadovoljilo bi sadašnju globalnu potražnju za električnom energijom.

Vjetar iznad površine oceana stvara valove koji su slobodan izvor kinetičke energije. Povećanjem udaljenosti, valovi postaju viši i duži. U takvom obliku energija je sačuvana sve dok ne dostigne obalu, gdje se oslobađa, ponekad sa zastrašujućim efektom.

Danas su istražene i testirane nove metode iskorištavanja ove energije.

Naprikladniji za korištenje energije valova je Tihi Ocean. Gotovo sva energija valova koncentrirana je u nekoliko gornjih metara oceana.

Danas je tehnologija za potencijalni generator za proizvodnju električne energije pristupačna. Registrirano je preko 400 patenta za korištenje energije valova. Iako ima različitih izvedbi, svode se na nekoliko osnovnih načina pretvorbe oceanske kinetičke energije u električnu energiju.

Jedan od načina je da se kroz konični kanal energija vala usmjerava u povišeni spremnik. Turbina se vrti kada se voda vraća na razinu mora.

Drugi se odnosi na hvatanje vertikalnog pokreta toka. Za tu svrhu su razvijeni različiti mehanizmi, kao što su hidrauličke pumpe.

Treći način koristi oscilirajući vodeni stupac (OWC). Porast vode u cilindru tjera zrak van kroz jednostavnu turbinu. Povlačenje, pak, vode tjera zrak natrag u komoru, koji opet prolazi kroz turbinu. Kompanija WaveGen načinila je sustav LIMPET koji koristi visoko pouzdanu jednostavnu zračnu turbinu, a izveden je tako da su sve električne komponente na zemlji. Smješten je na otoku Islay u Škotskoj.

Neke vlade podržavaju napore na razvoju tehnologija koje će koristiti obnovljivu energiju oceana. Npr. danska vlada podržava razvoj 40 novih koncepata pretvorbe energije valova. No, nerijetko vlade mijenjaju politiku prema uvođenju energetski obnovljivih izvora.

Što se tiče tehnologije pretvorbe oceanske energije u električnu, različite kompanije razvile su svoje vlastite tehnologije. Tako je planirano nekoliko demonstracijskih projekata među kojima su: Sea Power & Associates (California), US Myriad Technologies (New Jersey), Ocean Power Technology (New Jersey), S.D.E. (Israel) i Ocean Power Delivery (UK). Treba ispitati koje su najpovoljnije.

Europsko tržište će najvjerojatnije dominirati u korištenju energije valova u sljedećem desetljeću. Američko energetsko tržište se okreće prema ugljikovodicima za svoju sljedeću generaciju elektrana. Drugim tržištima neodređeno je financiranje i dugoročna potpora potrebna za preuzimanje rizika pretvorbe energije valova. Dosadašnje prognoze pokazuju da će instalirani kapaciteti za korištenje energije valova doseći barem 50 MW krajem desetljeća. Izgradnja takvih elektrana u priobalju trebala bi sudjelovati u tom proračunu sa 40%.

S obzirom da je energija valova visoko pouzdan i predvidljiv izvor energije moguće je njezino korištenje u budućnosti. Tome u prilog ide i odogovornost zemalja za smanjenje emisija ugljičnog dioksida i drugih plinova iz domaćinstava. To će ubrzati komercijalizaciju tehnologija pretvorbe energije valova oceana u električnu energiju, a time i širu primjenu.

Power Engineering International, February 2002.

P. M.

SOLARNA REVOLUCIJA

Nakon napada na Ameriku društvo počinje redefinirati sigurnost u svijetlu. Rađa se jedan novi scenario vezan uz korištenje obnovljivih izvora energije. Izgradit će se svijet s mnogo manje vezanosti uz naftu, bez nuklearnih elektrana i s manje prijetnje sigurnosti.

Ostalo je otvoreno pitanje u kojem se vremenskom roku to može postići.

Pitanje se povlači već 20 godina, od vremena kada je ministar za naftu Saudijske Arabije Sheik Yamani upozorio svoje kolege ministre OPEC-a da će za to trebati najviše sedam do deset godina. To je bilo s tehnologijom od prije 20 godina, koje su bile inferiorne u odnosu na tadašnje ovisne o nafti, plinu i ugljenu,.Tada je svijet izabrao opciju da ne investira u obnovljive izvore energije, iako je upozoravano da nastavak korištenja tehnologija sa sagorijevanjem fosilnog goriva, ekonomski i ekološki pogoršava globalno zagrijavanje

Kako su se danas pogledi na ekologiju promijenili, a promijenila se i tehnologija korištenja obnovljivih izvora energije, mnogi vjeruju da ova tehnologija ima budućnost. Tako kompanija Solar Centry daje svoju viziju buduće primjene jednog od obnovljivih izvora energije. To je korištenje solarne energije putem fotovoltaičkih ćelija koje ima mjesta u globalnom energetskom tržištu.

Što se tiče primjene fotovoltaičkih ćelija (PV), čak i u oblačnoj zemlji poput Velike Britanije, procijenjeno je da bi moderna PV tehnologija, postavljena na svim dostupnim krovovima proizvela više struje nego što je trenutačna godišnja nacionalna potrošnja.

Prema najnovijoj studiji "Performance and Innovation Unit" ocijenjeno je da bi UK također zadovoljila svoju godišnju nacionalnu potrošnju s vjetroelektranama, koristeći samo mali dio povoljnih površina. Isto tako bi se korištenje lako pristupačne energije valova moglo udvostručiti. No, nitko ne traži ovisnost o samo jednoj tehnologiji te se može koristiti njihova kombinacija.Vodik kao gorivo može se dobiti iz vode pomoću solarne struje i drugih obnovljivih izvora.

Kad bi se sredstva koja se troše u vojnim budžetima koristila za proizvodnju solarne energije mogla bi se sagraditi mnoga solarna postrojenja. Globalni vojni budžet iznosi 700 do 800 milijardi godišnje, odnosno oko 2 milijarde dnevno. Zaljevski Rat je koštao preko milijun dolara dnevno. S milijun dolara solarna industrija bi mogla sagraditi dva do deset PV proizvodna postrojenja, ovisno o tipu tehnologije.

Vodeća osiguravajuća društva davno su upozoravana da će bankrotirati zbog globalnog zagrijavanja. Gubici zbog prirodnih nepogoda su im rasli 10% godišnje tijekom 4 desetljeća. Ako se trend nastavi, na istoj razini u sljedećem stoljeću uništit će se blagostanje jednako tako brzo kako se stvara.

U budućnosti korištenje solarne energije mora biti jedan od glavnih ciljeva svake vlade koja želi povećati energetsku efikasnost, smanjiti emisije stakleničkih plinova, jer time gradi ne samo nacionalnu, već i globanu sigurnost. Treba odlučiti hoće li biti promatrači te revolucije, ili sudjelovati u njoj.

Refocus, January/February 2002.

P. M.

OSPOSOBLJAVANJE TRGOVACA

Danas je trgovanje energijom sofisticiranije nego ikada prije. Programi sveučilišta i kompanije koje se bave osposobljavanjem nastoje osposobiti trgovce za tehnike koje su im nužne u obavljanju njihovog posla i koje moraju znati.

Kako danas energetske tvrtke investiraju milijune dolara u trgovanje, posao osposobljavanja trgovaca poprima posve novu važnost. Povećani interes za osposobljavanje počinje na razini sveučilišta gdje raste broj škola koje nude programe za osposobljavanje trgovaca,a koje sufinanciraju energetske kompanije.

U siječnju je Art Smith, iskusni predavač na Texas A&M University's Lowry Mays College & Graduate School of Business, počeo prvi univerzitetski tečaj za menadžment energetskog rizika, s 30 polaznika. Međutim stručnjaci sma-

traju, da čak i ovakvi univerzitetski programi neće u potpunosti ispuniti potrebu za kontinuiranim obrazovanjem. Ozračje trgovanja je toliko sofisticirano da trgovci trebaju kontinuirano nadograđivati svoje znanje.

Energy markets, March 2002.

P. M.

ŠTO JE SLIJEDEĆE?

Web tehnologije su dokazale da mogu smanjiti troškove poslovanja. Ipak, upitan je budući uspjeh e-trgovine u energetskom prostoru. Da bi u potpunosti iskoristili Internet, distributeri, trgovci na malo i veliko moraju spoznati koje su Web tehnologije najbolje primjenljive na njihovom tržišnom segmentu i poslovnim situacijama.

Deregulacija nije zaustavljena, samo je predahnula. Nakon dva kalifornijska pada – električnih kriza 2000/2001 te raširenog kolapsa cijena dionica IT tvrtki Silicijske Doline – danas slagalica e-trgovine izgleda puno drugačije. Industrija energije je pametnija, proučila je trendove te ima mnogo bolji stav kako primijeniti Web tehnologije da bi se postigla prednost u poslovanju. Budući glavni zadatak je jasno razumjeti što Web tehnologije mogu, a što ne. Energetske su tvrtke naučile da e-trgovina – na malo i na veliko – stvarno može smanjiti izdatke i povećati produktivnost.

Snaga Interneta je njegova sveprisutnost i prodornost, a glavna slabost težak prijenos kompleksnih aplikacija. Ove karakteristike se odražavaju u sadašnjem načinu korištenja e-trgovine. Posljednjih nekoliko godina pokazalo je da Web tehnologija najbolje služi u prijenosu transakcijskih podataka velikog opsega i relativno jednostavnih aplikacija na prostorno raspršenim lokacijama.

Konstituirajući svoj vlastiti tržišni segment, postoje tri grupe sudionika na današnjem energetskom tržištu:

– distributeri
– trgovci na malo
– trgovci na veliko i njihovi potrošači.

Uporaba Web aplikacija u svakom segmentu reflektira njegovu svrhu i efektivnost. Distributeri će nastaviti investirati u Web aplikacije zato što razvoj takvih aplikacija košta najmanje. Nasuprot tome, trgovci na malo su vođeni prihodom. Njih zanima strateška prodaja i tržište. Napokon, posao trgovaca na veliko i njihovih potrošača baziran je na cijeđenju i najmanjeg profita iz ugovora.

Od svih tržišnih sudionika, distribucijske su se kompanije morale najviše mijenjati da bi u svoj sustav uklopile Web tehnologije. Morale su u potpunosti redizajnirati svoje poslovne procese da bi se pripremile za IT posljedice u vođenju izbora trgovine na malo. Iako su rezultati bili različiti, većina izvješćuje da je uporaba Web tehnologija stvarno uštedjela novac.

Energy it, January/February 2002.

P. M.

POGLED U DALJU BUDUĆNOST U STUDIJI WEC-a

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC) proveo je istraživanje da bi otkrio što je će se dogoditi s tehnologijama čije planiranje je temeljeno na scenarijima. Energija je gorivo ekonomskog razvoja. Ogromna produktivnost ima za posljedicu da industrijalizirane zemlje i one u procesu industrijalizacije ne mogu zamisliti život bez struje za napajanje računala i strojeva kao ni bez goriva za transport robe i ljudi. Ali produktivnost je besmislen pojam za siromašnog građanina zemlje kojoj je gospodarstvo na nezavidnoj razini. Za 1,6 milijardi ljudi bez pristupa komercijalnoj energiji poboljšanje u njihovim životima, koja bi omogućila energija, predstavlja ono osnovno – zamrzavanje hrane, grijanje domova, učenje noću i omogućavanje rada daleko od kuće.

Na 17. Kongresu u Houston-u 1998., WEC je odlučio da je od vitalnog značenja identificirati i usporediti energetske tehnologije koje mogu održati svijet u 21. stoljeću. Suprotno akademskoj vježbi, ova studija ima praktični cilj: preporučiti korake koje vlade i industrija mogu poduzeti da osiguraju razvoj novih energetskih tehnologija koje će biti dostupne svima ili bar najvećem dijelu.

Global Energy Business, September/October 2001.

P. M.

TEHNOLOGIJA NA POTEZU

Obnovljiva energija je značajna za globalnu industriju i energija vjetra djelomično postaje popularan izvor. Ali kakvi su kratkoročni i dugoročni izgledi za ovu industriju?

Energija vjetra se od obnovljivih energija trenutačno najbrže razvija. Njen porast u Europi iznosi 36% godišnje. No, pitanje obnovljive energije predstavlja prosječnom poslovnom čovjeku ili investitoru niz poteškoća.

Kako je sve veći napredak iz desetljeća u desetljeće, veliki broj poslovnih mogućnosti će vjerojatno stvoriti obnovljiva energija općenito u čemu će sudjelovati djelomično i energija vjetra.

Četiri su faktora koja ubrzavaju razvoj industrije obnovljivih energija:

– *Tržišta koja uvažavaju ekologiju*

OECD zemlje koje slijede Kyoto protokol jako će ubrzati uporabu obnovljivih energija kod sebe. Od njih se očekuje da naprave najveći korak u uporabi obnovljivih energija u kratkoročnom i dugoročnom razdoblju.

– *Energetski vođena tržišta*

To su djelomično azijske i ekonomije u razvoju gdje je potražnja za novom energijom uvjetovana porastom populacije, industrijalizaciojm i urbanizacijom.

– *Zeleni potrošač*

– *Energija vjetra.*

Predviđanja porasta instaliranih kapaciteta za korištenje energije vjetra prikazano je u donjoj tablici.

Prognozirani instalirani kapaciteti u vjetroelektranama po regijama od 2001. do 2010.

MW	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
Europa	15850	20450	26800	32217	36800	41000	45000	51000	56000	63000
Sjeverna Amerika	4100	5200	6500	9100	11500	13200	14800	16900	19000	20000
Južna i srednja Amerika	105	170	200	250	310	340	480	510	670	800
Pacifik	240	310	420	550	650	700	890	1020	1400	1600
Azija	1600	1980	2200	2500	2800	4000	4400	51000	6000	6540
Srednji istok i Afrika	143	170	180	200	220	380	440	500	560	600
UKUPNO:	**22038**	**28280**	**36300**	**44817**	**52280**	**59620**	**66010**	**75030**	**83630**	**92540**

Power Engineering International, December 2001.

P. M.

NOVOSTI IZ SIEMENS-a

Siemens je dobio veliku narudžbu vrijednu 250 milijuna eura iz Hong Konga za dogradnju i proširenje gradske srednjonaponske distribucijske mreže.

Najveći honkonški isporučitelj električne energije China Light and Power sklopio je ugovor sa Siemensovom grupom za prijenos i distribuciju iz Njemačke za dogradnju i proširenje 12-kilovoltne srednjonaponske distribucijske mreže na području grada. Narudžba vrijedna više od 250 milijuna eura uključuje opskrbu, instaliranje i stavljanje u pogon 14 transformatorskih stanica zajedno s transformatorima i sustavima daljinske komande te izgradnju 1700 distributivnih stanica na urbanom području. Sam projekt trajat će četiri godine. Plinom izolirana srednjonaponska postrojenja koja čine temeljni dio narudžbe u skladu su s najvišim standardima sigurnosti.

Siemens Press, November 7, 2001.

P. M.

ČEŠKA REPUBLIKA IDE NAPRIJED

Češka vlada planira u potpunosti liberalizirati energetsko tržište do 2006. godine. Instalira se IT sustav da bi se osiguralo brzo i efikasno vođenje novog tržišta.

Povijest češke energetske industrije seže unazad do zadnje četvrtine 19. stoljeća, u vrijeme industrijske revolucije. Za vrijeme tog perioda prva postrojenja za proizvodnju električne energije smještena su i od početka korištena za industrijske svrhe i osvjetljenje javnih površina.

Ubrzani rast potrošnje u 1890. godini ograničen je činjenicom da je korištena samo direktna struja bez transformacije. Tek razvojem transformatora početkom 20. stoljeća postignut je daljnji razvoj u energetskom sektoru. Nakon 1945. godine sve privatne i gradske kompanije nacionalizirane su u

jednu, državnu organizaciju, CEZ (Ceske Energticke Zavody).

Nakon pada komunističkog režima, osam regionalnih distribucijskih kompanija izdvaja se iz CEZ, koji sa svojih 26 elektrana ostaje dominantan u proizvodnji električne energije. Nezavisni proizvođači sudjeluju sa 25% proizvodnje električne energije na tržištu električne energije.

Regionalne distribucijske kompanije privatizirane su1994. godine. No, država i dalje ima većinu u vlasništvu. Također se iz CEZ-a odvaja prijenosna djelatnost i osniva kompanija ČEPS.

Vladin program liberalizacije energetskog tržišta povezan je s novim energetskim zakonom, koji je stupio na snagu 1. siječnja 2001. Novi zakon pokriva liberalizaciju tržišta električne energije, tržište plina i toplinarstva s tim da jedna trećina ostaje regulirana. Za uvođenje tržišnog natjecanja odgovoran je ministar trgovine i industrije koji ujedno ima ovlaštenje da kao regulator prati i kontrolira elemente monopola na tržištu.

Energetski zakon određuje progresivno otvaranje tržišta električne energije koje počinje u 2002. godini za proizvođače preko 10 MW instalirane snage i potrošače s godišnjom potrošnjom preko 40 GWh. Kompletno otvaranje tržišta električne energije trebalo bi biti uvedeno do 2006. godine.

Također, energetski zakon utvrđuje prava i odgovornosti individualnih sudionika na tržištu (proizvodači, trgovci, povlašteni potrošači, zaštićeni potrošači, operatori prijenosa, operatori distribucije).

Cijene struje su liberalizirane. Cijene prijenosnih i distribucijskih usluga zbog svog monopolnog karaktera regulirane su od strane države,.

PEI, December 2001.

P. M.

NOVA ORGANIZACIJA ZA OBNOVLJIVU ENERGIJU

Jedna od najvećih zapreka, za prodor obnovljive energije u svijetu je nepoznavanje potencijala, tehničkih mogućnosti i političkih strategija.

Organizacija Eurosolar potaknula je inicijativu da se osnuje međunarodna agentura IRENA (International Renewable Energy Agency) koja bi se bavila navedenim problemima. Agentura bi bila osnovana po uzoru na Međunarodnu agenturu za atomsku energiju, koju izravno podupiru nacionalne vlade. Njemački su "Zeleni" izjavili da će se založiti da ovakva organizacija što prije proradi.

EW, god. 101(2002), br. 4

Mrk

NOVI ČLANOVI GPI

Francusko elektroprivredno poduzeće EdF i talijansko elektroprivredno poduzeće ENEL ušli su kao članovi u organizaciju German Power Index (GPI). GPI je jedini indeks o cijeni električne energije čiji se podaci osnivaju na stvarnim zaključcima ugovora u Njemačkoj i izvan nje. Usvajanjem dvaju novih članova, broj učlanjenih poduzeća iznosi 30.

Volumen poslovanja porastao je od osnivanja (početak 2001.) za 115%. Prosječni je dnevni promet 170000 MWh električne energije.

EW, god. 101(2002), br. 4

Mrk

NEKI VAŽNI PODACI O PROJEKTU NAJVEĆE HIDROELEKTRANE SVIJETA

Nakon dugog projektiranja, tijekom 20. stoljeća, Kineski Narodni kongres je u travnju 1992. godine odobrio gradnju najveće hidroelektrane na svijetu, na rijeci Jangce, nazvanu "Tri klisure" (Three Gorges). Gradnja ove hidroelektrane, osim velike elektroenergetske vrijednosti, čuvat će područje od velikih poplava i poboljšati plovidbu rijekom.

Radi gradnje brane uspon rijeke bit će dugačak 600 km, prosječne širine 1,1 km. Bit će potrebno da se iz priobalja iseli oko 1,6 milijuna ljudi.

Duljina brane iznosit će 2309 m, a ukupni kapacitet akumulacije 39 milijiardi m^3 vode. Najviša planirana visina nivoa vode bit će 175 m n. v., uslijed brane podignuta s 85 m n. v. Površina akumulacije iznosit će 1084 km^2. Ukupna instalirana snaga elektrane iznosit će 18200 MW, s 26 agregata po 700 MW. Kod minimalnih voda, hidroelektrana će moći davati snagu od 5000 MW. Godišnja se proizvodnja procijenjuje na 84700 GWh.

EW, god. 101(2002), br. 4

Mrk

GEOTERMALNA ENERGIJA U NJEMAČKOJ

Grupa njemačkih poduzeća i istraživačkih organizacija gradi prvi testuređaj za iskorišćenje geotermalne energije. Predviđeno je da se izvede bušotina, dubine 5450 m u blizini grada Bremerhavena. Teren na kojem treba biti bušotina istraživan je već pri traženju nafte i plina. Nađene su naslage soli, što upravo odgovara realizaciji projekta, jer će bušenje biti olakšano.

Prema današnjem stanju tehnike, kod geotermalnog korištenja energije razlikuje se površinsko (do dubine od 400 m) i dubinsko bušenje. Pri tome se primijenjuju tri metode, prema tome kako se geotermalna energija koristi u elektranama: postupak korištenja vrućeg kamenja (Hot-Dry-Rock-metoda), hidrotermalna metoda i metoda duboke smole. Većinom se koriste vrući izvori pare (gejziri u SAD) i izvori vruće vode(na Novom Zelandu). Danas je u svijetu u geotermalnim elektranama instalirana snaga od 1700 MW.

Posebnost je ovog projekta, koji se realizira u blizini Bremerhavena, što nositelj topline, kao što je uobičajeno, nije voda već amonijak, što znatno povećava učinkovitost postrojenja. Tekući amonijak ulazi kroz cijev u bušotinu, gdje se na dnu bušotine, na temperaturi oko 160^0 C pretvara u paru. Kao para vraća se na površinu i izravno ulazi u turbinu, preko pregrijača. Na turbinu je vezan generator. Dio topline, pod sniženim tlakom, koristi se kao toplinska energija.

Ovdje se ne može zanemariti ni ekološki moment. U usporedbi s termoelektranom, koja grije kotlove zemnim plinom, postiže se ušteda primarne energije i emisije CO_2. Takva ušteda iznosi 85% kod topline i 40% kod električne energije.

EW, god. 101(2002), br. 4

Mrk

ZVJEZDIŠTA NJEMAČKIH DISTRIBUTIVNIH ELEKTRIČNIH MREŽA

U okviru potreba svoje statistike kvarova njemačka je elektroprivreda provela anketu, kojju je ispunilo 141 distributivno poduzeće. Anketom se traže između ostalog i podaci o uzemljenju zvjezdišta električne mreže naponskih razina 6 kV - 110 kV.

Anketa je pokazala da su industrijske mreže 6 kV i 10 kV s izoliranim zvjezdištem, dok su javne mreže tih napona, uglavnom s kompenzacijom zemnog spoja, a mreže 15 kV u 80% slučajeva imaju u zvjezdištu omske otpore koji ograničuju struju.

Električne mreže 20 kV i više praktički, s vrlo malo iznimaka, imaju kompenzaciju zemnog spoja, koja se većinom udešava ručno.

EW, god. 101(2002), br. 4

Mrk

TERMOELEKTRANE NA UGLJEN U KINI

U 14-milijunskoj aglomeraciji Šangaj u Kini gradi se najmodenija i jedna od najvećih termoelktrana na ugljen. Ukupne su investicije procijenjene na 1,9 milijardi US$. Projektiranje i gradnju izvode njemačka poduzeća. Elektrana će imati dva superkritična bloka, snage po 900 MW. U usporedbi s uobičajenim termoelektranama na ugljen, u ovoj će elektrani para biti ugrijana na ekstremno visoke temperature, čime će biti znatno uvećana korisnost postrojenja. Uređaji će biti visoko autimatizirani, uključujući otpremu pepela, prašine i pirita.

U prošlim godinama Kina je bila, svjetski gledano, najveće tržište za termoelektrane na ugljen, a i u budućnosti treba računati na veliki porast potreba za energijom.

EW, god. 101(2002), br. 1/2

Mrk

OLAKŠANJE U SVEZI PROMJENE DOBAVLJAČA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Kako bi i mali potrošači (kućanstva) električne energije inali koristi od liberalizacije, Njemačko Savezno ministarstvo za gospodarstvo i tehnologiju uvelo je posebni telefon, kojim potrošač može promijeniti svog dobavljača električne energije. Tim telefonom mogu se dobiti sve informacije u svezi s promjenom dobavljača, odnosno uputiti žalbe i upozoriti na postojeće poteškoće u dobavi.

EW, god. 101(2002), br. 3

Mrk

NOVA SOLARNA ELEKTRANA U AUSTRALIJI

U Australiji su si postavili kao cilj, dobavu 9500 GWh iz obnovljivih izvora, prema 925 GWh koje proizvode danas. Stručnjaci smatraju da će proći još mnogo vremena da Australija postigne taj cilj. Planira se radi sve veće proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora izgraditi 5 solarnih elektrana, a gradnja prve bi počela 2003. godine. Za sada se istražuju najpovoljnije lokacije. Njena je gradnja procijenjena na 700 milijuna australskih dolara. Solarni kolektor elektrane, sagrađen od stakla i plastike, bio bi širok 5 km. U centru kolektora bio bi podignut toranj visine 1000 m. U dnu tornja ugradila bi se turbina, najveća takve vrste u svijetu, koja bi pogonila generator za proizvodnju električne energije. Ugrijani zrak u kolektoru dizao bi se u tornju i pokretao turbinu. Uvjereni su da jedan toranj pridonosi oko 8% željenom cilju.

EW, god. 101(2002), br. 3

Mrk

ENERGIJA IZ VJETROELEKTRANA U SVIJETU JE U NAGLOM PORASTU

Tijekom 2001., porasla je instalirana snaga vjetroelektrana u svijetu za 31%, tj. na 23000 MW. U usporedbi s 2000. godinom kad je instalirana snaga iznosila 17800 MW.

Jedna trećina ukupne instalirane snage otpada na Njemačku (8000 MW), slijede SAD sa 4150 MW i Španjolska sa 3500 MW.

Ukupno je porastao kapacitet vjetroenergije od godine 1995. za 487%, a u tom je vremenskom rasponu pala uporaba ugljena, kao goriva za 9%.

Razlog vrlo naglog korištenja energije vjetra jest opća težnja za smanjenjem emisije CO_2 i pad cijene vjetroelektrana. Ovaj trend osjeća i industrija, gdje rastu narudžbe za vjetropostrojenjima. Većina industrijskih zemalja nastoji povećati instaliranu snagu svojih vjetroelektrana i time znatno uposliti svoju industriju.

EW, god. 101(2002), br. 3

Mrk

MALE TOPLINSKE CRPKE

Problem smještaja često je prepreka da se negdje ugradi toplinska crpka. To je riješila njemačka tvrtka Dimplex. Izvedeni su uređaji toplinske crpke koji iziskuju vrlo malo mjesta. Njihova je širina 60 cm, dubina 50 cm, a u svom su radu vrlo tihi. Grade se za snage 5-21 kW.

EW, god. 101(2002), br. 4

Mrk

OTVARANJE TRŽIŠNE UTAKMICE U ZEMLJAMA EU

Njemačka elektroprivreda negoduje, što većina članica EU nije poptuno omogućila slobodnu utakmicu na tržištu električne energije. Potpredsjednik udruge njemačke elektroprivrede K. O. Abt traži da se poteškoće slobodnog tržišta električne energije, u zrmljama EU, što prije uklone. Od 15 članica EU samo su 4 potpuno otvorile slobodno tržište električnom energijom, kao Njemačka. Više od 200 milijuna potrošača ostalo je izvan slobodnog tržišta, što svakako treba ispraviti.

Sama EU komisija je utvrdila da postoje jaka proturječja u tržišnoj utakmici. Njemačka će elektroprivreda potpomagati sva nastojanja EU-komisije da se slobodno tržište električne energije u svim zemljama EU što prije potpuno otvori.

EW, god. 101(2002), br. 4

Mrk

30 MILIJUNA EURA ZA DALJNJI RAZVOJ OBNOVLJIVE ENERGIJE

Cilj je Njemačke savezne vlade da udio obnovljive energije od 6,25% u godini 2000. udvostruči na 12,5%, do godine 2010. Da bi se to moglo ostvariti, savezno je ministarstvo za okoliš dobilo na raspolaganje 30 milijuna eura do 2003. Tim bi se novcem financirali istraživački i razvojni programi iz područja solarnotermičkih elektrana, geotermičkih i uzgrednih ekoloških istraživanja. Uporabom vjetra, biomase i gorivih ćelija, također spada u projekte koji će se podupirati tim novcem. Ukupno je ministarstvu predloženo 50 projekata, od kojih je 30 odabrano za finaciranje.

EW, god. 101(2002), br. 5

Mrk

NAJVEĆA DIZELSKA ELEKTRANA SE GRADI U SUDANU

Konzorcij tvrtki, pod vodstvom tvrtke Siemens, ugovorio je gradnju, najveće u svijetu, dizelske elektrane (257 MW) u blizini grada Kartuma, u Sudanu, u Africi. Električni dio i automatiku vođenja dobavit će i ugraditi tvrtka Siemens, dok će dvotaktne, sporohodne dizelske motore (snage 20 do 40 MW) izraditi i dobaviti poduzeće iz Poljske.

Ugovoreni radovi predstavljaju investiciju od 200 milijuna eura. Postrojenje mora postupno ući u pogon do 2004. godine.

Elektrana će kao pogonsko gorivo u prvo vrijeme trošiti uvozno teško ulje, a zatim se predviđa trošenje goriva iz domaćih izvora.

U okviru projekta predviđen je novi vod 110 kV, kojim će se električna energija iz elektrane voditi u javnu mrežu državnog elektroprivrednog poduzeća National Electricity Corporation.

EW, god. 101(2002), br. 5

Mrk

POTROŠAK PRIMARNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

	2000.		2001.	
Energent	PJ	%	PJ	%
Mineral, ulje	5489	38,4	5577	38,5
Zemni plin	2995	21,0	3124	21,5
Kameni ugljen	2008	14,1	1905	13,1
Smeđi ugljen	1547	10,8	1830	11,2
Nuklearke	1849	13,0	1867	12,9
Voda i vjetar	106	0,7	111	0,8
Saldo izvoz-uvoz	9	0,1	3	0,0
Ostalo	275	1,9	290	2,0
Ukupno	14278	100,0	14501	100,0

Općenito se može reći, da je potrošak primarne energije u Njemačkoj stabilan. Povećanje od 1,6%, u 2001. g., može se pripisati jačoj zimi. Opaža se porast potroška smeđeg ugljena zbog ulaska u pogon novih elektrana, a pad utroška kamenog ugljena. Uvoz i izvoz električne energije je izbalansirani.

EW, god. 101(2002), br. 5

Mrk

NIJEMCI I NUKLEARNE ELEKTRANE

Njemačka proizvodi gotovo jednu trećinu električne energije u nuklearnim elektranama, ali se javlja pokret o njihovom postupnom ukidanju. Prema učinjenoj anketi 65% ispitanika se izjasnilo da nulearke mogu raditi do dogovorenog roka. Ovom anketom, utvrđeno je da 27% građana smatra novi »atomski zakon« uglavnom lošim. Samo 8% ispitanika želi da se nuklearne elektrane odmah iskopčaju.

EW, god. 101(2002), br. 6

Mrk

ELEKTRIFIKACIJA GABONA

Prema narudžbi države Gabon, u Centralnoj Africi (267 000 km2, 1 800 000 stan.), njemačka će tvrtka Siemens decentralizirano elektrificirati 100 raštrkanih naselja diljem zemlje.

Potrebna električna energija će se proizvoditi u solarnim elektranama. Ćelije će većinom biti smještene na krovovima, a postrojenja potpuno automatizirana. Postrojenja će biti kompletno izrađena u Njemačkoj i montirana na priređena postolja. U poslovima pripreme i montaže njemačko će poduzeće surađivati s domaćim.

Predviđeno je da mjesne škole dobiju postrojenja vršne snage 660 W, a bolnice 550 W, uz napon od 220 V. Za stambene zgrade i javnu rasvjetu predviđene su proizvodne jedinice vršne snage od 110 W uz 12 V, istosmjerne struje.

Ova solarna elektrifikacija nema samo za cilj podizanje životnog standarda stanovništva, već je neophodno potrebno da

se zdravstvu omogući upotreba rashladnih uređaja za čuvanje lijekova. Time će se znatno povećati zdravstvena zaštita stanovništva i smanjiti veliki pomor dojenčadi.

EW, god. 101(2002), br. 2

Mrk

ENERGIJOM VJETRA NJEMAČKA U 2001. GODINI ISPOD PROSJEKA

Otkad se vjetar koristi za pogon modernih vjetroelektrana, najmanje pogodne prilike za njegovo iskorištavanje bile su u Njemačkoj 2001. Pokazalo se, da je u istočnom dijelu Njemačke podbacila proizvodnja iz vjetroelektrana za 30%, prema dosadašnjoj prosječnoj godišnjoj vrijednosti. Nisu pale samo jakost i učestalost vjetra, već su se nepogodno mijenjali i smjerovi vjetra: Treba naime primijetiti da se vjetroelektrane pri gradnji okreću tako da mogu koristiti smjer vjetra, najčešći u tom području...

Pri projektiranju parka vjetrenjača treba se pobrinuti za potrebnu energetsku rezervu za korištenje u nepovoljnim meteorološkim prilikama. Kod energije vjetra ne može se računati na kratkoročne profite već na prosječno dugoročno djelovanje.

EW, god. 101(2002), br. 6

Mrk

ELEKTROPRIVREDA MAKEDONIJE

Ugledni njemački elektroprivredni časopis donosi postojeće stanje elektroprivrede u republici Makedoniji, kao preteče studije za poboljšanje tamošnjeg elektroenergetskog sistema. Konstatirano je da je elektroprivreda jedinstvena; državna s ukupnom proizvodnjom od 6625,9 GWh, od čega oko 80% električne energije dolazi iz termoelektrana na ugljen. Termoelektrana Negotino, na pogon naftom, zbog velikih troškova pogona, ulazi u pogon tek u težim energetskim prilikama.

Ukupna instalirana snaga elektrana od 1446 MW mora zadovoljiti zimski vrh opterećenja od 1214 MW. Budući da su visokonaponski prijenosni vodovi u lošem stanju, makedonski elektroprivredni sustav mora raditi otočno, tj. odijeljeno. Oko 50% proizvedene električne energije troše domaćinstva, a tek oko 20% industrija i rudarstvo, prvenstveno ugljenokopi. Utvrđene su velike poteškoće i općenito nedostaci u elektroenergetskom sustavu. Vrlo su loše naponske prilike na prijenosnim vodovima. Visoka je vlastita potrošnja elektrana, koja iznosi do 15%. Tehnički gubici proizvedene električne energije iznose 23%. Od toga oko 80% u niskonaponskoj mreži, 6% u srednje i 2% u visokonaponskoj mreži. Oko 12% su gubici u transformatorima. Veliki gubici nastaju zbog slabe distributivne i prijenosne mreže i neprikladnih prijenosnih napona.

Da bi se popravilo tako loše stanje planiraju se prioritetni projekti koje treba što prije realizirati:

- izgradnja toplane u Skopju (100 MW električne i 150 MW toplinskih),
- akumulaciona elektrana Kozjak (80 MW) kraj Skopja,
- izgradnja hidroelektrana u području Šarplanine i na rijeci Vardaru,
- proširiti termoelektranu Bitola, još jednim blokom,
- izraditi detaljan plan električne mreže, uzimajući u obzir povezivanje u južnoj Europi,
- pojačanje razdjelnih mreža, ugradnjom novih transformatora,
- organiziranje regionalnog dispečinga.

EW, god. 101(2002), br. 6

Mrk

NOVA VELIKA SOLARNA ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

Napuštena šljunčara, u bavarskom mjestu Söchtenau iskorištena je za montažu elemenata najveće solarne elektrane u Njemačkoj, instalirane snage 600 kW. Postrojenje ima 5760 solarnih modula, ukupne površine 5500 m^2. Predviđeno je da će elektrana davati godišnje 608000 kWh električne energije.

EW, god. 101(2002), br. 7

Mrk

OBNOVLJIVA ENERGIJA U NJEMAČKOJ

U Njemačkoj se različitim oblicima pomoći nastoji što više unaprijediti i povećati udio električne energijem dobivene iz obnovljivih energetskih izvora. U obnovljive izvore obuhvaćena je hidroenergija, energija iz biomase, energija vjetra i sunca, kao i energija dobivena iz smeća. Promatra li se razvoj od godine 1986. do 2000. vidi se znatan razvitak, kako u broju postrojenja, tako i u proizvedenoj električnoj energiji. U današnjem (2000. god.) stanju postrojenja i proizvodnje obnovljive energije u Njemačkoj vidi se iz tablice 1.

Tablica 1

ENERGENT	Br. postr.	Snaga MW	Proiz. GWh
VODA	5620	4547	21683
BIOMASA	1271	510	1405
Vjetar	8884	5898	9515
Fotonapon	15695	62	32
UKUPNO	31470	11016	32633

Porast pojedinih vrsta postrojenja obnovljive energije nije jednako rastao kroz godine, što je pokazano u tablici 2. Najveći je porast u vjetroelektranama, a najmanji u hidroelektranama.

Tablica 2

		1986	1990	1994	1998	2000
Fotonapon	Inst. MW	-	1,6	33,5	61,5	
	Proiz. GWh	-	0,6	4,2	14,8	31,8
Biomasa	Inst. MW	-	190	276	409	510
	Proiz. GWh	-	222	570	1050	1405
Vjetar	Inst. MW	4,8	47,5	632	2672	5898
	Proiz. GWh	1,3	71,4	909	4489	9513
Voda	Inst. MW	4072	4221	4380	4600	4547
	Proiz. GWh	15549	14789	17473	16877	21683
UKUPNO	Inst. MW	4076	4459	5297	7715	11016
	Proiz. GWh	15550	15082	18957	22431	32633

Obnovljiva energija, koja je ušla u javnu mrežu 2000., porasla je prema prethodnoj godini za 23,5%. Glavni dio povećanja

odnosi se na energiju vjetra (72%). Energija dobivena od biomase porasla je za 22%, a od solarnih elektrana 66%. Proizvodnja hidroelektrana povećana je doduše za 10%, ali to je ponajviše utjecaj vremenskih prilika. Uzme li se još u obzir energija dobivena od sagorijevanja smeća, ukupna bi obnovljiva energija iznosila 35,5 TWh, što čini udio od 7,1% u ukupnoj potrošnji električne energije u Njemačkoj.

Nije samo povećana proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora već znatno porastao i broj proizvodnih postrojenja. Okruglo uzevši bilo je ukupno na regenerativnim izvorima instalirano godine 2000. oko 1000 MW (9173 MW u 1999.)

EW, god. 101(2002), br. 7

Mrk

E – CELL PROJEKT

Početkom ove godine dogovorili su se predstavnici njemačkog grada Hannovera i tvrtka Siemens da realiziraju projekt gorive ćelije, tip»E – Cell». Postrojenje bi imalo snagu 250 kW, a davalo bi električnu energiju i toplinu. Namijenjeno je u prvome redu industriji i zanatstvu. Prvu elektranu takvog tipa instalirat će se u elektrani Herrenhansen kraj Hannovera. To će biti značajan doprinos, da se takva tehnologija može tržno koristiti. Demonstraciona elektrana E-Cell, na bazi gorive ćelije, posljednji je korak serijskoj proizvodnji, koju želi tvrtka Siemens organizirati 2003. u Americi.

Pogon ovog probnog postrojenja vodit će gradska poduzeća grada Hannovera, uz pažljivo praćenje i opsežna mjerenja. Na taj bi se način stekla bogata iskustva o uspješnosti rada postrojenja nove tehnologije i usavršila postrojenja planirane serijske proizvodnje.

EW, god. 101(2002), br. 8

Mrk

SOLARNE ELEKTRANE TREBAJU POSTATI IZVOZNI NJEMAČKI ŠLAGER

Njemačko savezno ministarstvo je zaključilo da u okviru poticaja za iskorištenje obnovljive energije, treba unapređivati i solarnotemperaturna postrojenja. U Berlinu je organizirano posebno stručno zasjedanje s temom »Visokotemperaturne solarno termičke elektrane«. U razvoju i primjeni ove tehnologije Savezno ministarstvo vidi budući njemački izvozni šlager od velike koristi.

Za istraživanje i razvoj Savezna je vlada do 2003. odobrila 10 milijuna eura.

Istražuje se i razvija pet projekata različitih tehnologija. Od tehnologije paralelnih zrcala do solarnih tornjeva.

Za težište istraživanja obnovljive energije, Savezno je ministarstvo odobrilo ukupno 30 milijuna eura.

EW, god. 101(2002), br. 8

Mrk

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Tijekom 2001. njemačka javna mreža je preuzela neto proizvodnju sviju elektrana, uključujući i dio koje je dala industrija, željeznica i privatne elektrane. Iz priložene tablice se vidi iz kojih se energenata dobivala električna energija i koji je to udio bio u ukupnoj proizvodnji Njemačke 2001. godine.

ENERGENT	Proizv. milijarde kWh	Udio %
Nuklearka	162,1	30
Smeđi ugljen	143,1	27
Kameni ugljen	125,8	23
Zemni plin	48,7	9
Loživo ulje	3,7	1
Obnovljiva E	36,3	7
Ostalo	14,5	3
UKUPNO	534,2	100

EW, god. 101(2002), br. 8

Mrk

E n e r g i j a

Godište 51 (2002) Br. 3

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1396

UDK 625.7:620.9
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/3, 223-228

TRANCRO – NACIONALNI PROGRAM ENERGETSKE EFIKASNOSTI U TRANSPORTU

Dr. Branka Jelavić, dipl. ing. – mr. Davor Matić, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar" – Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

U zemljama EU danas prevladava nepovoljna struktura pojedinih vidova putničkog i robnog transporta, pri čemu jača utjecaj cestovnog prijevoza u odnosu na druge, energetski i ekološki efikasnije oblike transporta. S gospodarskim razvojem zemalja u tranziciji, struktura njihova prometa približava se nepovoljnoj strukturi razvijenih europskih zemalja (porast broja osobnih vozila i kamionskog prijevoza i smanjenje udjela željezničkog prijevoza itd...). Preventivnim djelovanjem moguće je djelomično ublažiti posljedice mogućeg budućeg energetski neefikasnog razvoja sektora transporta. S tim je ciljem pokrenut i nacionalni program energetske efikasnosti u transportu – TRANCRO. U članku je opisana postojeća situacija i aktualni trendovi razvoja sustava transporta u Europi, te postojeće i planirane aktivnosti obuhvaćene programom TRANCRO.

(Lit. 5, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/223-228/2002.

ENERGIJA 1397

UDK 621.3.012:643.3
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/3, 187-194

ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA OPTEREĆENJA KUĆANSTAVA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Dr. sc. Srđan Žutobradić, dipl. ing. – mr. sc. Lahorko Wagmann, dipl. ing. – Mr. sc. Ernest Mihalek, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Irena Radeka, dipl. ing. – Goran Šagovac, dipl. ing.
HEP, DP "Elektra Zagreb"

U okviru suradnje DP "Elektra Zagreb" i Energetskog instituta "Hrvoje Požar" izvršena su mjerenja opterećenja u 5 TS 10/0.4 kV koje napajaju konzumna područja s pretežnim udjelom kućanstava. Odabrana su područja s različitim energentima (pored el. energije) – centralnim toplinskim sustavom (CTS), plinskom mrežom, te bez drugih umrežnih energenata. Mjerenja su provedena tzv. "data-loggerima", a trajala su po pet dana u slijedećim razdobljima – Božić 1999., Uskrs 2000. te Ljeto 2000. U referatu će se prikazati najvažniji dobiveni rezultati.

(Lit. 3, sl. 12 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/187-194/2002.

ENERGIJA 1398

UDK 096.6:621.391.82
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 51/2002/3, 229-241

O STATISTIČKIM OSOBINAMA USKOPOJASNOG ŠUMA NA NISKONAPONSKIM ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d., Prijenosno područje Zagreb, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Na temelju mjerenja izvodi se statistički model uskopojasnog šuma prisutnog na niskonaponskoj električnoj instalaciji, u području od 100 do 800 kHz. Daju se razdiobe uskopojasnih komponenti šuma po amplitudi i po razmaku na frekvencijskoj osi, koje se odnose na dane mjerne uvjete. Za utvrđivanje statistički vjerodostojne raspodjele snage po frekvencijama bilo bi potrebno izvršiti opsežnija mjerenja.

(Lit. 9, sl. 30 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/229-241/2002.

ENERGIJA 1398

UDK 096.6:621.391.82

1. O statističkim osobinama uskopojasnog šuma na niskonaponskim električnim instalacijama

I. *Sabolić, D.*

II. Hrvatska elektroprivreda d.d., Prijenosno područje Zagreb, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uskopojasni šum
Električna instalacija
Statistika

ENERGIJA 1397

UDK 621.3.012:643.3

1. Istraživanje karakteristika opterećenja kućanstava na području grada Zagreba

I. *Žutobradić, S. – Wagmann, L. – Mihalek, E. – Radeka, I. – Šagovac, G.*

II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska - HEP, DP "Elektra Zagreb"

Dijagram opterećenja
Kućanstva
Normativi opterećenja

ENERGIJA 1396

UDK 625.7:620.9

1. TRANCRO – Nacionalni program energetske efikasnosti u transportu

I. *Jelavić, B. – Matić, D.*

II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

TRANCRO
Transport
Promet
Energetska efikasnost
Ekologija

Energija

Godište 51 (2002) Br. 3

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1399

UDK 697.34:658.8.03
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/3, 195-200

INTELIGENTNI MONITORING I DIJAGNOSTIKA KAVITACIJE
Metoda za velik broj lopata radnog kola

Dr. sc. Branko Bajić, dipl. ing.
Korto Cavitation Services
Korto GmbH, Luksemburg

Prikazuje se nova, multi-dimenzionalna tehnika vibro-akustičke dijagnostike i monitoringa kavitacije, razvijena u Korto Cavitation Services. Tehnika daje detaljan uvid u kavitacijske procese u turbini u radu, nedostižan drugim tehnikama, i osigurava izuzetno visoku osjetljivost i pouzdanost monitoringa kavitacije. Ona omogućuje razlučivanje i ocjenu različitih kavitacijskih mehanizama u turbini, te razlučivanje i ocjenu uloge kritičnih dijelova trubine u kavitaciji. U članku se opisuje varijanta metode pogodna za velik broj lopata radnog kola.

(Lit. 11, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/195-200/2002.

ENERGIJA 1400

UDK 621.18.002
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/3, 243-250

KVALITETA TOPLINSKE ENERGIJE – OSNOVNI UVJET UVOĐENJA SUSTAVA INDIVIDUALIZIRANJA TROŠKOVA GRIJANJA U STAMBENIM ZGRADAMA

Mr. Florijan Rajić, dipl. ing.
Omiška 18, 10000 Zagreb, Hrvatska

U radu se opisuje postojeće stanje u sustavima grijanja stambenih zgrada iz vlastitih toplinskih stanica, i iz velikih toplinskih gradskih ili područnih sustava grijanja u Hrvatskoj. Opisuju se i pretežiti načini održavanja potrebitih temperatura i tlakova u kućnim razvodnim mrežama, te njihovi glavni nedostatci sa stajališta osiguranja kvalitete energije grijanja. Navode se europske norme i preporuke, temeljem kojih i u nas treba ozakoniti gradnju sustava grijanja s kvalitetnom proizvodnjom, mjerenjem, razdiobom, točnim i reguliranim održavanjem kvalitete topline, koja je važan uvjet za pravedno individualiziranje i naplatu potrošnje topline u skupno grijanim zgradama i stanovima Hrvatske.

(Lit. 7, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/243-250/2002.

ENERGIJA 1401

UDK 621.33:658.516
PRETHODNO PRIOPĆENJE

ENERGIJA 51/2002/3, 201-211

ELEKTROMAGNETSKA KOMPATIBILNOST U ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA

Dr. sc. Milan Puharić
Institut "Hrvoje Požar", 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektroenergetska postrojenja u koja ulaze svi tipovi elektrana, trafostanice, centri za upravljanje kao i ukupna električna mreža, postaju sve kompleksniji, pa su tako i standardi koji definiraju njihov rad sve zahtjevniji. Elektromagnetska kompatibilnost je relativno nova disciplina koja proučava interakciju izvora smetnji i primatelja, dakle smetnje na uređajima zbog međusobnih elektromagnetskih utjecaja.
Elektromagnetska kompatibilnost (EMC) koju definiramo kao sposobnost uređaja, opreme ili sustava da djeluje na zadovoljavajući način u svom elektromagnetskom okruženju kao i da ne emitira nedozvoljene smetnje u okoliš, zahtijeva poznavanje mehanizama koji dovode do interakcije izvora i primatelja. Stoga će se u članku prikazati osnovni pojmovi i zakonitosti koji dovode do međusobnih utjecaja kao i mjere za njihovo suzbijanje.

(Lit. 5, sl. 13 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/201-211/2002.

ENERGIJA 1401

UDK 621.33:658.516

1. Elektromagnetska kompatibilnost u elektroenergetskim postrojenjima

I. *Puharić, M.*

II. Institut "Hrvoje Požar", 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektromagnetska kompatibilnost
Izvor
Sprega
Primatelj

ENERGIJA 1400

UDK 621.18.002

1. Kvaliteta toplinske energije – osnovni uvjet uvođenja sustava individualiziranja troškova grijanja u stambenim zgradama

I. *Rajić, F.*

II. Omiška 18, 10000 Zagreb, Hrvatska

Kvaliteta
Količina i snaga energije
Protok
Tlak i temperatura vode

ENERGIJA 1399

UDK 697.34:658.8.03

1. Inteligentni monitoring i dijagnostika kavitacije
Metoda za velik broj lopata radnog kola

I. *Bajić, B.*

II. Korto Cavitation Services
Korto GmbH, Luksemburg

Turbina
Kavitacija
Erozija
Dijagnostika
Monitoring

Energija

Godište 51 (2002) Br. 3

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1402

UDK 621.316.11:621.31
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/3, 217-222

PROJEKT REGIONALNOG RAZVOJA PRIJENOSNE MREŽE

Mr. sc. Ivica Toljan, dipl. ing. – mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing. – mr. sc. Goran Majstrović, dipl. ing. – Vladimir Grujić, dipl. ing. – Marinko Rogić, dipl. ing.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb

U ovom radu se predstavljaju aktivnosti u okviru regionalnog planiranja prijenosne mreže pod pokroviteljstvom USAID-a. Projekt je počeo u ožujku 2001. godine i trajat će do listopada 2002. U okviru projekta svakoj zemlji sudionici je osiguran i dostavljen programski paket PSS/E američkog proizvođača Power Technologies Inc., te organizirani tečajevi korištenja. Pomoću PSS/E je zatim modelirana regionalna prijenosna mreža za 2005. godinu, a predstoji izvođenje studije vrednovanja uloge pojedinih kandidiranih interkonektivnih vodova.

(Lit. 4, sl. 3 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/217-222/2002.

ENERGIJA 1403

UDK 621.3.027.2.008
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/3, 213-215

SIMULIRANO UPRAVLJANJE SREDNJONAPONSKIM POSTROJENJEM

Nikola Petric, dipl. ing. – Zlatko Pataki, dipl. ing. – Željko Kosek, dipl. ing.

"Elektra Zagreb", Gundulićeva 28, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ovim simuliranim upravljanjem sa SN postrojenjem omogućavamo provedbu praktičnog osposobljavanja el. montera za rad na el. energetskim postrojenjima preko kompjutera. Na ovaj način izbjegli smo problem osposobljavanja na el. postrojenju pod naponom što je u pravilu i neostvarivo.
Obveza osposobljavanja proizlazi iz zakonske obveze *"Zakona o zaštiti na radu"* (N.N. 59/96). Ovakvim načinom osposobljavanja izbjegli smo bilo kakvu opasnost pri manipulaciji jer se radnje izvode na simuliranom postrojenju preko blok sheme.

(Lit. -, sl. 1 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/213-215/2002.

ENERGIJA 1403

UDK 621.3.027.2.008

1. Simulirano upravljanje srednjonaponskim postrojenjem

I. *Petric, N. – Pataki, Z. – Kosek, Ž.*

II. "Elektra Zagreb", Gundulićeva 28, 10000 Zagreb, Hrvatska

Hrvatska elektroprivreda
Električna postrojenja srednjeg napona 10 do 30 kV
Osposobljavanje za manipulaciju s el. postrojenjima

ENERGIJA 1402

UDK 621.316.11:621.31

1. Projekt regionalnog razvoja prijenosne mreže

I. *Toljan, I. – Bajs, D. – Majstrović, G. – Grujić, V. – Rogić, M.*

II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb

Interkonekcije
Investicije
Tokovi snaga
Regionalno planiranje
Tržište električne energije

Energija

Volume 51 (2002) Nº 3

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1396

UDK 625.7:620.9
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/3, 223-228

TRANCRO – NATIONAL PROGRAMME OF ENERGY EFFICIENCY IN TRANSPORT

Branka Jelavić, D. Sc. – Davor Matić, M. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163,10000 Zagreb, Croatia

The modal split between various transport modes in EU countries (with increasing share of road transport) is inefficient from energy and environmental point of view. Together with the transition countries' economic development, their modal structure is moving towards the modal split of EU countries (growing number of private cars, rising share of trucks and lorries parallel with decreasing share of trains etc.). With preventive actions, it might be possible to slow down or to completely avoid the consequences of energy and environmentally inefficient transport sector development. TRANCRO project has been established to achieve these goals. In this paper, actual trends in transport sector development in Europe and the Republic of Croatia have been analysed together with an overview of the existing and planned activities within TRANCRO project.

(No. of References: 5, Fig: 6 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/223-228/2002.

ENERGIJA 1397

UDK 621.3.012:643.3
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/3, 187-194

RESEARCH OF HOUSEHOLD LOAD CHARACTERISTICS IN THE AREA OF THE CITY OF ZAGREB

Srđan Žutobradić, D. Sc. –Lahorko Wagmann, M. Sc. – Ernest Mihalek, M. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163,10000 Zagreb, Craotia

Irena Radeka, B. Sc. – Goran Šagovac, B. Sc.

HEP, DP "Elektra Zagreb"

In the frame of cooperation between DP "Elektra Zagreb" and Energy Institute "Hrvoje Požar" load measurements have been realised in 5 TS 10/0.4 kV, which supply areas with mostly household consumers. The areas chosen have different energy forms (together with electric energy) like central heating system, gas system or without other network supply. The measurements have been realised through data loggers, and their duration was five days within the period: Christmas 1999, Easter 2000 and Summer 2000. The most important results are going to be shown in the paper.

(No. of References: 3, Fig.: 12 - original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/187-194/2002.

ENERGIJA 1398

UDK 096.6:621.391.82
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 51/2002/3, 229-241

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF SHORT-RANGE NOISE ON LOW-VOLTAGE ELECTRICAL INSTALLATIONS

Dubravko Sabolić, M. Sc.

Hrvatska elektroprivreda d.d., Prijenosno područje Zagreb, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Based on measurements a statistical short-range noise model existing on low-voltage electrical installations ranging from 100 to 800 kHz is being worked out. The distribution of short-range components by amplitude and distance on the frequency axe are given, which relate to measurement circumstances. In order to determine the statistically valuable power distribution according to frequencies a wider-ranging series of measurements would be necessary.

(No. of References: 9, Fig.: 30 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/229-241/2002.

ENERGIJA 1398

UDK 096.6:621.391.82

1. Statistical Characteristics of Short-range Noise on Low-Voltage Electrical Installations

I. *Sabolić, D.*

II. Hrvatska elektroprivreda d.d., Prijenosno područje Zagreb, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Short-range Noise
Electrical Installations
Statistics

ENERGIJA 1397

UDK 621.3.012:643.3

1. Research of Household Load Characteristics in the Area of the City of Zagreb

I. *Žutobradić, S. – Wagmann, L. – Mihalek, E. – Radeka, I. – Šagovac, G.*

II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

HEP, DP "Elektra Zagreb"

Load Curve
Households
Load Norms

ENERGIJA 1396

UDK 625.7:620.9

1. TRANCRO-National Programme of Energy Efficiency in Transport

I. *Jelavić, B. – Matić, D.*

II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska cesta 163, 10000 Zagreb, Croatia

TRANCRO
Transport
Traffic
Energy Efficiency
Ecology

Energija

Volume 51 (2002) Nº 3

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1399

UDK 697.34:658.8.03
ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 51/2002/3, 195-200

INTELLIGENT MONITORING AND CAVITATION DIAGNOSIS
Method for a Large Number of Operating Wheel Paddles

Branko Bajić, D. Sc.

Korto Cavitation Services, Korto GmbH, Luxemburg

A new, multi-dimensional technique of vibrating-acoustic cavitation diagnosis and monitoring is described, which was developed within CortoCavitation Services. This technique gives a detailed review of cavitation processes during turbine operation, unachievable with other techniques, and it ensures extremely high sensitivity and reliability of cavitation monitoring. It enables the diversification and evaluation of different cavitation mechanisms in the turbine as well as of the role of critical turbine parts in the cavitation. In the paper a method suitable for a large number of operating wheel paddles is described.

(No. of References: 11, Fig.: 5 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/195-200/2002.

ENERGIJA 1400

UDK 621.18.002
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/3, 243-250

HEAT ENERGY QUALITY – BASIC PRECONDITIONS FOR THE APPLICATION OF INDIVIDUAL HEAT COST SYSTEM IN APARTMENT BUILDINGS

Florijan Rajić, M. Sc.

Omiška 18, 10000 Zagreb, Croatia

In the paper present situation in the Croatian heating systems of apartment buildings having their own heat stations, or getting the heat from town or regional systems, is described. The manner of necessary temperature and pressure maintenance in the house distribution network is also displayed, together with main disadvantages from the point of heat energy quality. European norms and directives are given, which should help us create a legislation basis for heating systems with quality production, measurement, distribution, accurate and regulated heat quality, the precondition for justified individual payment of heat in the expensively heated Croatian buildings and apartments.

(No. of References: 7, Fig.: 6 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/243-250/2002.

ENERGIJA 1401

UDK 621.33:658.516
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 51/2002/3, 201-211

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY IN ELECTRIC ENERGY STATIONS

Milan Puharić, D. Sc.

Institut "Hrvoje Požar", 10000 Zagreb, Croatia

Electric energy stations, which include all types of production plants, transformer stations, control stations as well as the entire electrical network, are becoming more complex, and thus the standards defining their operation more demanding. Electro- magnetic compatibility is a relatively new discipline that studies the interaction between a disturbance source and the recipient, i.e. disturbances on appliances because of reciprocal electromagnetic influences. Electromagnetic Compatibility (EMC), defined as the ability of appliance, equipment or system to react acceptably within its electromagnetic surrounding without emitting disallowed disturbances into the environment, presumes the knowledge of mechanisms that cause interaction between the source and the recipient. In this paper basic ideas and laws that lead to the interrelation of influences as well as measures for their suppression are stated.

(No. of References: 5, Fig.: 13 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/3/201-211/2002.

ENERGIJA 1401

UDK 621.33:658.516

1. Electromagnetic Compatibility in Electric Energy Stations

I. *Puharić, M.*

II. *Institut "Hrvoje Požar"*, 10000 Zagreb, Croatia

Elektromagnetic Compatibility
Source
Recipient

ENERGIJA 1400

UDK 621.18.002

1. Heat Energy Quality - Basic Preconditions for Application of Individual Heat Cost System in Apartment Buildings

I. *Rajić, F.*

II. Omiška 18, 10000 Zagreb, Croatia

Quality
Energy Quantity and Power
Flow
Water Pressure and Temperature

ENERGIJA 1399

UDK 697.34:658.8.03

1. Intelligent Monitoring and Cavitation Diagnosis - Method for a Large Number of Operating Wheel Paddles

I. *Bajić, B.*

II. Korto Cavitation Services, Korto GmbH, Luxemburg

Turbine
Cavitation
Erosion
Diagnosis
Monitoring

ISTRAŽIVANJE KARAKTERISTIKA OPTEREĆENJA KUĆANSTAVA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Dr. sc. Srđan Žutobradić – mr. sc. Lahorko Wagmann – mr. sc. Ernest Mihalek – Irena Radeka – Goran Šagovac, Zagreb

UDK 621.3.012:643.3
STRUČNI ČLANAK

U okviru suradnje DP "Elektra Zagreb" i Energetskog instituta "Hrvoje Požar" izvršena su mjerenja opterećenja u 5 TS 10/0.4 kV koje napajaju konzumna područja s pretežnim udjelom kućanstava. Odabrana su područja s različitim energentima (pored el. energije) – centralnim toplinskim sustavom (CTS), plinskom mrežom, te bez drugih umreženih energenata.

Mjerenja su provedena tzv. "data-loggerima", a trajala su po pet dana u sljedećim razdobljima – Božič 1999., Uskrs 2000. te Ljeto 2000. U referatu će se prikazati najvažniji dobiveni rezultati.

Ključne riječi: dijagram opterećenja, kućanstva, normativi opterećenja.

1. UVOD

Normativi opterećenja karakterističnih potrošača u mreži niskog napona imaju veliki utjecaj na planiranje sanacije i razvoja distribucijskih mreža. Ta materija je do sada obrađena u više studijskih radova. Nažalost, nedostaju opsežnija mjerenja. To se naročito odnosi na kućanstva, kojima treba posvetiti veliku pozornost zbog sljedećih razloga:

- kućanstva čine oko 50 % konzuma distribucije
- kod kućanstava je puno lakše oblikovati normative, tj. definirati karakteristične vrste.

Osim za određivanje normativa opterećenja, provedba mjerenja je važna i zbog drugih razloga:

- prigodom izrade tarifnog sustava treba poznavati dijagrame opterećenja tipičnih potrošača
- ·za optimalnu provedbu upravljanja potrošačima ("load management") treba poznavati dijagram opterećenja (grupe) kućanstava
- prigodom otvaranja tržišta električne energije za široku potrošnju treba utvrditi dijagrame opterećenja tipičnih kućanstava (ugradnja sofisticiranih elektroničkih brojila s daljinskim očitanjem je skupi zahvat)

Navedeni razlozi doveli su do pokretanja početnog programa mjerenja opterećenja na razini karakterističnih trafo-područja grada Zagreba. Dobiveni rezultati prikazani su u ovom referatu.

2. MJERENJA OPTEREĆENJA KARAKTERISTIČNIH TS 10/0.4 KV NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

S obzirom na značajne međusobne razlike dosadašnjih računskih normativa, u dogovoru s stručnjacima DP "Elektra Zagreb" odlučeno je da se izvrše mjerenja opterećenja u karakterističnim mrežama n.n., te TS 10/0.4 kV. To je praktički jedini način da se odrede normativi opterećenja koji odgovaraju stvarnoj situaciji.

Prigodom odabira TS 10/0.4 kV (i pripadnih izvoda n.n.) usvojene su sljedeće postavke:

- TS 10/0.4 kV trebaju napajati konzumna područja u kojima su pretežno zastupljeni potrošači iz grupe "**kućanstva**"
- nužno je obuhvatiti različita konzumna područja, sa stanovišta zastupljenosti ostalih energenata
- broj TS 10/0.4 kV, te pripadnih izvoda n.n. ograničen je raspoloživom mjernom opremom koja omogućava istodobnu provedbu mjerenja.

Mjerenja (po pet dana) izvršena su za tri karakteristična razdoblja:

Božić 1999. (22.12. – 27.12.)
Uskrs 2000. (20.4 –27.4)
Ljeto 2000. (29.6 – 4.7)

TS 10/0.4 kV u koje su ugrađene mjerne garniture odabrane su još prigodom ranijih studijskih obrada distribucijske mreže grada Zagreba. To su:

TS 330 ("Štosova 6"), TS 973 ("Horvatovac 54"), TS 1084 ("Korčulanska 6), TS 1320 ("Đurđevačka 32"), TS 1401 ("Bartolići 29")

Temeljne značajke analiziranih TS 10/0.4 kV dane su u tabl. 1:

Tablica 1. Značajke analiziranih TS 10/0.4 kV

TS 10/0.4 kV	Ostali energenti	$N_{kuć}$	$E_{1kuć.}$ kWh/kuć	N_{ost}	$E_{1ostali}$ kWh/pot	E_{ostali} (%)
Štosova	plin	373	3,190	29	11,410	22
Horvato-vac	plin	377	3,730	12	12,170	9
Bartolići	CTS	267	2,570	6	15,330	12
Korčulan-ska	CTS/plin	229	2,630	10	3,800	6
Đurđe-vačka	-	220	3,960	13	19,540	23

Značenja pojedinih veličina su sljedeća:

$N_{kuć}$ - broj priključenih potrošača iz grupe "kućanstva"
$E_{1kuć.}$ - prosječna godišnja potrošnja jednog kućanstva
N_{ost} - broj priključenih potrošača iz grupe "ostali na n.n."
$E_{1ostali}$ - prosječna godišnja potrošnja jednog potrošača iz grupe "ostali na n.n."
E_{ostali} - udio "ostalih na n.n." u godišnjoj potrošnji razmatranog trafo-područja

Osim navedenog, treba dati i sljedeće informacije:

- Na području TS "Štosova" prisutna je pretežno individualna izgradnja (djelomično prije 1941.). Zgrade obično obuhvaćaju nekoliko stanova.
- Na području TS "Horvatovac" prisutna je individualna izgradnja višeg standarda.
- Na području TS "Bartolići" i "Korčulanska" prisutna je kolektivna izgradnja.
- Na području TS "Đurđevačka" prisutna je individualna izgradnja novijeg datuma (Donja Dubrava).

Prigodom analize podataka iz baze potrošača "Elektre Zagreb" izostavljeni su potrošači sa zanemarivom godišnjom potrošnjom (50 kWh/god.).

Analizom tabl. 1 dolazi se do spoznaje o razlikama između kućanstava uključenih u centralni toplinski sustav (CTS), te kućanstava na plinoficiranim područjima. Dok godišnja potrošnja kućanstava iz prve grupe iznosi oko **2,500 – 2,600 kWh/kućanstvu**, ona u drugoj grupi poprima vrijednosti između **3,200 – 3,700 kWh/kućanstvu**. To je uvjetovano činjenicom da se nakon uvođenja plinske mreže u neko područje kućanstva **postupno** uključuju u tu mrežu, te preusmjeravaju na plin kao energent. Taj proces traje više godina.

Sva mjerenja su provedena digitalnim mjernim uređajima ("data-logerima"), s vremenskom rezolucijom od 5 minuta. Mjerenja su izvršili djelatnici DP "Elektra Zagreb".

3. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA

Rezultati mjerenja opterećenja prikazani su u [3] za svih 5 TS 10/0.4 kV u grafičkom obliku. U prilogu ovog referata dani su karakteristični dijagrami opterećenja.

Dakako, najvažnije veličine koje treba dobiti iz rezultata mjerenja jesu maksimalna (vršna) opterećenja kućanstava, odnosno **njihov udio** u vršnom opterećenju TS 10/0.4 kV. U tabl. 2 prikazana su izmjerena vršna opterećenja razmatranih TS 10/0.4 kV.

Tablica 2. Vršna opterećenja TS 10/0.4 kV

TS 10/0.4 kV	S_{max} (kVA)		
	Božić	Uskrs	Ljeto
Štosova	450	264	213
Horvatovac	479	287	267
Bartolići	229	161	154
Korčulanska	206	179	145
Đurđevačka	381	231	183

Analizom dobivenih dijagrama opterećenja dolazi se do sljedećih značajnih zaključaka:

- Vršna opterećenja svih TS 10/0.4 kV ostvarena su u vremenskim razdobljima kada su potrošači iz grupe "ostali na niskom naponu" praktički izvan pogona (osim frižidera). Ovaj zaključak vrijedi za sve tri grupe mjerenja (Božić, Uskrs, ljeto).
- Prema tome, vršna opterećenja navedenih TS 10/0.4 kV uvjetovana su kućanstvima, a doprinos "ostalih na niskom naponu" može se zanemariti.

Uzimajući u obzir izloženo, dolazi se do sljedećeg udjela kućanstava u vršnom opterećenju razmatranih TS 10/0.4 kV:

TS 330 ("Štosova"): **1.20 kVA/TS**
TS 973 ("Horvatovac"): **1.27 kVA/TS**
TS 1401 ("Bartolići"): **0.86 kVA/TS**
TS 1084 ("Korčulan."): **0.90 kVA/TS**
TS 1320 ("Đurđevačka"): **1.73 kVA/TS**

Kao što se vidi, najmanji je udio jednog kućanstva u vršnom opterećenju TS 10/0.4 kV na područjima s prisutnim CTS-om, a to su TS 10/0.4 kV "Bartolići" i "Korčulanska". Može se usvojiti vrijednost:

$S_{kuć/TS}$ = **0.90 kVA/kućanstvu.**

Na područjima s prisutnom plinskom mrežom (TS 10/0.4 kV "Štosova" i "Horvatovac") udio jednog kućanstva u opterećenju TS 10/0.4 kV je nešto viši. Može se usvojiti vrijednost:

$S_{kuć/TS}$ = **1.25 kVA/kućanstvu.**

Dakako, na područjima bez uvedenih umreženih energenata (TS 10/0.4 kV "Đurđevačka") udio jednog kućanstva u vršnom opterećenju poprima bitno veći iznos:

$S_{kuć/TS}$ = **1.73 kVA/kućanstvu.**

E n e r g i j a

Volume 51 (2002) Nº 3

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1402

UDK 621.316.11 .621.31
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/3, 217-222

REGIONAL TRANSMISSION NETWORK DEVELOPMENT PROJECT

Ivica Toljan, M. Sc. – Davor Bajs, M. Sc. – Goran Majstrović, M. Sc. – Vladimir Grujić, B. Sc. – Marinko Rogić, B. Sc.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

In this paper activities within the regional transmission network planning sponsored by USAID are presented. The project was launched in March 2001 and it will end in October 2002. Within the project, each participating country received the PSS/E programme package realised by the American producer Power Technologies Inc. and courses for users were organised. Using PSS/E the regional transmission network has been modelled for the year 2005, and an evaluation study of the role of nominated connecting lines is also foreseen.

(No. of References: 4, Fig.: 3 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448

ENJAAC 51/3/217-222/2002.

ENERGIJA 1403

UDK 621.3.027.2.008
PRELIMINARY REPORT

ENERGIJA 51/2002/3, 213-215

CONTROL SIMULATION OF A MID-VOLTAGE SUBSTATION

Nikola Petric, B. Sc. – Zlatko Pataki, B. Sc. – Željko Kosek, B. Sc.

"Elektra Zagreb", Gundulićeva 28, 10000 Zagreb, Croatia

This simulation control of a MV substation enables practical education of electrical assemblers for the work on electric energy stations by computer. In this way the problem of training on a station under voltage has been avoided, which is as a rule not feasible. The training duty follows from the obligations of the Work Protection Law (Official Gazette (N.N.) 59/96).
By means of such training the manipulation danger has been completely avoided, because all operations are realised using a simulation station by block scheme.

(No. of References: -, Fig.: 1 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448

ENJAAC 51/3/213-215/2002.

ENERGIJA 1401

UDK 621.33:658.516

1. Control Simulation of a Mid-Voltage Substation

I. *Petric, N. – Pataki, Z. – Kosek, Ž.*

II. "Elektra Zagreb", Gundulićeva 32, 10000 Zagreb, Croatia

Croatian Electric Company
10-30 kV MV Electric Substations
Electric Substation Manipulation Training

ENERGIJA 1402

UDK 621.316:11.621.31

1. Regional Transmission Network Development Planning

I. *Toljan, I. – Bajs, D. – Majstrović, G. – Grujić, V. – Rogić, M.*

II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Interconnection
Investments
Load Flow
Regional Planning
Electric Energy Market

UDK 621.31

ENJAAC 51 (4) – (2002) – 275-354

ISSN 0013-7448

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Ivo Čović, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

UREĐIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea,* dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – Mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić,* dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka *Jelić,* prof.
Lektor: Šime *Čagalj,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb - Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 51 (2002) Zagreb 2002 Br. 4

SADRŽAJ

Loš B.: Mjere za smanjenje troškova kapitala pogona i održavanja kod termoelektrana (Pregledni članak) 277

Šander M.: Kotao na ispušne plinove u kombikogeneracijskom postrojenju TE-TO Zagreb (Pregledni članak) 285

Uran V.: Iskorištavanje drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije (Stručni članak) 299

Međimorec D. – Brkić S. – Stanić Z.: Problematika utjecaja na okoliš uslijed primjene sumpornog heksafluorida (SF_6) u elektroprivredi (Stručni članak) 311

Meštrović K.: Stanje i trendovi razvoja visokonaponskih sklopnih aparata u svijetu (Stručni članak) 319

Brezovec M. – Kuča D. – Bužić G. – Slunjski M.: Komanda lanca Varaždin – centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi (Stručni članak) 327

Škare J. – Lövei A.: Nove vrste akumulatorskih baterija za sustave istosmjernog napona u rasklopnim postrojenjima (Stručni članak) 337

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja 345

Fotografija na omotu:

NE KRŠKO

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2002 - 05 - 30

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove.** Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

   Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteliung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

MJERE ZA SMANJENJE TROŠKOVA KAPITALA, POGONA I ODRŽAVANJA KOD TERMOELEKTRANA

Mr. sc. Branimir L o š, Zagreb

UDK 621.311.22.005:658.8
PREGLEDNI ČLANAK

Smanjenje troškova proizvodnje električne energije pokreće domino efekt: slobodno tržište se širi, sjedinjavanje poduzeća dovodi do ušteda, a pogon, dobava goriva i opreme za termoelektrane prolaze temeljitu reviziju. Projektanti, graditelji i građevinska poduzeća su natjerani na smanjenje troškova. Ovaj referat povezuje pojedinačne mjere usmjerene na smanjenje troškova.

Ključne riječi: troškovi, tržište, pogon, gorivo, oprema, smanjenje, mjere.

1. UVOD

Konkurencija koja prelazi državne granice, pokrenuta liberalizacijom tržišta, uzrokovala je dramatično smanjenje cijene električne energije i prisililo mnoga elektroprivredna poduzeća na prilagodbu svoje poslovne politike novonastalim uvjetima. Otvaranjem tržišta treba težiti rezultatima koji će predstavljati dobitak za gospodarstvo i društvo u cjelini.

Velika elektroprivredna poduzeća su obuhvaćena fundamentalnim promjenama tijekom kojih moraju voditi brigu o zadržavanju tržišta i ispunjavanju svojih obveza glede ragulative o zaštiti okoliša. Država preko zakonskih akata i regulatornih tijela stalno nadzire tržišnu konkurenciju između dobavljača električne energije i osigurava korisnicima pravo izbora. Industrije koje uživaju individualne geografske monopole, a posljedice svog neefikasnog rada prenose na potrošače, izložene su skokovitim promjenama koje moraju biti kontrolirane od strane države da bi se zadržala postojeća raspoloživost i pouzdanost dobave električne energije. Smanjenje cijena električne energije osobito vrijedi za velike potrošače, koji promjenom isporučitelja ili novim pregovorima s postojećim mogu postići značajno smanjenje svojih troškova nabave električne energije. Kaskadni domino učinak je stvoren zahtjevima potrošača za smanjenjem cijena električne energije.

Elektroprivrede reagiraju snižavanjem svojih troškova kroz spajanje, vidi tablicu 1, revidirajući pri tome uvjete pogona, dobavu goriva i opreme uz istodobno postavljanje zahtjeva na svoje dobavljače roba i usluga da smanje troškove. Dobavljači roba i usluga reduciraju svoje troškove kroz niz mjera kao što su: napredna tehnička rješenja, povećavanje učinkovitosti proizvodnje, smanjenje ulaznih količina materijala, uvođenje naprednih materijala, uporaba računala, redukcija broja djelatnika, sveukupne uštede na novim projektima.

Tablica 1. Ravnoteža koja ne smije biti narušena pri smanjenju troškova

Sigurnost Profit Zaštita okoliša Kvaliteta	Novi materijali Povećanje godišnjih pogonskih sati Smanjenje broja djelatnika Smanjenje pričuve Pristup svjetskim izvorima dobave opreme, usluga, goriva itd.
Smanjenje troškova proizvodnje električne energije	

2. MJERE ZA SMANJENJE TROŠKOVA ULAGANJA

Mjere, nove i tradicionalne, poduzete od strane elektroprivreda i neovisnih proizvođača električne energije radi redukcije kapitalnih ulaganja u nove i zamjenske izvore su navedene u tablici 2.

Jedna od mjera za smanjenje troškova, zajednička razvijenim i zemljama u razvoju, je i uporaba kombiniranih ciklusa i otvorenih ciklusa temeljenih na plinskim turbinama. Ovo je tehnološki izbor tamo gdje su troškovi goriva konkurentni i/ili voda raspoloživa, a emisije plinovitih, tekućih i krutih čestica iznad dozvoljenih. Trošak početnih ulaganja, naročito za velike kombi jedinice, je 30 do 50 posto od troškova blokova na ugljen ili tekuće gorivo, a efikasnost znatno viša od konvencionalni "parnih blokova" (55 do 57 posto naprama 34 do 38 posto). Veliki nadkritični blokovi i kogeneracije nisu česta tehnička rješenja za proizvodnju električne energije.

Tablica 2. Mjere za smanjenje troškova ulaganja

1	Izvori opreme širom svijeta
2	Rizik temeljen na ugovorenim stimulansima – prepoznavanje kvalitete i programa
3	Utvrđivanje stanja postojećih objekata
4	Modalitet poslovanja - BOT (izgraditi, koristiti, prenijeti u vlasništvo)
5	Modalitet poslovanja - BOOT (izgraditi, posjedovati, koristiti, prenijeti u vlasništvo)
6	Modalitet poslovanja – BLT (izgraditi, dati u najam, prenijeti u vlasništvo)
7	Fiksna ugovorna cijena i ugovaranje poprijeko
8	Financijski aranžmani
9	Standardizirana postrojenja
10	Modularni pristup montaži
11	Količinski diskont
12	Projektiranje podržano računalom (otkrivanje neusklađenosti tijekom projektiranja)
13	Uvođenje naprednih materijala i tehnologija radi povećanja efikasnosti
14	Potpuna i mnogostruko distribuirana kontrola
15	Tehnička izvedba postrojenja za sve predvidive režime rada
16	Vraćanje izgubljene snage

Proizvođači energetske opreme su tradicionalno bili konzervativni, glede isporuke sustava i opreme sve do pojave neovisnih proizvođača električne energije i smanjenja potreba za domaćom radnom snagom. U razvijenim zemljama, cijene domaće opreme i sustava su bile opravdavane konkurentnošću ponuda i dokazanom pouzdanošću u uporabi (to je bio ili je još uvijek slučaj u zemljama kao što su Francuska i Njemačka). Povlastice za domaće proizvođače su bile određene zakonskom regulativom. Proizvodi izvan velikih korporacija su isporučivani samo onda kada su marginalne rezerve bile nedovoljne da osiguraju pouzdanu dobavu. Preko niza zakona, država traži od kompanija da osiguraju isporuku električne energije od najjeftinijih dobavljača, što mogu biti neovisni ili susjedne elektroprivrede. Ova evolucija je praćena deregulacijom, a ima dramatičan utjecaj na projektiranje i građenje postrojenja.

2.1. Svjetski izvori

U uporabi već dugo nije krilatica "kupuj domaće". Temeljni uvjeti za uspješan razvoj projekta su niski troškovi opreme i sustava koji udovoljavaju ugovornim specifikacijama, potrebni da bi se maksimirao profit ulagača i isporučitelja opreme na projektima. Elektroprivredna poduzeća su pod pritiskom državnih regulatora tržišta prinuđena prihvatili ovaj pristup. Isporučitelji i offshore isporučitelji opreme su premjestili proizvodne pogone u zemlje u razvoju koje imaju niže troškove radne snage. "Klonirani" proizvođači se sve više pojavljuju na tržištu, tako da su međudržavni proizvođači opreme postali više pravilo a manje izuzetak.

2.2. Rizik i poticaji

Ugovori za isporuku opreme i građenje moraju osiguravati ulagaču mogućnost penaliziranja neispunjenja ugovornih obveza za nastale štete i to proporcionalno stupnju do kojeg neispunjenje utječe na ekonomičnost projekta. Ovaj rizik je često savladiv za isporučitelje koji imaju marginalni potencijal za uspjeh. Rizik ne može biti u pitanju kada sposoban isporučitelj može odstupiti od ponuđenog. Drugim riječima, isporučitelju treba ponuditi poticaje za poboljšavanje profita ukoliko može prebaciti iznad očekivanja ugovorom utvrđene razine performanci. Nivo rizika treba biti proporcionalan nivou poticaja.

2.3. Procjena stanja postojećih termoenergetskih izvora

Starije, nedovoljno efikasne, termoelektrane mogu često biti obnovljene uz niže troškove od onih koji se stvaraju pri njihovom zatvaranju ili konzerviranju i dodavanju novih kapaciteta. Obnavljanje osigurava povoljnu priliku za vraćanje izgubljene efikasnost izvora ili njegovo povećanje, kao što je to u slučaju poboljšavanja aerodinamike protočnog dijela parne turbine ili izmjene tlačnih dijelova međupregrijača koji znatno doprinose smanjenju pada tlaka i povećavaju efikasnosti turbine.

Mnogi izvedeni projekti uključuju različite nivoe dogradnje sustava, s analognog na digitalni, vođenja bloka. Dogradnje su usmjerene na optimiranje performanci blokova u stacionarnom radu, skokovitoj i postupnoj promjeni tereta i to tamo gdje je potreban ciklički rad. Nepovoljni porezni uvjeti za nove projekte često imaju za posljedicu vraćanje u pogon blokova koji su dulje vremena bili konzervirani ili još češće onih koji su prevedeni u hladnu rezervu.

Radi financiranja modifikacija na postojećim blokovima trebaju biti osmišljeni zajednički programi ušteda. Projektanti i dobavljači opreme za neke od ovih projekata često naplaćuju dio isporučenih roba i usluga iz ušteda postignutih na troškovima goriva u ugovorenom vremenu.

2.4. Vlasništvo i pogonski sporazumi

Vlasnici termoelektrane mogu podmiriti ukupne troškove postrojenja i smanjiti rizik tako da uobičajene troškove podešavanja i probijene početne troškove uključe u ugovorni opseg. Najčešći modaliteti poslovne strukture su u tom slučaju: BOO (izgraditi, posjedovati, koristiti), BOT (izgraditi, koristiti, prenijeti u vlasništvo), BOOT (izgraditi, posjedovati, koristiti, prenijeti u vlasništvo). Svaki od navedenih primjera normalno uključuje radi podjele rizika za oda-

brano tehničko rješenje ukupnu (paušalno) određenu cijenu opreme, fiksnu cijenu građenja, vlasnički udio u izvedenom postrojenju i vlasništvo nad elektranom u određenom vremenu.

U slučaju BOO opcije, izvršitelj posla po ugovoru zadržava vlasništvo nad opremom dogledno vrijeme. Cijena se formira prema potražnji i uključuje troškove financiranja i profit ugovaratelja. Osoblje za pogon i održavanje može odmah biti ugovoreno ili namješteno i nadzirano od krajnjeg korisnika.

Opcije BOT i BOOT su vrlo slične osim toga što se kod BOT modaliteta blok transferira na vlasnika nakon približno dvije godine pogona a kod BOOT nakon dvanaest do petnaest godina.

Ugovaranje isporuke opreme po paušalnoj i fiksno određenoj cijeni postaje dominirajuće u praksi. Vremenska kašnjenja, trošak novca i otkazivanje performansi opreme spadaju po pravilu u rizik. Kod paušalnog ugovaranja i fiksne cijene rizik pada na ugovaratelja.

Postoje dva razloga zašto se pristupa tom načinu ugovaranja:

- Termoelektrane su golemi financijski teret. Stopa koristi (profit) je ograničena državnom regulativom. Regulacijska tijela zbog velikog pritiska javnosti, ne dozvoljavaju porast stope proporcionalno s troškovima.
- Mnoge tvrtke su opterećene prekomjernim troškovima zbog ulaganja u NE (pogotovu dodatnim vezanim za sigurnost). Premda su troškovi regulirani tako da osiguravaju pogonsku spremnost, one ne mogu sebi priuštiti dodatni teret troška.

2.5. Tipski termoenergetski blokovi

Kapitalni troškovi mogu biti značajno smanjeni ukoliko se glavna oprema bloka tipizira. Izvedbena tehnička dokumentacija je u tom slučaju obično kompletna na početku projekta. Najveći dio količina materijala je poznat tako da izvanredni troškovi mogu biti minimizirani, a smetnje na gradilištu bitno smanje. Tvornička izrada se tada odvija bez poteškoća, a postoji i mogućnost formiranja proizvodnih linija za masovniju proizvodnju komponenti. Ponovljenim optimiranjima se u značajnoj mjeri skraćuje vrijeme građenja.

Tipska postrojenja su bila prije desetak godina izuzetak u razvijenim zemljama. Čista slučajnost je bila da sva oprema bude od istog proizvođača ili tehnički jednake izvedbe od jedne do druge termoelektrane. Elektroprivredna poduzeća su pokušavala ostvariti sigurnu dobit gradeći nove blokove na temelju referenci (po kriteriju raspoloživost i pouzdanost) odabranog isporučitelja. Većina takvih referentnih postrojenja nije bila optimirana po svim kriterijima tako da je povrat uloženog kapitala često bio usporen.

2.6. Modularni sklopovi

Tvornička montaža opreme i podsustava u cjeline podobne za kontejnerski transport poboljšava kvalitetu izrade i smanjuje troškove montaže na gradilištu. Veličina modularnih sklopova je ograničena transportnim mogućnostima i prihvatljivošću glede završne montaže. Upravljanje materijalima i organizacija su važni aspekt ovakvog pristupa realizaciji projekta. Tipični transportni moduli ili sklopovi su npr. parne turbine do 150 MW, sustavi za pripremu vode, sekcije kondenzatora, sklopovi glavne i predpumpe napojne vode zajedno sa pomoćnim cjevovodima, te oprema za upuštanje parne turbine.

2.7. Projektiranje podržano računalom

Primjena programa za računalo kao što su CAD a naročito 3-D CAD, značajno mogu doprinijeti redukciji kapitalnih troškova, troškova pogona i održavanja. Neki od ovih doprinosa su:

- tehnički crteži poslani elektronskom poštom brže mogu biti pregledani i odobreni,
- tehnički crteži isporučitelja opreme mogu na jednostavniji način biti elektronski uklopljeni u projektnu dokumentaciju; isporučitelj treba biti svjestan tih pogodnosti tijekom faze nuđenja i utvrditi svoj interes,
- izmjene izvornih podataka na ključnim crtežima mogu biti trenutačno promijenjene na nekim ili svim pripadajućim dokumentima,
- neusaglašenosti mogu biti uočene u fazi projektiranja a ne tijekom montaže,
- liste materijala i njihove količine je daleko lakše svesti na optimalni minimum,
- izvršitelji na montaži mogu biti do detalja upoznati s aktivnostima koje slijede,
- pogonsko i osoblje održavanja brže može utvrditi putem identifikacijskih brojeva veze između opreme, pričuvnih dijelova i materijala.

2.8. Napredni materijali i tehnologija

Mogućnosti za smanjenje troškova trebaju biti pažljivo ocijenjene, i uzete u obzir samo ako ne narušavaju raspoloživost i pouzdanost opreme. Dobri primjeri su izvedba odšljakivača sa strugačima pokretanima lancem i upotreba "lakog" čelika P91 za cjevovode. U prvom primjeru se za tehničku izvedbu troši manja količina vode nego kod starijih rješenja, što je vrlo značajno glede zagađenja okoliša. U drugom primjeru, primjenom navedenog materijala se ostvaruju znatne uštede na skupim nosivim elementima čelične konstrukcije i ovjesima.

Značajan napredak može biti napravljen uvođenjem sustava digitalne umjesto analogne kontrole. Performance opreme se mogu neprekidno nadzirati i otkrivati negativni trendovi, to jest stacionarna i prolazna stanja mogu biti nadzirana zbog povećanja efikasnosti procesa i usporavanja degradacije materijala.

Redundanca opreme se kod novih jedinica bitno reducira ili uklanja ukoliko se može zadržati dobra ra-

spoloživost i pouzdanost sustava. Dobar primjer za to je sustav odsumporavanja, tako da i 600 MW blokovi imaju samo jednu posudu za absorbciju. Drugi primjer može biti redukcija broja kondenzatnih pumpi s tri od 50 posto nominalnog kapaciteta na dvije od 50 posto. Treći primjer je prelazak s dvije linije za odsis dimnih plinova iz kotla ukupnog kapaciteta 120 posto na jednu od 100 posto.

2.9. Projektiranje za sva zahtjevana stanja pogona

Blokovi većih snaga, iznad 200 MW, izgrađeni prije dvadeset ili više godina pretežito su korišteni za pokrivanje temeljnog dijela potrošnje električne energije. Blokovi su izgrađeni za jeftino gorivo i izvedeni s niskom efikasnošću. Čak ni visoka raspoloživost nije tražena od takvih blokova jer su elektroenergetski sustavi bili preizgrađeni izvorima. Danas je bitno reducirana potrošnja električne energije uvođenjem efikasnijih trošila u kućanstva i industriju, ima za posljedicu značajno variranje angažirane snage u sustavu opskrbe potrošača. Zahtjevi za ciklički rad temeljnih termoelektrana stavlja njihove vlasnike pred nova iskušenja. Njihova oprema u cikličkom radu ubrzano propada jer je izložena vrlo visokim toplinskim naprezanjima i to pogotovo ako je izgrađena od materijala koji ne mogu izdržati naprezanja izvan proračuna. Troškovi zamjene postojećih materijala odgovarajućima, povećavaju troškova na koje treba pridodati i troškove izgubljene proizvodnje tijekom obustava.

Brzina progrijavanja opreme tijekom upuštanja kao i promjene tereta moraju biti vrlo precizno nadzirane da se ne bi preostali životni vijek ubrzano i nekontrolirano trošio. Najugroženije su masivne komponente tlačnog sustava poput prijelaznih komada i glavne armature.

Rotirajuća oprema treba biti provjerena u cijelom rasponu opterećenja. Pogoni i spojke s varijabilnom brzinom vrtnje, premda imaju mnogo veća početna ulaganja, pokazuju se često u konačnici jeftinijima od pogona s konstantnom brzinom vrtnje i to naročito onda kada rade češće na nižim opterećenjima od nazivnog.

2.10. Vraćanje snage

Vraćanje izgubljene snage starijih blokova može osigurati značajnu korist vlasnicima. Ona se ogleda u porastu proizvedene električne energije i smanjenju emisije štetnih tvari u usporedbi sa zatečenim stanjem.

Važno je naglasiti da je vraćanje izgubljene snage često vezano na cijenu osnovnog ili mogućeg zamjenskog goriva koje vrlo oscilira od države do države. U teoretskoj analizi troškova i koristi projekata vraćanja izgubljene snage neke elektrane, često ostaju skriveni troškovi koje vlasnik, projektanti i isporučitelji opreme trebaju odrediti prije utvrđivanja ukupnih troškova projekta. Skriveni troškovi mogu uključivati dokidanje uporabe azbesta, kontaminaciju zemljišta, pogoršanja i kvarove sustava i građevinskih objekata koje se namjeravalo koristiti bez ikakvih modifikacija.

U većini projekata vraćanja izgubljene snage razmatra se mogućnost zamjene parogeneratorskog postrojenja (kotla i pomoćne opreme) s plinskom turbinom i kotlom utilizatorom.

Zamjena dotrajalih generatora pare novim kotlovima u kojima izgara kruto gorivo u fluidiziranom sloju poput: ugljena, otpada nastalog separacijom na rudniku, gradskog otpada, starih guma, otpadnih ulja itd. su praktički postala tipska rješenja za snage do 200 MW električnih.

Neovisni i mali proizvođači znatno smanjuju početna ulaganja koristeći često obnovljene parne turbine. Obnavljanjem parnih turbina se znatno povećava efikasnost protočnog dijela.

Neka elektroprivredna poduzeća prodaju glavnu opremu zatvorenih blokova industrijskim energanama, industriji cementna ili zemljama u razvoju ostvarujući pri tome manju dobit ili smanjuju trošak zatvaranja otpisanih postrojenja.

3. SMANJENJE TROŠKOVA POGONA I ODRŽAVANJA

Tablica 3 sadrži popis različitih mjera za smanjenje troškova pogona i održavanja koje može poduzeti vlasnik termoelektrane ložene fosilnim gorivom.

Tablica 3. Popis mjera za smanjenje troškova pogona i održavanja

1	Smanjenje broja osoblja
2	Zapošljavanje izvršitelja izvan ugovorenog servisa jedino kada postoji potreba za određenim poslom
3	Novčani poticaji za poboljšavanje specifičnog potroška i raspoloživosti
4	Uštede izvan pogona i održavanja
5	Uvježbavanje
6	Detaljno planiranje aktivnosti
7	Dulje vrijeme rada između dvije planske obustave za održavanje
8	Planiranje aktivnosti na održavanju tijekom kratkih obustava i to naročiti za jedinice koje rade u ciklusima
9	Manja pričuva opreme i materijala
10	Zajednička pričuva za više blokova jedne ili više termoelektrana
11	Kupnja goriva na slobodnom tržištu
12	Dogradnja sustava regulacije i automatizacije
13	Provjera planiranih modifikacija analizom troškova i dobiti – svaka proizvodna jedinica profitni centar
14	Organiziranje poslova u smjenama
15	Optimiranje ciklusa rada blokova radi snižavanja specifične potrošnje
16	Kvaliteta
17	Rizik temeljen na uslugama i ugovorenom pogonu
18	Fleksibilnost radne snage
19	Stimulansi za održavanje tehničkih performanci
20	Proširenje jamstava na dograđenu opremu nedovoljnih referenci uz zadržavanje ekološke konkurentnosti
21	Istodobno izgaranje osnovnog goriva i odgovarajućeg otpada poput rabljenih guma, izgorive tekućine i drugo uz uvjet da je kotlovsko postrojenje prilagođeno

3.1. Smanjenje radne snage

Smanjenje radne snage se javlja u svim akcionarskim društvima uključujući i ona iz elektroenergetskog sektora. Nužnost za nekim redukcijama je očita budući da ne postoji česta potreba za izgradnjom novih izvora te da se mnoga poduzeća spajaju. Izostanak izgradnje novih izvora drastično reducira odjele za pripremu i izgradnju a spajanje ima za rezultat racionalizaciju osoblja u nekim odjelima. Mnoga radna mjesta ostaju nepopunjena odlaskom djelatnika.

Izlaskom na otvoreno tržište mnoge kompanije nepromišljenim akcijama u želji da se domognu profita smanjuju svoju inertnost ispod prihvatljive granice, postaju previše ovisne od drugih, tako da i mali poremećaji na tržištu dovode do nesavladivih problema.

Uvođenjem računala bitno se reduciraju troškovi inženjerskih usluga, planiranja, vođenja blokova, monitoringa itd. zato što se aktivnosti mogu obavljati s mnogo manjim brojem djelatnika. Starije i iskusnije osoblje se postupno zamjenjuje mlađima "kompjutorski izobraženima".

3.2. Uvježbavanje

Smanjenje opsega djelatnosti, spajanje poduzeća i žestoka borba na otvorenom tržištu prisiljava djelatnike na svim nivoima da stalno povećavaju efikasnost svoga rada.

Jedan od učinkovitijih načina stjecanja znanja je onaj kroz obuku i to ne učenjem kroz pokušaje i pogrješke. Kroz literaturu se ne može steći iskustvo već se ono prenosi od iskusnih na početnike. Iskustvo je dragocjeno za utvrđivanje očekivanih veličina tehničkih i troškova proračuna, podešavanje na zadate vrijednosti, te izbor materijala koji mogu izdržati očekivana naprezanja i koroziju.

Radi smanjenja prekomjernih troškova, mnogi korisnici i proizvođači opreme, kao i inžinjering tvrtke financijski potpomažu, i profesionalno sudjeluju, u mnogim projektima u okviru istraživačkih ili tehničkih asocijacija. Poželjno je da osoblje koje ima pojačan interes u okviru radnog vremena obavlja pojedine aktivnosti na na takvim projektima.

3.3. Dugotrajni pogon između dvije planske obustave

Planske obustave, iz bilo kojeg razloga, reduciraju potencijalni profit. Međutim, obustave kao rezultat otkaza opreme, zbog manjkavosti održavanja ili ranog otkrivanja degradacije performanci, mogu često rezultirati većim troškovima od onih pretrpljenih češćim planiranim obustava.

Vlasnicima termoelektrana danas stoje na raspolaganju potpunije spoznaje o ponašanju materijala nego kada su oni bili uvedeni u upotrebu. Razvijeni ekspertni sustavi se sve više koriste za nadzor pogonskih stanja i vrednovanje njihovog utjecaja na opremu i očekivani životni vijek komponenti. Oni omogućavaju inženjerima da odrede koji su sustavi ili dio opreme izloženi riziku otkaza te utvrde periode nakon kojih treba obaviti preglede i zamjenu koja ne dovodi komponentu u položaj neuobičajeno visokog rizika.

Jedna od tehnologija koja posebno zanima potencijalne vlasnike je napredna generacija plinskih turbina. Vlada jaka konkurencija između novih tehničkih rješenja koja su rezultat uvođenja novih materijala (kao što su turbinske lopatice i usmjerivači) i izvedbe podsklopova projektiranih blizu graničnih tehničkih mogućnosti radi redukcije troškova materijala. Dobro je poznato da je većina novih klasa plinskih turbina projektirana postupkom povećanja tehničkih parametara i manjih zahvata na konstrukciji provjerenih rješenja. Međutim, neke osobine naprednih projektnih izvedbi predstavljaju novinu. Da bi se zaštitili od velikih rizika, ulagači zahtijevaju mnogo obuhvatnije garancije kao i garancije najkraćeg vijeka trajanja za dijelove izložene visokom riziku na otkaz. Uprkos tim zahtjevima proizvođači produžavaju garantirano vrijeme pogona između dvije planske obustave.

3.4. Plansko održavanje tijekom pogona na niskim teretima i kratkim obustavama

Velike remontne obustave mogu biti skraćene i smanjen intenzitet fizičkog rada, ukoliko se pregledi i poslovi održavanja kratkog trajanja mogu obaviti tijekom rada postrojenja na niskom teretu ili planskim noćnim ili vikend obustavama. Na primjer, ako je planiran pogon postrojenja na 40 posto nominalnog tereta između 7,30 i 18 sati, tada treba obaviti tijekom tog vremena planske preglede ili/i zahvate koji kraće traju od raspoloživog vremena i to za opremu kod koje je razdijeljen nominalni kapacitet na dvije jedinice od po 50 posto.

Aktivnosti "izvan vršne" snage trebaju uključivati vremensku premiju u cijenu rada. Obično se ugovaraju poslovi održavanja, s određenim predujmom radi smanjenja troška iznenadnog angažiranja stručnog osoblja održavanja.

3.5. Smanjenje zaliha rezervnih dijelova

Kompjutorizirani nadzor nad rezervnim dijelovima, te razdioba rezervnih dijelova između elektrana i elektroprivrednih poduzeća omogućava značajnu redukciju indirektnih troškova. Razvijen je veliki broj sustava za vođenje i upravljanje poslovima održavanja koji pridonose smanjenju troškova. Na primjer HEP ulaže već nekoliko godina znatna sredstva u Projekt SUPO koji je važna potpora transparentnom i tržišno orijentiranom poslovanju održavanja.

Dijelovi, koji nisu podložni slučajnim ispadima i koji mogu biti brzo isporučeni od dobavljača, se više ne uključuju u obveznu pričuvu. Ugovaranje, ovisno o potrebama, isporuke takvih rezervnih dijelova se svodi na određivanje što kraćeg fiksnog vremena isporuke.

3.6. Kvaliteta

Kvaliteta izvedenih radova, na svim razinama, određuje profit svih sudionika uključenih u pogon i održavanje termoenergetskih postrojenja. Na primjer:

- Maksimiranje vremena pogona između dva zahvata, planiranje i raspoređivanje aktivnosti smanjuje vrijeme trajanja obustave poboljšavajući potencijal za porast prihoda od proizvodnje.
- Obuhvatno i razumljivo planirane specifikacije i pravodobno naručivanje zamjenskih dijelova, znatno doprinosi poboljšanju mogućnosti da planirani zahvati neće kasniti.
- Provjereno znanje osoblja i kalibrirani instrumenti stvaraju solidnu pretpostavku da niz rezultata tehničkih provjera opreme može biti uspoređeno s projektnim vrijednostima, a pokazatelji pogona zadržani u dozvoljenim granicama.
- Iskusni inženjerski kadar i pogonsko osoblje, koje raspolaže znanjima o opremi i sustavima može koristiti postrojenje do projektnih granica poboljšavajući specifični potrošak uz vrlo mala ulaganja.
- Iskusno osoblje na održavanju može obaviti zadatke brže i bolje nego neuvježbano s dobrim općim znanjem.

4. PRILAGOĐAVANJE HEP-a NOVIM UVJETIMA POSLOVANJA

U HEP-u nisu u dovoljnoj mjeri specificirane niti povezane pojedinačne mjere usmjerene na smanjivanje troškova. Nisu sprovedene niti sveobuhvatne analize većeg broja pojedinačnih mjera. Razloga za takvo stanje ima više. U dovoljnoj mjeri treba uvažiti činjenicu da je nacionalni elektroenergetski sustav R Hrvatske manji od mnogih dijelova velikih decentraliziranih sustava. Tržišna struktura je u Hrvatskoj obilježena sa snažnom okomito integriranom elektroprivredom, s izraženim monopolom. U HEP-u, monopolistu s državnom regulativom, je još uvijek blokiran kapital države. Elementi državne regulacije, kontrole nacionalne ekonomije i tržišta utječu na to da se uštede i pričuva HEP-a troše na održavanje cijena usluga. Zamišljena ideja da se investicije financiraju iz akumulacije poslovanja se nije ostvarila, čak su se uvjeti i pogoršali. Budući da nema tržišnog nadmetanja nema razloga niti poticaja za povećanje učinkovitosti poslovanja. Dugoročna investicijska politika je nejasna budući da nema poticaja za većim udjelom privatnih investicija. Tržište električnom energijom ne stvara razvojni impuls u gospodarstvu.

HEP je u ozbiljnim teškoćama kojima glavni doprinos daju desetogodišnji zaostatak u investiranju u razvoj, nemogućnost naplate isporučene električne energije, monopol glavnog isporučitelja tekućeg i plinovitog goriva, ograničeni izvori domaćeg kapitala, organizacija HEP-a uljuljkana u sigurnosti i niz neriješenih pitanja vezanih za pravo raspolaganja izvorima u državama nastalim raspadom Jugoslavije. Današnja struktura cijena usluga potrošačima se može dijelom pripisati i slabostima u HEP-u. O strategiji poduzeća vodi brigu država osiguravajući sredstva za pokrivanje troškova poslovanja i funkcioniranje i proširenu reprodukciju.

Započeti proces restrukturiranja u konačnici treba rezultirati promjenama organizacijskog ustroja i ekonomskih odnosa radi povećanja efikasnosti poslovanja. Tijekom tog procesa se naziru u budućem poslovanju poteškoće koje nije moguće potpuno kvantificirati, a vezane su između ostalog i za:

- specijalnu opremu termoelektrana koja nema alternativnu namjenu,
- visoke fiksne troškove napuštanja pojedinih djelatnosti (jamstva, otpremnine zaposlenicima i slično) i dugoročni ugovori/obveze,
- strategijsku važnost za društvenu zajednicu,
- strategijsku povezanost poslovnih jedinica unutar HEP-a.

5. ZAKLJUČAK

HEP će sve više biti prisiljen, tijekom procesa otvaranja tržišta, sustavnije istraživati mogućnost redukcije cijena usluga koje pruža. To je vrlo zahtjevan i nužan proces od čijih rezultata ovisi opstanak na tržištu. U uvjetima poslovanja na granici gubitaka, što je česta pojava u poslovanju poduzeća na otvorenom energetskom tržištu, kompenzacija svakog postotka smanjenja cijena usluga je sve skuplje i rizičnije. Promišljenim odabirom strategijskog partnera se može u znatnoj mjeri riješiti nedostatak vlastitog kapitala i znanja. Aktivna uloga HEP-a u definiranju obilježja budućeg hrvatskog tržišta električne energije i uloge HEP-a u tom tržištu je odlučujuća i bilo bi neodgovorno kada HEP tu svoju obvezu ne bi iskoristio u najvećoj mogućoj mjeri.

LITERATURA

[1] G. GRANIĆ, N. JANDRILOVIĆ, T. RUKAVINA: "Organizacija hrvatskog elektroenergetskog sektora – iskustva drugih, analiza i mogućna rješenja", EI "Hrvoje Požar", Zagreb, 1997.

[2] R. MATEO, etc.: "The Impact of Market Liberalisation On Thermal Power Generation Plants And the Improvement of their Operational And Technical maintenance", UNIPEDE Working Group "Thermal" Task Force, 1999.

[3] O. McQUADE: "The Emerging Energy Company", Financal Times Energy, London, GB, 1999.

[4] K. ULLMAN, D. GOWDY: "Measures in the United States for Reduction of Capital and O&M Costs for Electric Generating Plants", VGB PowerTech 3/98, Germany

[5] C. BELL i W. BRANDENBUSCH: "Risk Management for Building and Operating Power Stations", VGB PowerTech 2/2000, Germany

[6] J. PRIŽMANIĆ: "Strategija okomite integracije", HEP Vjesnik HEP, siječanj 2000, Zagreb

[7] N. BRUKETA: "Isključiti mogućnost velikih pogrešaka", HEP Vjesnik, veljača 2001, Zagreb

[8] Grupa autora: "Program aktivnosti prethodnih radova za pripremu izgradnje nove KPE po sistemu EPC i IPP", EKONERG, lipanj/rujan 2000, Zagreb

MASSNAHMEN FÜR DIE KOSTENSENKUNG VON KAPITAL-, BETRIEBS- UND WARTUNGSKOSTEN DER AUS WÄRME ERZEUGENDEN ELEKTRIZITÄTSWERKE

Die Kostensenkung der Erzeugung elektrischer Energie setzt den Domino-Effekt in Bewegung: Der freie Markt verbreitet sich, die Vereinigung von Unternehmen bringt Einsaprungen im Betrieb und in der Anschaffung von Brenstoff und Ausrüstung. Die Entwurfs- und Baufachleute, sowie Bauunternehmen sihd zu der Kostensenkung gezwungen. Diese Abhandlung verbindet einzelne der Kostensenkung orientierte Massnahmen.

MEASURES TO DECREASE COSTS OF CAPITAL, OPERATION AND MAINTENANCE IN THERMAL POWER PLANTS

Electric energy generation decrease sets the domino effect in motion: free market is spreading, union of companies cuts costs and operation, fuel and equipment supply of thermal power plants undergoes a detailed revision. Designers, constructors and building companies are forced to cut costs. This paper summarises different single measures aimed at cost reduction.

Naslov pisca:

Mr. sc. Branimir Loš, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-05-18.

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO
ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar" objavljuje odluke o dobitnicima nagrade "Hrvoje Požar" za 2002. godinu

Temeljem objavljenog natječaja i postupka propisanog Poslovnikom o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", te Poslovnika o stipendiranju mladih energetičara, Glavni odbor je odlučio da su dobitnici:

A) za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike:

Marijan Kalea, dipl. ing., Hrvatska elektroprivreda d.d.,
Direkcija za prijenos, Prijenosno područje Osijek

B) za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte:

Dr. sc. Niko Malbaša, dipl. ing., EKONERG - Holding d.o.o., Zagreb

C) za izvrstan uspjeh u studiju energetskog usmjerenja:

Mate Lasić, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Milivoj Mandić, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Tihomir Žilić, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

D) za posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike:

Igor Grozdanić, dipl. ing., Elektrotehnički fakultet, Osijek
Hrvoje Petranović, dipl. ing., Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

E) stipendije za stručni dio studija:

Danijel Damjanić, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Dinko Hrkec, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb
Goran Krajačić, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Zoran Majstrović, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb
Aleksandar Milković, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

Nagrade su uručene u petak 5. srpnja 2002. g. u 12,00 sati u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti, Zagreb, Zrinski trg 11.

KOTAO NA ISPUŠNE PLINOVE U KOMBIKOGENERACIJSKOM POSTROJENJU TE-TO ZAGREB

Miroslav Š a n d e r, Zagreb

UDK 621.18:621.311.22
PREGLEDNI ČLANAK

Kombikogeneracijsko postrojenje TE -TO Zagreb se sastoji od dvije plinske turbine i jedne kondenzacijske turbine bez međupregrijanja. Postrojenje se sastoji od mehanički integrirane, višeosovinske kombikogeneracijske opreme za proizvodnju električne energije projektirane za dnevno upuštanje i obustavu uz bazno opterećenje ili djelomično opterećenje. Postrojenje se sastoji od dvije MS6001FA plinske turbine s generatorima te dva kotla na ispušne plinove, jedne parne turbine s jednim privodom pare, vodom hlađenog kondenzatora na ispuhu parne turbine. Para za parnu turbinu se proizvodi u kotlu na ispušne plinove korištenjem ispušne topline proizvedene u plinskoj turbini. Kombi - Kogeneracijsko postrojenje će generirati 200 MW električne energije te paru za mrežno grijanje i industrijsku paru.

Ključne riječi: TE-TO Zagreb, kombikogeneracijsko postrojenje, kotao, ispušni plinovi.

1. UVODNI OPIS KOTLA NA ISPUŠNE PLINOVE

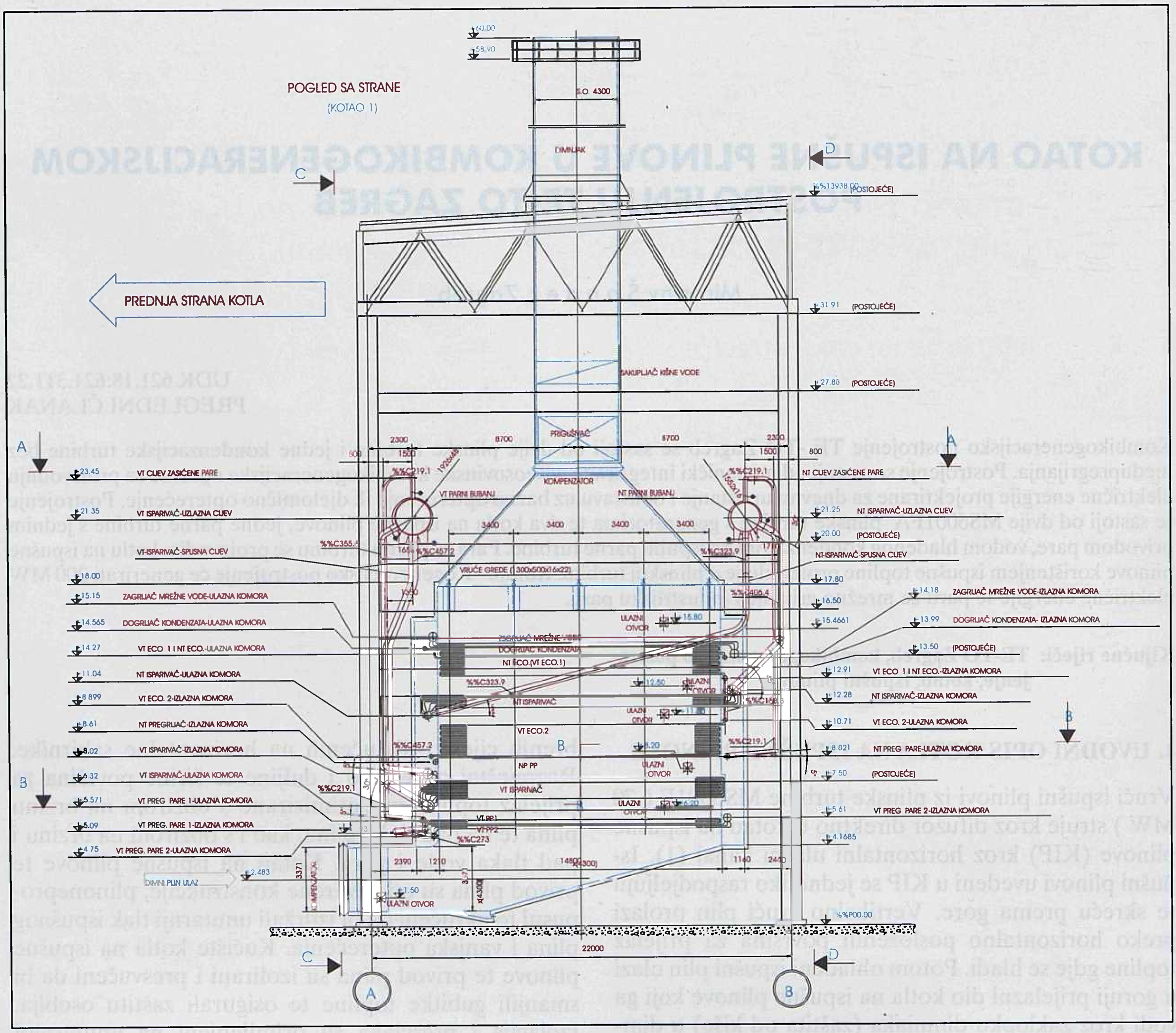
Vrući ispušni plinovi iz plinske turbine MS6001F (70 MW) struje kroz difuzor direktno u kotao na ispušne plinove (KIP) kroz horizontalni ulazni kanal (1). Ispušni plinovi uvedeni u KIP se jednoliko raspodjeljuju te skreću prema gore. Vertikalno vrući plin prolazi preko horizontalno posloženih površina za prijelaz topline gdje se hladi. Potom ohlađeni ispušni plin ulazi u gornji prijelazni dio kotla na ispušne plinove koji ga vodi kroz zaklopku dimnjaka (zaštita od kiše) u dimnjak (slika 1). Toplina oduzeta od vrućeg plina se koristi za:

- Pregrijavanje zasićene pare od temperature zasićenja u bubnju do potrebne temperature pregrijanja pare. Ovaj prijelaz topline se zbiva u sekcijama pregrijača.
- Isparavanje napojne vode da bi se dobila zasićena para. Ovaj prijelaz topline se zbiva u sekcijama isparivača koji su povezani s odgovarajućim bubnjevima (prirodna cirkulacija).
- Grijanje napojne vode do temperature upravo ispod temperature zasićenja u odgovarajućim bubnjevima. Ovaj prijelaz topline se zbiva u sekcijama ekonomajzera.
- Predgrijavanje ili dogrijavanje kondenzatne vode do temperature koja je potrebna u otplinjaču.
- Predgrijavanje vode za sustav mrežnog ili vrelovodnog predgrijanja do uvjeta za vrelovodni grijač (ili mrežni grijač).

Sve površine za prijelaz topline su složene u tvornički predfabriciranim modulima. Moduli se sastoje od orebrenih cijevi priključenih na horizontalne sabirnike. Razmještaj cijevi kao i duljine te širine površina za prijelaz topline su optimizirane s obzirom na brzinu plina te na pad tlaka plina, kao i s obzirom na brzinu i pad tlaka vode i pare. Kotao na ispušne plinove te privod plina su od zavarene konstrukcije, plinonepropusni te ukrućeni da bi izdržali unutarnji tlak ispušnog plina i vanjska opterećenja. Kućište kotla na ispušne plinove te privod plina su izolirani i presvučeni da bi smanjili gubitke topline te osigurali zaštitu osoblja. Izolacija i presvlaka su primijenjeni na unutarnjoj strani. Kućište kotla na ispušne plinove uključujući ulazne i izlazne vodove je projektirano tako da izdrži toplinsko širenje te unutarnji tlak plina i temperaturu. Kućište se sastoji od unutarnje izolacije, podstave i vanjskog kućišta. Penetrirajući dijelovi kućišta kao što su cijevi u kojima se diže voda te cijevi napojne vode su u potpunosti zabrtvljeni s pokrovom ekspanzijskog tipa ili brtvilom. Postranične stijenke kućišta imaju pristupna vrata za održavanje (2). Parni bubanj te sustav cjevovoda na kotlu su također izolirani i presvučeni u skladu s projektnim zahtjevima. Sustav platformi, stepeništa, penjalica te pristupnih vrata je ugrađen radi pristupa za preglede i održavanje ventila i instrumentacije.

2. PROJEKTNO-KONSTRUKCIJSKE KARAKTERISTIKE KOTLA

Kotao na ispušne plinove (KIP) će koristiti toplinu sadržanu u ispušnom plinu plinske turbine da bi se postigli pogonski uvjeti pri loženju plinske turbine zemnim plinom.



Slika 1. Kotao na ispušne plinove – pogled sa strane

Tablica 1. Pogonski uvjeti kotla

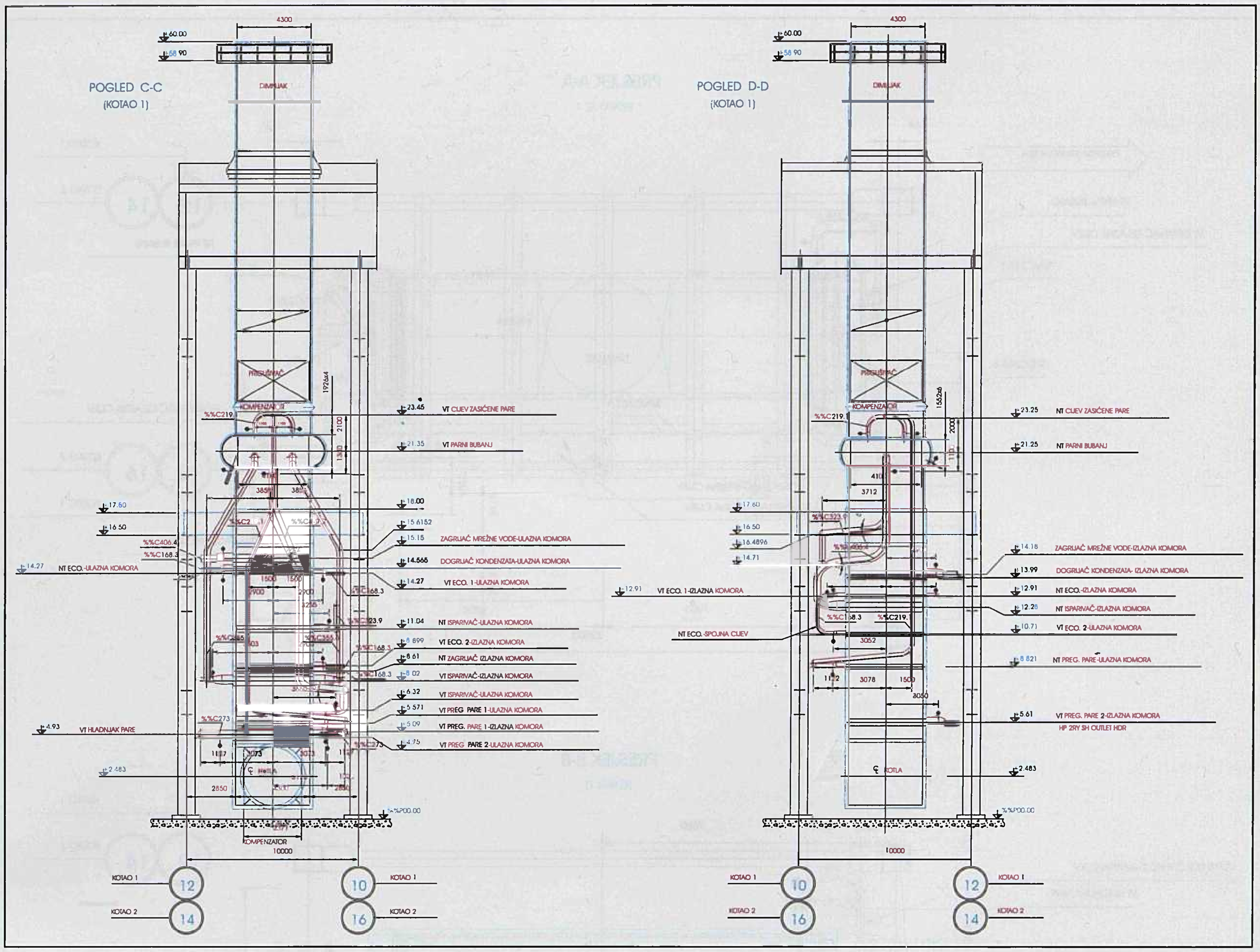
	Visoki tlak	Niski tlak
Protok pare (kg/s) / (t/h)	30.19 / 108.7	3.75 / 13.5
Temperatura pare (°C)	539.6	285.2
Tlak pare (bar)	94.9	10.3
Ulazna temp. ekonomajzera	107.6 $_{o}$C	109.1 $_{o}$C
Tlak napojne vode	110 bar	19 bar
Ispuštanje (odmuljivanje)	0 %	0 %

Tablica 2. Pogonski uvjeti na ispuhu iz plinske turbine

Uvjeti	Jedinice	Loženje prirodnim plinom
Gorivo		prirodni plin (zemni plin)
Okolna temperatura	° C	15
Relativna vlažnost	%	60
Ispušna temperatura plinske turbine	° C	593.2
Ispušni protok plinske turbine	(kg/s)/ (t/h)	203.94 / 734.2
Ispušna temperatura iz kotla	° C	96 (u režimu 1) 106 (u režimu 2)
Ispušna analiza		
Ar	vol %	0.90
N2	vol %	74.54
O_2	vol %	12.80
CO_2	vol %	3.64
H_2O	vol %	8.12

Ekonomajzeri

VT i NT ekonomajzeri su horizontalne cijevi, spiralno orebrene, protustrujnog protočnog tipa. Iza prvog stupnja napojne pumpe odvaja se napojna voda prema NT ekonomajzeru (ili zagrijaču napojne vode), a izlaz napojne pumpe dobavlja vodu prema VT ekonomajzeru 1 iza kojeg dolazi na VT ekonomajzer 2.



Slika 2. Kotao na ispušne plinove – pogled na kotao prema VT bubnju i NT bubnju

Isparivači (uključujući parne bubnjeve)

VT i NT isparivači su horizontalne cijevi, spiralno orebrene, paralelnog protoka. Krug cirkulacije ili optoka vode se sastoji od parnog bubnja, silaznih cijevi, dobavnih cijevi, isparivačkih i uzlaznih cijevi.

Osnovni sustav funkcionira kako slijedi: Napojna voda iz parnog bubnja se vodi u ulazni sabirnik isparivača preko silaznih cijevi. Miješavina vode i pare se generira u horizontalnim isparivačima prijelazom topline te struji od isparivačkog izlaznog sabirnika prema parnom bubnju kroz uzlazne cijevi.

Bubnjevi

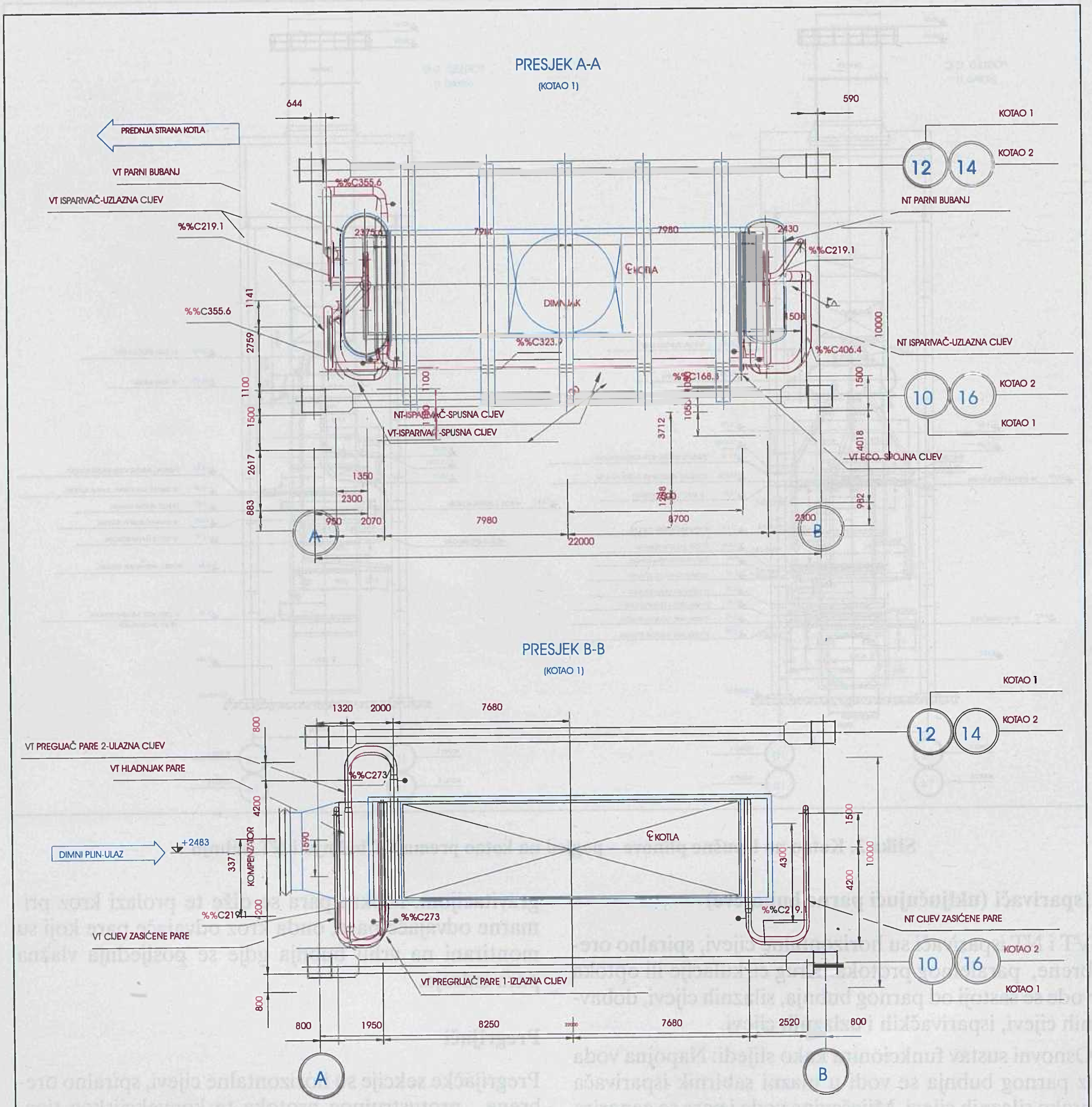
Bubanj ima svrhu izdvajanja zasićene pare (3). Bubnjevi su zavarene izvedbe, a uključuju cijevne priključke na koje su navareni prestrujni, parni, odmuljni, odzračni te dozirni cjevovodi, ulazni otvor za čovjeka, priključke za napojni vod, kontinuirano odsoljavanje i preljev, priključke za vodokaze te priključke za mjernu i regulacijsku tehniku. Mješavina vode i pare ulazi u bubanj kroz uzlazne cijevi te se sakuplja u komori podijeljenoj s vertikalnim limovima za usmjeravanje. Primarna separacija vode i pare se obavlja gravitacijom. Mokra para se diže te prolazi kroz primarne odvajače pare, onda kroz odvajače pare koji su montirani na vrhu bubnja gdje se posljednja vlažna para izdvaja.

Pregrijači

Pregrijačke sekcije su horizontalne cijevi, spiralno orebrene, protustrujnog protoka te konvekcijskog tipa. Pregrijačke sekcije su locirane u najvišoj temperaturnoj zoni plina blizu ulaza strujne staze vrućeg plina u kotao na ispušne plinove. Materijali su odabrani tako da zadovolje zahtjeve pogonskih uvjeta. Regulacija temperature pregrijane pare u pregrijaču kotla na ispušne plinove je pomoću ubrizgavanja napojne vode (sl. 3), locirana između primarnog i sekundarnog pregrijača.

Predgrijači (ili dogrijači) kondenzata

Predgrijači kondenzata su horizontalne cijevi, spiralno orebrene, protustrujnog protoka te konvekcijskog tipa. Predgrijač kondenzata je smješten u niskotemperaturnoj zoni ispušnih plinova kotla na ispušne plinove.



Slika 3. Kotao na ispušne plinove – pogledi odozgo

Vrelovodni (ili zagrijač mrežne vode) predgrijač

Vrelovodni predgrijač je konvekcijskog tipa, protustrujni, a konstrukcija se sastoji od horizontalnih cijevi sa spiralnim orebrenjem. Vrelovodni predgrijač je smješten u niskotemperaturnoj zoni ispušnih plinova kotla na ispušne plinove.

Kućište kotla na ispušne plinove

Kućište kotla na ispušne plinove uključuje ulazne i izlazne dimovode koji su konstruirani da izdrže toplinsku ekspanziju te unutarnji tlak i temperaturu ispušnog plina. Svi tlačni dijelovi kotla zajedno s kućištem su oslonjeni na čeličnu nosivu konstrukciju preko vrućih greda (4). Kućište je zavješeno odnosno oslonjeno na nosivu čeličnu konstrukciju preko vrućih greda na visinskoj koti 16.5 m (vidi sliku 1). Čelična konstrukcija riješena je većinom u zavarenoj izvedbi, a djelomično s vijčanim vezama. U samom kućištu maksimalna brzina plinova je do 9 m/s, a maksimalna brzina plinova između cijevi je do 17 m/s. Materijal oplate je ugljični čelik debljine 6 mm. Unutarnja izolacija ide od 50 mm do 120 mm, a toplinski koeficijent izolacije je 11.6 W/m_2K.

Dimovod i dimnjak

Dimnjak je projektiran tako da može izdržati vjetrove koji se mogu pojaviti u zagrebačkom području kao i zemljotrese. Također konstrukcija dimnjaka ne dozvoljava pojavu rezonantnih vibracija preko širokog raspona protoka dimnih plinova te brzine vjetra.

Zaklopka ili zapornica dimnjaka

Po jedna zaklopka ili zapornica dimnjaka kotla na ispušne plinove s dva motora se postavlja na svaki kotao. Zaklopka dimnjaka kotla na ispušne plinove mora biti otvorena za vrijeme pogona da bi omogućila evakuaciju ispušnih plinova iz KIP-a za vrijeme pogona kombikogeneracijskog procesa. Međutim, zapornica dimnjaka će biti potpuno zatvorena pod slijedećim uvjetima:

(1) Zapornica dimnjaka je potpuno zatvorena da bi spriječila prodor kišne vode u kotao na ispušne plinove za vrijeme radova održavanja na KIP-u ili na plinskim turbinama.
(2) Kad se kotao na ispušne plinove drži u vrućim/toplim uvjetima za vrijeme vrućih/toplih perioda obustave.

Sigurnosni ventili, smješteni na parnim bubnjevima te na izlaznim cijevima pregrijača su namješteni za otvaranje u slijedu. Primarna svrha sigurnosnih ventila je spriječiti preveliki tlak u bubnjevima kotla na ispušne plinove te pregrijaču. Na ulazima i izlazima sigurnosnih ventila ne smije biti nikakvih prepreka. Pregrijač se štiti tako da su pregrijački sigurnosni ventili namješteni da otvaraju prije sigurnosnih ventila na parnom bubnju. Sigurnosni ventil na VT pregrijaču otvara na 102 bara, dok dva sigurnosna ventila na VT bubnju otvaraju na 105 bara i 108 bara. Na NT pregrijaču sigurnosni ventil otvara na 12.8 bara, dok dva sigurnosna ventila na NT bubnju otvaraju na 14.5 bara i 16.2 bara.

Odzračivanja, odvodnjavanja i sustav odsoljavanja KIP-a obuhvaćaju po jedan spremnik za odsoljavanja ili odmuljivanje za svaki kotao na ispušne plinove s priključnim cjevovodima, motorom ili zrakom pogonjene ventile, ručne ventile odvodnjavanja, cijevi za odzračivanje spremnika, cijevi za odvodnju te nužnu instrumentaciju. Primarna svrha odzračivanja, odvodnjavanja i sustava odmuljivanja KIP-a je odzračiti u atmosferu parni sustav KIP-a i bubnjeva KIP-a te usmjeriti pridruženu odvodnju i odsoljavanje (ili odmuljivanje) prema spremniku za odmuljivanje za vrijeme starta, normalnog pogona te obustave.

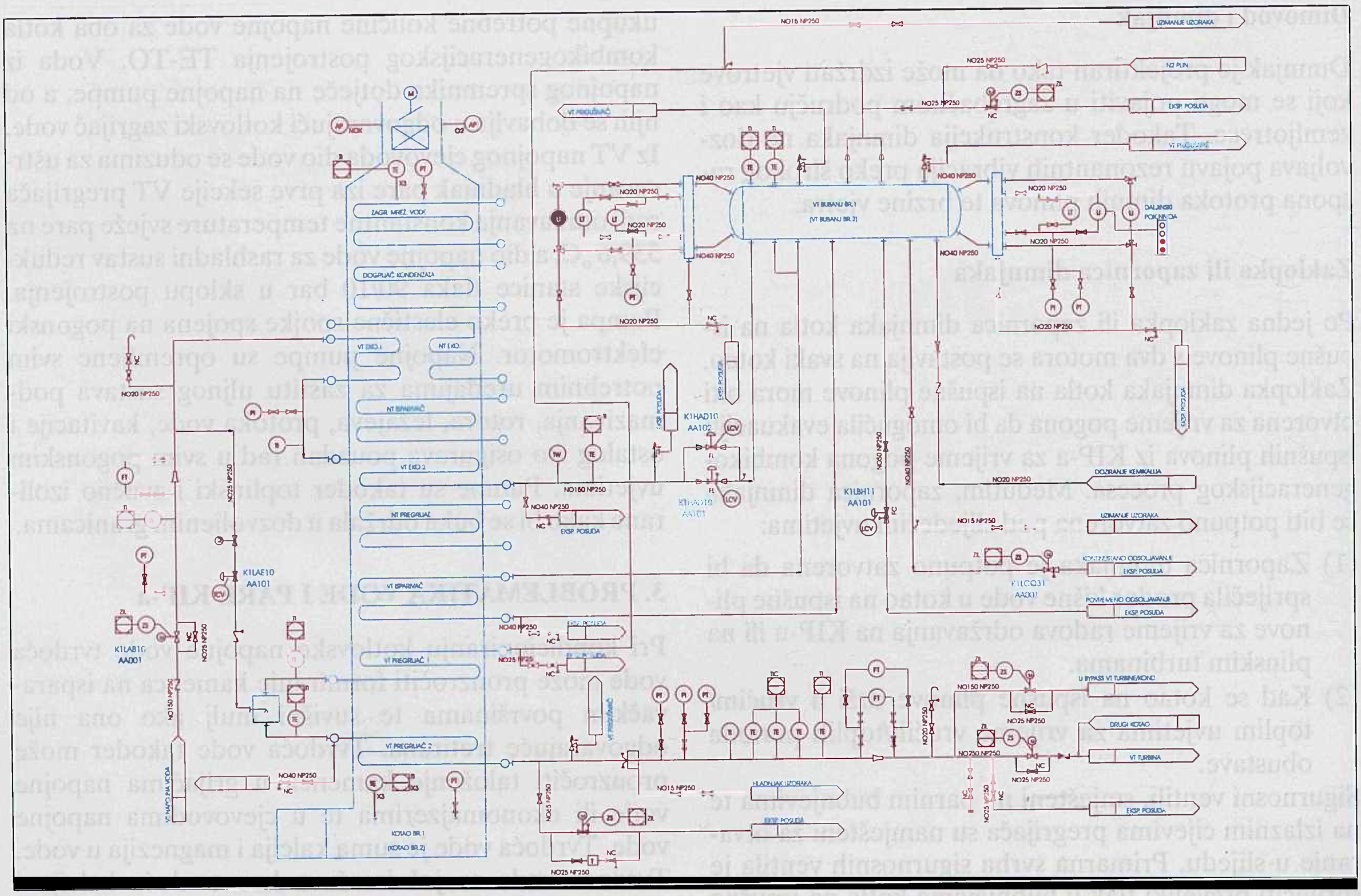
Sustav napojne vode

Za dobavu vode u kotao na ispušne plinove pod određenim tlakom predviđene su napojne pumpe s elektromotornim pogonom. S obzirom na dvije razine tlaka u kotlu predviđena su i dva tlačna sustava, tj. VT i NT s time da se oba tlaka ostvaruju na istoj pumpi. Kotlovski sustav sadržava četiri pumpe spojene na zajednički kolektor, a svaka pumpa ima kapacitet od 50 % ukupne potrebne količine napojne vode za oba kotla kombikogeneracijskog postrojenja TE-TO. Voda iz napojnog spremnika dotječe na napojne pumpe, a od njih se dobavlja u odgovarajući kotlovski zagrijač vode. Iz VT napojnog cjevovoda dio vode se oduzima za uštrcavanje u hladnjak pare iza prve sekcije VT pregrijača radi održavanja konstantne temperature svježe pare na 539,6 $_{o}$C, a dio napojne vode za rashladni sustav redukcijske stanice tlaka 90/10 bar u sklopu postrojenja. Pumpa je preko elastične spojke spojena na pogonski elektromotor. Napojne pumpe su opremljene svim potrebnim uređajima za zaštitu uljnog sustava podmazivanja, rotora, ležajeva, protoka vode, kavitacije i ostalog što osigurava pouzdan rad u svim pogonskim uvjetima. Pumpe su također toplinski i zvučno izolirane kako bi se buka održala u dozvoljenim granicama.

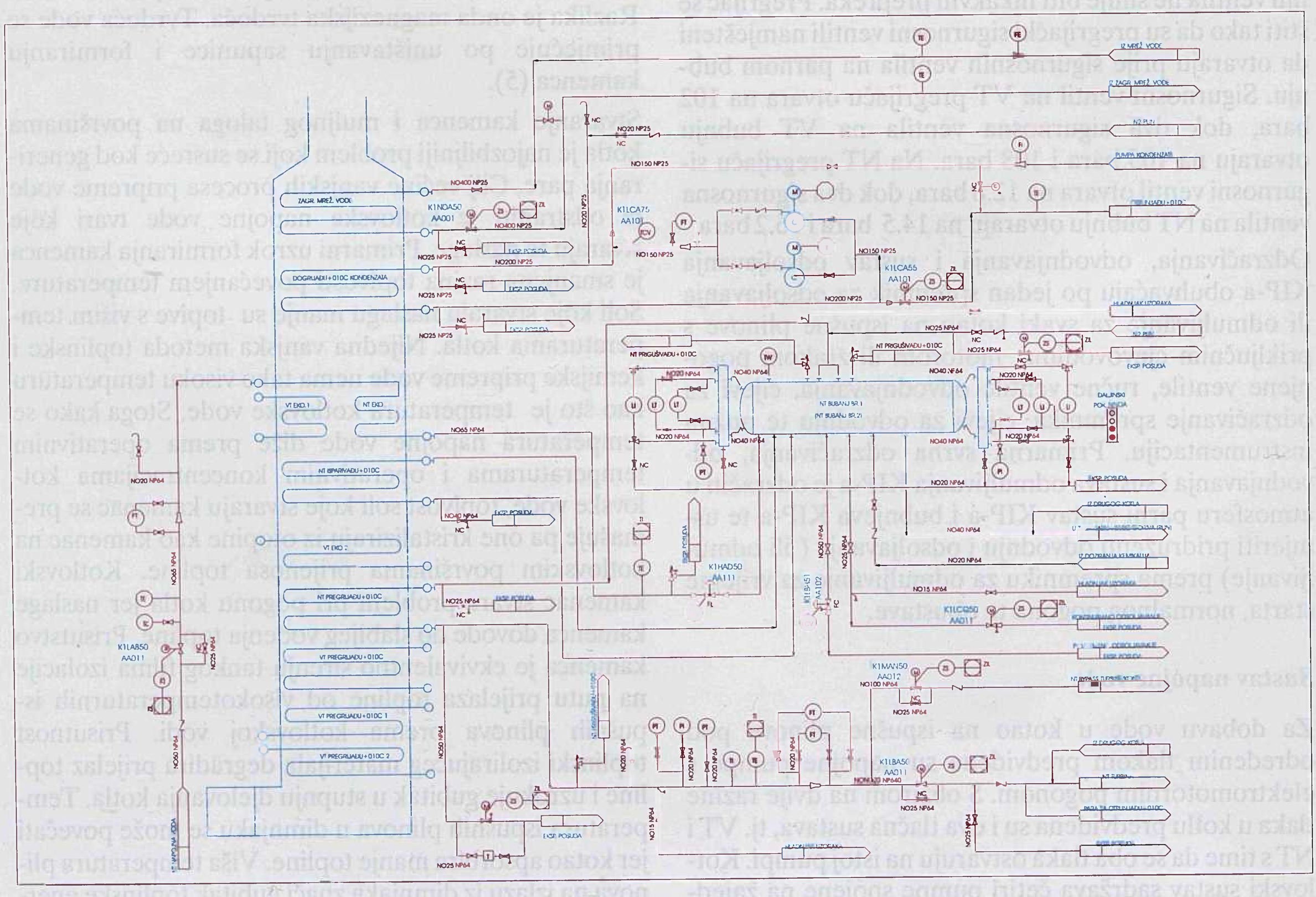
3. PROBLEMATIKA VODE I PARE KIP-a

Pri kondicioniranju kotlovske napojne vode tvrdoća vode može prouzročiti formiranje kamenca na isparavačkim površinama te suvišni mulj ako ona nije odgovarajuće tretirana. Tvrdoća vode također može prouzročiti taloženje kamenca u grijačima napojne vode ili ekonomajzerima te u cjevovodima napojne vode. Tvrdoća vode je suma kalcija i magnezija u vode. Tvrdoća vode se još izražava kao tvrdoća kalcija i tvrdoća magnezija. Da bi se tvrdoća podijelila na ovaj način nužno je odrediti kalcij te ukupnu tvrdoću. Razlika je onda magnezijska tvrdoća. Tvrdoća vode se primjećuje po uništavanju sapunice i formiranju kamenca (5).

Stvaranje kamenca i muljnog taloga na površinama kotla je najozbiljniji problem koji se susreće kod generiranja pare. Cilj većine vanjskih procesa pripreme vode je odstraniti iz kotlovske napojne vode tvari koje stvaraju te naslage. Primarni uzrok formiranja kamenca je smanjena razina topivosti povećanjem temperature. Soli koje stvaraju naslagu manje su topive s višim temperaturama kotla. Nijedna vanjska metoda toplinske i kemijske pripreme vode nema tako visoku temperaturu kao što je temperatura kotlovske vode. Stoga kako se temperatura napojne vode diže prema operativnim temperaturama i operativnim koncentracijama kotlovske vode, topivost soli koje stvaraju kamenac se premašuje pa one kristaliziraju iz otopine kao kamenac na kotlovskim površinama prijenosa topline. Kotlovski kamenac stvara problem pri pogonu kotla jer naslage kamenca dovode do slabijeg vođenja topline. Prisutstvo kamenca je ekvivalentno širenju tankog filma izolacije na putu prijelaza topline od visokotemperaturnih ispušnih plinova prema kotlovskoj vodi. Prisutnost toplinski izolirajućeg materijala degradira prijelaz topline i uzrokuje gubitak u stupnju djelovanja kotla. Temperatura ispušnih plinova u dimnjaku se može povećati jer kotao apsorbira manje topline. Viša temperatura plinova na izlazu iz dimnjaka znači gubitak toplinske energije koju se trebale preuzeti izmjenjivačke cijevi u kotlu.



Slika 4. Shema tokova visokotlačne pare kotla na ispušne plinove



Slika 5. Shema tokova niskotlačne pare kotla na ispušne plinove

Kalcij i magnezij

Kalcijeve i magnezijeve soli su najčešći izvor poteškoća s kotlovskim kamencem. Unutarnja kemijska priprema se koristi da bi spriječila taloženje i formiranje kamenca iz ostatne tvrdoće tj. koncentracija preostalih u napojnoj vodi te da bi održala toplinske površine kotla čistim. Najčešći izvor kamenca je raspadanje kalcijevog bikarbonata te stvaranje kalcijevog karbonata pod utjecajem topline. Izlučivanje kalcijevog karbonata se redovito događa da bi potom formirao kamenac tamo gdje kotlovska voda sadrži znatne količine kalcijevog bikarbonata. Opisano djelovanje uzrokuje formiranje taloga na napojnim cijevima i ekonomajzeru. Kalcijev fosfat i kalcijev silikat se također često talože kao kotlovski kamenac. Kalcijev silikat se može oformiti kombinacijom iz kalcijevog silikata koji je prirodno prisutan ili kao rezultat uporabe natrijevog silikata prilikom unutarnje pripreme.

Krutine

Otopljene krutine se ne mogu odstraniti filtracijom. Lebdeće krutine su one koje nisu u pravoj otopini pa se mogu odstraniti filtracijom. Ukupne krutine su ukupna suma lebdećih i otopljenih krutina. Krutine u kotlovskoj vodi mogu biti magnetične i nemagnetične. Podrijetlo otopljenih krutina u kotlovskoj vodi leži u otapajućoj akciji vode u kontaktu s mineralima iz zemlje ili kotlovskim komponentama. Lebdeće krutine su male čestice netopive materije, mehanički uvedene turbulentnim djelovanjem vode na krutine ili kotlovske komponente. Lebdeće krutine su zamjetljive u kotlovskoj vodi. Te krutine mogu po svojoj naravi biti korozivne ili sudjelovati u formiranju kamenca na kotlovskim površinama prijelaza topline. Iz tih razloga lebdeće krutine se moraju eliminirati iz vode. Otopljene krutine su obično sulfati, bikarbonati, zatim kloridi kalcija, magnezija i natrija.

Ulje

Ulje se obično ne može naći u kotlovskoj napojnoj vodi, ono se može uvesti u napojnu vodu propuštanjem uljnih brtvi na pumpi ili parnoj turbini. Ulje se može također uvući u opremu parnog ciklusa tijekom aktivnosti održavanja. Ulje pluta na vodi. Jasno je da se samo mala količina ulja prisutna u parnom bubnju može odstraniti odsoljivanjem ili odmuljivanjem. Praktično je nemoguće dobiti reprezentativni uzorak kotlovske vode za testiranje sadržaja ulja. Uzorci koji će se koristiti za testiranje sadržaja ulja mogu se uzeti iz kondenzata ili kotlovske napojne vode. Neki od najtežih pogonskih problema na kotlu poput uvijanja, puknuća, lokalnog pregrijanja, pjenjenja, naglog ključanja te formiranje kamenca mogu se pripisati prisutnosti ulja u kotlovskoj napojnoj vodi. Pregrijavanja kotlovskih grijačkih površina zbog ulja se događa jer ulje formira tanki film na površini. Uljni film djeluje kao izolator koji sprječava prijelaz topline. Sprječavanje prijelaza topline dovodi do povećanja temperature metala cijevi. Složena ulja mogu prouzročiti pjenjenje kotlovske vode. Nečista para koja se dobiva iz takve vode može zaprljati cijevi pregrijača, turbinske lopatice, začepiti cjevčice te odsjeći ili zaprljati drugu opremu gdje se događa prijelaz topline. Ulje se kotlovskoj vodi mora držati na apsolutnom minimumu. Nijedna metoda unutarnjeg kondicioniranja se ne može uspješno uhvatiti ukoštac s problemom ulja što znači da se ulje mora odstraniti prije ulaska u kotao. Različite vrste opreme su na raspolaganju za odstranjivanje ulja, uključujući mehaničke i kemijske metode. Mehaničke metode se mogu primijeniti na paru i kondenzat, dok su kemijske metode ograničene samo na kondenzat.

Čistoća pare ili pojava odnošenja "Carry – Over"

Para koja izlazi iz kotla može nositi kapljice vode (mehaničko odnošenje ili Carry - Over) ili soli kotla s parom. Zbroj odnošenja soli i odnošenja kapljica vode s parom je ukupno odnošenje ili "Carry-Over". Kako kotlovska voda prelazi u paru, formiraju se talozi u pregrijačima, nepovratnim ventilima, cjevovodima ili u parnoj turbini. Talozi djeluju kao izolatori na površinama prijelaza topline čime se diže temperatura metala cijevi. Stvaranjem taloga na turbinskim regulacijskim ventilima nastaju ozbiljni gubici u stupnju djelovanja turbine te mogu dovesti do havarije. Najčešći uzrok "Carryovera" ili odnošenja se može naći u nepravilnom pogonu što je povezano s pjenjenjem ili potiskivanjem (priming) te s prevelikom razinom vode u bubnju. U svim ovim slučajevima prevelike količine vode ulaze u parni separator te smanjuju njegovu efikasnost. Priming (potiskivanje) i pjenjenje su uvijek nepoželjni te mogu biti opasni, a njihov uzrok se uvijek mora istražiti da bi se poduzela korektivna akcija. Ako se događa "Carryover" zbog nekompletne separacije pare ili ohlađivanja nečistom parom, pregrijač će sigurno biti zaprljan i oštećen. Povećanje pada tlaka preko pregrijača ili gubitak cijevi na pregrijaču su siguran znak mogućeg odnošenja ili Carryovera.

Pjenjenje i potiskivanje (priming)

Pjenjenje je stvaranje velike količine pjene ili mjehura u kotlu zbog nemogućnosti parnih mjehura da sraščuju i da nestaju. Nastala para može potpuno ispuniti prostor bubnja ili može biti relativno manje dubine u bubnju. U oba slučaja pjenjenje uzrokuje znatno obuhvaćanje vode pa para po svom sadržaju postaje mokra. Što je para mokrija to ona vuče više krutina prema pregrijačima. Pjenjenje se događa zbog previše otopljenih krutina ili lebdećih krutina u vodi. Nagla ili dramatična promjena opterećenja također može dovesti do pjenjenja. Potiskivanje karakterizira napuštanje velikih količina vode iz bubnja s parom te obično s prisutnim muljem što stvara probleme na

cjevovodima pare i u parnoj turbini. Potiskivanje je nasilnije nego pjenjenje. Ono je slično naglom ključanju u otvorenom loncu. Događa se istodobno s pjenjenjem. Visoke razine vode u bubnju potiču potiskivanje.

4. PRIPREMA VODE, DOZIRANJE KEMIKALIJA I UZIMANJE UZORAKA

Funkcija pripreme vode uz kemijsku kontrolu je sprječavanje pogonskih problema KIP-a, te da se kemijski pripremi napojna voda za ulazak u bubnjeve KIP-a, a da bi se minimizirala korozija unutar parnog procesa.

Za pripremu napojne vode koristi se povratni kondenzat te dodatna demineralizirana voda. Kvaliteta demineralizirane vode će zadovoljavati zahtjevima iz M407G u VGB:

Tablica 3. Kvaliteta demineralizirane vode

vodljivost (pri 25 °C)	≤ 0.08 μ S / cm
sadržaj Si O_2	≤ 0.010 mg / l
sadržaj Na	≤ 0.005 mg / l
otopljeni organski ugljik	≤ 0.2 mg / l

Tablica 4. Kvaliteta napojne vode i kondenzata prema VGB standardu

vodljivost (iza kationskog izmjenjivača)	≤ 0.2 μ S / cm
pH	> 9
sadržaj kisika (O_2)	≤ 0.02 mg / kg
sadržaj željeza (Fe)	≤ 0.02 mg / kg
sadržaj bakra (Cu)	≤ 0.003 mg / kg
sadržaj Si O_2	≤ 0.02 mg / kg

Tablica 5. Kotlovska voda

pH	> 9.5 - 10.5
vodljivost (iza kationskog izmjenjivača)	< 150 μ S / cm
sadržaj P O_4	< 6 mg / l
sadržaj Si O_2	< 1.8 mg / l

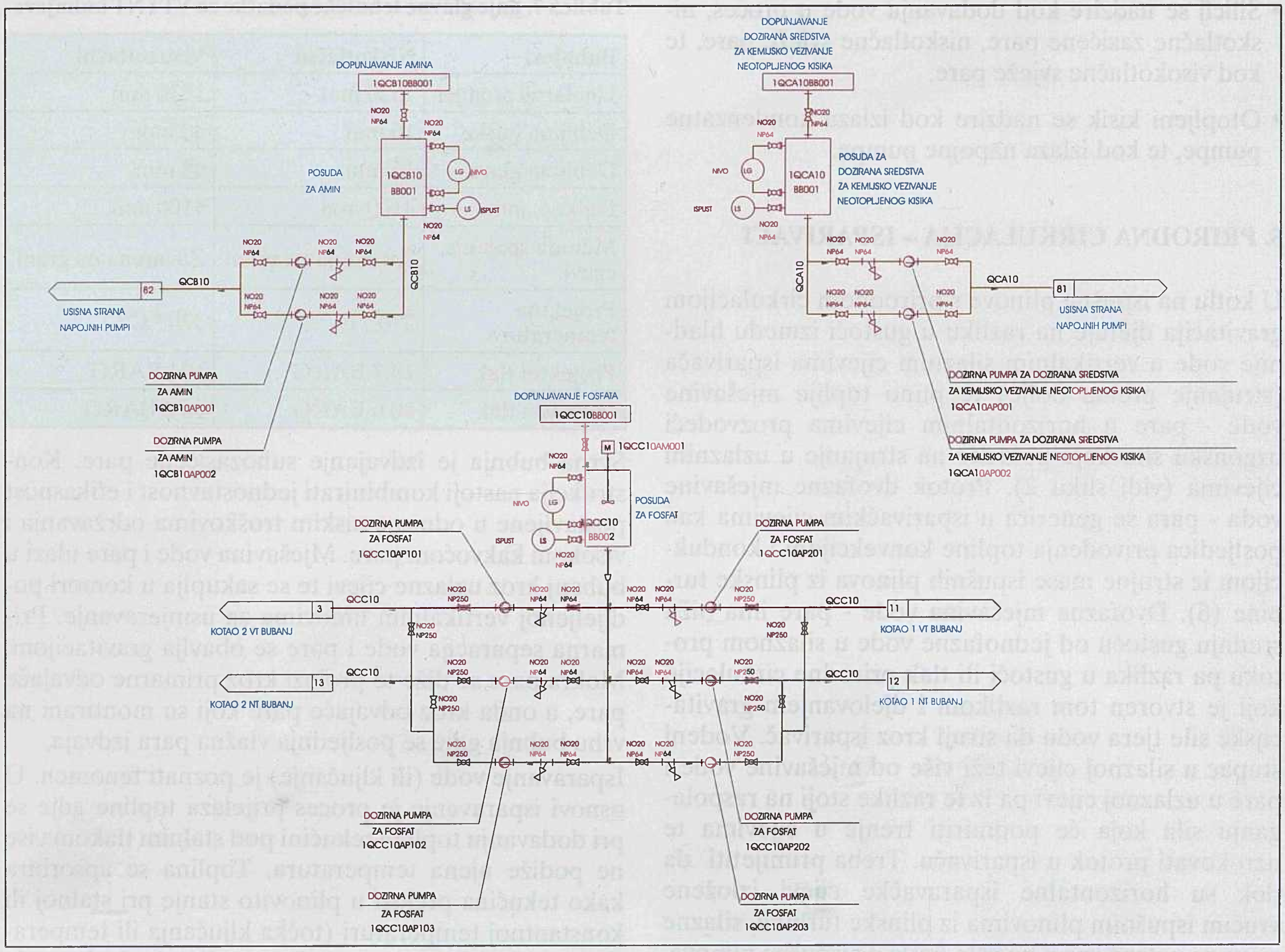
Tablica 6. Kvaliteta pare

vodljivost (iza kationskog izmjenjivača)	≤ 0.2 μ S / cm
sadržaj Si O_2	< 0.02 mg / kg
sadržaj željeza (Fe)	≤ 0.02 mg / kg
sadržaj bakra (Cu)	≤ 0.003 mg / kg
sadržaj Na	≤ 0.01 mg / kg

Prevelika vrijednost pH, tj. kiselost može prouzročiti kemijsko razaranje metala kotla te gubitak metala. Korozija je opća pojava na površini kotla ali lokalizirana u napadu. Jedna od mjera sprječavanja korozije je neutralizacija kiselosti pomoću lužnatih spojeva. U pripremi kotlovske vode, taj način se često koristi za te svrhe. Izuzev specijalnih slučajeva korozijskih napada koji uključuju pogon kotla pod visokim tlakom, iskustvo je pokazalo da je poželjno održavati povišenu pH vrijednost kotlovske vode. Povišena pH vrijednost onemogućuje napad na metal kotla, a također održava minimalni alkalni karakter kotlovske vode te izlučivanje soli koje nastaju pri unutarnjoj pripremi.

Toplinska priprema napojne vode je sastavni dio pripreme vode na ovom kotlu. Pod pojmom "toplinska priprema napojne vode" podrazumijeva se proces zagrijavanja smjese povratnog kondenzata i dodatne demineralizirane vode na temperaturu zasićenja uz odgovarajući tlak (uglavnom veći od atmosferskog), a radi otplinjavanja svih plinova otopljenih u vodi, odnosno kondenzatu, a u prvom redu uzročnika korozije kisika (O_2) i ugljikovih (IV)-oksida (CO_2). Smjesa kondenzata i dodatne vode preko predgrijača kondenzata dovodi se u toplinski otplinjač u kojem se raspršuje preko niza ugrađenih kaskada. Istodobno se u toplinski otplinjač vraća topla voda iz zagrijača plina i iz vrelovodnog zagrijača. Za zagrijavanje na radnu temperaturu u otplinjač se uvodi niskotlačna para iz niskotlačnog oduzimanja parne turbine ili niskotlačnog razdjelnika pare. Toplinski otplinjač je postavljen na napojni spremnik. Opremljen je potrebnim priključcima za dovod mješavine kondenzata i dodatne vode (regulacija dotoka izvedena je prema održavanju stalne razine u napojnom spremniku), odvodom otparka, sigurnosnim ventilom, te mjernim instrumentima (manometar i termometar).

Vodena para za pogon turbina (kondenzacijskih i protutlačnih) mora zadovoljiti određene uvjete kvalitete. Ukoliko se niskotlačna para (oduzimana iz turbine) koristi kao tehnološka para u industriji, treba voditi računa i o specifičnim zahtjevima te industrije. Pripremljena napojna voda zagrijana je na 109 °C, iz nje su fizikalnim putem odstranjeni plinovi (O_2 i CO_2). No, ta voda još uvijek ne zadovoljava propisane uvjete kakvoće. Stoga se vrši kondicioniranje doziranjem kemikalija za alkaliziranje i kemijsko vezanje ostatnog kisika. Na TE-TO kemijski regulacijski sustav se sastoji od spremnika za miješanje, volumetrijskih pumpi s pridruženim ventilima, cjevovoda, instrumentacije i regulacije. Kondicioniranje napojne vode vrši se hlapivim alkalnim sredstvima - aminima i eliminoxom, tj. odstranjivačem kisika. Dok amini podižu pH-vrijednost, eliminox veže ostatni kisik i ujedno podiže pH-vrijednost napojne vode. Kako su ovo hlapiva sredstva doziranje se vrši u usisne vodove napojnih pumpi, s tim da je rad dozirnih pumpi u sprezi s radom napojnih pumpi. Amin se ubacuje u usisnu stranu napojne pumpe da bi održao pH vrijednost na željenoj vrijednosti od 9.0 do 9.3 te da bi općenito minimizirao koroziju.



Slika 6. Shema doziranja kemikalija

Priprema bubnja

Kotlovsku vodu potrebno je kondicionirati doziranjem natrijevog fosfata Na_3PO_4 u bubanj kotla. Predviđeno je zasebno doziranje u VT bubanj i NT bubanj, a svaki od ukupno 6 uređaja je kapacitiran za 100%tni učin. Dozirni uređaj uključuje spremnik pripravljene kemikalije za doziranje (potrebne koncentracije) s ručnom miješalicom, dozirnu pumpu s usisnom košarom na usisnoj cijevi i preljevnim ventilom, te svu potrebnu mjerno-regulacijsku i sigurnosnu armaturu, za manuelno upravljanje uređajem. Uređaj je tako koncipiran da su ispunjeni svi uvjeti u pogledu zaštite pogonskog osoblja. Uređaj je paketne izvedbe. Fosfati se injektiraju direktno u bubanj. Ubacivanje fosfata se automatski kontrolira prilagođavanjem hoda pumpi injektiranja te s povratnim signalom iz sustava analize koji mjeri pH vrijednost bubnjeva. Fosfati idu u kombinaciju s tvrdoćom vode te daju laki mulj koji se izlučuje i odstranjuje iz bubnja odmuljivanjem.

Sustav za analizu vode i uzimanje uzoraka

Funkcija sustava za analizu vode i uzimanje uzoraka je kontinuirani monitoring parnog procesa. Funkcija sustava je prikupljanje, priprema i analiza parnih i vodenih tokova iz KIP-a, kondenzata, napojne kotlovske vode, zatvorenog kruga rashladne vode te opskrbe demi vodom. Pogonsko osoblje koristi analize da bi ocijenilo uvjete kemijskih procesa te da bi moglo poduzeti korektivne akcije s kojima će izbjeći štete na postrojenju.

Sustav uzimanja uzoraka vode i pare te njihova analiza je projektirana za sljedeće stavke:

- pH se nadzire na izlazu iz kondenzatne pumpe, na izlazu iz napojne pumpe, kod niskotlačnog odmuljivanja kotla na ispušne plinove, te kod visokotlačnog odmuljivanja kotla na ispušne plinove.
- Specifična vodljivost se nadzire kod dodavanja vode, mrežne vode (vrelovoda) na izlazu iz kondenzatne pumpe, kod niskotlačne zasićene pare kotla na ispušne plinove, niskotlačne svježe pare, kod niskotlačnog odmuljivanja kotla na ispušne plinove, na izlazu iz napojne pumpe, visokotlačne zasićene pare, visokotlačne svježe pare, te kod visokotlačnog odmuljivanja kotla na ispušne plinove.
- Kationska vodljivost se nadzire kod izlaza kondenzatne pumpe, niskotlačne zasićene pare, niskotlačne svježe pare, visokotlačne zasićene pare te kod visokotlačne svježe pare.

- Silicij se nadzire kod dodavanja vode u proces, niskotlačne zasićene pare, niskotlačne svježe pare, te kod visokotlačne svježe pare.
- Otopljeni kisik se nadzire kod izlaza kondenzatne pumpe, te kod izlaza napojne pumpe.

5. PRIRODNA CIRKULACIJA – ISPARIVAČI

U kotlu na ispušne plinove s prirodnom cirkulacijom gravitacija djeluje na razliku u gustoći između hladnije vode u vertikalnim silaznim cijevima isparivača (strujanje prema dolje) te puno toplije mješavine vode - pare u horizontalnim cijevima prozvodeći uzgonsku silu koja pokreće na strujanje u uzlaznim cijevima (vidi sliku 2). Protok dvofazne mješavine voda - para se generira u isparivačkim cijevima kao posljedica privođenja topline konvekcijom i kondukcijom iz strujne mase ispušnih plinova iz plinske turbine (6). Dvofazna mješavina vode - pare ima nižu srednju gustoću od jednofazne vode u silaznom protoku pa razlika u gustoći ili tlak prirodne cirkulacije koji je stvoren tom razlikom i djelovanjem gravitacijske sile tjera vodu da struji kroz isparivač. Vodeni stupac u silaznoj cijevi teži više od mješavine vode i pare u uzlaznoj cijevi pa iz te razlike stoji na raspolaganju sila koja će podmiriti trenje u cijevima te uzrokovati protok u isparivaču. Treba primijetiti da dok su horizontalne isparavačke cijevi izložene vrućim ispušnim plinovima iz plinske turbine, silazne cijevi se nalaze izvan kućišta kotla na ispušne plinove. Kako se voda grije u isparavačkim cijevima, stvaraju se parni mjehuri pa se mješavina pare i vode diže jer ju u silaznim cijevima težina gušće vode prisiljava zagrijanu mješavinu da se diže prema uzlaznim cijevima (sl. 4 i 5), čime se uspostavlja cirkulacija ili optok. Da bi se osigurala cirkulacija bez prekida, također je bitno da se cijelo vrijeme održi zahtijevana razina vode u parnom bubnju (7). Razlika između kote parnog bubnja te dna sabirnika isparivača je takva da osigurava dovoljnu cirkulaciju. Prirodna cirkulacija je efikasnija kada postoji znatna razlika u gustoći između faze zasićene vode i faze zasićene pare. Promjeri, lokacija te broj cijevi, kao i razmještaj cijevi te njihov razmak su pažljivo evaluirani i odabrani da bi se osigurala pouzdana prirodna cirkulacija u isparivaču, te da bi se postigao pouzdan rad kotla na ispušne plinove u svim režimima rada. Povećana prirodna cirkulacija se dobiva također, kada nema parnih mjehura u silaznim cijevima čime se maksimalizira razlika u gustoći (6).

VT i NT isparivačke cijevi su horizontalne cijevi, spiralno orebrene. Krug cirkulacije ili optoka vode se sastoji od parnog bubnja, silaznih dobavnih cijevi, isparivačkih i uzlaznih cijevi. Mješavina vode i pare se generira u horizontalnim isparivačima prijelazom topline te struji od isparivačkog izlaznog sabirnika prema parnom bubnju kroz uzlazne cijevi.

Tablica 7. daje glavne tehničke podatke za VT i NT bubnjeve

Bubnjevi	Niskotlačni	Visokotlačni
Unutarnji promjer	1520 mm	1830 mm
Debljina ljuske	16 mm	48 mm
Debljina glave	16 mm	48 mm
Duljina, mm	4100 mm	4100 mm
Metoda spajanja cijevi	Zavarena na grani	Zavarena na grani
Projektna temperatura	210 ° C	320 ° C
Projektni tlak	14.7 BARG	104 BARG
Pogonski tlak	10.6 BARG	96.2 BARG

Svrha bubnja je izdvajanje suhozasićene pare. Konstrukcija nastoji kombinirati jednostavnost i efikasnost postavljene u odnos s niskim troškovima održavanja i visokom kakvoćom pare. Mješavina vode i pare ulazi u bubanj kroz uzlazne cijevi te se sakuplja u komori podijeljenoj vertikalnim limovima za usmjeravanje. Primarna separacija vode i pare se obavlja gravitacijom. Mokra para se diže te prolazi kroz primarne odvajače pare, a onda kroz odvajače pare koji su montirani na vrhu bubnja gdje se posljednja vlažna para izdvaja.

Isparavanje vode (ili ključanje) je poznati fenomen. U osnovi isparavanje je proces prijelaza topline gdje se pri dodavanju topline tekućini pod stalnim tlakom više ne podiže njena temperatura. Toplina se apsorbira kako tekućina prelazi u plinovito stanje pri stalnoj ili konstantnoj temperaturi (točka ključanja ili temperatura zasićenja). Brzina prijelaza topline je visoka pa je stoga isparavanje vrlo dobar način hlađenja površina kotla na ispušne plinove izloženih visokoj ulaznoj toplini sadržanoj u ispuhu plinske turbine.

Fenomen isparavanja (ključanja) je povezan s određenim izazovnim aspektima:

- iznenadno urušavanje ključanja kod vrlo visokih ulaznih promjena topline
- potencijalne fluktuacije protoka koje se mogu dogoditi u pari - vodenom protoku
- učinkovita separacija pare od protoka vode
- značajna razlika u gustoći između grijanih površina (cijevi) te negrijanih površina (cijevi).

Razlika u gustoći generira protok vode prema grijanoj cijevi u dobro poznatoj petlji prirodne cirkulacije ili optoka isparivača kotla na ispušne plinove. Protočno ključanje i konvektivno ključanje koje se nalazi u gotovo svim sustavima generiranja pare je kompleksni fenomen koji uključuje blisku interakciju strujanja fluida s dvije faze, gravitaciju, fenomen materijala te mehanizme prijelaza topline pri isparavanju. Mješavina vode i pare napreduje kroz seriju protočnih struktura ili oblika: mjehuraste, mješovite te prstenaste. To je rezultat kompleksnih interakcija površinskih sila, međuslojnih fenomena, pada tlaka, gustoće vode - pare, te efekata količine gibanja povezanih s ponašanjem površinskog vrenja.

6. SUSTAVI REGULACIJE KIP-a

Sustavi regulacije razine u VT bubnju KIP-a

Sustav regulacije razine u VT bubnju održava razinu napojne vode u bubnju unutar zadanih granica, bez obzira na promjene opterećenja. Normalno sustav regulacije razine u kotlu na ispušne plinove obuhvaća regulaciju uz punu snagu i regulaciju uz minimalnu snagu. Kada je protok pare mali, regulacija u bubnju se regulira jednokomponentnom regulacijom koristeći mjerenje razine u VT bubnju. Ako je protok pare veći od namještene vrijednosti, razina u bubnju se regulira trokomponentnom regulacijom koristeći:

- protok svježe pare (K1LBA10CF001)
- protok napojne vode (K1LAB60CF001)
- razinu u VT bubnju kotla na ispušne plinove (K1HAD10CL001).

Mjera razine u bubnju je normalna razina vode (NRV) odabrana i kompenzirana na promjene tlaka u bubnju (gledati sliku 4 na kojoj zbog preglednosti nisu označena mjerenja u KKS-u nego samo regulacijski ventili). Kompenzirani signal se uspoređuje s ručno namještenom vrijednošću regulatora razine. Izlazni signal iz regulatora će prilagoditi protok napojne vode koja je prošla VT ekonomajzer 1 i VT ekonomajzer 2 preko regulacijskih ventila razine prema VT bubnju tako da uzme u obzir stvarnu razinu bubnja (K1HAD10CL001), koja je modificirana trenutačnim protokom pare (K1LBA10CFOO1) i ulaznim visokotlačnim protokom napojne vode (K1LAB10CFOO1). Ventil za regulaciju pri niskom opterećenju (K1HAD10AA102) koristi se za protoke napojne vode u području 0-30% nazivnog protoka, a ventil za regulaciju pune snage (K1HAD10AA101) koristi se do 100 % paralelno s ventilom za nisko opterećenje (7). Prijelaz od niskog opterećenja na puni teret je automatski, prije nego ventil za regulaciju niskog opterećenja dosegne svoju punu otvorenost (vidi sliku 4).

Sustav regulacije kontinuiranog odsoljavanja VT bubnja

Sustav regulacije kontinuiranog odsoljavanja VT bubnja kotla na ispušne plinove ima zadatak da održava razinu u bubnju za vrijeme upuštanja, obustave i normalnog pogona ako razina nastoji prijeći namještenu vrijednost. Ako je razina u bubnju znatno viša od namještene vrijednosti, regulacijski ventil kontinuiranog odsoljavanja (K1LCQ31AA001) se otvara i ispušta vodu iz bubnja u ekspander odsoljavanja. Za zaštitu od porasta razine uslijed bujanja razine u bubnju, s plinskom turbinom pri upuštanju u pogon, namještenu vrijednost razine u bubnju moguće je promijeniti (vidi sliku 4). Sustav regulacije kontinuiranog odsoljavanja VT bubnja kotla na ispušne plinove zasniva se na jednokomponentnoj regulaciji, koristeći mjerenje razine u VT bubnju (K1HAD10CL001).

Sustav regulacije temperature VT pare KIP- a

Sustav regulacije temperature VT pare kotla na ispušne plinove ima zadatak da održava temperaturu VT pregrijane pare unutar zadanih granica. Mjerenje temperature u glavnom parovodu uspoređuje se s namještenom vrijednošću i u slučaju odstupanja signal djeluje na regulacijski ventil za uštrcavanje vode (K1LAE1010AA101). Ako temperatura svježe pare raste iznad namještene vrijednosti, u ohlađivač se uštrcava voda pomoću regulacijskog ventila. Zaštitna petlja sprječava prekomjerno uštrcavanje vode tako da temperatura iz ohlađivača ne može biti niža od temperature zasićenja. To znači, ako je temperatura na izlazu iz ohlađivača niža za 10 °C od temperature zasićenja u bubnju, zaštitna petlja djeluje na regulacijski ventil za uštrcavanje vode koji se automatski zatvara (vidi sliku 4). Mjerenje ide preko:

- temperatura VT pregrijane svježe pare (K1LBA10CT001),
- temperatura na izlazu iz ohlađivača VT svježe pare (K1HAH10CT002).

Sustav regulacije razine u NT bubnju KIP- a

Sustav regulacije razine u NT bubnju kotla na ispušne plinove održava razinu napojne vode u bubnju unutar zadanih granica, bez obzira na promjene opterećenja. Kada je protok pare mali, regulacija u bubnju se regulira jednokomponentnom regulacijom koristeći mjerenje razine u NT bubnju. Ako je protok pare veći od namještene vrijednosti, razina u bubnju se regulira trokomponetnom regulacijom, a te tri komponente su:

- protok svježe pare (K1LBA50CF001),
- protok napojne vode (K1LAB50CF011),
- razina u NT bubnju kotla na ispušne plinove (K1HAD50CL011).

Mjera razine u bubnju je normalna razina vode (NRV) odabrana i kompenzirana na promjene tlaka u bubnju. Kompenzirani signal se uspoređuje s ručno namještenom vrijednošću regulatora razine. Izlazni signal iz regulatora će prilagoditi protok napojne vode koja je prošla NT ekonomajzer preko regulacijskog ventila razine (K1HAD50AA111) prema NT bubnju tako da uzme u obzir stvarnu razinu bubnja (K1HAD59CL011), koja je modificirana trenutačnim protokom NT pare (K1LBA50CFO11) i ulaznim niskotlačnim protokom napojne vode (K1LAB50CFO11). Ventil za regulaciju razine NT bubnja (K1HAD50AA111) je izvršni organ ove trokomponentne regulacije (vidi sliku 5).

Sustav regulacije razine u NT bubnju kontinuiranim odsoljavanjem KIP-a

Sustav regulacije kontinuiranog odsoljavanja NT bubnja KIP-a ima zadatak da održava razinu u bubnju za vrijeme upuštanja, obustave i normalnog pogona ako

razina nastoji prijeći namještenu vrijednost. Ako je razina u bubnju znatno viša od namještene vrijednosti, regulacijski ventil kontinuiranog odsoljavanja (K1LCQ50AA011) se otvara i ispušta vodu iz bubnja u ekspander odsoljavanja (vidi sliku). Za zaštitu od porasta razine zbog bujanja razine u bubnju, s plinskom turbinom pri upuštanju, namještenu vrijednost razine u bubnju moguće je promijeniti. Sustav regulacije kontinuiranog odsoljavanja NT bubnja kotla na ispušne plinove zasniva se na jednočlanoj regulaciji, koristeći mjerenje razine u NT bubnju (K1HAD50CL011). Znači da regulacijski ventil kontinuiranog odsoljavanja (K1LCQ50AA011) pomaže pri regulaciji razine pri izrazito povećanoj razini vode u bubnju.

Sustav regulacije temperature recirkulacije vode predgrijača kondenzata

Sustav regulacije temperature recirkulacije vode predgrijača održava temperaturu recirkulacije vode predgrijača unutar propisanih granica. Izmjerena temperatura vode na ulazu u predgrijač (K1LCA50CT001) uspoređuje se s namještenom vrijednošću i regulacijski ventil recirkulirajuće vode (K1LCA75AA101) se prilagođava pomoću tog signala odstupanja. Ako je temperatura vode na ulazu u predgrijač znatno viša od namještene vrijednosti, regulacijski ventil recirkulirajuće vode se zatvara pa pumpe za recirkulaciju kondenzata K1LCA60AP001 i K1LCA70AP001 guraju manje kondenzata natrag u recirkulaciju. Ako je temperatura vode na ulazu u predgrijač niža od namještene vrijednosti, regulacijski ventil (K1LCA75AA101) recirkulirajuće vode se otvara pa pumpe za recirkulaciju kondenzata guraju više kondenzata natrag u recirkulaciju. Sustav regulacije recirkulirajuće vode predgrijača zasniva se na jednokomponentnoj regulaciji, koristeći mjerenje člana ulazne temperature u zagrijač (K1LCA50CT001)

7. ZAKLJUČNO O UPUŠTANJU KOTLA NA ISPUŠNE PLINOVE

Kad su nužne dozvole zadovoljene, KIP starta u skladu s odobrenim pogonskim uputstvima. Za vrijeme upuštanja plinske turbine, svi vrući plinovi izgaranja se skreću prema kotlu na ispušne plinove. To će osigurati toplinu potrebnu za dizanje tlaka i temperature u kotlu. Kako se vrućim plinovima dozvoljava ulaz u kotao, raste tlak u svakoj sekciji kotla pa će bubnjevi početi "bujati". Za vrijeme početnog hladnog upuštanja turbine, VT i NT bubnjevi su namješteni na nisku razinu (5 cm iznad apsolutnog minimuma niska - niska razina) da bi mogli prihvatiti ovu ekspanziju vode u sustavu (8). Bubnjevi se mogu ispustiti pomoću regulacijskog ventila kontinuiranog odoljavanja (K1LCQ3AA001) u slučaju uvjeta visoka - visoka razina da bi se kontrolirao nagli rast u razini zbog ove ekspanzije. To se normalno obavlja postavljanjem startnih ispusnih ventila u automatiku, a VT bubnju se omogućuje tlak manji od 17,5 bara u pretlaku. Automatski regulacijski ventili razine također kontroliraju razinu u bubnju. Kad je protok VT pare veći od 30 % MCR (maksimalnog kontinuiranog opterećenja) VT i NT regulatori razine bubnja će prijeći na trokomponentnu regulaciju. VT i NT bubnjevi se odzračuju pri upuštanju da bi se odstranili nekondenzirajući plinovi. Ove odzrake se zatvaraju na 2 bara kod VT bubnja, a na 0.5 bara kod NT bubnja.

U cijevima VT i NT pare su motorima pogonjeni ventili odvodnjavanja, za vrijeme upuštanja otvoreni, da bi kontinuirano odstranjivali kondenzat, jer se cijevi početno griju na pogonsku temperaturu te je time omogućeno početno zagrijavnje staze parnog protoka. Ventili će biti zatvoreni, kad se kondenzat više ne ispušta iz parne cijevi prije ventila odvodnjavanja, i pri tlakovima i temperaturama parne cijevi kada se u njoj ne može pojaviti kondenzat. Kao rezultat, zagrijavanje parnih linija je postignuto kroz odgovarajući sljedni postupak s ventilima odvodnjavanja na parnim linijama.

Kako se preko ispušnog plina dovodi dodatna toplinska energija, tlak i temperatura nastavlja s porastom uz postojeće uvjete bubnja. U trenutku kad je uspostavljena proizvodnja pare u KIP-u, para generirana u VT bubnju će se polako preko pregrijača pripuštati u glavni sustav pare pa usmjeriti prema vodom hlađenom kondenzatoru, mimoilazeći parnu turbinu, a sa zadanim gradijentom tlakom KIP-a, dok pogonski uvjeti ne dozvole upuštanje parne turbine. Para u mimovodnom sustavu (bypassu) se hladi te joj se reducira tlak prije nego se pripusti u kondenzator.

LITERATURA

[1] M. ŠANDER: "Glavni sustavi plinske turbine MS6001FA u TE-TO Zagreb", ENERGIJA, časopis Hrvatske elektroprivrede, prosinac 2001.

[2] Opertion and Maintenance Manual – Heat Recovery Steam Generator, TE-TO ZAGREB CCCP, Korea Heavy Industries & Construction CO. Ltd., Korea 2000

[3] Para - njeno generiranje i korištenje, Babcock & Wilcox, 40. izdanje, 1992.

[4] ASME Section VII - Preporuke za brigu o kotlovima u elektranama, izdanje 1998.

[5] S. T. POWELL: "Water conditioning for industry", McGRAW-HILL Co., New York, 1954.

[6] Waste Heat Boiler Deskbook, V. Ganapathy, The Fairmont Press Inc. 1991.

[7] The Heat Recovery Steam Generator Dilemma, Natural or Assisted Circulation,Technology Report, Europower, Spring 1993.

[8] Training Manual – Heat Recovery Steam Generator, TE-TO ZAGREB CCCP, Korea Heavy Industries & Construction CO. Ltd., Korea 2000.

BOILER USING FLUE GASSES IN A COMBINED COGENERATION PLANT

Combined cogeneration plant TE-TO Zagreb is composed of two gas turbines and one condensing turbine without interim heating. The facility consists of mechanically integrated, multi-axe combined cogeneration equipment for electric energy production designed for daily start and stop by base or partial load. The plant includes two MS6001FA gas turbines with generators and two boilers using flue gasses, one steam turbine with a steam inlet, water cooled condenser on the steam turbine release. The steam for steam turbine is produced in a flue gas-using boiler from the heat produced in the gas turbine. Combined cogeneration plant is going to produce 200 MW of electric energy and steam for the district heating network as well as industrial steam.

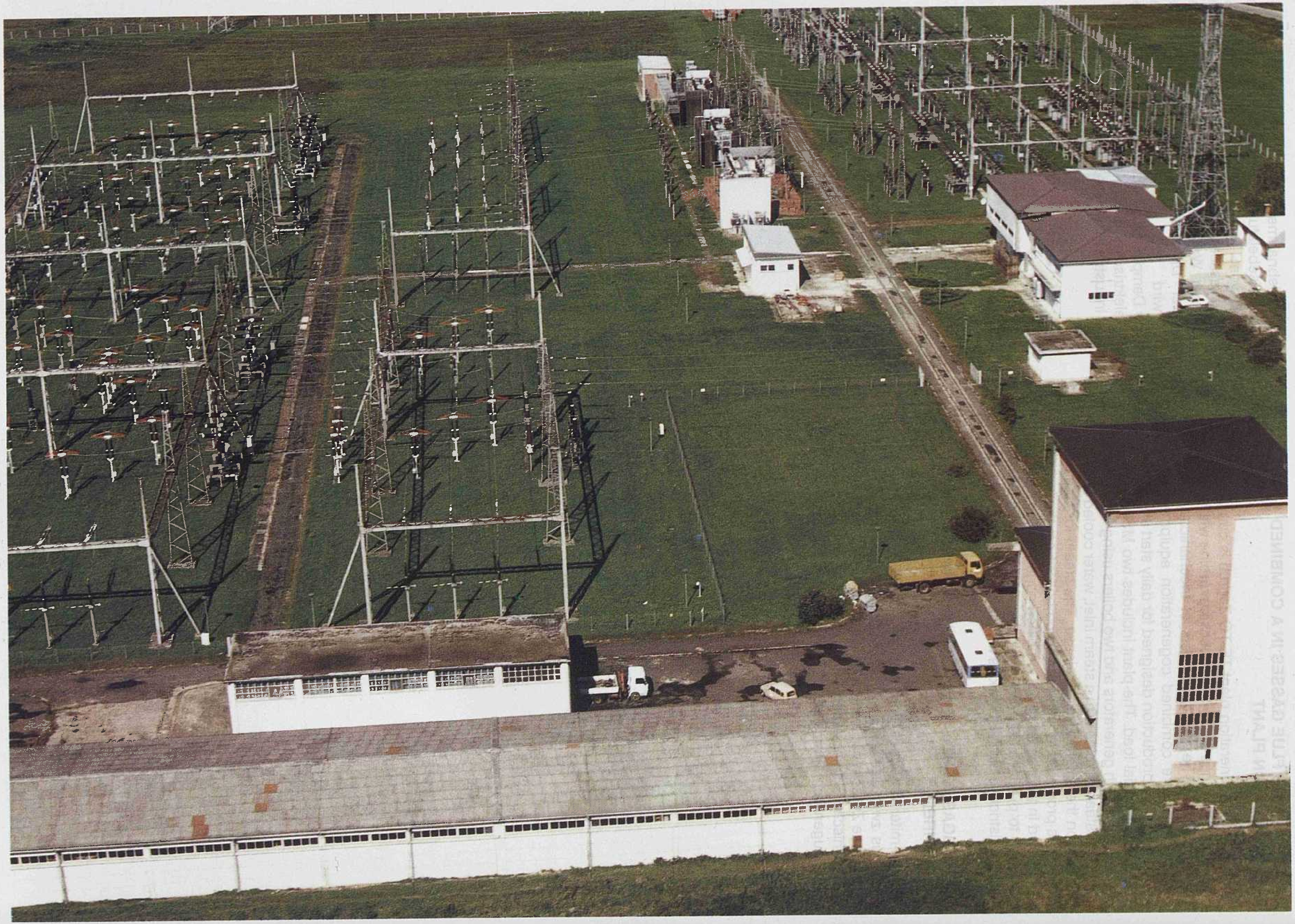
DER ABGASKESSEL IM KOMBI-MITERZRUGENDEN VERFAHREN

Kombi-miterzrugendes Verfahren im "TE-TO Zagreb" besteht aus zwei Gasturbuinen und einer Kondensationsturbine ohne Zwischenüberhitzung. Die Anlage setzt sich aus mechanisch integrierter, mehrachsigen Kombi-Miterzrugenden stromerzeugenden Ausrüstung, geplant für tägliche Inbetriebnahme und Einstellung bei einer Grund- oder Teilweisebelatung. Die Anlage besteht aus zwei Gasturbinen vom Typ MS6001FA mit Genertoren, sowie zwei Abgaskesseln, einer Dampfturbine mit einem Dampfzulauf, einem Wassergekühlten Kondensator am Tiefdruchende der Dampfturbine. Der Dampf für die Dampfturbine wird im Abgaskessel welcher die Abgaswärme der Dampfturbine nutzt. Kombi-miterzrugende wird 200 MW elektrischer Energie und Dampf für den Wärmenetz und Industrie erzeugen.

Naslov pisca:

Miroslav Šander, dipl. ing.
ELEKTROPROJEKT
Alexandera von Humboldta 4
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-04-25.



ISKORIŠTAVANJE DRVNOG OSTATKA ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vedran U r a n, Rijeka

UDK 621.311.22:674.002
STRUČNI ČLANAK

Cilj je ovog rada prikazati načine iskorištavanja drvnog ostatka iz drvnih industrija za proizvodnju toplinske i električne energije. Pri tome su ukratko opisane karakteristike drvnog ostatka kao goriva, tipovi energetskih sustava i sustava za loženje drvnih ostataka. Na primjerima pojedinih industrija u svijetu prikazana je isplativost izgradnje energetskih sustava na drvni ostatak. Kroz prikaz dosadašnjih iskustava u iskorištavanju drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije u drvnim industrijama Hrvatske, utvrđene su mogućnosti sve većoj implementaciji energetskih sustava na drvni ostatak u hrvatski toplinski i elektroenergetski sustav.

Ključne riječi: drvni ostatak, drvna industrija, proizvodnja toplinske i električne energije, energetski sustavi, sustavi za loženje, isplativost izgradnje energetskih sustava na drvni ostatak.

1. UVOD

Uloga drvne industrije sastoji se u primarnoj i sekundarnoj obradi sirovine - drva, i njegove finalne obrade u gotov proizvod. Pri tim obradama, ovisno o kapacitetu proizvodnje, kao nus produkt nastaju određene količine različitih oblika drvnog ostatka. Interes je svake drvne industrije da taj ostatak pretvori u profit. Nekoliko je načina postizanja tog profita:

- vraćanje drvnog ostatka u proces radi izrade sekundarnih proizvoda,
- iskorištavanje drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije,
- tretiranje drvnog ostataka u komercijalne svrhe, te
- plasman drvnog ostatka na otvoreno tržište drvne biomase.

Drvni ostaci se međusobno razlikuju po fizikalnim i kemijskim karakteristikama, ali i po energetskoj vrijednosti, ovisno o njihovom podrijetlu i načinu korištenja.

Drvne industrije su u odnosu na vlastitu potrošnju električne energije veliki potrošači toplinske energije. Stoga se mnoge drvne industrije opskrbljuju toplinskom energijom proizvodeći je u vlastitim kotlovnicama na drvni ostatak. No, drvne industrije veće proizvodne produktivnosti imaju goleme količine drvnog ostatka pa pored vlastite proizvodnje toplinske energije za vlastite potrebe proizvode i električnu energiju. Time se rješavaju velikih količina drvnog ostatka, a deponijima više ne plaćaju naknade za odlaganje drvnog ostatka. Pri tome cijela drvna industrija ima sigurnu opskrbu električnom energijom te se ona može prodavati lokalnom distributeru ili trećem neovisnom subjektu po naprijed određenoj otkupnoj cijeni električne energije. U takvim sustavima proizvode se velike količine toplinske energije pa se njen preostali dio iskorištava za grijanje okolnog naselja ili za tehnološke potrebe manjih industrijskih jedinica u susjedstvu matične drvne industrije.

U mnogim se drvnim industrijama takav način tretiranja drvnog ostatka pokazao jako ekonomičnim i ekološki prihvaćenim. Ovisno o tipu postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije moguće je postići veliki stupanj energetske iskoristivosti sustava (do 90 %). Premda često subvencionirana, takva postrojenja postaju sve aktuelnija u razdoblju slobodnog trgovanja električnom energijom unutar elektroenergetskog sektora [1]. S druge strane, drvni ostatak je kao jedan od oblika biomase i obnovljivog izvora energije sve prihvatljiviji u onim zemljama (pretežito razvijenim) koje nastoje smanjiti količinu ugljičnog dioksida CO_2 u atmosferu radi ispunjavanja Kyoto Protokola iz 1997. godine [2]. Smanjenje suvišnog udjela CO_2 u atmosferi nastaje zbog vezivanja ugljika za vrijeme procesa fotosinteze kod uzgoja biomase.

Industrijski energetski sustavi za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije na drvni ostatak (ali i na sve ostale oblike biomase) nazivaju se još i *bioenergane*.

2. KARAKTERISTIKE DRVNOG OSTATKA KAO GORIVA

Od početka razvoja čovječanstva drvo spada u najstarije oblike izvora energije. I danas se drvo kao takvo za potrebe grijanja pretežito koristi u ruralnim i

planinskim dijelovima. Na primitivan način drvo se u najvećim udjelima troši u nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju. U razvijenim se zemljama drvo danas kao gorivo koristi u različitim osuvremenjenim oblicima: kao drvni ostatak iz šume i drvne industrije, u obliku iverja, briketa i peleta. Od najveće je važnosti imati saznanja o energetskoj kvaliteti drva te tipu tehnologije u kojem će se to drvo kao gorivo u raznim oblicima spaljivati. Između te dvije relacije poželjno je izraditi optimalni sustav za što kvalitetnije i efikasnije izgaranje ovog oblika biomase.

2.1. Vrste drva i oblici drvnog ostatka

Vrste drva koje se javljaju u drvnoj industriji Hrvatske su u najvećoj mjeri hrast, bukva, zatim jasen, jela, smreka, bor i brijest te u manjim količinama voćkarice kao što su trešnja, kruška i orah. Te se vrste drva međusobno razlikuju po fizikalnim i kemijskim svojstvima. Među istim vrstama drva fizikalne i kemijske razlike mogu biti po kriteriju njihovog geografskog i klimatskog podrijetla.

Pod fizikalnim svojstvima drva podrazumijevamo:

- fizička svojstva drva (volumna težina drva, specifična masa drvne tvari, higroskopnost drva, točka zasićenosti vlakanaca drva, utezanje i bubrenje drva, linearno utezanje odnosno bubrenje u drvu);
- termička svojstva drva (koeficijent dilatacije, koeficijent vodljivosti topline drva);
- električka svojstva drva (električka vodljivost, relativna dielektričnost);
- akustična svojstva drva (koeficijent apsorpcije zvuka, vodljivost zvuka);
- optička svojstva drva
- mehanička svojstva drva[1] (modul elastičnosti drva, čvrstoća na vlak i tlak drva, kritičko naprezanje izvijanja, čvrstoća na smicanje, čvrstoća na savijanje, čvrstoća na sukanje, čvrstoća na cijepanje, tvrdoća drva, otpornost protiv habanja ili abrazije).

[1] Mehaničke karakteristike drva od najveće su važnosti kod mehaničke prerade drva poput procesa piljenog drva, izrada furnira, proizvodnje šperovanog drva itd.

Kemijska svojstva drva odnose se na kemijski sastav drva. Veći dio drvne tvari sastavljen je od kemijskih spojeva visoke molekularne težine. Ti kemijski spojevi su polimeri. Osim kemijskog sastava bitan je i sadržaj vode u drvu što također utječe na energetsku vrijednost drva i drvnog ostatka. Prema [3] elementarni sastav suhe drvne tvari gotovo je jednak za sve vrste drveta: suha drvna tvar sadrži u prosjeku 49,6% ugljika, 5,9% vodika, 44,0% kisika, 0,2% dušika i 0,3% pepela. Donja ogrjevna moć takvog drva je 15,300 MJ/kg. Prema [4] navode se sljedeći podaci za elementarni kemijski sastav različitih vrsta drva osušenog u sušari i koje sadrži 8% vlage (tablica 1).

Odnos između količine ulazne sirovine, trupaca, u proces njegove prerade i količine drvnog ostatka koji nastaje kao nus produkt u tim procesima najčešće iznosi oko 60%. Pri tome se dobije između dva do četiri puta više mokrog nego suhog ostatka [5, 6].

Najčešći oblici drvnih ostataka koji se koriste za proizvodnju toplinske i električne energije su kora i piljevina, zatim sječke, iver i bruševina. Količina proizvedene pare ovisi o specifičnoj masi drvnog ostatka, njegovom sadržaju vlage i gornjoj ogrjevnoj moći. U tablici 2 prikazan je utjecaj vlage u kori na njenu gornju ogrjevnu moć. Primjećuje se da što je manji sadržaj vode u kori to je gornja ogrjevna moć veća. No, pitanje je do koje se mjere isplati sušiti kora budući da je za proces sušenja potrebna određena količina dovedene energije koja ima svoju cijenu.

Prilikom jednostavnijih proračuna za dobivanje izlazne veličine za energiju u obzir se uzima da 1 tona drvnog ostatka s 10% udjela vlage može proizvesti 5 t/h pare, a 1 tona drvnog ostatka s 50% udjela vlage 2,72 t/h pare [5].

Tablica 1. Kemijski sastav i gornja ogrjevna moć drva [4]

	% C	% H2	% S	% O2	% N2	% Pepeo	Gornja ogrjevna moć, MJ/kg
Čempres	54.98	6.54	-	38.08	-	0.40	22,951
Jela	52.3	6.3	-	40.5	0.1	0.8	21,045
Bor, smola	59.00	7.19	-	32.68	-	1.13	26,323
Bor, bijeli	52.55	6.08	-	41.25	-	0.12	20,696
Bor, žuti	52.60	7.02	-	40.07	-	0.31	22,347
Jasen, bijeli	49.73	6,93	-	43.04	-	0.30	20,743
Bukva	51.64	6.26	-	41.45	-	0.65	20,371
Javor	50.64	6.02	-	41.74	0.25	1.35	19,952
Hrast, crni	48.78	6.09	-	44.98	-	0.15	19,022
Hrast, crveni	49.49	6.62	-	43.74	-	0.15	20,208
Hrast, bijeli	50.44	6.59	-	42.73	-	0.24	20,487

Tablica 2. Gornja ogrjevna moć i sadržaj vlage u kori drveta [4]

% H2O	Gornja ogrjevna moć MJ/kg	kg vode/kg suhe tvari
0	20,347	0.00
20	16,278	0.25
40	12,208	0.67
50	10,174	1.00
60	8,139	1.50
70	6,104	2.30
80	4,069	4.00
90	2,035	9.00

2.2. Tretiranje drvnog ostatka

Drvni ostatak se selektira ovisno o instaliranom sustavu za loženje. No, česti su slučajevi da se generatori pare lože mješavinom kore i ostalog drvnog ostatka s 45 do 55% udjela vlage [5]. Visoko organizirani sustavi sastoje se od loženja generatora pare selekcijom različitih oblika drvnog ostatka s različitim udjelima vlage. Pri tome se u obzir uzima odnos energetske iskoristivosti s ekonomskom prihvatljivošću takvog sustava. Uobičajena je računica da su sofisticiraniji sustavi investicijski skuplji, ali su zato na dugi rok isplativiji od sustava sa neselektirajućim loženjem drvnog ostatka.

Unutar drvne industrije drvni ostatak je moguće iskoristiti i za proizvodnju briketa i peleta koji mogu predstavljati korisno gorivo za loženje veće ogrjevne moći od konvencionalnih oblika drvnih ostataka. No, isplativost korištenja briketa i peleta ovisi o odnosu između troškova njihove proizvodnje i prihoda dobivenih pri njihovoj eksploataciji.

3. DRVNI OSTATAK ZA KOMBINIRANU PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

3.1. Općenito o sustavu za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije u drvnoj industriji

Drvna industrija je intenzivni potrošač toplinske energije koja se većim dijelom koristi za parenje ili kuhanje trupaca te za sušenje drva u sušarama. Ovaj oblik energije se zatim koristi i za grijanje hala, skladišta, upravne zgrade, restorana te za zagrijavanje sanitarne vode.

Električna energija upotrebljava se najvećim dijelom za pokretanje elektromotornih pogona (70-80% od ukupno potrošene električne energije) te za rasvjetu.

Odnosi između veličine izlazne toplinske i izlazne električne snage postrojenja mogu iznositi i do deset puta u korist toplinske snage [7]. Zbog toga većina drvnih industrija posjeduje vlastite kotlovnice za opskrbu toplinskom energijom dok električnu energiju uzimaju iz javne mreže.

Pojedine drvne industrije proizvode goleme količine drvnog ostatka. One ih između ostalog nastoje iskoristiti i za vlastitu proizvodnju električne energije. Za tu je svrhu u energetski sustav industrije potrebno ugraditi parnu turbinu sa spojkom, reduktorom i generatorom električne energije zajedno s priključkom na javnu mrežu. Za proizvodnju električne energije potrebna je para viših radnih parametara tako da na ulazu u parnu turbinu tlakovi mogu iznositi od 12 do 45 bara, a temperature od 300 do 450°C [8]. Viši parametri daju ekonomičnije postrojenje.

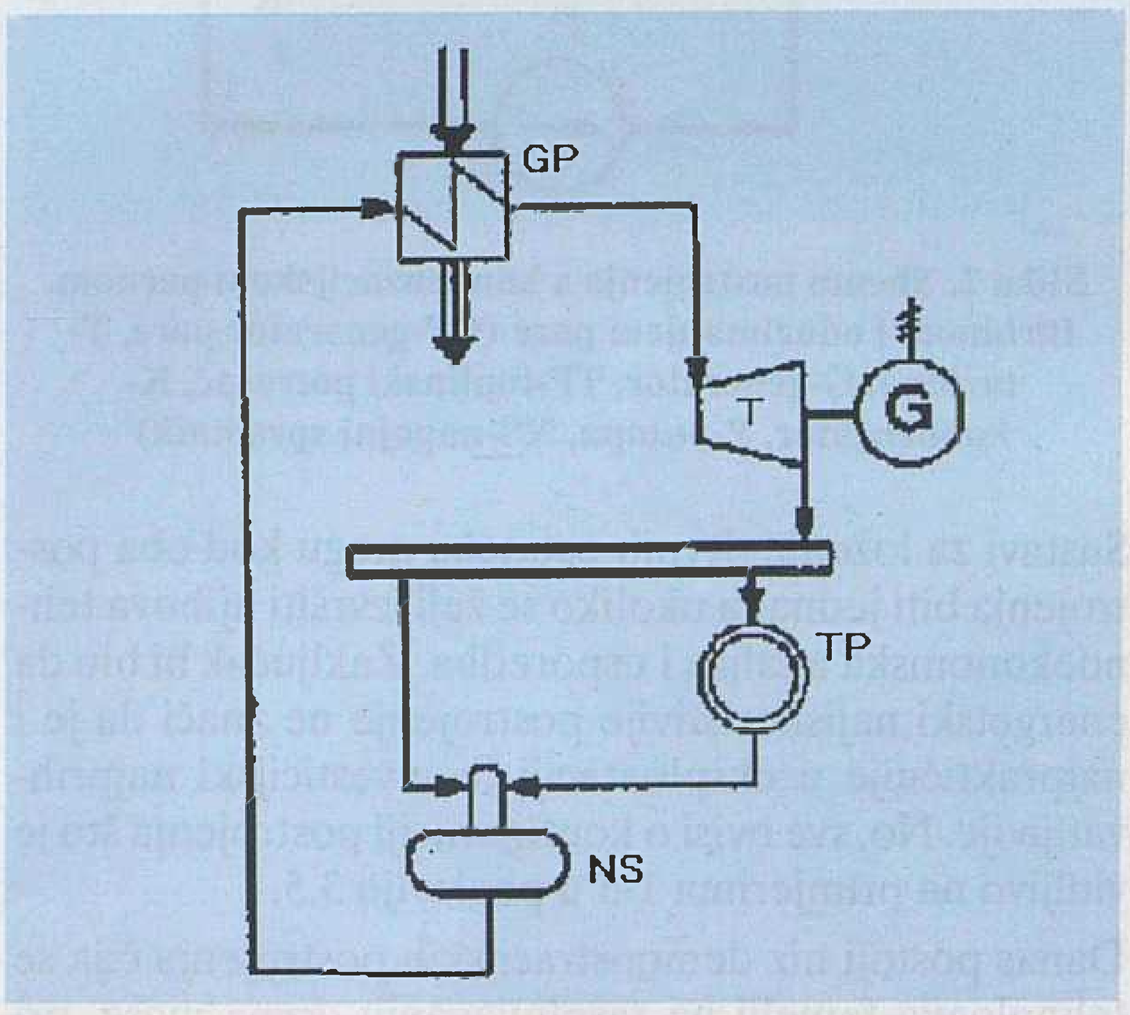
3.2. Osnovni tipovi postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije

Osnovna prednost postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije jest što se toplina ne gubi nepovratno u okoliš već se ona kroz izmjenjivače topline koristi za energetske potrebe industrije. Također se učinkovitije vrednuje primarna energija, odnosno eksergija goriva te nema gubitaka prilikom prijenosa i distribucije energije, što se osobito odnosi na slučaj vlastite opskrbe industrije električnom energijom.

Osnovni tipovi ovakvih postrojenja temelje se na tipu parnih turbina koje se u energetski sustav ugrađuju, a to su:

a) postrojenja s protutlačnom parnom turbinom

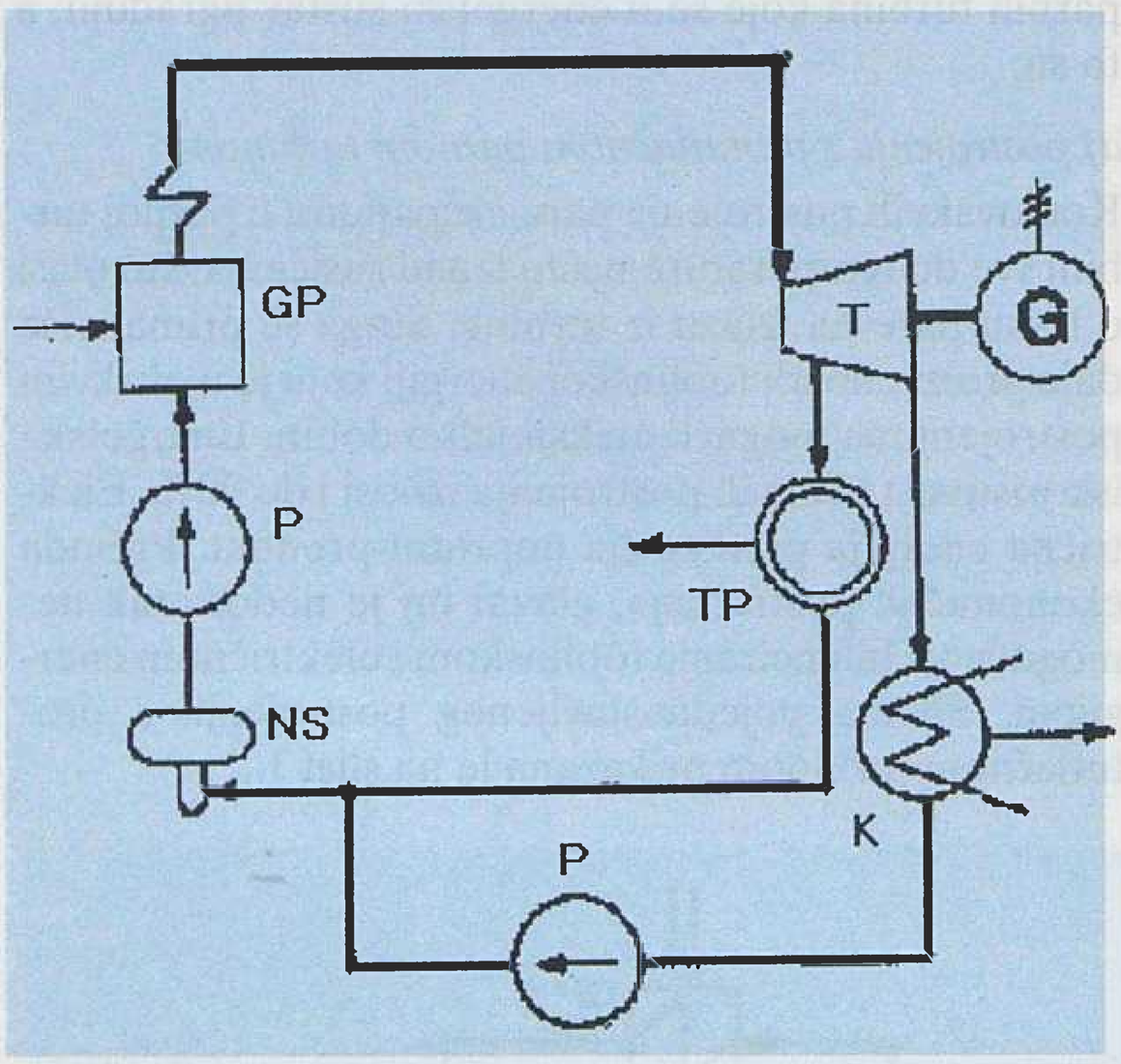
Kod ovakvih postrojenja para ekspandira u parnoj turbini sve do temperature nešto iznad zasićenja, što ovisi o tlaku pare na izlazu iz turbine. Stoga se primat više daje proizvedenoj toplinskoj energiji koju je u ovakvim postrojenjima moguće maksimalno dobiti. Energetska iskoristivost ovakvih postrojenja iznosi i do 90%. Električna energija predstavlja popratni produkt. Premda ekonomična postrojenja, glavni im je nedostatak nemogućnost bilanciranja toplinskom i električnom energijom. Shema pojednostavljenog postrojenja s protutlačnom turbinom prikazana je na slici 1.



Slika 1. Shema postrojenja s protutlačnom parnom turbinom (GP-generator pare, T-turbina, G-generator, TP-toplinski potrošač, NS-napojni spremnik)

b) postrojenja s kondenzacijskom parnom turbinom i oduzimanjem pare

U ovakvim postrojenjima para ekspandira u turbini do određenog tlaka te se s određenom količinom odvodi u sabirnice koje vode do različitih potrošača topline. Preostali dio pare ekspandira do tlaka kondenzacije pri čemu je moguće proizvesti određenu količinu električne energije. Pri tome se neiskorištena toplina pare gubi kroz njeno hlađenje sve do temperature ukapljivanja pri tlaku kondenzacije. Zbog toga je energetska iskoristivost ovakvih postrojenja znatno niža (oko 50%) nauštrb mogućnosti bilanciranja toplinskom i električnom energijom. Nedostatak je i sama cijena postrojenja koja odskače od sustava s protutlačnom parnom turbinom zbog ugrađenog kondenzatora. Ovakvo postrojenje ne mora imati samo jedno oduzimanje pare, može ih imati više, ovisno o vrstama i potrebama potrošača topline. Oduzimanje može biti regulirano i neregulirano. Shema pojednostavljenog postrojenja s kondenzacijskom turbinom i oduzimanjem pare prikazana je na slici 2.



Slika 2. Shema postrojenja s kondenzacijskom parnom turbinom i oduzimanjem pare (GP-generator pare, T-turbina, G-generator, TP-toplinski potrošač, K-kondenzator, P-pumpa, NS-napojni spremnik)

Sustavi za loženje drvnih ostataka mogu kod oba postrojenja biti jednaka ukoliko se želi izvršiti njihova tehnoekonomska analiza i usporedba. Zaključak bi bio da energetski najiskoristivije postrojenje ne znači da je i najpraktičnije u eksploataciji ili investicijski najprihvatljivije. No, sve ovisi o konfiguraciji postrojenja što je vidljivo na primjerima 1-5 u poglavlju 3.5.

Danas postoji niz demonstracijskih postrojenja čija se tehnologija temelji na rasplinjavanju drvne mase, pri čemu se dobiveni plin pod određenim pritiskom koristi za pokretanje plinske turbine i proizvodnju električne energije, a ispušni dimni plinovi koji prolaze kroz kotao izmjenjivač za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije u parnom toplinskom ciklusu.

Druga obećavajuća tehnologija temelji se na iskorištavanju energije iz zraka koji se u izmjenjivaču može zagrijati do neke određene temperature. Energetski izvor njegovog zagrijavanja može biti drvna biomasa. Tako zagrijani zrak pod određenim tlakom može pokretati turbinu i proizvoditi električnu energiju, a na izlazu iz turbine taj zrak kontinuirano prolazi kroz snop cijevi u posebnom izmjenjivaču topline u kojem se proizvodi toplinska energija. Eksergetska iskoristivost zagrijanog zraka može biti jako visoka, ukoliko se uzme u obzir da se taj zrak može iskoristiti do sobne temperature, za razliku od ispušnih dimnih plinova čija temperatura na izlazu iz izmjenjivača zbog niskotemperaturne korozije ne smije biti manja od 100°C.

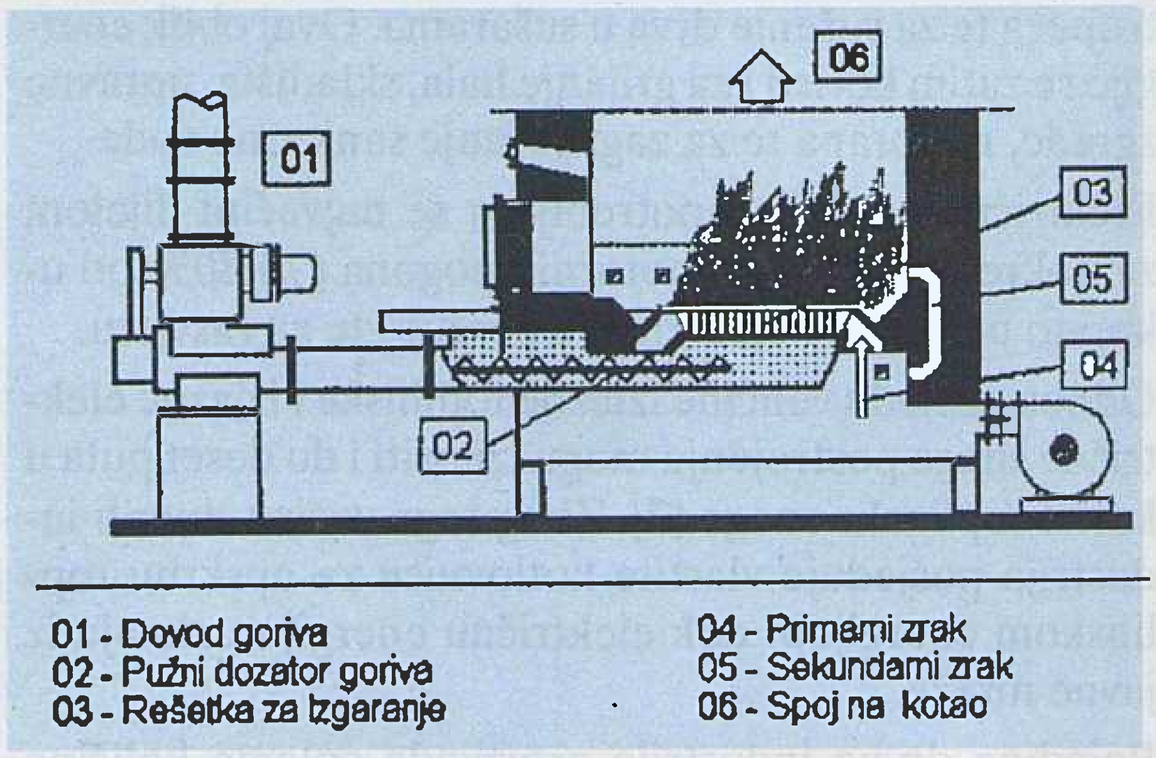
3.3. Tipovi sustava za loženje drvnog ostatka

Četiri su najčešća tipova sustava za loženje drvnim ostatkom:

a) sustav izgaranja drvnog ostatka u gomili

U ovakvim je sustavima moguće proizvesti od 7 do 170 t/h pare, ovisno o broju nosećih cijevi koji iznosi od jedan do šest. Te cijevi intenzivno hlade rešetke na kojima se dovodi drvni ostaci u gomili visine 60 do 120 cm iznad rešetke. Količina ulaznog zraka raspoređena je na sljedeći način: oko 30% ukupne količine (primarnog) zraka upuhuje se kroz rešetku, oko 60% (sekundarnog) zraka u pravcu prema gomili drvnog ostatka na rešetki te oko 10% pri vrhu komore izgaranja. Dimni plinovi napuštaju jednu komoru i ulaze u drugu u kojima se nalazi snop cijevi u kojima cirkulira pojna voda koju ti plinovi postupno zagrijavaju. Na slici 3 prikazan je sustav za loženje drvnim ostatkom koje se u ložište dovodi odozdo.

Sustav za loženje dimnog ostatka ima mogućnost kontrolirane razine ispuštene emisije dimnih plinova kroz čitav proces izgaranja, zatim niske temperature plamena te stupnjevanog izgaranja. Pepeo se otapa uz pomoć zraka koji cirkulira nasuprot zidova komore. Iz otopljenog pepela nastaje šljaka koja se na vodom hlađenoj rešetki ukrućuje. Za odstranjivanje šljake služe ručni ili automatski sustavi koji čine dio ložišta.



Slika 3. Ložište za drvni ostatak s donjim dovodom goriva [6]

b) sustav ložišta s rešetkom

Danas su to najrašireniji sustavi za loženje drvnog ostataka. Rešetke mogu biti nagnute ili kose (slika 4), stupnjevite, pokretne ili nepokretne, izrađene od lijevanog željeza ili vatro otpornih cigli. Pokretnim rešetkama se bolje kontrolira izgaranje, a pepeo se automatski odstranjuje.

Loženje drvnim ostatkom u ovakvim sustavima vrši se automatski ili pneumatski. Da bi izgaranje bilo što uspješnije, svaki dio rešetke treba biti napunjen drvnim ostatkom. Malene čestice drva izgaraju u suspenziji, a veći dijelovi drvnog ostatka na rešetki.

Iz prvenstveno ekoloških razloga, ovakvi sustavi danas imaju usavršeno izgaranje. To se ostvaruje uz pomoć preciznijeg dovoda sekundarnog zraka u ložište, čija količina iznosi oko 50% od ukupno dovedenog zraka u ložište. Tri su različita ventilatora potrebna za preciznu kontrolu dovedene količine zraka: prvi za primarni zrak koji struji kroz rešetke, drugi za sekundarni zrak i treći za pneumatsko razvođenje drvnog ostatka.

c) sustav izgaranja drvnog ostatka u fluidiziranom sloju

Karakteristika ovakvog izgaranja sastoji se u inertnom sloju materijala čime se ostvaruje velika akumulacija topline u sloju što omogućava kvalitetno izgaranje i najlošijih goriva. Za izgaranje u fluidiziranom sloju nužno je zbog transportnih i aerodinamičnih uvjeta u sloju usitniti drvni ostatak.

d) Sustav loženja drvnog ostatka u obliku suspenzije (kaše)

Ložište može biti izvedeno za gorenje suhe bruševine i piljevine relativne vlage 15% i granulacije 5 mm ali u obliku suspenzije. To se postiže uz pomoć spiralnog dijela ložišta koji ovakav tip goriva ubrizguje unutar rotirajućih prstenova između dva vrtložna strujanja zraka za izgaranje (slika 5).

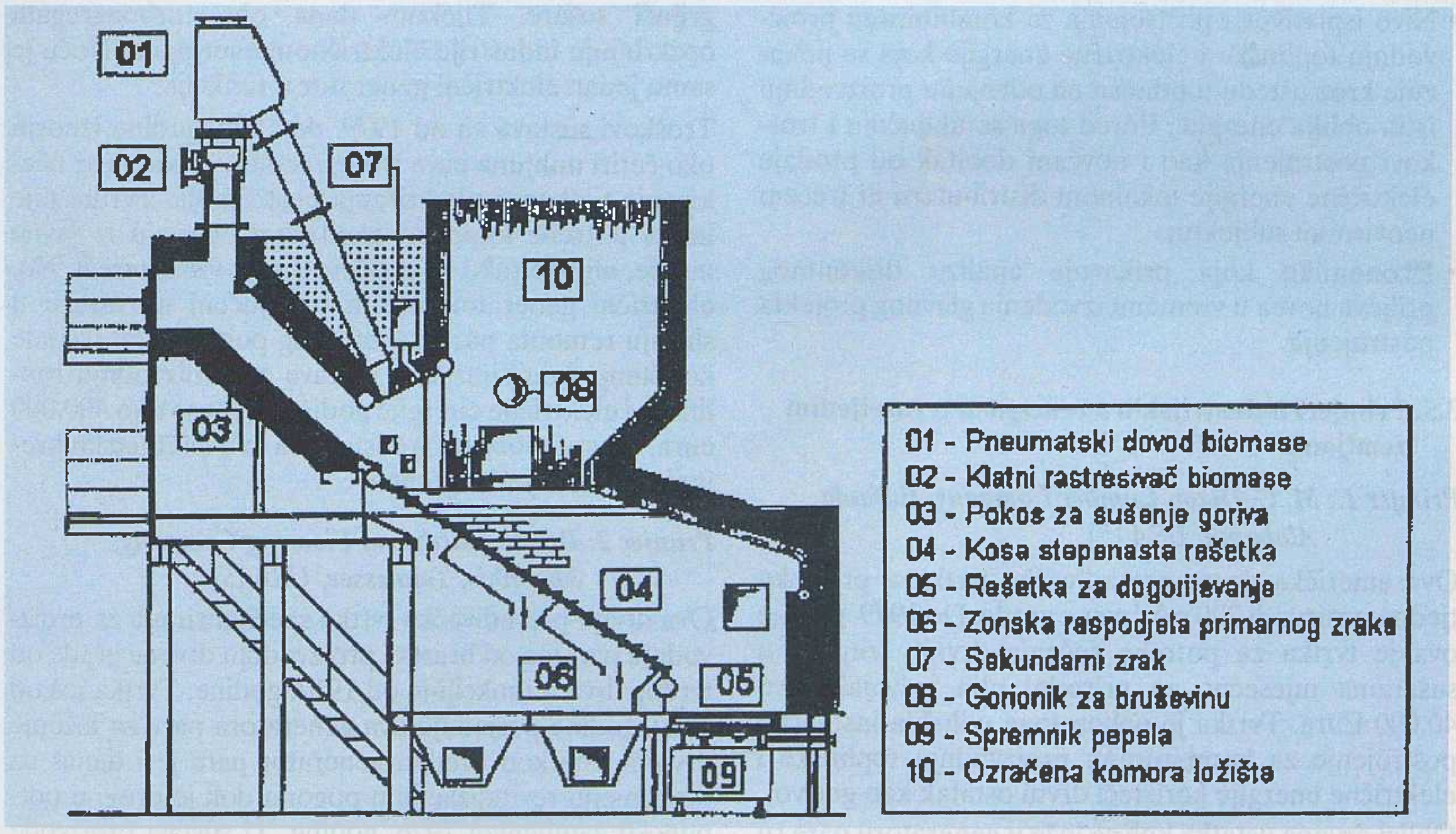
Ciklonska ložišta ubrizguju zrak i gorivo pri visokim brzinama unutar cilindrične komore izgaranja stvarajući ciklonsko vrtloženje.

U vertikalnim cilindričnim ložištima miješaju se zrak i gorivo pri čemu se dobivena masa ubrizguje u vertikalni, cilindrični sustav za loženje.

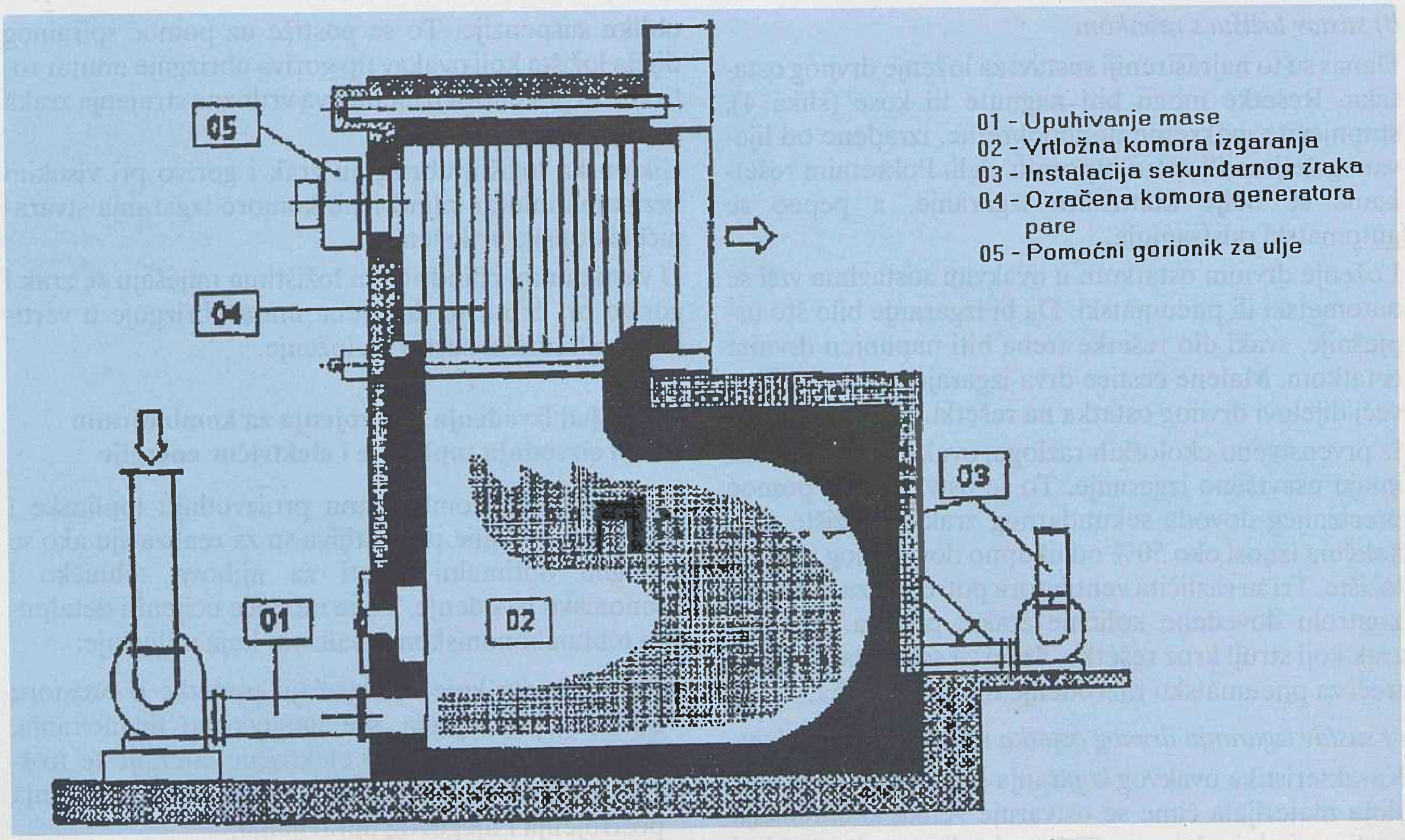
3.4. Slijed izvođenja postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije

Postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije prihvatljiva su za realizaciju ako se postignu optimalni uvjeti za njihovo tehničko i ekonomsko izvođenje. To je moguće ocijeniti detaljnijom tehnoekonomskom analizom koja uključuje:

- Pretpostavke koje obuhvaćaju podatke o prostoru budućeg postrojenja, sve mogućnosti financiranja, cijenu koštanja goriva i električne energije te troškovi koje je moguće izbjeći prilikom projektiranja postrojenja i njegovog upravljanja;
- Karakteristike goriva, kao što su potrebna količina (po mjesecu) te njegova kvaliteta (ogrjevna moć, relativna vlažnost, sadržaj pepela);
- Uporabu energije u smislu trošenja električne energije i plina pri odvojenoj potrošnji energije sustava, zatim nivo opremljenosti ovisno o snazi postrojenja te sadašnja i projektna potražnja potrošača za parom;



Slika 4. Ložište za drvni ostatak s kosom stepenastom rešetkom [6]



Slika 5. Vrtložno ložište za drvni ostatak [6]

- Veličinu sustava koja uključuje raspoloživost goriva, veličinu sustava za loženje goriva i generiranje pare, veličinu parne turbine i njoj pripadajućeg generatora električne energije;
- Tip sustava i troškovi za opremu postrojenja, izvođenje radova, osiguranje, upravljanje sustavom te troškovi održavanja;
- Nivo isplativosti postrojenja za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije koja se pokazuje kroz uštedu u odnosu na odvojenu proizvodnju istih oblika energije. Pored toga se uključuju i troškovi postrojenja kao i novčani dobitak od prodaje električne energije lokalnom distributeru ili trećem neovisnom subjektu;
- Ekonomiku koja prikazuje analizu diskontnog priljeva novca u vremenu izvođenja glavnog projekta postrojenja.

3.5. Primjeri industrijskih *bioenergana* u razvijenim zemljama

Primjer 1.: M. C. Dixon Lumber Company, Eufaula, Alabama, USA [5]

Ova američka drvno-prerađivačka tvrtka u prosjeku tjedno proizvodi 200 m³ drvene grade. Do 1979. godine ova je tvrtka za potrebe sušenja drvnih trupaca u sušarama mjesečno za prirodni plin izdvajala oko 40.000 Eura. Tvrtka je nakon toga odlučila instalirati postrojenje za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije koristeći drvni ostatak kao gorivo.

Oblici drvnog ostatka koji se lože u generatoru pare su piljevina, bruševina i kora. Iz silosa se gorivo transportira u generator pare kapaciteta 27 t/h pare. Jedan dio pare tlaka 20 bara i temperature 260°C iskorištava se za grijanje sušara, a preostali dio pare ulazi u dvije kondenzacijske parne turbine izlaznih električnih snaga 1,5 MWe i 1 MWe. Preostala toplina nepovratno se gubi hlađenjem pare u kondenzatoru.

Generator pare dnevno radi 24 sata, 6 dana u tjednu, grijući sušare. Tijekom dana oba turboagregata opskrbljuju industriju električnom energijom. Noću je samo jedan električni generator u funkciji.

Troškovi sustava su od 1979. do 1992. godine iznosili oko četiri milijuna eura što je rezultat ostvarenog očekivanja tijekom projektiranja postrojenja. Tvrtka nije imala potrebe kupovati električnu energiju iz javne mreže, ali isto tako ni prodavati svoj višak mreži. No, električni generatori ostaju priključeni na mrežu u slučaju remonta parnoturbinskog postrojenja. Uštede korištenja kombiniranog sustava za proizvodnju toplinske i električne energije godišnje iznose oko 400.000 eura. Povrat uloženih sredstava za ovu energetsku preinaku iznosio je 5,3 godina.

Primjer 2: Desoto Hardwood Flooring Company, Memphis, Tennessee, USA [5]

Ova drvno-prerađivačka tvrtka specijalizirana za proizvodnju parketa od hrasta i proizvodnju drvene građe od tvrdog drva u funkciji je od 1912. godine. Tvrtka još od 1920. godine posjeduje dva generatora pare za loženje drvnim ostatkom. Jedan generator pare je i danas uz povremenu revitalizaciju u pogonu dok je drugi u potpunosti zamijenjen 1976. godine. Ti sustavi proizvode paru za sušenje drvnih trupaca i gotovih proizvoda.

1983. godine tvrtka odlučuje ugraditi sustav za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Pri tehnoekonomskoj analizi došlo se do zaključka da bi tvrtka mogla uštedjeti i do 25% električne energije koju kupuje iz mreže. 1984. godine započinje rad kombiniranog postrojenja.

Oblici drvnog ostatka su bruševina, piljevina, drvne oljuštine, komadni okrajci. Putem silosa se ostaci drva transportiraju do ložišta. U ložištu se zatim ti ostaci pneumatski pretvaraju u suspenziju i kao takvi izgaraju. Generator pare je vodocijevni. Oko 9 t/h pare tlaka 10 bara pokreće protutlačnu parnu turbinu izlazne električne snage 0,3 MW. Para se na izlazu iz turbine koristi za grijanje sušara.

Računi za električnu energiju pali su s 18.000 eura na 13.000 eura mjesečno, pri čemu se postigla ušteda od 55.000 eura godišnje. Cijena turbogeneratora iznosila je 75.000 eura, a godišnji troškovi za upravljanje i održavanje postrojenja iznose 5.000 eura. Povrat uloženih sredstava je manji od 1,5 godine. Tvrtka je zadovoljna ovakvim načinom rada postrojenja jer se uz sigurnu i efiksnu opskrbu energijom rješava velikih količina drvnih ostataka.

Primjer 3: Howes Leather Company, Frank, West Virginia, USA [5]

Ova američka štavionica kože zapošljava 185 ljudi te se dnevno skida koža s 1.400 grla stoke. Početkom 80-tih tvrtka je započela s planovima da svoj dosadašnji toplinski sustav na bazi lož-ulja zamijeni sustavom na drvne ostatke. Takav je sustav započeo s radom 1982. godine. Tvrtka godišnje kupuje oko 46.000 tona kore, piljevine i drvnih sječki iz okolnih pilana u krugu udaljenosti do 120 kilometara. Drvni ostaci se od pilana do štavionice kože prenose kamionima, zatim ih se selektira, te se putem silosa transportiraju do ložišta u kojima oni izgaraju dijelom u suspenziji, dijelom na nepokretnoj rešetki.

Generator pare proizvodi oko 27 t/h pare tlaka 18 bara i temperature 310°C koja pokreće protutlačnu parnu turbinu. Pri tome se na stezaljkama generatora proizvodi električna energija snage 0,875 MW i njome pokriva jednu trećinu ukupnih industrijskih potreba za električnom energijom. Para izlazi iz turbine pod tlakom od 7 bara. Toplinski izmjenjivač i ventil hlade paru i smanjuju joj tlak jer je s nižim parametrima para potrebna za tehnološke procese i zagrijavanje prostorija i sanitarne vode. Nakon što se ovaj sustav pokazao uspješnim, tvrtka je ugradila još jednu protutlačnu parnu turbinu snage 0,65 MW te je smanjila tlak pare na nivo mnogo prihvatljiviji za tehnološke procese i potrebe grijanja prostorija i zagrijavanje sanitarne vode.

Cijena ugradnje ovakvog sustava iznosila je prema današnjim novčanim veličinama 4,8 milijuna eura s povratom uloženih sredstava od 4,2 godine. Sustav se pokazao pouzdanim, a generatori pare na loživo ulje ostali su u dijelu sustava kao pričuva. Otkad su u energetski sustav ove industrije uvedeni drvni ostaci kao gorivo, nisu se pojavile potrebe za pričuvne generatore pare na ulje.

Primjer 4.: Drvna industrija Houtindustrie Schijndel, Nizozemska [9]

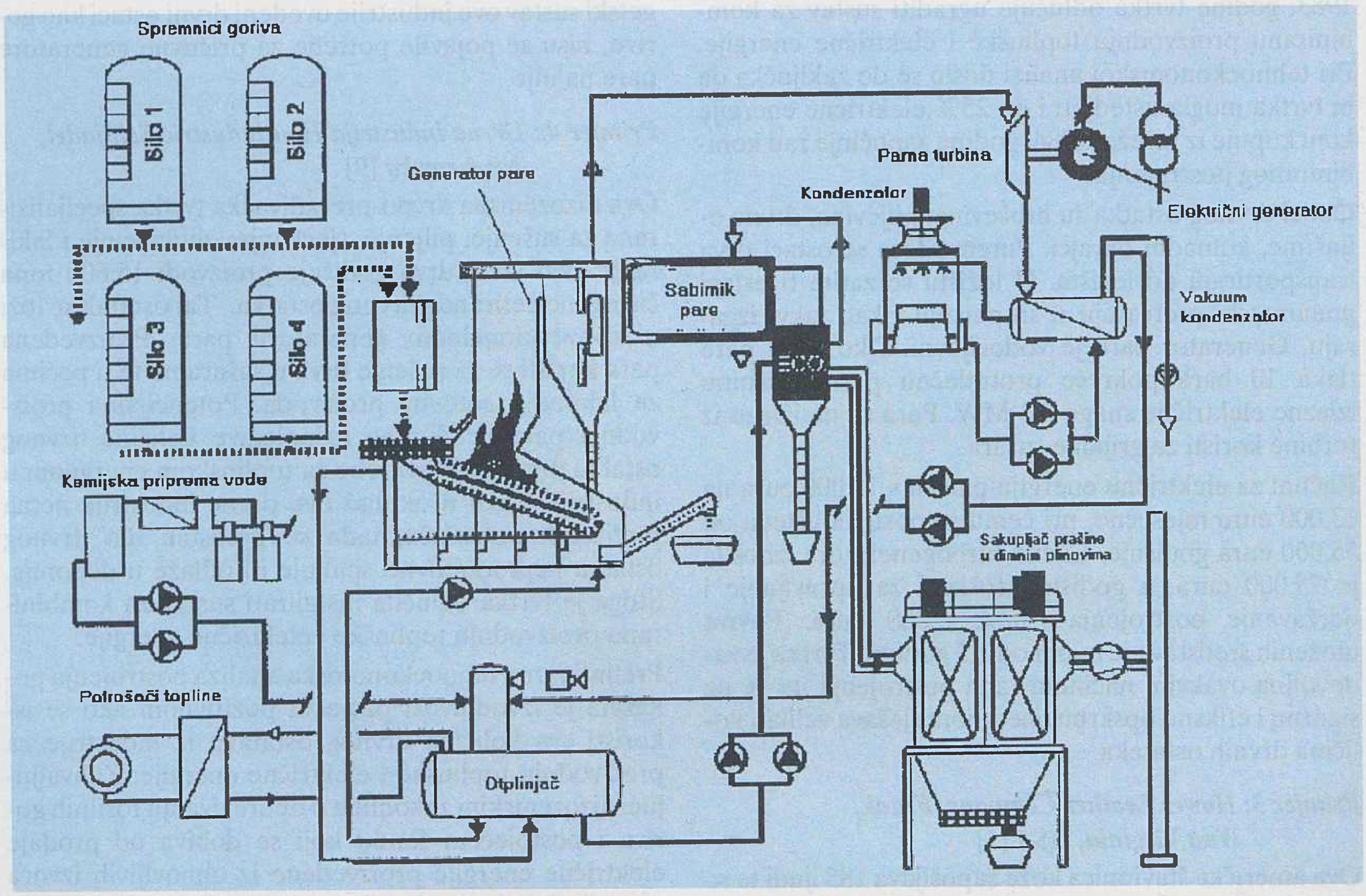
Ova nizozemska drvno-prerađivačka tvrtka specijalizirana za sušenje, piljenje, sjeckanje, oblikovanje i lakiranje svih vrsta drva godišnje proizvodi 15.600 tona čistog, netretiranog drvnog ostatka. Taj ostatak se loži u konvencionalnom generatoru pare. Proizvedena para koristi se za sušenje drva u sušarama te u pećima za lakiranje gotovog proizvoda. Potencijalna proizvodnja pare iz ukupne raspoložive količine drvnog ostatka premašuje potrebe za toplinskom energijom u industriji. Kako u okolini ove drvne industrije nema toplinskih potrošača, tada se preostali dio drvnog ostatka neproduktivno spaljuje ili odlaže u deponije. Stoga je tvrtka odlučila instalirati sustav za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije.

Preliminarna tehnoekonomska analiza postrojenja pokazala je izvodljivost projekta pozitivnom ako se iskoristi sva količina drvnog ostataka iz industrije za proizvodnju toplinske i električne energije. Zahvaljujući nizozemskim zakonima o oporezivanju fosilnih goriva i postojećem fondu koji se dobiva od prodaje električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije lokalnom distributeru, izvedba ovakvog postrojenja je i više nego opravdana.

Osnovni elementi ovog postrojenja su generator pare, parna turbina i kondenzator. Iz silosa se gorivo transportira do spremnika koji se nalazi ispred generatora pare. U njemu se efikasno miješaju razni oblici drvnog ostatka. Iz tog spremnika u ložište generatora pare svaki sat ulazi 1.400 kg drvnog ostatka koje izgara na vodom hlađenoj rešetki. Nastali pepeo se odstranjuje automatski. Rešetka je podijeljena u nekoliko zona i u svakoj se posebno vrši kontrola izgaranja goriva. Generator pare proizvodi paru nadkritičnog tlaka 28 bara pri 420°C. Para ekspandira do tlaka 0,15 bara u vakuum-kondenzacijskoj pet-stupanjskoj parnoj turbini električne snage od 1 MWe (slika 6).

Toplina iz kondenzatora koristi se za grijanje sušara i peći. Višak električne energije prodaje se lokalnom distributeru. Ono što je neobično za ovaj energetski sustav je to da se proizvodnja energije kontrolira po količini proizvedene pare u generatoru pare, a ne po količini električne energije potrebne za industriju. Svrha takve kontrole je da se u potpunosti osigura izgaranje ukupne količine drvnog ostatka nastale nakon prerade drva u industriji. Kroz potrebe za električnom energijom kontrolira se rad generatora pare.

Postrojenje dnevno radi 24 sata, godišnje 7 000 sati s godišnjim utroškom od 7 GWh električne energije. Postrojenje zadovoljava sva ekološka ograničenja propisana prema nizozemskim zakonima za zaštitu okoliša. Pri tome se ostvaruje manja količina ispuštenog ugljičnog dioksida CO_2 u atmosferu za 3.850 tona go-



Slika 6. Osnovna shema energetskog postrojenja u drvnoj industriji Houtindustrie Schijndel, Nizozemska [9]

dišnje. Znatno su smanjene i količine dušičnih spojeva NOx i ugljikohidrata HC u okolinu.

Ukupne investicije izgradnje postrojenja iznosile su 1995. godine oko 2,5 milijuna eura. Proizvedena električna energija prodaje se po cijeni od 0,07 Eura/kWh. Cijena ukupne proizvedene energije iznosi 500.000 eura godišnje dok su dodatni godišnji troškovi vezani za projekt 75.000 eura. Ako se preostali dio dobitka od prodaje energije lokalnom distributeru podijeli s ukupnom investicijom postrojenja dobiva se da povrat uloženih sredstava iznosi sedam godina.

Primjer 5: Pilana u gradu Kiuruvesi, **Finska [10]**

Ova pilana je do rekonstrukcije energetskog sustava imala samo jedan generator pare snage 3,5 MW. Nova nadograđena jedinica za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije ima toplinski kapacitet od 6 MWt koji je potreban za grijanje sušara i područno grijanje okolnog naselja. Ekspandiranjem pare u protutlačnoj parnoj turbini proizvodi se električna energija snage 0,9 MWe. Instaliranjem nove energetske jedinice nastoje se što više iskoristiti dobivene količine drvnih ostataka iz proizvodnih procesa kao što su piljevina i vlažna kora.

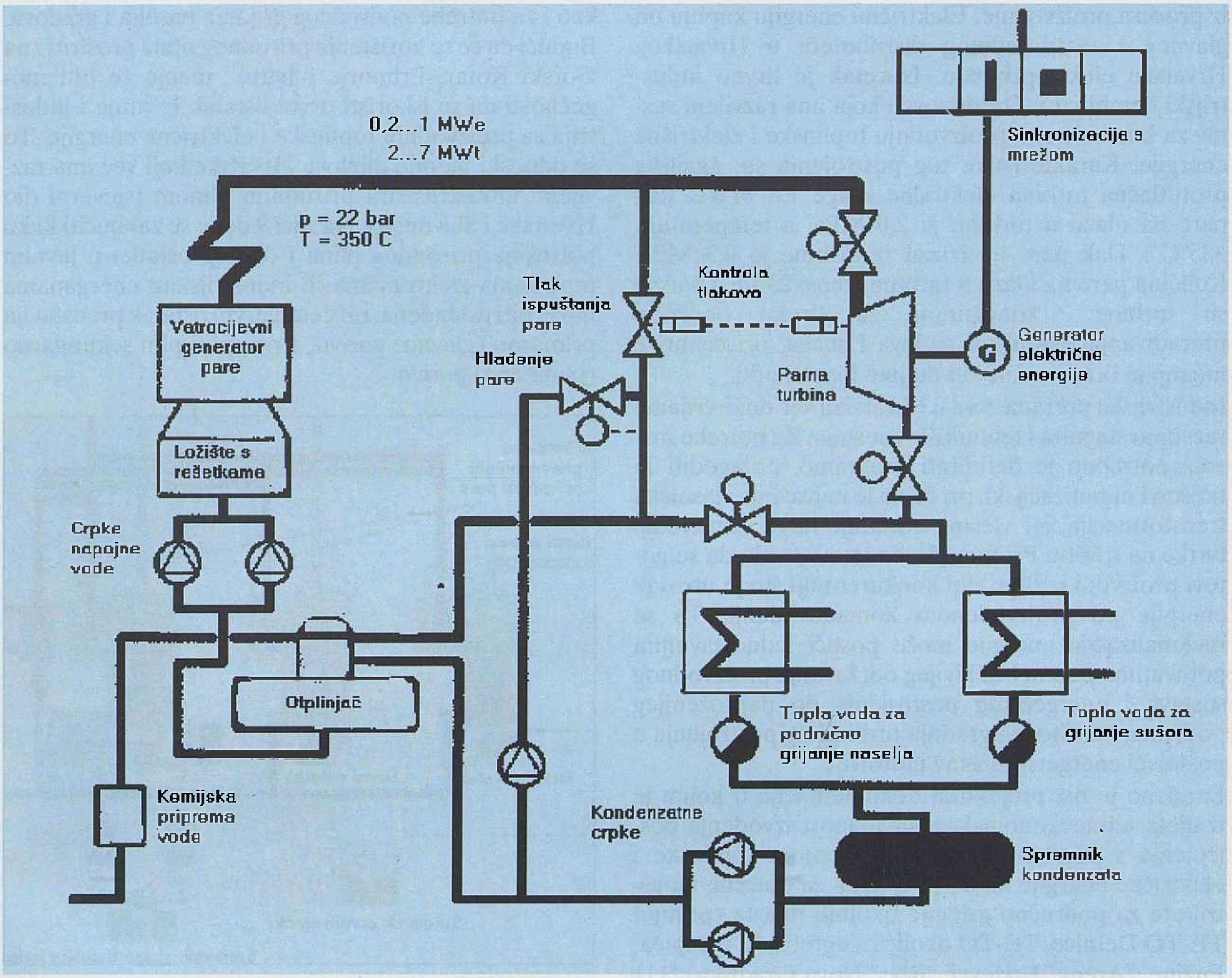
Do reinstalacije postrojenja, za potrebe grijanja grada Kiuruvesi koristio se postojeći generator pare snage 3,5 MW pri čemu se iskorištavalo 60% ukupne količine drvnog ostatka iz pilane. Novo postrojenje koristi 90% ukupne količine drvnog ostatka. No, teško loživo ulje se koristi samo kao *stand-by* primarni izvor energije odnosno u slučaju najviših potreba za toplinskom energijom.

Finska tvrtka *Sermet Oy* (tvrtka specijalizirana za razvoj i proizvodnju sustava za loženje goriva i generiranje pare) razvila je novi tip bioenergane nazvan *BioPower* koji je prvi put ugrađena u energetski sustav ove finske pilane (slika 7). Rasponi električnih i toplinskih snaga ovakvih postrojenja kreću se od 0,2 MWe do 3 MWe i od 2 MWt do 10 MWt. Cijena *BioPower* postrojenja snage 6 MWt iznosi oko 2,7 milijuna eura pri čemu je vrijeme povrata uloženih sredstava od 7 do 10 godina ovisno o cijeni goriva, cijeni područnog grijanja okolnog naselja i cijeni električne energije koju slobodno tržište otkupljuje od ove pilane.

Ekonomsko opravdanje izgradnje ovakvog postrojenja sastoji se u njegovoj pouzdanosti, sigurnosti i jednostavnosti rada, upravljanja i održavanja. Uobičajeno je da se ovakva postrojenja mogu nabaviti u paketu što pojednostavljuje radove njegovog instaliranja u energetski sustav industrije. Upravljanje ovakvim postrojenjem je potpuno automatizirano, što omogućava njegov efikasni rad i racionalizaciju troškova.

4. ISKORIŠTAVANJE DRVNOG OSTATKA ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ

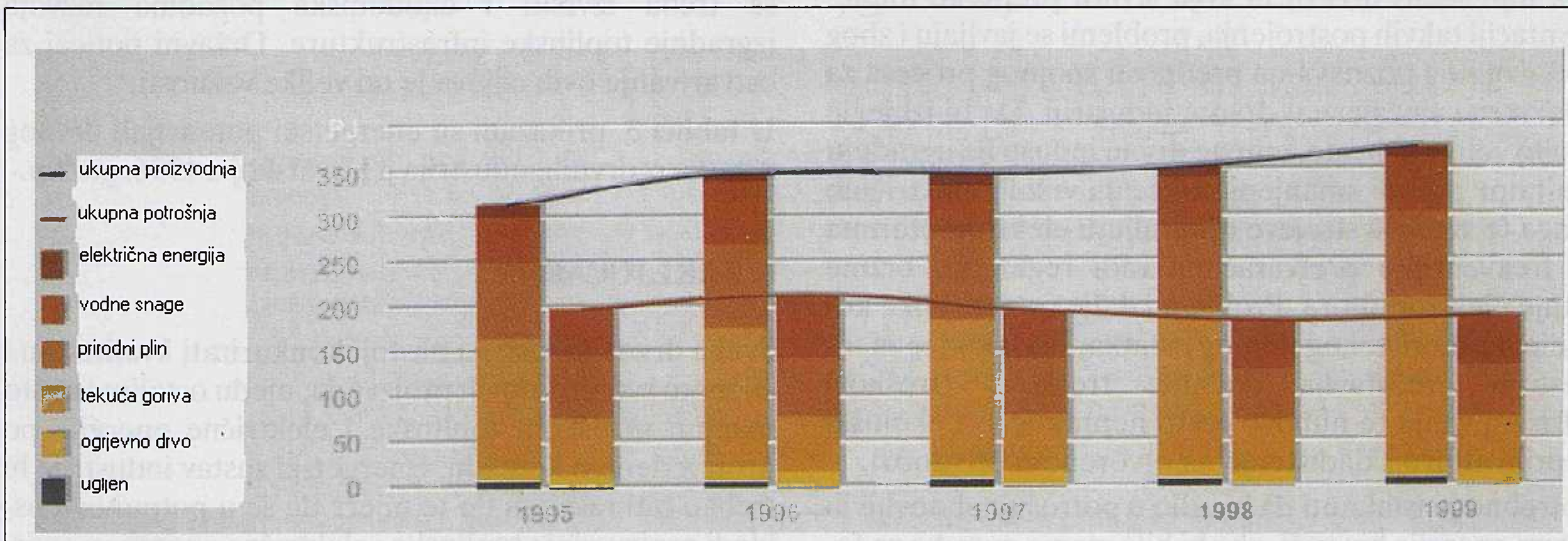
U Hrvatskoj se drvo tradicionalno koristi za grijanje kućanstava osobito u ruralnim i brdskim područjima. Drva se u obliku cjepanica obično lože u konvencional-



Slika 7. Osnovna shema energetskog postrojenja u pilani grada Kiuruvesi, Finska [10]

nim pećima s dimnjakom. Uobičajen je sustav zagrijavanja jedne prostorije. Rjeđe se koriste ostali oblici drvnih ostataka i rjeđe domaćinstva koriste centralizirani sustav zagrijavanja prostorija i sanitarne vode na ovaj tip goriva. Ni u jednom području Hrvatske nije razvijena infrastruktura područnog grijanja naselja na drvne ostatke. Ukupna proizvodnja i potrošnja primarne energije u Hrvatskoj u razdoblju 1995.-1998. godine prikazana je na slici 8.

Gotovo sve drvne industrije u Hrvatskoj opskrbljuju se toplinskom energijom putem vlastitih kotlovnica loženim drvnim ostacima dobivenim kao nus produkt



Slika 8. Ukupna potrošnja i proizvodnja energije u Hrvatskoj [12]

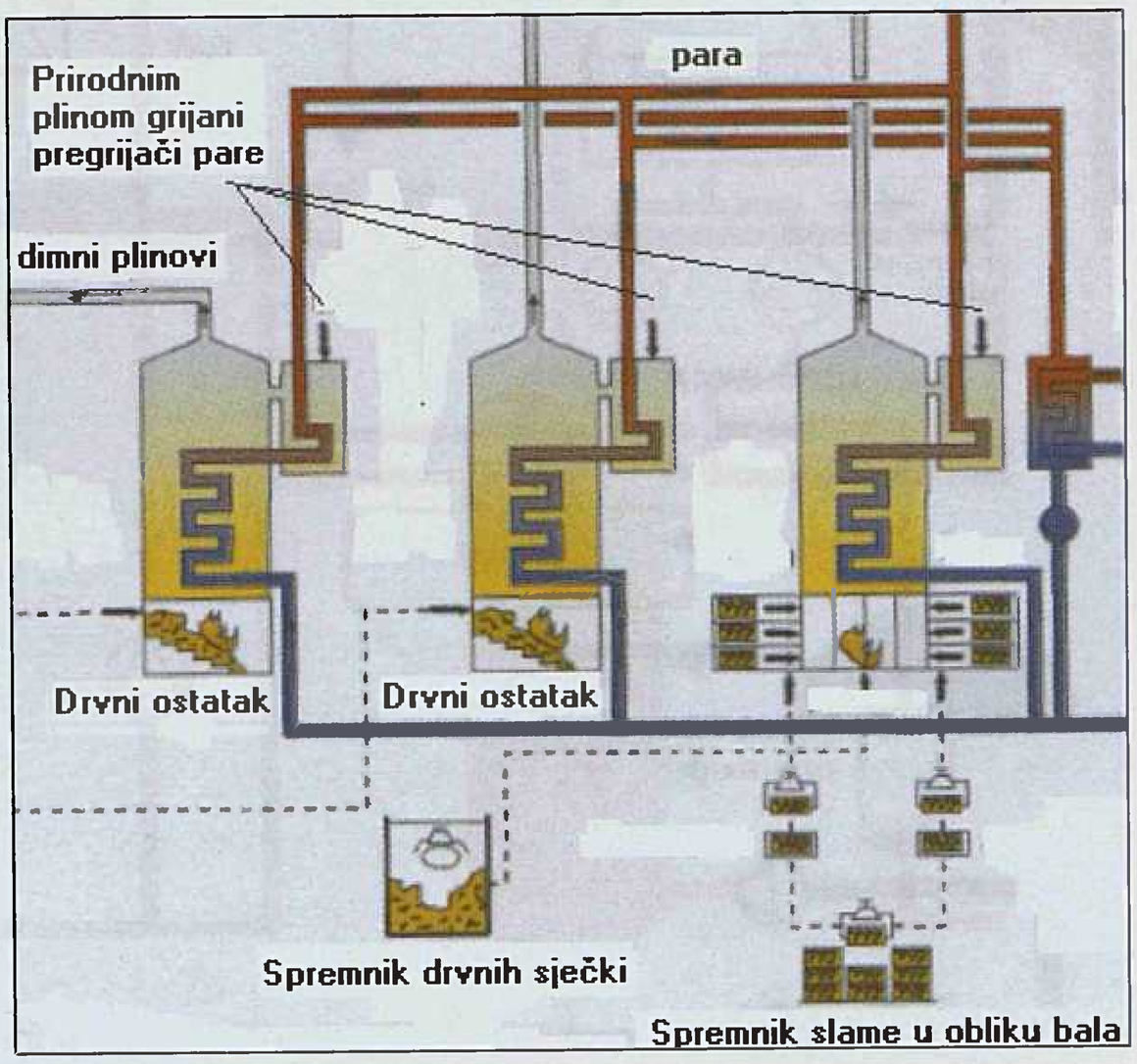
iz procesa proizvodnje. Električnu energiju kupuju od glavnog i zasad jedinog distributera u Hrvatskoj, Hrvatske elektroprivrede. Izuzetak je drvno industrijski kombinat u Đurđenovcu koja ima razvijeni sustav za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Karakteristike tog postrojenja su: akcijska protutlačna turbina električne snage 1,8 MWe, tlak pare na ulazu u turbinu je 2,0 MPa, a temperatura 385°C . Tlak pare na izlazu iz turbine je 0,3 MPa. Količina pare na ulazu u turbinu iznosi 23 t/h. Ovakve su turbine koncipirane za široko područje prerađivanja toplinskih padova i snaga, pri čemu se mijenjaju broj stupnjeva i duljine lopatica [8].

Industrijska prerada drva u Hrvatskoj već duže vrijeme razvojno stagnira i tehnološki zaostaje. Za potrebe razvoja potrebno je definirati programe, prilagoditi ih tržišno i organizacijski, pri čemu je najvažnija vlasnička transformacija, jer vlasnik određuje novo usmjerenje tvrtke na tržištu. Pri tome treba imati u vidu da su gotovi proizvodi iz tih tvrtki konkurentniji što je utrošak energije po proizvedenom komadu manji. Ta se racionalizacija energije može postići jednostavnijim pothvatima putem brižljivijeg održavanja proizvodnog sustava i energetskog postrojenja do najsloženijeg pothvata, kao što je ugradnja turbinskog postrojenja u postojeći energetski sustav industrije.

Izrađeno je niz projektnih dokumentacija u kojim je iznijeta tehnoekonomska opravdanost izvođenja postrojenja s kombiniranom proizvodnjom toplinske i električne energije na drvni ostatak za potrebe industrije te za područno grijanje okolnih mjesta (primjer TE-TO Delnice, TE-TO okolica Zagreba, "Drvenjača" Fužine, "Arena" Križevci, "Klas" Nova Gradiška) [11]. No, postoji niz prepreka izgradnji takvih postrojenja u Hrvatskoj, na primjer: nedostatak sredstava za financiranje postrojenja, zatim u Hrvatskoj nisu doneseni zakoni po kojima bi se olakšala izgradnja energetskih postrojenja na obnovljive izvore energije (u smislu subvencioniranja od strane države), te su još uvijek pristupačnija i jeftinija fosilna goriva da ih država dodatno ne oporezuje.

No, nije samo država ta koja stvara prepreke implementaciji takvih postrojenja, problemi se javljaju i zbog nedovoljnog poznavanja prednosti spojnog procesa za konkretne slučajeve u drvnoj industriji. Da bi izbjegle ovako velike zahvate, mnoge drvne industrije ugrađuju limitator poradi smanjenja utjecaja vršnih električnih snaga te sve više strojeve opremljuju elektromotorima sa frekventnim pretvaračima radi regulacije brzine vrtnje elektromotora. Problem i dalje ostaju velike količine neiskorištenog drvnog ostatka, što također za industriju predstavlja dodatne troškove (troškovi odstranjivanja te njihovo često nepraktično i ekološki neprihvatljivo skladištenje na otvorenom prostoru).

Potrebno je istaknuti da bi udio u potrošnji obnovljivih izvora energije bio veći, ako bi bile manje potrebe za fosilnim gorivima. U Hrvatskoj se za potrebe proizvodnje električne energije u velikoj mjeri troši prirodni plin kao i za potrebe područnog grijanja naselja i gradova. Budući da će se korištenje prirodnog plina proširiti i na Gorski Kotar, Primorje i Istru, manje će biti mogućnosti da se iskoristi drvni ostatak iz šuma i industrija za proizvodnju toplinske i električne energije. To se odnosi i na one dijelove Hrvatske koji već ima razvijenu infrastrukturu prirodnim plinom (sjeverni dio Hrvatske i Slavonija). Na slici 9 dade se zaključiti kako potrošnja prirodnog plina i drvnog ostatka u javnim toplanama-elektranama ili industrijskim energanama može biti usklađena, pri čemu drvni ostatak predstavlja primarno (glavno) gorivo, a prirodni plin sekundarno (pomoćno) gorivo.



Slika 9. Kombinirana potrošnja različitih oblika drvnog ostatka i prirodnog plina

U drvnim industrijama Republike Hrvatske gdje se tehnoekonomskom analizom pokaže opravdanim za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije, neophodno je izvršiti rekonstrukciju kotlovnica i ugraditi turbinsko postrojenje. Pritom treba u obzir uzeti i toplifikaciju obližnjeg naselja ili grada pri čemu se treba izvršiti i ekonomska pozadina razvoja izgradnje toplinske infrastrukture. Državni poticaj za ostvarivanje ovih ciljeva je od velike važnosti.

U tablici 3. prikazani su energetski potencijali drvnog ostatka iz drvnih industrija u Hrvatskoj u 1996. godini.

5. ZAKLJUČAK

Svaka drvna industrija nastoji konkurirati kvalitetom i cijenom svojih gotovih proizvoda, među ostalim i sa što manjim utroškom toplinske i električne energije po proizvedenom komadu. Energetski sustav industrije bi trebao biti razvijen do te mjere da se u potpunosti uskladi proizvodnja toplinske i električne energije s energetskim potrebama u industriji. To često nije moguće ostvariti pa se višak toplinske energije iskorištava za

Tablica 3. Energija drvnog ostatka iz drvne industrije na bazi proizvodnje u 1996. godini

Biomasa iz drvne industrije na bazi proizvodnje u 1996. god.	Ukupna količina ostatne biomase m^3 / god.	Toplinski potencijal PJ / god	Korištenje u industriji PJ / god	Iskorištenje %
Pilanski otpad - kora, piljevina, komad	446 550	2.945	2	67.70
Finalni otpad - piljevina, komad	225 760	1.814	1	0.55
Prostorno drvo - škart	181 234	1.195	0	0
Granjevina	152 721	0.669	0	0
Ukupno	1 006 265	6.623	3	45.29

područno grijanje okolnog naselja, dok se višak električne energije može prodavati lokalnom distributeru ili trećem neovisnom objektu.

Cilj svake drvne industrije je da na krajnje koristan i profitabilan način odstrani određene količine drvnih ostataka različitih oblika i energetske kvalitete. Te je količine potrebno što preciznije odrediti kako bi pridonijelo odluci o mogućnosti izgradnje sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije.

Država također igra veliku ulogu u poticaju izgradnji sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije, što iskazuje kroz povoljne zakone za zaštitu okoliša (dodatni «zeleni» porezi na fosilna goriva) te kroz posebne fondove čija se sredstva među ostalim koriste za izgradnju energetskih postrojenja na bilo koji oblik obnovljivih izvora energije. Slobodno tržište električnom energijom također doprinosi sve većom izgradnjom decentraliziranih sustava za kombiniranu proizvodnju toplinske i električne energije. Ovakvi se poticaji općenito odnose na industrijski razvijene zemlje članice OECD (*Organisation of Economic Co-operation and Development*).

Mogućnosti sve većoj implementaciji ovakvih postrojenja u elektroenergetski i toplinski sustav Hrvatske tek su u začetku i ovisit će o brzini prilagođavanja zakona zakonima Europske unije. Izgradnja ovakvih postrojenja također će ovisiti i o odlukama vlasnika pojedinih drvno-prerađivačkih tvrtki u Hrvatskoj u smislu da li je po njihovim kriterijima takav sustav ekonomski isplativiji od dosadašnjeg sustava kojeg trenutno ta tvrtka koristi za energetske potrebe u proizvodnim procesima.

Na kraju se može konstatirati da najveće prepreke izgradnji ovakvih postrojenja nisu tehnološke prirode nego financijska ograničenost tvrtki i državno-administrativni nestimulirajući zakonski aparat.

LITERATURA

[1] V. URAN: "Pregled svjetske potrošnje energije do 2020. godine", EGE (2001) 4, str. 30-32

[2] www.bioenergy.com

[3] I. HORVAT: "Drvo", str. 419-443, Tehnička enciklopedija, Svezak 3, Leksikografski zavod M. Krleža, Zagreb, 1969.

[4] EM Power Info, World Bank, 1995.

[5] G. WILTSEE: "Biomass-Fueled Cogeneration Systems", U.S. Department Energy, 1993.

[6] J. DOMAC et. al.: "BIOEN – program korištenja biomase i otpada", Energetski institut «Hrvoje Požar», Zagreb, 1998.

[7] Projekti malih termoenergetskih objekata u Hrvatskoj, Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 1996.

[8] B. STANIŠA, M. ANIĆ: "Mogućnost kombinirane proizvodnje toplinske i električne energije u energanama drvne industrije", Međunarodni znanstveni-stručni skup «Sušenje drva i drvnih proizvoda», Tuheljske toplice, 1990.

[9] Green Electricity from the Combustion of Clean Waste Wood, CADDET Renewable Energy, IEA/OECD, March 2000.

[10] M. PALONEN: "New Small-Scale CHP Plant for Biomass Fuels", page 23-25, CADDET Finnish National Team, December 1999.

[11] J. DOMAC et. al.: "BIOEN – program korištenja biomase i otpada, Nove spoznaje i provedba", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2001.

[12] Energija u Hrvatskoj – Godišnji energetski pregled, 1995-1999, Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Zagreb, 2000.

WOOD RESIDUE EXPLOITATION FOR HEAT AND POWER PRODUCTION

The scope of this work is to show the ways of wood residue exploitation from wood industry for heat and power production. Thereby, wood residues' characteristics as a fuel are briefly described, as well as types of energy and combustion systems that use wood residues. Based on the examples of certain wood industries in the world the profitability of wood residues' energy systems is shown. By reviewing the experience of wood residue exploitation for heat and electric energy production in the Croatian wood industry, possibilities of a wider implementation of such heat and energy generation systems within the Croatian energy system are determined.

Energija, god. 51 (2002) 4, 299-310

NUTZUNG DER HOLZABFÄLLE ZUR ERZEUGUNG VON WÄRME UND STROM

Der Zweck dieser Abhandlung ist die Arten der Nutzung der Holzabfälle zur Erzeugung von Wärme und Strom darzustellen. Kurz beschrieben sind dabei Eigenschaften der Holzabfälle als Brennstoff, Arten passender Energieanlagen und Feuerungen für Holzabfälle. An Beispielen einiger Industrien in der Welt wird gezeigt wie einträglich der Bau von mit Holzabfällen gefeuerten Energieanlagen ist. Mittels der Darstellung bisheriger Erfahrungen in der Nutzung der Holzabfälle zur Erzeugung von Wärme und Strom in den Holzindustrien Kroatiens sind Möglicheiten des erhöhten Einsatzes von mit Holzabfällen geheizten Anlagen in den kroatischen Wärme- und Stromerzeugungssystem.

Naslov pisca:

Vedran Uran, dipl. ing.
"CASE" d.o.o.
Šetalište XIII. divizije 28
51000 Rijeka, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-04-02.

PROBLEMATIKA UTJECAJA NA OKOLIŠ USLIJED PRIMJENE SUMPORNOG HEKSAFLUORIDA (SF_6) U ELEKTROPRIVREDI

Damjan M e đ i m o r e c – Silvio B r k i ć – mr. sc. Zoran S t a n i ć, Zagreb

UDK 621.311.31:577.4
STRUČNI ČLANAK

Plin sumporni heksfluorid (SF_6) nalazi svoju primjenu najvećim dijelom u elektroenergetskom sektoru i to uglavnom za gašenje električnog luka i/ili izolaciju u postrojenjima visokog i srednjeg napona. Zastupljenost SF_6 tehnologije stalno raste, zahvaljujući brojnim prednostima u odnosu na druge tehnologije za slične primjene, pa tako i u smislu raznih utjecaja na okoliš.

Razlikuju se utjecaji samog (čistog) SF_6 plina i produkata njegove razgradnje do koje dolazi pri određenim pojavama u pogonu. Ovisno o stupnju "onečišćenja" takvim produktima SF_6 može se očistiti na više načina, odnosno reciklirati i ponovno upotrijebiti, a u krajnjem slučaju posebnim postupkom na siguran način uništiti. Stoga se u skladu s važećom regulativom u svjetskoj, ali i domaćoj praksi razmatra i poduzima niz aktivnosti s ciljem odgovornog pogona i održavanja opreme sa SF_6 plinom.

Ključne riječi: sumporni heksafluorid (SF_6), recikliranje, bilanciranje, mjere i aktivnosti za ublažavanje utjecaja na okoliš.

1. UVOD

Električna energija je presudna za opći napredak i stoga se često naziva vektorom održivog razvoja. Istodobno, uporaba energije uzrokuje globalno, regionalno i lokalno onečišćenje, a cijene energije rijetko odražavaju ekološke troškove povezane s njezinim korištenjem. Zajednička karakteristika svakog elektroenergetskog sustava je osigurati svakom potrošaču pouzdanu opskrbu električnom energijom i njenu dostupnost u svakom trenutku neovisno o stanju sustava. U novije vrijeme sve su intenzivniji zahtjevi raznih društvenih čimbenika za njenom čistoćom, u smislu ekološke prihvatljivosti proizvodnog procesa i dobave električne energije. Aspekti okoliša, koji se prema međunarodnoj normi ISO 14001 definiraju kao poslovne aktivnosti koje mogu imati značajnog utjecaja na okoliš, vezani uz elektroenergetiku vrlo su raznoliki i složeni, a odnose se na sve sastavne dijelove okoliša – zrak, vodu i tlo.

Problematika utjecaja na okoliš radi primjene sumpornog heksafluorida (SF_6) u elektroprivredi relativno je noviji aspekt okoliša, a u zadnje vrijeme je postala aktualnija zbog intenzivnog razvoja regulative vezane za globalni efekt staklenika kao i zbog sve veće primjene elektroenergetske opreme koja sadrži SF_6.

2. OBLICI PRIMJENE SUMPORNOG HEKSAFLUORIDA (SF_6)

Sumporni heksafluorid SF_6 je sintetički plin oko pet puta gušći od zraka. U čistom stanju je bezbojan, bez okusa i mirisa, neotrovan, nekorozivan, zanemarivog požarnog opterećenja, gotovo neotopiv u vodi, te kemijski i termički stabilan pri normalnim temperaturama okoline i sve do 1000 °C.

Kako se SF_6 odlikuje osebujnim kemijskim i fizikalnim svojstvima, koristi se u raznim djelatnostima kao što su metalurgija, građevinarstvo, elektronička industrija, medicina, meteorologija i neka znanstvena istraživanja.

Međutim, u najvećoj mjeri primjenjuje se u elektroenergetici kao sredstvo za gašenje električnog luka i/ili izolaciju u postrojenjima visokog i srednjeg napona zbog odličnih izolacijskih svojstava (velika dielektrična čvrstoća) i sposobnosti rekombinacije njegovih molekula hlađenjem.

Područja primjene mogu se svrstati u nekoliko skupina prema namjeni i vrsti opreme, odnosno postrojenja za koje se SF_6 koristi. Značajne prednosti se pokazuju u većoj pouzdanosti primjene za više napone i veće rasklopne moći, smanjenju klimatske ovisnosti, buke, potrebnog održavanja i prostora. Stoga nije čudno da udio SF6 tehnologije u područjima njegove primjene u elektroenergetici bilježi stalan rast uz daljnje usavršavanje oblika primjene.

SF_6 u prekidačima srednjeg i visokog napona služi prvenstveno kao sredstvo za gašenje električnog luka i nalazi se u zatvorenom sustavu pod tlakom. Najčešće je nazivni pogonski tlak između 5 i 7 bara, a količine SF_6 dosežu i nekoliko desetaka kilograma po prekidaču. SF6 prekidači su najpouzdaniji tipovi prekidača i predstavljaju jedinu grupu prekidača u svijetu čiji se udio u ukupnom broju prekidača u pogonu i dalje povećava.

Kod srednjenaponskih (SN) prekidača SF_6 tehnologija nije dominantna. Primijenjena rješenja su ravno-

pravno zastupljena i variraju od primjene isključivo SF_6 tehnologije, njihove kombinacije s vakuumskim do isključive primjene vakuumske tehnologije.

Visokonaponska (VN) postrojenja izolirana SF_6 plinom (GIS – engl. "Gas Insulated Switchgear") danas predstavljaju najsloženiji oblik komercijalne upotrebe SF_6 u elektroprivredi i općenito elektroenergetskom sektoru, te su stoga razni aspekti ove primjene i najopsežnije istraživani, pa i najbolje poznati, a mnogi dobiveni rezultati i zaključci primjenjivi su i kod drugih oblika uporabe SF_6 u elektroprivredi.

Kod njih se plin SF_6 nalazi zatvoren u modularnom sustavu povezanih spremnika, gdje tlak plina varira od 3 - 7 bara uz ukupnu masu plina od nekoliko stotina kilograma (primijenjene vrijednosti ovise o konkretnoj namjeni pojedinog plinskog spremnika). Pored funkcije izoliranja svih dijelova rasklopnog postrojenja, služi i za gašenje luka u SF_6-prekidačima koji se nalaze unutar spremnika (3-polni ili 1-polni).

Srednjenaponski GIS su u osnovi preslikani VN GIS, a primjenjuje se kod posebno teških pogonskih uvjeta te u skučenom prostoru jer zauzimaju oko 60 % manje prostora od odgovarajućeg klasičnog SN postrojenja.

Daljnju primjenu predstavljaju srednjenaponski sklopni blokovi s širokom paletom raznih rješenja. Najčešća je njihova uporaba u sekundarnoj distribuciji, odnosno na SN strani kabelskih trafostanica, gdje se za takve sklopne blokove koristi naziv RMU (engl. "Ring Main Unit"). Kod većine tipova SF_6 se u malim količinama (do nekoliko kilograma) i pod malim pretlakom (ovisno o tipu 0,5-1,5 bara) nalazi u potpuno hermetički zatvorenim (zavarenim) kućištima koja se za životnog vijeka i normalnog pogona ne otvaraju.

Plin SF_6 koristi se i kod plinom izoliranih vodova GIL (engl. "Gas Insulated Line"). Njihove tehničke osobine omogućuju prijenos vrlo velikih snaga pri vrlo visokim naponima (tj. iznad 375 kV) uz visok stupanj integracije u okoliš (podzemno polaganje). Relativno visoki troškovi koje iziskuje, za sada, omogućuju primjenu tek u velikim gradovima za povezivanje GIS postrojenja.

Od ostalih primjena, SF_6 se u manjem opsegu zamjenski koristi umjesto uljne izolacije transformatora, kao i u razne eksperimentalne svrhe.

3. OSNOVNI UTJECAJI PRIMJENE SF_6 U ELEKTROENERGETICI NA OKOLIŠ

Sa stajališta elektroenergetike smatralo se mnogo godina da se primjenom plina SF_6 osim brojnih tehničkih prednosti postižu i pozitivni učinci po okoliš, budući da takva postrojenja zauzimaju znatno manje prostora, imaju dulji životni vijek, stvaraju manju buku, daju novu dimenziju prostoru itd.

Međutim, neka znanstvena istraživanja ukazala su i na moguću štetnost SF_6 za okoliš i opasnost za ljude. Neutemeljene kritičke ocjene otišle su ponekad u drugu krajnost jer se površno uspoređivalo SF_6 sa PCB-om, azbestom i drugim materijalima koji su zbog dokazane opasnosti ili štetnosti povučeni ili se povlače iz uporabe.

Stoga se pristupilo kritičkim preispitivanjima posljedica utjecaja SF_6, koja pokazuju da se korištenjem SF_6 pri normalnim ili izvanrednim pogonskim okolnostima, u skladu s propisima, preporukama i uputama, ne izaziva nimalo veći rizik od neželjenih i nepredviđenih posljedica nego kod ostalih materijala upotrijebljenih u bilo kojoj drugoj vrsti ili tipu elektroenergetske opreme, te da ne postoje bitni neriješeni problemi u svezi s njegovom primjenom.

3.1. Utjecaj SF_6 na biološke sustave

Čisti SF_6 je u normalnim uvjetima potpuno bezopasan budući da njegova dozvoljena koncentracija – TLV/MAK, kojoj čovjek bez ikakvih dodatnih mjera zaštite može biti izložen na radnom mjestu (tj. 8 sati dnevno i 40 sati tjedno), iznosi 1000 ml/m^3 ili 6000 mg/m^3 (odnosno 0,1 % volumno /1000 ppm/), a i ta vrijednost ne predstavlja granicu otrovnosti, nego tek graničnu vrijednost utvrđenu za sve neotrovne plinove koji su stalno prisutni u atmosferi. Čak i u vrlo malim koncentracijama SF_6 se lako otkriva pomoću odgovarajućih detektora. Akumuliranje SF_6 u hranidbenim lancima nije ustanovljeno. Međutim kako SF_6 istiskuje kisik iz zraka na taj način može izazvati nesvjesticu i gušenje, makar je to realno moguće samo u malim prostorima (prvenstveno niskim i zatvorenim). Teoretski je moguće bez posljedica po zdravlje udisati smjesu zraka od 80% SF_6 i 20% kisika. Potencijalno malu opasnost predstavljaju udjeli SF_6 veći od 30 % u zraku, koju otklanja ventilacija (prirodna ili prisilna).

3.2. Utjecaj SF_6 na tehničke sustave

Specifični tehnički problemi koji su otkriveni u pogonu opreme sa SF_6 - posebno GIS-a (putujući luk po oklopu, visoki sklopni prenaponi i sl.) temeljito su proučavani, te su pronađena rješenja za većinu njih.

Međutim primarno pitanje je zadržavanje pogonskih svojstava SF_6 u željenim granicama. Ovisno o vrsti primjene proizvođači propisuju granične vrijednosti karakterističnih veličina unutar kojih je normalni pogon moguć.

3.3. Utjecaj SF_6 na atmosferu

Najveći doprinos razgradnji ozona imaju klorflourougljikovodici (CFC), odnosno klor koji nastaje njihovom razgradnjom. Za SF_6 je dokazano da gotovo uopće ne doprinosi razgradnji ozonskog omotača jer u stratosferi praktički ne dolazi do njegove razgradnje, a koncentracija mu je 1000 puta manje od one CFC-a, te iako fluor može doprinijeti razgradnji

ozona slično kloru ustanovljeno je da se to događa u 10000 puta manjem opsegu.

Plin SF_6 uvršten je i formalno u takozvane antropogene stakleničke plinove na Trećoj konferenciji *Stranaka Konvencije* o klimatskim promjenama (COP – 3) održanoj krajem 1997. u Kyotu. Protokolom iz Kyota *Stranke Konvencije* su se između ostalog obvezale na redovito bilanciranje i poduzimanje mjera za smanjenje emisija šest stakleničkih plinova, pa tako i SF_6 koji ima jedan od najvećih ustanovljenih stakleničkih potencijala od antropogenih plinova (23900 puta veći od stakleničkog potencijala CO_2).

Međutim, kako za razliku od drugih stakleničkih plinova "prirodna" emisija SF_6 ne postoji, proračun emisije SF_6 iz elektroenergetskih postrojenja pretpostavlja da je nadopunjena količina SF_6 jednaka onoj ispuštenoj. Uzimajući prosječne podatke o količini plina u opremi od proizvođača i uz maksimalno ispuštanje plina od 1% (garancija proizvođača opreme), procijenjeni udio svjetske emisije SF_6 u ukupnoj svjetskoj emisiji antropogenih stakleničkih plinova kreće se oko 0,01%.

4. SF_6 IZ EES-a I PROBLEMATIKA OTPADA

4.1. Onečišćeni (korišteni) SF_6 i (otpadni) produkti njegove razgradnje

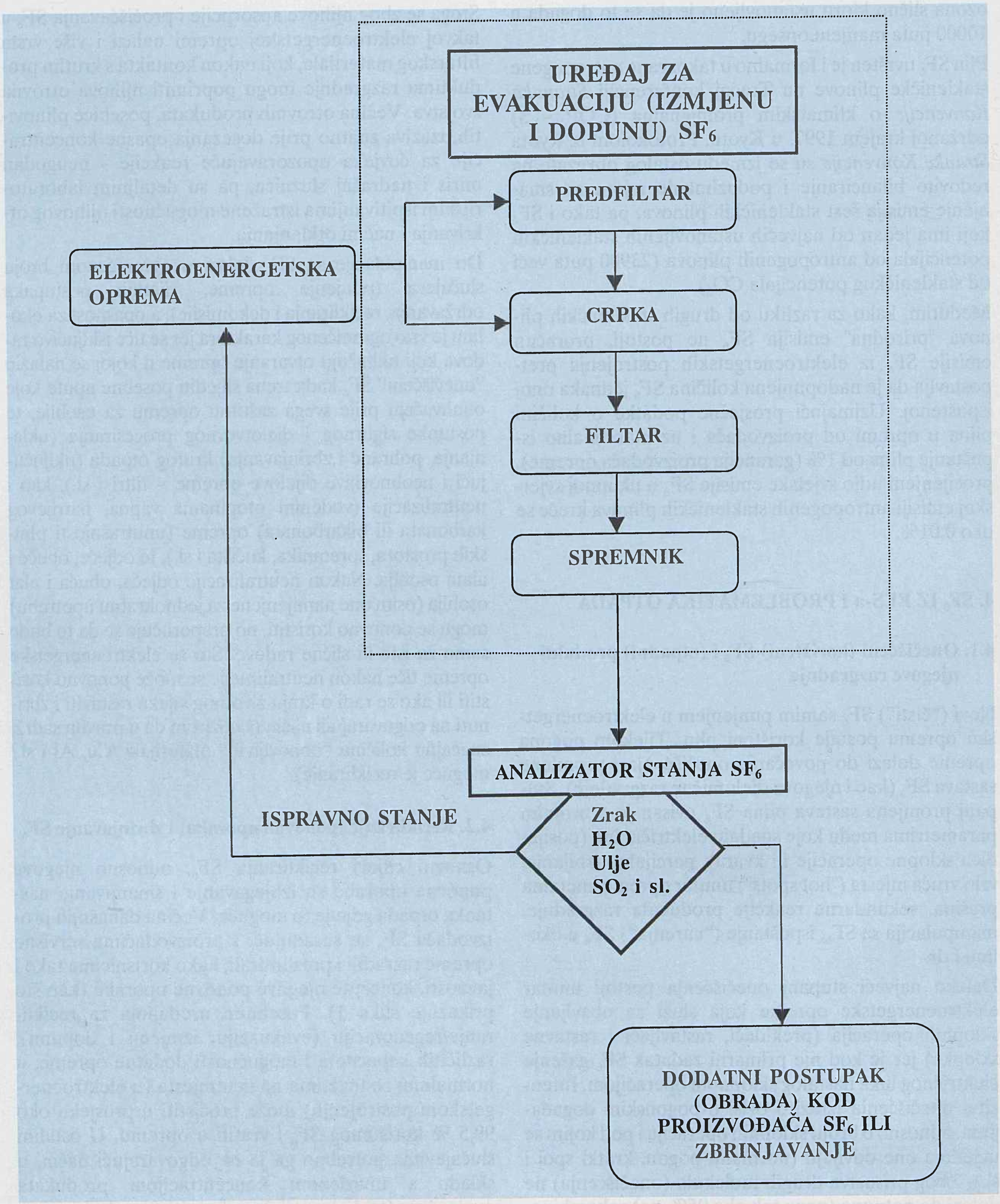
Novi ("čisti") SF_6 samim punjenjem u elektroenergetsku opremu postaje korišteni plin. Tijekom pogona opreme dolazi do povećanja onečišćenja i promjene sastava SF_6 (kao i njegove djelomične razgradnje). Stupanj promjena sastava plina SF_6 ovisan je o brojnim parametrima među koje spadaju električni luk (posljedica sklopne operacije ili kvara), parcijalna izbijanja, vrlo vruća mjesta ("hot spots") unutar opreme, metalna prašina, sekundarne reakcije produkata razgradnje, manipulacija sa SF_6, ispuštanje ("curenja") SF_6 u okolinu i dr.

Daleko najveći stupanj onečišćenja postoji unutar elektroenergetske opreme koja služi za obavljanje sklopnih operacija (prekidači, rastavljači i rastavne sklopke) jer je kod nje primarni zadatak SF_6 gašenje električnog luka nastalog sklopnom operacijom. Intenzitet onečišćenja izrazito ovisi o pogonskim događajima, odnosno o broju sklopnih operacija i pod kojim se uvjetima one odvijaju (normalni pogon, kratki spoj i sl.). Zbog prisustva drugih molekula (onečišćenja) ne dolazi do potpune (nego tek oko 95%-ne) rekombinacije dijela (vrlo mali dio ukupne količine) plina koji je sudjelovao u reakciji gašenja električnog luka. Molekule razgrađenog plina reagiraju s metalima i drugima česticama (posebice vlagom) te stvaraju plinovite i krute produkte razgradnje (kao što su SOF_2, SO_2, HF, SiF_4, WO_3, WOF_4, AlF_3, CuF_2, CF_4 i sl.). Neki produkti razgradnje su otrovni i mogu (korozijom, vodljivošću i sl.) negativno djelovati na pogonska svojstva opreme. Stoga se zbog njihove apsorpcije i pročišćavanja SF_6 u takvoj elektroenergetskoj opremi nalazi i više vrsta filtarskog materijala, koji nakon kontakta s krutim produktima razgradnje mogu poprimiti njihova otrovna svojstva. Većina otrovnih produkata, posebice plinovitih, izaziva znatno prije dosezanja opasne koncentracije za čovjeka upozoravajuće reakcije - neugodan miris i nadražaj sluznica, pa su detaljnim laboratorijskim ispitivanjima istražene mogućnosti njihovog otkrivanja i načini otklanjanja.

Do manipulacije sa SF_6 dolazi u ograničenom broju slučajeva (punjenje opreme, rijetkih postupaka održavanja, recikliranja i dekomisije), a opasnost za okolinu je vrlo ograničenog karaktera jer se tiče isključivo radova koji uključuju otvaranje opreme u kojoj se nalazio "onečišćeni" SF_6 kada treba slijediti posebne upute koje obuhvaćaju prije svega zaštitnu opremu za osoblje, te postupke sigurnog i djelotvornog procesiranja (uklanjanja, pohrane i zbrinjavanja) krutog otpada (uključujući i neobnovljive dijelove opreme – filtri i sl.), kao i neutralizacije (vodenim otopinama vapna, natrijevog karbonata ili bikarbonata) opreme (unutrašnjosti plinskih prostora, spremnika, kućišta i sl.), te odjeće, obuće i alata osoblja. Nakon neutralizacije odjeća, obuća i alat osoblja (osim one namijenjene za jednokratnu upotrebu) mogu se ponovno koristiti, no preporučuje se da to bude samo za iste ili slične radove. Što se elektroenergetske opreme tiče nakon neutralizacije se može ponovno koristiti ili ako se radi o kraju životnog vijeka rastaviti i zbrinuti na odgovarajući način (s obzirom da u pravilu sadrži značajnu količinu "obnovljivih" materijala /Cu, Al i sl./ moguće je recikliranje).

4.2. Recikliranje (ponovna uporaba) i zbrinjavanje SF_6

Osnovni ciljevi recikliranja SF_6, odnosno njegove ponovne uporabe su izbjegavanje i smanjivanje nastanka otpada gdje je to moguće. Većina današnjih proizvođača SF_6 su surađujući s proizvođačima servisne opreme razradili i prezentirali, kako korisnicima tako i javnosti, koncepte njegove ponovne uporabe (kao što prikazuje slika 1). Posebnim uređajima za recikliranje/regeneraciju (evakuaciju, izmjenu i dopunu), različitih kapaciteta i mogućnosti dodatne opreme, u normalnim se uvjetima na licu mjesta (u elektroenergetskom postrojenju) može pročistiti u prosjeku oko 99,5 % korištenog SF_6 i vratiti u opremu. U ostalim slučajevima potrebno ga je na odgovarajući način, u skladu s utvrđenom koncentracijom produkata razgradnje (tri kategorije), pohraniti (posebni spremnici s prstenovima narančaste boje, koji upozoravaju na moguće otrovne sastojke) i deklarirati za transport proizvođaču SF_6, koji u pravilu raspolažu s uređajima za još uspješnije recikliranje SF_6. Budući da su propisi (kao npr. IEC 60480) za sastav recikliranog SF_6 stroži od onih za novi SF_6, proizvođači (odnosno korisnici) moraju dokazati njihovo zadovoljavanje odgovarajućim dokumentom.



Slika 1. Pojednostavljeni prikaz koncepta ponovne uporabe SF_6

Iznimno ako recikliranje nije moguće SF_6 se mora konačno zbrinuti, odnosno uništiti. Postupak se obavlja kod specijaliziranih izvođača zbrinjavanja industrijskog otpada, i to termičkom razgradnjom pri temperaturi od 1200 °C (s efikasnošću od 99%), dok od produkata reakcije (SO i HF) njihovim prolaskom kroz otopinu kalcij-hidroksida nastaju $CaSO_4$ (gips) i CaF_2 koji se mogu koristiti kao sirovine u građevinarstvu, industriji ili dr. Na tržištu se (npr. u Švedskoj) takva usluga nudi i po cijeni koja je slična nabavnoj cijeni novog SF_6. Na tragu tih rješenja neki proizvođači elektroenergetske opreme, pri isporuci opreme ili naknadno,

nude i mogućnost zaključivanja ugovora kojim preuzimaju obvezu za uklanjanje SF_6 nakon završetka pogona opreme.

Također je nezavisno od takvih ugovora moguće potrebne uređaje za manipulaciju sa SF_6 i iznajmiti uključujući po potrebi i obavljanje čitavog postupka što je posebice isplativo za korisnike koji ne raspolažu s većim količinama SF_6 u svojim postrojenjima.

Primjena navedenih koncepata još nije šire zaživjela budući da se tek sada približava kraj životnoga vijeka opreme u pogonu. Međutim, i pri dosadašnjim radovima na održavanju postrojenja, korisnici su se vodili uglavnom istim principima. Tome u prilog govori podatak da oko 74% korisnika ponovno koristi čak oko 90% SF_6. Uz to pri odabiru opreme za održavanje i njihovih priključaka vodi se računa da je manipulacija sa samim SF_6 minimalna, a time također i mogućnost onečišćenja ili emisije SF_6.

5. UBLAŽAVANJE I OGRANIČAVANJE OSTALIH UTJECAJA PRIMJENE SF_6 U EES-u

Radi uspješnog ograničenja utjecaja SF_6 na tehnički i ekonomski prihvatljivu razinu nužna je suradnja svih subjekata uključenih u korištenje SF_6 u EES-u: korisnika (tj. pretežito elektroprivrede), dobavljača-proizvođača (samog SF_6, elektroenergetske opreme i postrojenja, te opreme za mjerenje i manipulaciju sa SF_6), izvođača radova na održavanju i sl., te nadležnih državnih institucija.

Dodatni argument u korist takvog (aktivnog) pristupa je financijske naravi vezan uz moguće smanjenje troškova nabave skupog SF_6, što je posebno važno u svjetlu aktualnih procesa liberalizacije i deregulacije tržišta električnom energijom. Također zbog aktualnosti čitave "ekološke" problematike nije zanemariva ni percepcija javnosti u pogledu doprinosa EES-a utjecaju na okoliš. Stoga danas vodeće svjetske elektroprivrede pristupaju sustavnom upravljanju s opremom koja sadrži SF_6 što uključuje i stalno praćenje i bilanciranje količina, te komunikaciju i suradnju s nadležnim institucijama i javnosti.

5.1. Procjene angažiranih količina SF_6 u elektroenergetskom sektoru

Kvantificiranje količina SF_6 u elektroenergetici uglavnom nije bilo uobičajeno i tome se nije pridavala velika važnost ni kod proizvođača ni korisnika. Postupno se mijenja takva praksa, posebice kod GIS postrojenja, jer će se pomoću točnih podataka o potrošnji SF_6 (bilanciranju) moći procijeniti količine, emisija i ostali utjecaji SF_6.

Međutim, još uvijek je teško točnije odrediti količine SF_6 koje se u elektroenergetici u svijetu koriste (npr. u Njemačkoj se procjenjuju na 1000 t, u V.Britaniji na oko 500 t). Većina se procjena, uz dosta veliku nesigurnost, bazira na udjelu primjena u EES-u, koji se kreće između 50 i 80%, u ukupnoj godišnjoj proizvodnji (odnosno prodaji) SF_6 od oko 7500 tona (od toga npr. 6000 t u SAD, a u Europi otprilike 900 t - s njemačkim udjelom od jedne trećine).

5.2. Aktualni trendovi razvoja primjena SF_6 u elektroenergetici

Od posrednih aktivnosti koje bi ubuduće mogle imati više utjecaja na ograničenje utjecaja SF_6 iz EES-a aktualna su razmatranja produženja životnog vijeka (pa i realizacija prvih zahvata na tom planu) postojeće elektroenergetske opreme sa SF_6 u pogonu, s prvotno deklariranih 25-30 godina za daljnjih 15–30 godina (u sklopu nastojanja za smanjenjem troškova tijekom njenog životnog vijeka). Kod nove opreme se već polazi od očekivanog životnog vijeka u rasponu 30-50 godina (ovisno o vrsti primjene i tipu). Sve su aktualnije novije koncepcije (prvenstveno u smislu povećanja pouzdanosti i kompaktnosti) AIS i GIS postrojenja, među kojima sve više dolazi i do hibridnih rješenja. U tom kontekstu uočljiv je i trend smanjenja potrebnih količina SF_6 kod novije opreme i postrojenja i za 25 do 40%, što je vrlo značajna činjenica za problematiku smanjenja utjecaja SF_6.

Primjenom sustava nadzora (monitoringa) i dijagnostike pojedinih aparata (npr. tzv. inteligentnih prekidača) ili cijelih polja uvođenjem mikroprocesorske tehnologije neposredno uz primarnu opremu stvaraju se uvjeti za određivanje stvarnog stanja opreme, čime se očekuju značajne uštede i povećanje sigurnosti pogona. Primjer najčešćih smetnji (malih kvarova) u pogonu je istjecanje SF_6, pa u osnovne dijelove takvih sustava spadaju senzori za tlak ili gustoću SF_6 i temperaturu.

Također, nastavljaju se i istraživanja još nedovoljno poznatih tema vezanih uz SF_6 kao što su određivanje stvarnih količina produkata razgradnje SF_6, provjera njihovih graničnih koncentracija i utjecaja na atmosferu u slučaju njihove emisije, te usavršavanje prijenosnih i montažnih uređaja za otkrivanje i mjerenje SF_6, kao i produkata njegove razgradnje.

5.3. Neki primjeri iz prakse elektroenergetskog sektora u svijetu

U Njemačkoj su udruge korisnika i proizvođača elektroenergetske opreme (VDEW/ZVEI) u suradnji s proizvođačima SF_6 i nadležnim državnim institucijama dogovorile svoje obveze u nizu aktivnosti. Obuhvaćene su mjere u proizvodnji, transportu, skladištenju, recikliranju i uništavanju SF_6, proizvodnji i pogonu elektroenergetske opreme, te izgradnji i puštanju u rad elektroenergetskih postrojenja. Glavni cilj je omogućavanje vjerodostojnog SF_6-monitoringa, odnosno prikupljanje podataka o angažiranim količinama SF_6 i stvarnim emisijama SF_6.

U Velikoj Britaniji je NGC (vlasnik i operator prijenosne mreže u Engleskoj i Walesu) izradio vlastiti program radi smanjenja utjecaja SF_6 na okoliš. Program je podijeljen prema nekoliko konkretnih ciljeva (nabava mobilnih uređaja za sigurno rukovanje sa SF_6 pri održavanju postrojenja, identifikacija i nadzor svih značajnih ispuštanja SF_6 iz postrojenja te uklanjanje prioritetnim održavanjem, eksperimentalna uporaba opreme za otkrivanje malih ispuštanja, usavršavanje bilanciranja SF_6 i njegovih emisija po vrstama opreme i pojedinim postrojenjima), čija se realizacija prati na godišnjoj razini.

U SAD je već neko vrijeme na snazi program za korisnike SF_6 u EES-u, koji je pokrenula utjecajna *Agencija za zaštitu okoliša* (EPA). Osnovni cilj je uspostaviti sustav za prikupljanje točnih podataka o količinama i emisijama SF_6, te općenito promicati uspješne strategije za korištenje opreme sa SF_6 (uvođenje recikliranja SF_6, obuka za održavanje SF_6 postrojenja, zamjena kritičnih dijelova opreme i dr.).

6. SF_6 U HRVATSKOJ I HEP-u

6.1. Područja primjene SF_6 u HEP-u

Plin SF_6 se u HEP-u koristi u sve tri temeljne direkcije širom Hrvatske kao sredstvo za izolaciju i gašenje električnog luka u VN postrojenjima izoliranim SF_6 plinom (GIS), SF_6-prekidačima i SN sklopnim blokovima.

VN SF_6-prekidači predstavljaju tipsko rješenje u HEP-u uvedeno "Tipskom trafostanicom (TS) 110/x " iz 1987.g. iako su prvi takvi prekidači u pogonu u postrojenjima HEP-a još od 1981. godine, dok su VN GIS-postrojenja realizirana počevši od 1982. g. u pojedinačnim slučajevima kad nije bilo moguće primijeniti tipsko rješenje (tj. AIS).

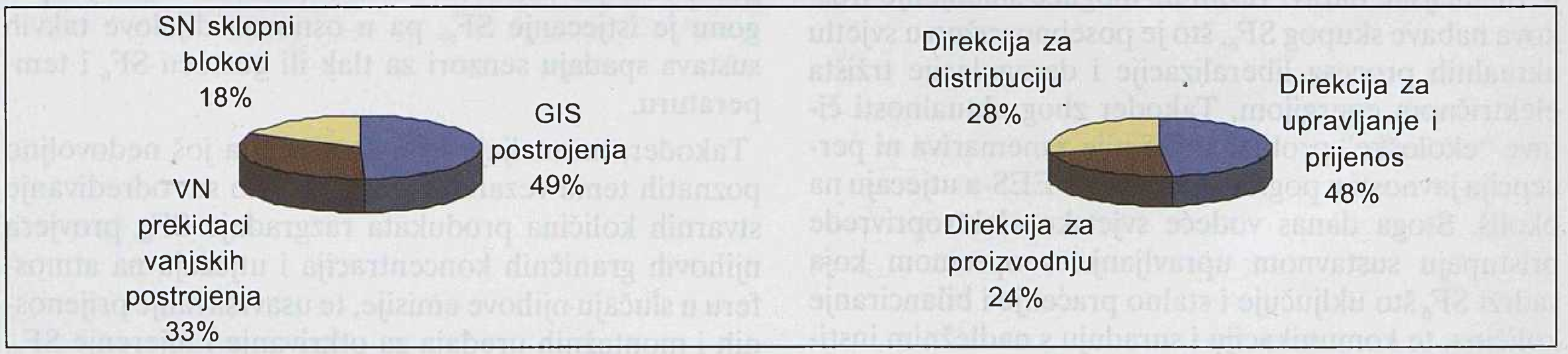
Primjena SN sklopnih blokova sa SF_6 počinje krajem 80-ih godina XX. stoljeća, a regulirana je "Tehničkim uvjetima za TS 10(20)/0,4 kV kabelske izvedbe" iz 1992. i 1995. godine.

6.2. Procjena količina i emisija SF_6 iz hrvatskog EES-a

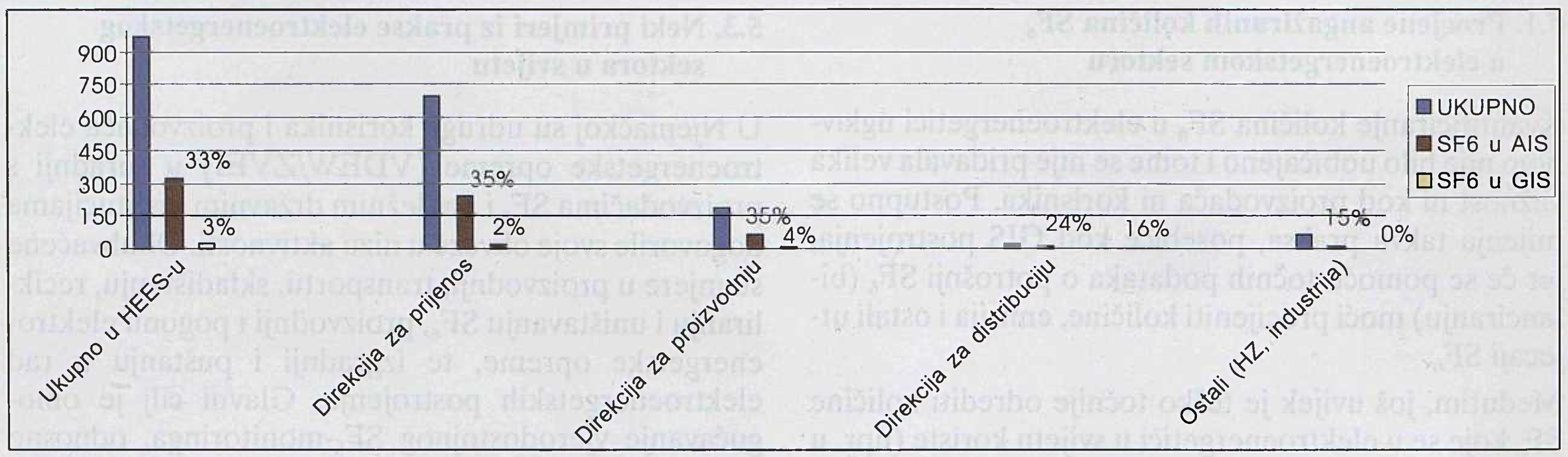
U Hrvatskoj ne postoji sustavno uvedena obveza bilanciranja SF_6, no za očekivati je da će se takve obaveze po njihovu uvođenju, kako ne postoji proizvodnja SF_6 u Hrvatskoj, pretežno odnositi na korisnike SF_6 među kojima na elektroenergetski sektor otpada najveći dio (koji danas čine praktički gotovo isključivo HEP i domaći proizvođači elektroenergetske opreme sa SF_6).

Iz tog razloga pristupilo se samoinicijativno procjeni ukupne količine u HEES-u (hrvatskom elektroenergetskom sustavu) primjenom metodologije slične onoj u 3.3. Temeljem raspoloživih podataka o postrojenjima i opremi sa SF_6 za 2000. godinu ukupna količina SF_6 u HEES-u iznosi oko 18,2 tona. Od toga se čak oko 99% nalazi u HEP-u, što se dalje raspodjeljuje po organizacijskim jedinicama i tehnološkim područjima primjene (od kojih prevladava primjena u VN postrojenjima - 110, 220 i 400 kV).

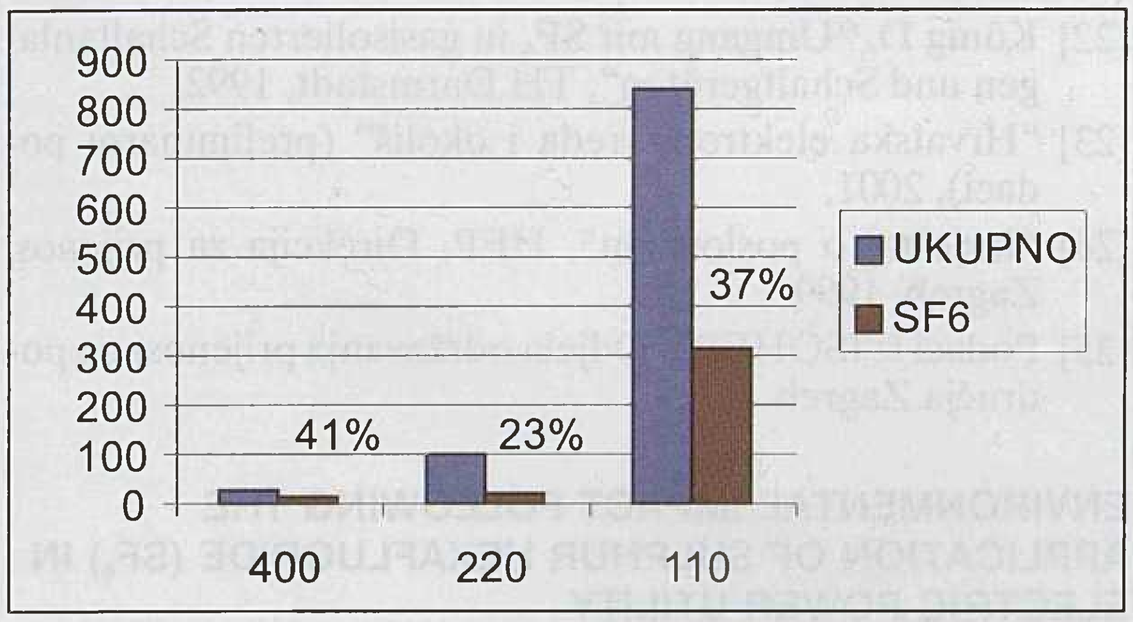
Ako se pretpostavi standardna vrijednost godišnje emisije SF_6 od 1 %, dolazi se do brojke od 182 kg SF_6 godišnje odnosno, 4350 tona ekvivalentnog CO_2, što čini oko 0,1 % ukupne emisije ekvivalentnog CO_2 HEP-a koja je procijenjena na 3544 ktona.



Slika 2. Procjena raspodjele količina SF_6 po temeljnim direkcijama i područjima primjene



Slika 3. Udio polja sa SF_6 prekidačima prema ukupnom broju u VN postrojenjima po korisnicima



Slika 4. Udio polja sa SF_6 prekidačima prema ukupnom broju po naponskoj razini (kV)

6.3. Organizacijske i normativno-regulativne aktivnosti

Republika Hrvatska potpisala je Kyoto protokol (još uvijek nije ratificiran) kojim se između ostalog regulira uporaba i nadzor stakleničkog plina SF_6. Prema zahtjevima protokola svaka zemlja potpisnica obvezna je redovito bilancirati sve stakleničke plinove i o tome godišnje izvještavati Sekretarijat Konvencije UN-a za klimatske promjene u Bonnu. Ove godine na državnoj su razini načinjene preliminarne procjene dok se uvođenje sustavnog bilanciranja očekuje od početka iduće godine.

S obzirom na to kao i na prethodno navedena svjetska iskustva, ali i započeti proces restrukturiranja HEP-a, ubuduće će se aktivnostima na tom planu posvetiti više pažnje. Praćenje SF_6 bit će organizirano u okviru makroprojekta praćenja utjecaja na okoliš od rada postrojenja HEP-a u sklopu provedbe Poslovne politike HEP-a u zaštiti okoliša. Poslovni cilj HEP-a, izražen kroz 10 temeljnih načela Poslovne politike HEP-a u zaštiti okoliša, jest kontinuirano unaprjeđenje odnosa prema okolišu u skladu sa zakonskim propisima i međunarodnim normama (ISO 14000 i EMAS).

Tako predstoji organiziranje sveobuhvatnog i kontinuiranog bilanciranja SF_6 kako bi se dobila jasnija slika u pogledu troškova i mogućih ušteda vezanih uz SF_6.Stoga je potrebno u pravilnicima održavanja na godišnjoj razini predvidjeti evidenciju količine SF_6 kojima se oprema dopunjava za svu SF_6 opremu. U njima je bitno i implementirati koncept ponovne uporabe SF_6, što pretpostavlja i uhodavanje kontakata s ostalim subjektima u sustavu gospodarenja otpadom na razini države.

Potrebno je i na hrvatskom jeziku, po uzoru na odgovarajuće dokumente stranih elektroprivreda izraditi priručnik koji bi objedinio kako općenite tako i specifične aspekte vezane uz primjenu SF_6 u HEP-u. Također bi trebalo intenzivirati i organizaciju redovitog osposobljavanja i informiranja i šireg kruga zaposlenika koji rade sa SF_6 s tom problematikom, što je nužno za kvalitetno održavanje sve složenije opreme.

U tom smjeru postoje već i domaći prijedlozi prvenstveno za dio koji se tiče zaštite na radu u užem smislu. Nadalje u tehničkim odborima *Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo* treba potaknuti izdavanje hrvatskih normi relevantnih za ovo područje uz preuzimanje ili prevođenje odgovarajućih stranih preporuka i normi (kao što su IEC 60376, IEC 60480, IEC 61634 i dr.).

6.4. Primjena odgovarajuće opreme za održavanje i recikliranje SF_6

Realizacija već spomenutog koncepta ponovne uporabe SF_6 (ali i održavanje opreme koja sadrži SF_6) pretpostavlja i određena ulaganja u specifičnu opremu koja se tek dugoročno mogu dijelom isplatiti manjim troškom za nabavu SF_6 i sl. Pozitivan primjer u HEP-u je GIS postrojenje u TS Ksaver (HEP, DP "Elektra" Zagreb), gdje je ustanovljeno da je SF_6 nakon 12 godina pogona u odličnom stanju, pa je vraćen u postrojenje nakon izvršenih ostalih radova predviđenih u planu održavanja za reviziju, odnosno remont postrojenja.

HEP raspolaže s dva uređaja za izmjenu i dopunu SF_6 starije generacije većeg kapaciteta, no javlja se potreba za nabavom sličnih manjih uređaja u nekoj od mobilnih varijanti (npr. kamionska prikolica). Za propisane periodične analize stanja SF_6 (odnosno provjere karakterističnih veličina) u postrojenjima, koje su ključne za mogućnost i način ponovne uporabe SF_6 nabavljeni su po jedan prijenosni uređaj za određivanje čistoće SF_6 i uređaj za određivanje sadržaja vlage u SF_6 (mjerenjem temperature rosišta) u PrP Zagreb, a u planu je i povećanje broja takvih uređaja.

Radi pravodobnog otkrivanja i lokaliziranja, te otklanjanja mogućeg ispuštanja SF_6 iz opreme pod tlakom potreban je kontinuirani nadzor ključne veličine za stanje SF_6 – njegove gustoće (posredno određena tlakom i temperaturom koji se češće mjere). Pri prekoračenju određenih graničnih vrijednosti dolazi do alarma, odnosno blokade rada primarne opreme. Ovisno o proizvođaču i tipu opreme danas se još uvijek radi o standardnim fiksnim pogonskim instrumentima montiranim na primarnoj opremi (temperaturno kompenzirani ili nekompenzirani manometri, indikatori pogonske spremnosti i sl.). Do šire primjene sofisticiranih sustava za monitoring i dijagnostiku (s mogućnošću daljinskog nadzora i komunikacije), u tu svrhu služe i detektori prisutnosti SF_6. U HEP-u se koristi veći broj malih prijenosnih detektora (tzv. "pipalica"), a u planu je nabava većih i osjetljivijih – tzv. "pištolja" za GIS.

7. ZAKLJUČAK

Danas je teško zamisliti koja bi tehnologija mogla adekvatno zamijeniti postojeću SF_6 tehnologiju u navedenim područjima primjene u elektroprivredi, pa se čine vrlo vjerojatnim predviđanja o nastavku dominacije SF_6 tehnologije tijekom većeg dijela ovog stoljeća, budući da je evidentan porast ukupno angažiranih količina plina SF_6 i širenje njegove primjene u elektroenergetskim postrojenjima širom svijeta.

Odgovoran pristup njegovom korištenju, kao i posljedicama korištenja, je samim time nužno potreban i opravdan, a dugoročno i financijski isplativ. Tako treba

shvatiti i segment SF_6 problematike vezan uz činjenicu da korišteni SF_6, za kojeg se temeljem iskustva i provedenih ispitivanja očekuje da je u nekoj mjeri (iako postotno neznatnoj) onečišćen produktima svoje razgradnje, spada u tehnološki otpad.

U HEP-u je ovaj problem prepoznat, s obzirom na konkretne prilike, u ranoj fazi u odnosu na elektroprivrede koje su SF_6 tehnologiju počele primjenjivati znatno ranije. Tako ostaje još dovoljno vremena za razradu i pripremu konkretnih mjera gospodarenja takvom specifičnom vrstom tehnološkog otpada.

LITERATURA

[1] D. MEĐIMOREC, Z. STANIĆ: "Primjene sumpornog heksafluorida (SF_6) u elektroprivredi i mogući utjecaji na okoliš", VI. Međunarodni simpozij "Gospodarenje otpadom Zagreb 2000"

[2] D. MEĐIMOREC, Z. STANIĆ: "Aspekti okoliša vezani uz korištenje plina sumpornog heksafluorida (SF_6) u elektroprivredi", HK CIGRE Cavtat, 1999.

[3] Network of Experts for Standardisation "Guide to the safe use of SF_6 in gas insulated electrical equipment"; UNIPEDE/EURELECTRIC, Bruxelles, 1998.

[4] "Concept for reuse of the used SF_6", "Solvay", Hannover, 1996.

[5] Grupa autora - WG 23.10.1 "SF_6 recycling guide"; CIGRE Paris, 1997.

[6] Grupa autora - WG 23.10 "Report on the second international survey on high voltage gas insulated substations (GIS) service experience"; CIGRE Paris, 1998.

[7] Grupa autora - WG 23.10 "SF_6 and the global atmosphere"; "Electra" No.164, 1996.

[8] Grupa autora - WG 23.11 "Environmental aspects in substations"; CIGRE Paris, 1998.

[9] Grupa autora - WG 23.13 "Simplified concepts for future substations"; CIGRE Paris, 1998.

[10] Grupa autora - WG 23.03 "Handling of SF_6 and its decomposition products in gas insulated switchgear (GIS)"; "Electra" No.136, 1991.

[11] K. MEŠTROVIĆ: "Upotreba plina sumpornog heksafluorida (SF_6) u visokonaponskim sklopnim aparaturama"; 3. savjetovanje HK CIGRE, Cavtat, 1997.

[12] "Erklärung zu SF_6 in elektrischen Schaltgeräten und –anlagen"; VDEW/ZVEI, Frankfurt, 1996.

[13] "Merkblatt: SF_6-Anlagen"; Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln, 1993.

[14] "Environmental Performance Report 1997/98", National Grid Company, Coventry, 1998.

[15] E. J. DOLIN: "EPA's new opportunity for industry: SF_6 emissions reduction"; žElectrical world', 1998.

[16] Giboulet A. i grupa autora "Policy for GIS refurbishment for extended service life" CIGRE Paris, 1998

[17] B. M. PRYOR i grupa autora: "Life cycle management philosophies for transmission substations" CIGRE Paris, 1998.

[18] A. LUDWIG i grupa autora: "New interrupting and drive techniques to increase high voltage circuit breaker performance and reliability" CIGRE Paris, 1998.

[19] Luxa G.F. "Anwendung von SF_6 als Isoliermittel von Hochspannungsanlagen"; TU Berlin, 1980.

[20] Kärner H.C. , Knobloch H. "Schwefelhexafluorid in der heutigen Energieversorgung"; etz 7/1996

[21] Hillers T., Koch H. "Gasisolierte Hochspannungleitungen"; etz 11/1997

[22] König D. "Umgang mit SF_6 in gasisolierten Schaltanlagen und Schaltgeräten"; TH Darmstadt, 1992.

[23] "Hrvatska elektroprivreda i okoliš" (preliminarni podaci), 2001.

[24] "Izvještaj o poslovanju", HEP, Direkcija za prijenos, Zagreb, 1999.

[25] Podaci iz ISOHEP-a Odjela održavanja prijenosnog područja Zagreb

ENVIRONMENTAL IMPACT FOLLOWING THE APPLICATION OF SULPHUR HEXAFLUORIDE (SF_6) IN ELECTRIC POWER UTILITY

Gas called sulphur hexafluoride (SF_6) is applied mainly in the electric power sector to extinguish the electric arc and/or insulate high- and mid-voltage substations. The involvement of SF_6 technology is constantly growing thanks to numerous advantages compared to other technologies for similar applications as well as in the sense of different environmental impacts.

The impacts of "pure" SF_6 gas and its separation products coming from different operation situations differ. Depending on the "pollution" level these SF_6 products can be cleansed in various ways, recycled and used again, and in the worst case destroyed in a special, completely secure, procedure. Therefore, in accordance with foreign and domestic regulations, actions are considered and undertaken to reach responsible operation and maintenance of SF_6 apparatus.

FRAGEN DER UMWELTBEEINFLUSSUNG DURCH ANWENDUNG DES SCHWEFELHEXAFLUORIDES (SF_6) IN DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

Das Gas Schwefelhexafluorid (SF_6) wird überwiegend in der Elektroenergetik, insbesondere für die Strombogenlöschung und/oder als Isolation in den Mittel- und Hochspannungsanlagen angewandt. Dank vielen Vorteilen im Bezug auf andere Verfahren für ähnliche Zwecke, u.a. im Bezug auf die Umweltbeeinflussung jeglicher Art, wächst der Anteil von SF_6 andauernd.

Unterschieden werden die Einflüsse von reinem SF_6 und von den Produkten seines Zerfalls bei gewissen Erscheinungen im Betrieb. In Abhängigkeit vom Ausmaß der "Verunreinigung" mit solchen Produkten von SF_6 kan die Reinigung auf mehrere Arten erfolgen, bzw. es kann rezikliert und wiederverwendet, und letzten Endes durch besondere Verfahren auf sichere Weise vernichtet werden. Deshalb unternimmt man, im Einklang mit den geltenden Vorschriften in der Welt-, aber in der einheimischen Erkenntnis, beurteilt man und unternimmt eine Rheie von Massnahmen wegen dem verantwortlichen Betrieb und Wartung der SF_6 Ausrüstung.

Naslov pisaca:

Damjan Međimorec, dipl. ing.
Silvio Brkić, dipl. ing.
mr. sc. Zoran Stanić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
Sektor za razvoj
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-05-10.

STANJE I TRENDOVI RAZVOJA VISOKONAPONSKIH SKLOPNIH APARATA U SVIJETU

Mr. sc. Krešimir M e š t r o v i ć, Zagreb

UDK 621.3.064:621.315
STRUČNI ČLANAK

U posljednjih desetak godina došlo je do velikih poboljšanja u tehnologiji i konstrukciji visokonaponskih prekidača. Zahvaljujući razvoju novih tehnika prekidanja struje i optimiranju dimenzija prekidne komore značajno je reducirana energija pogonskog mehanizma i broj komponenata. Također dolazi i do uvođenja inteligentnih sustava u visokonaponske prekidače, što znači da su nove funkcije, kontinuirano nadgledanje stanja i dijagnostika dodane već postojećim funkcijama kontrole koje se provode konvencionalnim sekundarnim sustavima.

U posljednje dvije godine došlo je do značajnog napretka u tehnologiji supravodljivih ograničavača struje. Treba naglasiti da se radi o potpuno novom tipu uređaja koji će najvjerojatnije omogućiti razvoj novih i nekonvencionalnih rješenja u elektroenergetskim sustavima.

Za ograničavanje sklopnih prenapona i poteznih struja pri sklapanju kondenzatorskih baterija i induktivnih trošila sve se češće koristi kontrolirano sklapanje. Na taj način otpada potreba za ugradnjom visokonaponskih kondenzatora i uklopnih otpornika na prekidač. Uređaj za kontrolirano sklapanje sastoji se od konvencionalnog prekidača opremljenog elektronskim kontrolnim modulom. Elektronski kontrolni modul sinkronizira trenutak uklapanja ili isklapanja pojedinih polova prekidača s faznim kutem struje i napona.

Ključne riječi: prekidač, toplinska energija luka, rotirajući luk, inteligentni prekidač, supravodljivi ograničavač struje, kontrolirano sklapanje.

1. UVOD

U posljednjih 30 godina došlo je do velikog napretka u razvoju visokonaponskih prekidača. U početku su to bili malouljni, uljni, pneumatski ili dvotlačni SF_6 prekidači, mehanički vrlo kompleksni, sa mnoštvom serijski spojenih prekidnih komora, velikim kompresorskim sistemom i pomoćnim komorama za isklopne otpornike.

Današnji visokonaponski prekidači su, gotovo isključivo, jednotlačni, autokompresijski SF_6 prekidači s reduciranim brojem prekidnih komora i reduciranom mehaničkom kompleksnošću. Međutim manji broj prekidnih komora ujedno znači i veća naprezanja na samoj komori, što naravno dovodi do novih problema vezanih za postizanje zadovoljavajuće pouzdanosti.

Iskorištavanje termičke energije luka za vrijeme prekidanja struje dovelo je do reduciranja zahtjeva na pogonski mehanizam, čime je omogućena uporaba mnogo pouzdanijih i jeftinijih mehanizama.

U posljednje vrijeme mikroprocesorska tehnologija je pokazala radikalan napredak. Ova tehnologija je utjecala i nastavit će značajno utjecati na sve aspekte naših života, uključujući i visokonaponska rasklopna postrojenja. Danas se već koriste mikroprocesori za poboljšanje sposobnosti rasklopnog postrojenja i to na taj način da kontroliraju vremena otvaranja i zatvaranja kontakata prekidača.

U bliskoj budućnosti svakako će se koristiti elektronika integrirana i u sam visokonaponski prekidač za mjerenje, pogon i nadgledanje njegovog rada.

Razvojna istraživanja supravodljivih ograničavača struje pokazuju kako ne postoji teoretska granica u naponu, struji ili struji kratkog spoja pri njihovoj primjeni. To znači da bi se ova tehnika ograničavanja struje kratkog spoja u skoroj budućnosti mogla upotrijebiti i u distributivnim i u prijenosnim mrežama. Supravodljivi ograničavači struje najvjerojatnije će u budućnosti imati veliku primjenu zbog činjenice da omogućuju velika smanjenja troškova cjelokupnog elektroenergetskog sustava.

2. VISOKONAPONSKI SF_6 PREKIDAČI

Prva generacija SF_6 prekidača su dvotlačni prekidači kod kojih se plin SF_6 nalazi u visokotlačnom spremniku pod tlakom 1 do 1.6 MPa. Za vrijeme gašenja električnog luka plin SF_6 struji iz visokotlačnog spremnika u prekidnu komoru u kojoj je niski tlak. Glavni nedostatak ovih prekidača je što se kod tlaka od 1 do 1.6 MPa potrebnog za uspješno gašenje električnog luka plin SF_6 ukapljuje kod temperatura i iznad 0^0 C. Upravo zbog toga ovi prekidači zahtijevaju intenzivno grijanje!

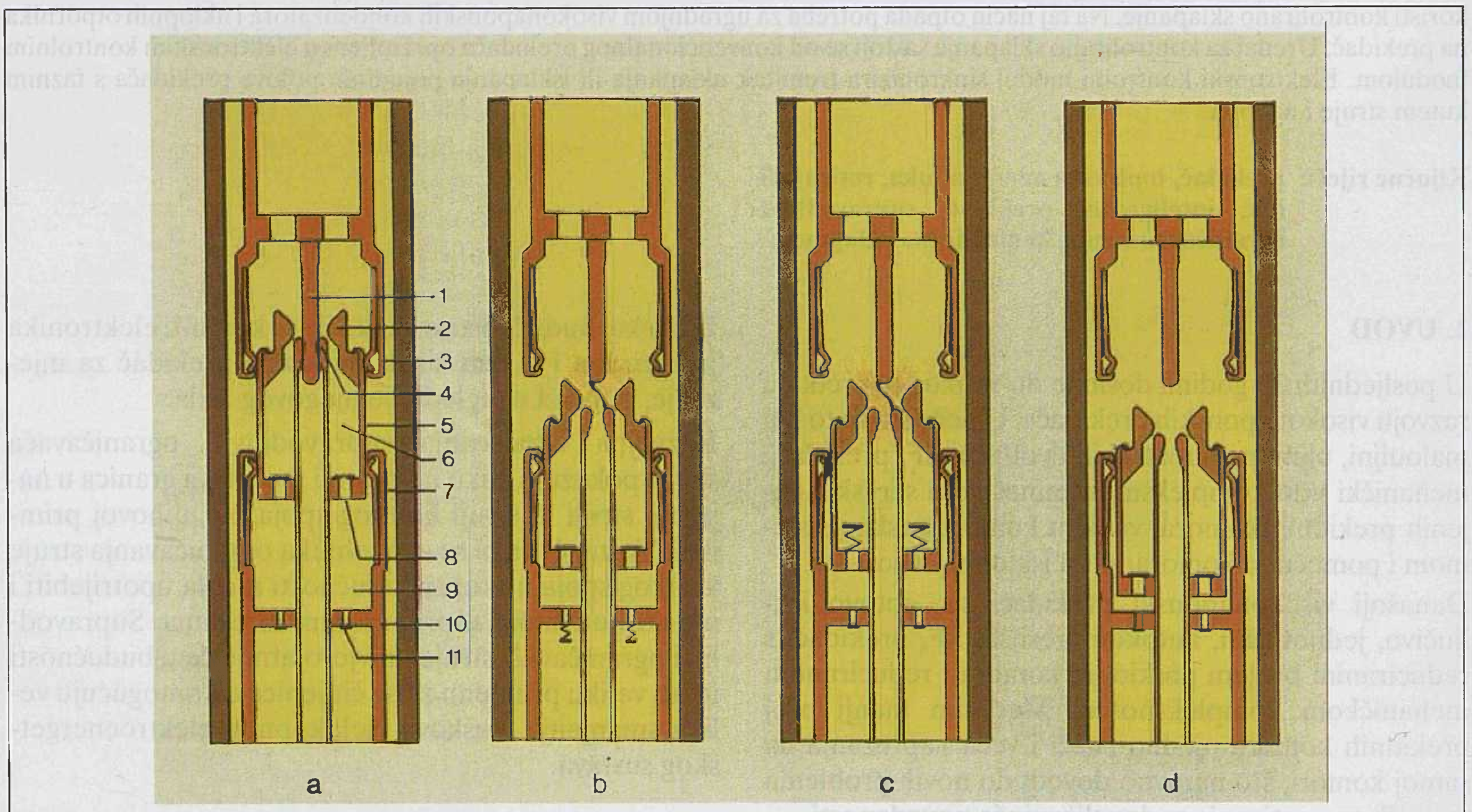
Druga generacija SF_6 prekidača su jednotlačni, autokompresijski prekidači. Tlak plina SF_6 u prekidaču iznosi 0.5 do 0.8 MPa. Visoki tlak potreban za gašenje električnog luka stvara se samo za vrijeme procesa prekidanja struje na taj način da pomični kompresijski cilindar tlači plin u prekidnoj komori. Glavni nedostatak ovih prekidača je što pogonski mehanizam mora osigurati energiju i za gibanje kontakta i za stvaranje visokog tlaka potrebnog za gašenje električnog luka. Upravo zbog toga su pogonski mehanizmi izuzetno kompleksni i snažni, a reakcijske sile na postolju iznimno velike.

Treća generacija SF_6 prekidača su prekidači koji u fazi prekidanja struje koriste toplinsku energiju električnog luka za postizanje visokog tlaka u prekidnoj komori nužnog za uspješno gašenje. Pogonski mehanizam služi samo za osiguravanje energije potrebne za gibanje kontakta, pa je zbog drastičnog smanjenja potrebne pogonske energije omogućena uporaba malih, pouzdanih opružnih mehanizama.

Na slici 1 prikazana je prekidna komora visokonaponskog SF_6 prekidač AEG – S1 (72.5 – 420 kV) koji koristi toplinsku energiju električnog luka [1].

Na slici 1b prikazano je prekidanje struje kratkog spoja. Za vrijeme gorenja električnog luka, zbog visoke temperature, raste tlak u prekidnoj komori (6). U trenutku prolaza struje kroz nulu gasi se električni luk i oslobađa prolaz kroz sapnice (2). Plin SF_6 počinje strujati iz prostora s višim tlakom (6) kroz sapnice (2) u prostor s nižim tlakom (1) i na taj način vrlo brzo deionizira prostor između kontakata. Nakon toga otvara se tlačni ventil (11) i propušta stlačeni plin iz pomoćne komore (9). Visoki tlak plina u prekidnoj komori stvoren je isključivo korištenjem toplinske energije električnog luka, a pogonski mehanizam služi samo za osiguravanje energije potrebne za gibanje kontakata. Zbog značajnog smanjenja potrebne energije ovaj prekidač koristi mali opružni mehanizam.

Na slici 1c prikazano je prekidanje malih struja. U ovom slučaju toplinska energija luka nije dostatna za stvaranje visokog tlaka u prekidnoj komori. Potreban tlak plina stvara se kompresijom u pomoćnoj komori (9). Plin kroz tlačni ventil (8) ulazi u glavnu komoru i nakon gašenja električnog luka struji kroz sapnice (2) u prostor glavnog fiksnog kontakta (1).

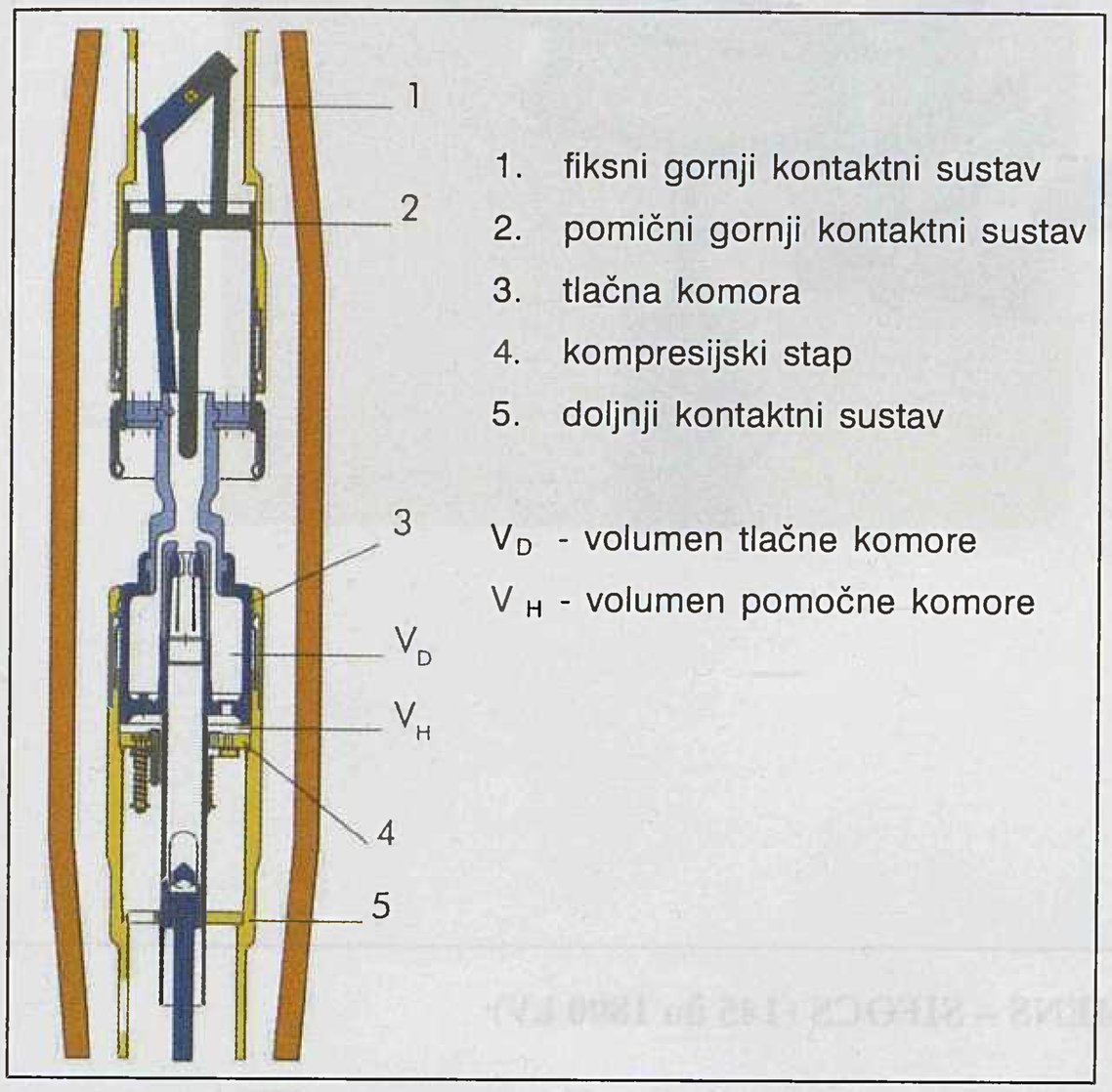


1 fiksni lučni kontakt
2 izolacijska sapnica
3 glavni kontakt
4 pomični lučni kontakt
5 glavni kontakt
6 prekidna komora
7 glavni kontakt
8 tlačni ventil
9 pomoćna tlačna komora
10 kompresijski cilindar
11 tlačni ventil

a uklopljen
b prekidanje struje KS
c prekidanje malih struja
d isklopljen

Slika 1. Visokonaponski SF_6 prekidač tip AEG – S1 (72.5 – 420 kV)

Na slici 2 prikazana je prekidna komora visokonaponskog SF_6 prekidača koji osim što koristi toplinsku energiju električnog luka koristi još i princip dvostrukog pomičnog kontaktnog sistema [2]



Slika 2. Visokonaponski SF_6 prekidač tip ALSTOM – GL 311/312 (123/145 kV)

Energija pogonskog mehanizma proporcionalna je kvadratu brzine, $E = ½ mv^2$. Gibanjem oba kontaktna sustava brzina je reducirana za pola, a da se nisu promijenili ostali tehnički parametri (vrijeme uklopa i isklopa). Zahvaljujući principu dvostrukog pomičnog kontaktnog sustava, energija pogonskog mehanizma reducirana je za 65 %. I ovaj prekidač koristi mali opružni mehanizam.

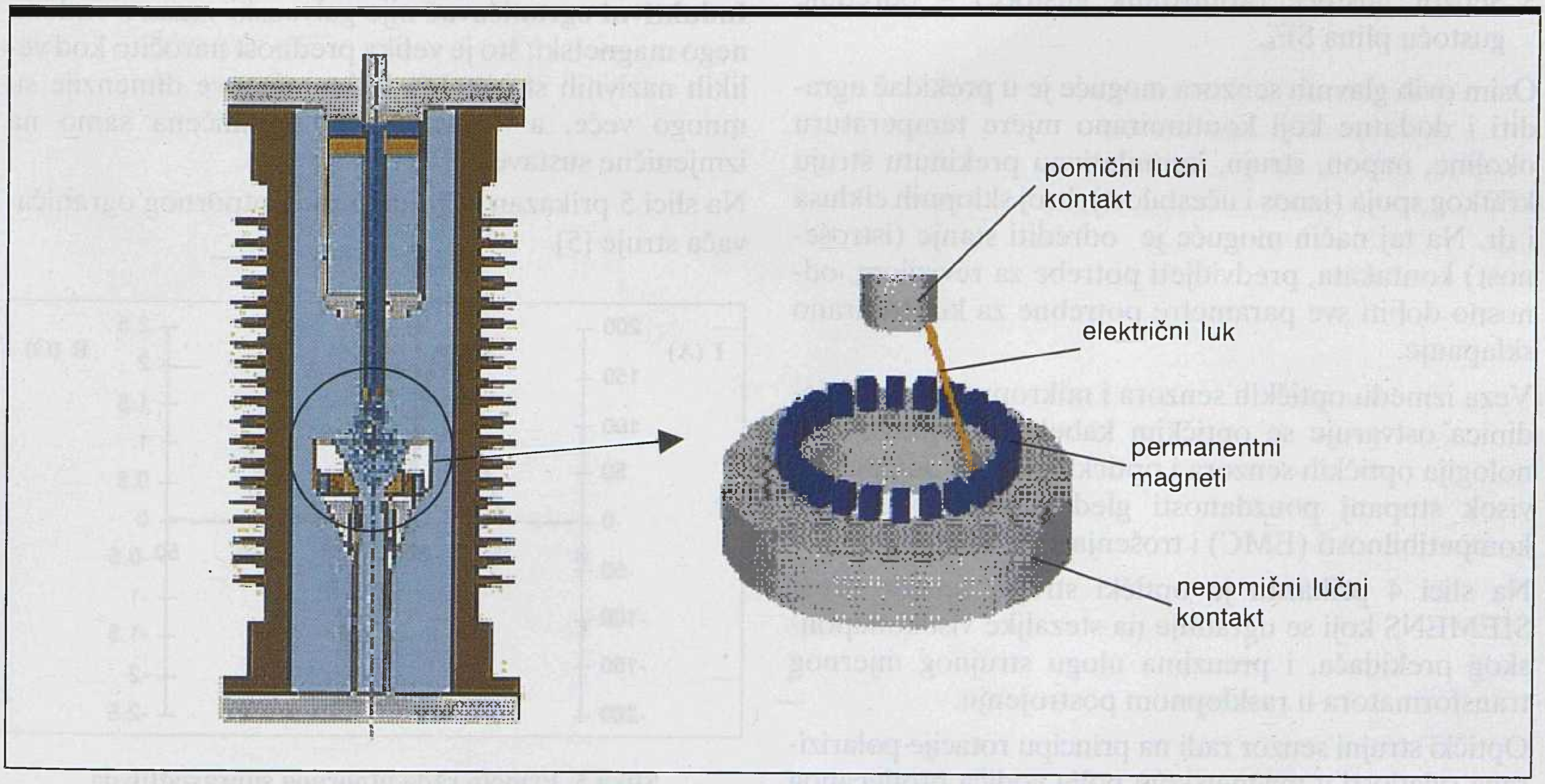
Na slici 3 prikazana je prekidna komora visokonaponskog SF_6 prekidača koji koristi princip rotirajućeg električnog luka [3].

Tehnika rotirajućeg luka koristi se već mnogo godina u srednjonaponskim aparatima. Razvoj novih tehnologija omogućuje sada uporabu ove tehnike i na naponima do 145 kV. U trenutku razdvajanja kontakata električni luk se prebacuje s pomičnog lučnog kontakta na posebnu cilindričnu zavojnicu. Magnetsko polje stvoreno u zavojnici mijenja se sa sinusnom strujom koja se treba prekinuti. Radi elektrodinamičkih sila koje djeluju okomito na električni luk on brzo rotira kroz relativno hladan plin SF_6 što rezultira intenzivnim hlađenjem i deionizacijom stabla luka i njegovim gašenjem u trenutku prolaza struje kroz nulu.

Konstrukcija prekidne komore koja koristi princip rotirajućeg luka je manje kompleksna nego konstrukcije autokompresijskih prekidača, odnosno prekidača s dvostrukim gibanjem kontakata. Prekidač s rotirajućim lukom zahtijeva i do 75% manju energiju pogonskog mehanizma u usporedbi s dosadašnjim izvedbama autokompresijskih SF_6 prekidača.

U slučaju prekidanja malih struja magnetsko polje stvoreno u cilindričnoj zavojnici nije dostatno za stvaranje dovoljne elektrodinamičke sile za stvaranje rotacije električnog luka. Jedno od rješenja ovog problema je stvaranje sekundarnog magnetskog polja uporabom permamentnih magneta.

U novije vrijeme sve više svjetskih proizvođača sklopne opreme nude "**inteligentne SF_6 prekidače**" [4]. To su visokonaponski SF_6 prekidači koji u sebi imaju integrirane različite senzore (obično optičke) za kontinuirano nadgledanje i kontrolu rada prekidača. Zbog ekonomičnih razloga senzorski sustav inteligentnog prekidača (osnovni tip) ograničen je na samo nekoliko



Slika 3. Visokonaponski SF_6 prekidač s rotirajućim lukom



Slika 4. Optički strujni senzor SIEMENS – SIFOCS (145 do 1800 kV)

senzora čiji je osnovni zadatak otkrivanje glavnih izvora najčešćih kvarova SF_6 prekidača (ovi kvarovi definirani su na osnovi rezultata međunarodne ankete CIGRÉ).

Glavni senzori inteligentnog prekidača su:

1. Senzor gibanja – služi za određivanje krivulje gibanja sklopne motke.
2. Senzor energije opruge – služi za određivanje položaja i gibanja opruge kod isklopa i uklopa, te za određivanje preostale energije.
3. Senzor gustoće (kontrolnik gustoće) – određuje gustoću plina SF_6.

Osim ovih glavnih senzora moguće je u prekidač ugraditi i dodatne koji kontinuirano mjere temperaturu okoline, napon, struju, kumulativnu prekinutu struju kratkog spoja (iznos i učestalost), broj sklopnih ciklusa i dr. Na taj način moguće je odrediti stanje (istrošenost) kontakata, predvidjeti potrebe za revizijom, odnosno dobiti sve parametre potrebne za kontrolirano sklapanje.

Veza između optičkih senzora i mikroprocesorskih jedinica ostvaruje se optičkim kabelima. Upravo tehnologija optičkih senzora i optičkih kabela omogućuje visok stupanj pouzdanosti glede elektromagnetske kompatibilnosti (EMC) i trošenja samih senzora.

Na slici 4 prikazan je optički strujni senzor firme SIEMENS koji se ugrađuje na stezaljke visokonaponskog prekidača, i preuzima ulogu strujnog mjernog transformatora u rasklopnom postrojenju.

Optički strujni senzor radi na principu rotacije polarizirane svjetlosti u magnetskom polju vodiča protjecanog strujom. Za vođenje svjetla oko vodiča koristi se zavojnica od optičkih vlakana, a kut rotacije polarizirane svjetlosti direktno je proporcionalan broju zavoja zavojnice (N) i struji (I) kojom je protjecan vodič, $\rho \sim N\,I$.

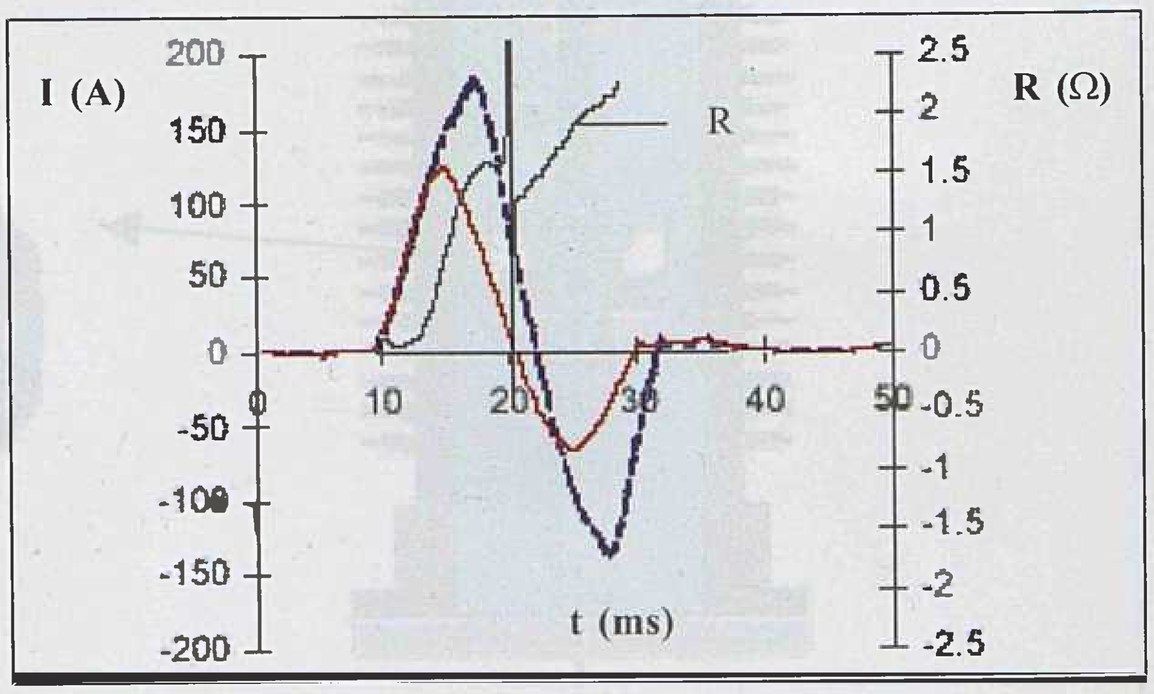
3. SUPRAVODLJIVI OGRANIČAVAČI STRUJE

Supravodljivi ograničavači struje rade na dva osnovna principa: *otpornom* i *induktivnom*.

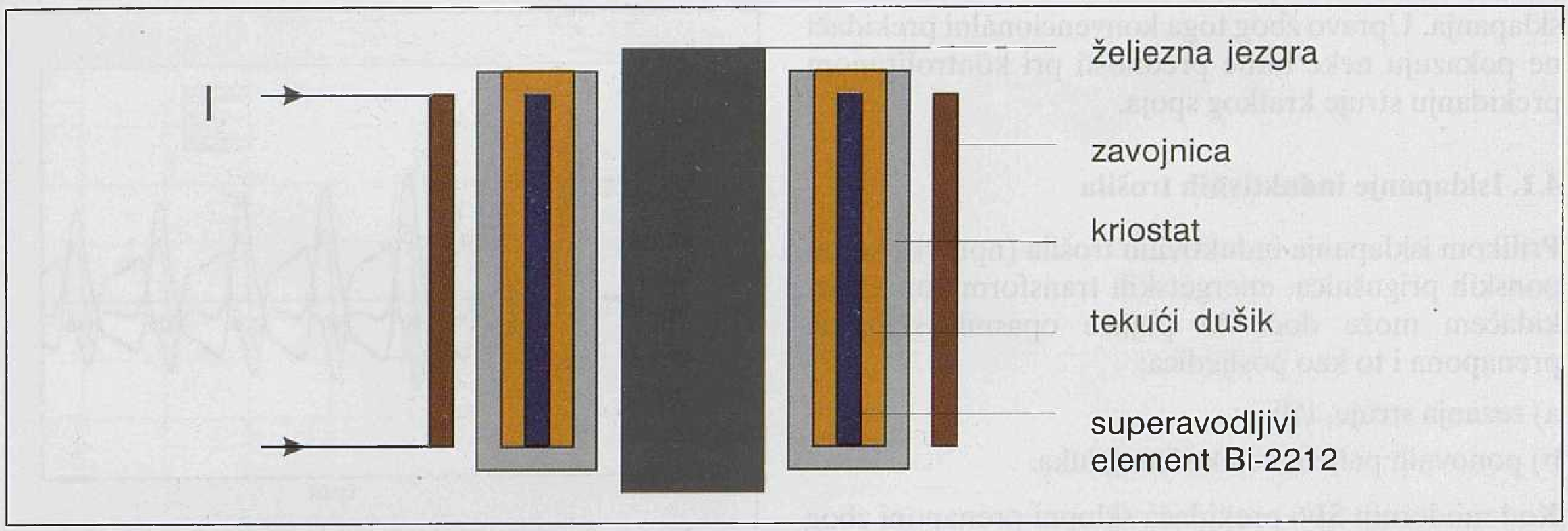
Otporni ograničavač je direktno galvanski spojen u seriju s vodom.

Induktivni ograničavač nije galvanski vezan s vodom, nego magnetski, što je velika prednost naročito kod velikih nazivnih struja. Međutim, njegove dimenzije su mnogo veće, a primjena je ograničena samo na izmjenične sustave.

Na slici 5 prikazan je princip rada otpornog ograničavača struje [5].



Slika 5. Princip rada otpornog supravodljivog ograničavača struje



Slika 6. Princip rada induktivnog supravodljivog ograničavača struje

U normalnom pogonu ograničavač je u supravodljivom stanju i ima zanemariv otpor. U slučaju kvara gubi supravodljivost i zbog velikog otpora ograničava struju.

Za vrijeme ograničavanja struje supravodljivi elementi se griju, i da bi se spriječilo njihovo termičko oštećenje struja kvara se mora u određenom vremenu prekinuti prekidačem. To vrijeme ne smije biti duže od nekoliko sekundi.

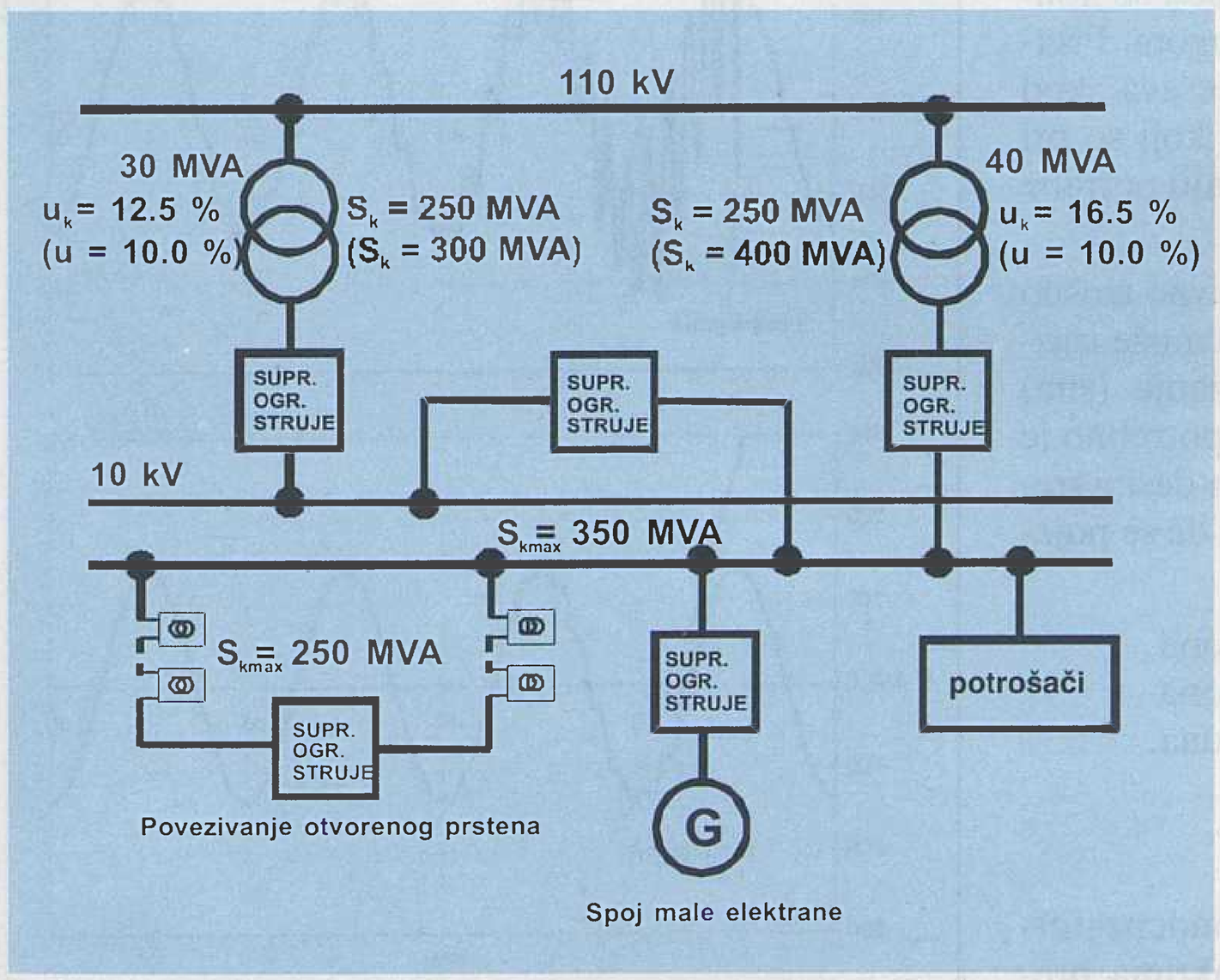
Na slici 6 prikazan je princip rada induktivnog supravodljivog ograničavača struje [6].

Radi se o ograničavaču firme ABB koji radi na principu zaslanjanja željezne jezgre. Sastoji se od obične zavojnice, supravodljive cijevi od Bi-2212 koja se nalazi u kriostatu od nerđajućeg čelika s dvostrukim plaštem i vakuumom između, i od željezne jezgre. Kao sredstvo za hlađenje i izolaciju koristi se tekući dušik na temperaturi 77 K.

Ovaj uređaj je u osnovi transformator sa supravodljivim sekundarnim namotom, dok je primarni namot (zavojnica) spojen u seriju s vodom koji se štiti. U normalnom pogonu željezna jezgra je supravodljivom cijevi zaslonjena od magnetskog polja primarnog namota, kao da je u zasićenju, i zbog toga primar predstavlja malu impedanciju. U slučaju pojave velikih struja kvara nestaje efekt zaslanjanja i javlja se značajno veća impedancija primara čime se automatski reducira struja kvara.

ABB je završio ispitivanja na jednofaznom prototipu nazivnog napona 8.3 kV, nazivne struje 200 A ef., nazivne snage 1.6 MVA. Struja kvara od 13.2 kA ograničena je na 4.3 kA peak, 1.4 kA ef. nakon 20 ms.

Na slici 7 prikazane su moguće primjene supravodljivih ograničavača struje u prijenosnim i distributivnim mrežama, te efekti te primjene [7].



Slika 7. Moguće primjene supravodljivih ograničavača struje (vrijednosti u zagradama mogu se realizirati ukoliko se ugradi supravodljivi ograničavač struje)

4. KONTROLIRANO SKLAPANJE STRUJE

Danas pod pojmom "kontrolirano sklapanje" smatramo svako sklapanje kod kojeg se "gađa" trenutak uklopa ili isklopa u odnosu na sinusoidu struje (ili napona).

Glavne prednosti kontroliranog sklapanja dolaze do izražaja prilikom sklapanja malih induktivnih i kapacitivnih struja, te uklapanja dugih vodova. Što se pak tiče prekidanja struja kratkog spoja, moderna rješenja visokonaponskih SF_6 prekidača povećane pouzdanosti i jednostavnijeg održavanja, s vremenima prekidanja unutar tri poluperiode struje, u potpunosti zadovoljavaju uvjete sa stajališta stabilnosti elektroenergetskog sustava i električke trajnosti. Što više, na današnjem stupnju tehnološkog razvoja prekidača postignuto je gotovo isto ili čak i manje trošenje kontakata u konvencionalnom nego u kontroliranom režimu

sklapanja. Upravo zbog toga konvencionalni prekidači ne pokazuju neke bitne prednosti pri kontroliranom prekidanju struje kratkog spoja.

4.1. Isklapanje induktivnih trošila

Prilikom isklapanja induktivnih trošila (npr. visokonaponskih prigušnica, energetskih transformatora) prekidačem može doći do pojave opasnih sklopnih prenapona i to kao posljedica:

a) rezanja struje, i/ili

b) ponovnih paljenja električnog luka.

Kod modernih SF6 prekidača sklopni prenaponi zbog rezanja struje obično nisu veći od 1.4 p.u. pa prema tome nisu niti opasni. Međutim, ovi prenaponi mogu izazvati ponovna paljenja električnog luka između kontakata prekidača, a ta pojava onda dovodi do sklopnih prenapona visine i do 2.5 p.u. Niti ovi prenaponi što se tiče njihove visine ne predstavljaju opasnost za induktivna trošila, odnosno za ostalu visokonaponsku opremu u postrojenju. Međutim, ovi sklopni prenaponi imaju veliku strminu (brzinu porasta, dU/dt) koja može biti vrlo opasna za izolaciju prvih zavoja prigušnice, odnosno za izolaciju ostale opreme u postrojenju.

Uporabom kontroliranog sklapanja, pojava ponovnih paljenja električnog luka može se u potpunosti izbjeći i to tako da se kontakti prekidača počnu razdvajati 5 - 7 ms prije prirodne nule struje.

4.2. Uklapanje induktivnih trošila

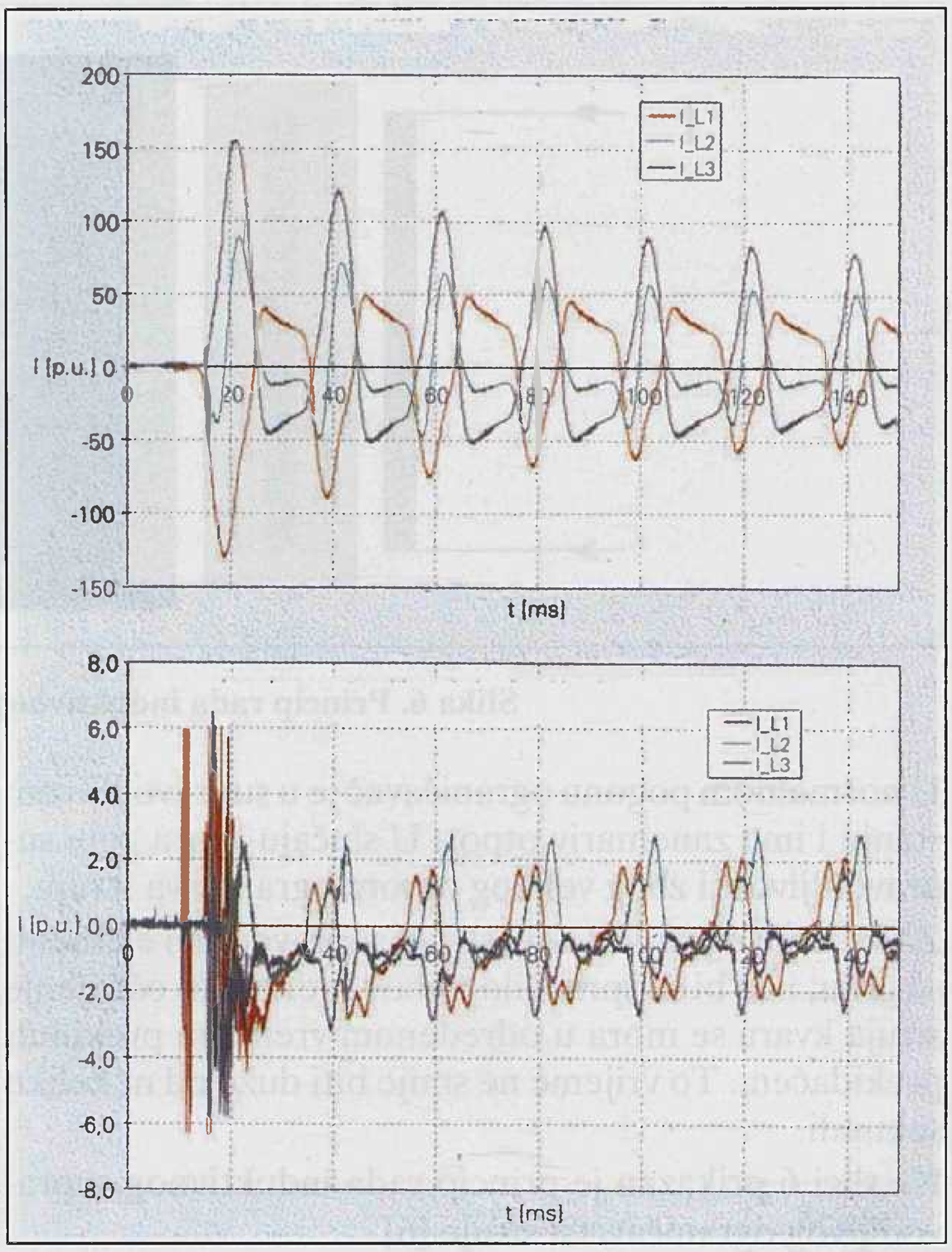
Kod uklapanja induktivnih trošila uvijek dolazi do pretpaljenja električnog luka u trenutku kada se kontakti prekidača dovoljno približe jedan drugom. Pretpaljenje električnog luka obično se dešava kod maksimuma napona, a sklopni prenaponi koji se pri tome javljaju nisu viši od 1.5 p.u., pa nema niti potrebe za njihovim ograničavanjem.

Kod uklopa puno veću opasnost po induktivno trošilo predstavlja tzv. potezna (inrush) struja koja može izazvati vrlo velika elektromagnetska naprezanja (sile) između namota. Za njezino ograničavanje potrebno je da se trenutak pretpaljenja električnog luka desi u trenutku kada je napon maksimalan. To znači da se pojedine faze uklapaju u sljedećim trenucima:

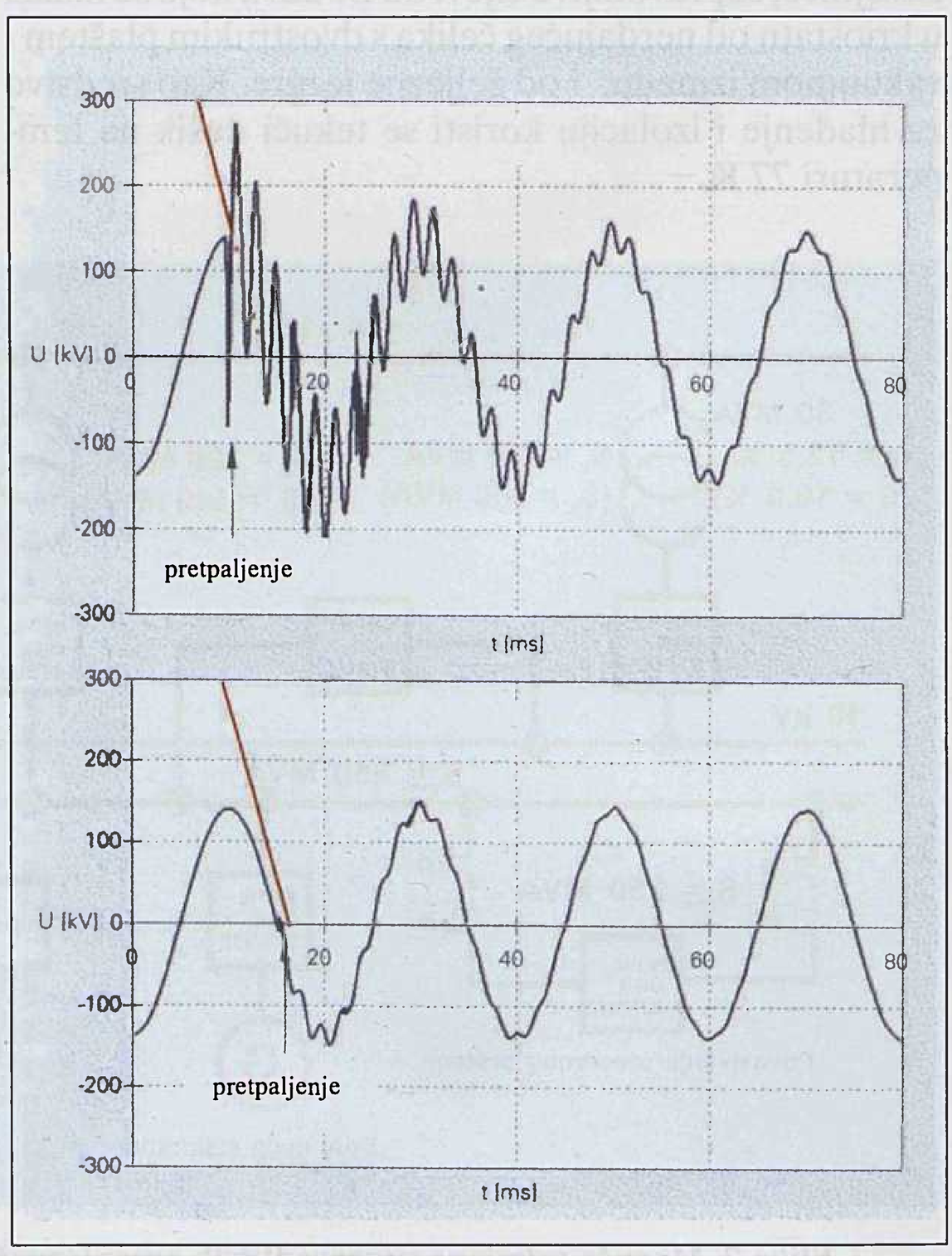
1 faza 1.67 ms nakon prirodne nule napona
2 faza 5.00 ms nakon prirodne nule napona
3 faza 8.33 ms nakon prirodne nule napona.

4.3. Isklapanje kapacitivnih trošila

Prilikom isklapanja kapacitivnih trošila (kondenzatorske baterije, vod u praznom hodu) na kontaktima prekidača pojavljuje se nakon 10 ms povratni napon dvostruke amplitude narinutog napona. Ukoliko u tom trenutku kontakti prekidača nisu dovoljno raz-



Slika 8. Primjer nekontroliranog (a) i kontroliranog (b) uklapanja neopt. transformatora [8]



Slika 9. Primjer nekontroliranog (a) i kontroliranog (b) uklapanja kondenzatorskih baterija [8]

maknuti dolazi do ponovnog preskoka (restrike) među kontaktima i pojave prenapona.

Kontroliranim isklapanjem kapacitivnih trošila moguće je prenapone reducirati na iznos manji od 1.7 p.u. Međutim, tu valja naglasiti da su moderni visokonaponski SF_6 prekidači i tako bez ponovnih paljenja (restrike free) pa ne postoji potreba za kontroliranim isklapanjem.

4.4. Uklapanje kapacitivnih trošila

Prilikom uklapanja kapacitivnih trošila zbog razlike napona između strane izvora i strane tereta mogu se javiti velike potezne (inrush) struje. Potezna struja može imati amplitudu od nekoliko desetaka kA i frekvenciju nekoliko kHz. Da bi se izbjegle velike potezne struje prilikom uklapanja, kondenzatorska baterija se mora priključiti na mrežu u nul-točki pogonskog napona. Pri tome je važno naglasiti da stvarni trenutak uklapanja pojedinih polova prekidača ovisi o izvedbi uzemljenja nul-točke baterije, te da kondenzator mora biti ispražnjen od preostalog naboja prije samog početka uklapanja. Kontroliranim uklapanjem kondenzatorske baterije moguće je reducirati poteznu struju i više od 60%.

4.5. Zahtjevi koje mora zadovoljiti prekidač namijenjen za kontrolirano sklapanje

Uređaj za kontrolirano sklapanje sastoji se od konvencionalnog prekidača opremljenog s elektronskim kontrolnim modulom. Na bazi informacija iz različitih senzora kontrolni modul konvertira originalni operacijski signal u signal za kontrolirano sklapanje. To se postiže odgovarajućim vremenom kašnjenja, koje se određuje na temelju podataka o trenutnoj vrijednosti napona na obje strane prekidača, struji kroz prekidač i vremenu mehaničke operacije. Dodatni parametri kao što su temperatura okoline, upravljački napon i tlak plina moraju također biti uključeni.

Od prekidača koji će se koristiti za kontrolirano sklapanje zahtijeva se:

- jednopolna izvedba,
- vremenska tolerancija (sinkronost polova) 1 do 2 ms.

5. ZAKLJUČAK

Energija potrebna za sklapanje visokonaponskog prekidača značajno je smanjena zahvaljujući razvoju novih tehnika prekidanja, ali i zbog optimiranja dimenzija prekidne komore. Smanjenje pogonske energije znači i manja mehanička naprezanja, manje trošenje, odnosno povećanu mehaničku trajnost. Uporabom jednostavnih opružnih mehanizama bitno je smanjen broj komponenata pogonskog mehanizma, čime je povećana pouzdanost prekidača.

Razvoj mikroprocesorske tehnike i optičkih senzora omogućio je kontinuirano nadgledanje i mjerenje veličina bitnih za rad visokonaponskog prekidača. Tako dobivene informacije analiziraju se i filtriraju. Na taj način moguće je pravodobno otkriti potencijalne nepravilnosti i spriječiti veći kvar prekidača.

Supravodljivi ograničavač struje kvara predstavlja potpuno novi uređaj na tržištu koji omogućuje potpuno nova i nekonvencionalna rješenja elektroenergetskih postrojenja. Trenutno ova tehnologija je još u fazi ispitivanja i nije komercijalno isplativa zbog visoke cijene supravodljivih elemenata. Predviđa se da će supravodljivi ograničavači struje kvara postati izuzetno važni i komercijalno isplativi u sljedećih 5 godina.

Uporabom kontroliranog sklapanja moguće je gotovo potpuno eliminirati strujna i naponska naprezanja koja se javljaju prilikom sklapanja kondenzatorskih baterija i induktivnih trošila.

LITERATURA

[1] Third - generation SF_6 circuit - breakers, AEG T&D Technical brochure A21HG.8.3/1096 EN

[2] H. KNOBLOCH et al., "Tecnological trends in high-voltage circuit-breakers", CIGRÉ 2000 Report 13-106

[3] W. B. HALL et al., "The application of new interrupting techniques to high voltage circuit breakers", CIGRÉ 2000 Report 13-203

[4] From the arc to the intelligent breaker, AEG & TD Technical brochure A21HG.15.4/1096 EN

[5] M. P. SARAVOLAC, P. VERTIGEN: "Development and testing of a novel design concept for high temperature superconducting fault current limiter", CIGRÉ 2000 Report 13-204

[6] E. M. LEUNG: "Superconducting Fault Current Limiters", IEEE Power Engineering Review Vol.20, No.8, august 2000.

[7] W. PAUL et al., "Superconducting fault current limiter applications, technical end economical benefits, simulations and test results", CIGRÉ 2000 Report 13-201

[8] Controlled Switching of High-Voltage Circuit- Breakers, SIEMENS Technical brochure E50001-U113-A145-X-7600

STATUS AND DEVELOPMENT TRENDS OF HIGH-VOLTAGE SWITCHING APPARATUS IN THE WORLD

In the past ten years significant amelioration of technology and construction of circuit breakers has been reached. Thanks to new current breaking techniques and optimisation of switching chamber the energy of operation mechanism as well as the number of components have been significantly changed. Continuous control and diagnostics have been added to the already existing control functions conducted by conventional secondary systems. During last two years a significant technology improvement in the superconductivity of current limitators occurred. It should be emphasised that this is a completely new type of equipment, which will probably enable the development of non-conventional solutions in electric power systems. Controlled switching is frequently used to limit switching overvoltage and starting current by capacitor bank switching and inductive motors. Thus, it is no longer necessary to

build in high-voltage capacitors and switching resistors in circuit breakers. The appliance for controlled switching is composed of a conventional circuit breaker using electronic control module, which synchronises the moment of switching certain circuit breaker poles with the phase angle of current and voltage.

DER ZUSTAND UND DIE ENTWICKLUNGSTENDENZEN VON HOCHSPANNUNGSSCHALTGERÄTEN IN DER WELT

In den letzten zehn Jahren ist es zu grossen Verbesserungen im im Entwerfen und Erzeugen von Hochspannungsschaltern gekommen. Dank der Entwicklung neuer Verfahren der Stromunterbrechung und der Optimierung von Abmessungen der Unterbrecherkammer, ist die Anzahl der Bestandteile des Betriebsmechansmus und die zu seiner Bewegung notwendige Energie wesentlich herabgesetzt. Zu den herkömmlichen Kontrollen die bereits über sekundäre Stromkreise durchgeführt werden, kommt noch die stetige Aufsicht des Zustandes und die Fehlererörterung. In den letzten zwei Jahren kam es zu wesentlichem Fortschritt im Erzeugungsverfahren der supraleitenden Strombegrenzer. Es sei betont, dass es sich um eine ganz neuen Gattung von Geräten handelt, welche höchstwahrscheinlich die Entwicklung neuer unüblicher Lösungen im Stromversorgungswesen hervorbringen wird. Zur Begrenzung von Schaltspannungen und Anzugsströmen beim Schalten von Kondensatorbatterien und induktiven Verbrauchern wird immer mehr die kontrollierte Schaltung verwendet. Dadurch entfällt die Notwendigkeit des Zubaues von Hochspannungskondensatoren und Schaltwiederständen an Leistungsschalter. Das Kontrollschaltgerät stellt den mit einer entsprechenden elektronischen Einrichtung ausgerüsteten herkömmlichen Schalter dar. Diese Einrichtung synchronisiert den Augenblick des Ein- oder Ausschaltens einzelner Schalterpole mit dem Phasenwinkel von Strom und Spannung.

Naslov pisca:

Mr. sc. Krešimir Meštrović, dipl. ing.
Končar – Institut za elektrotehniku
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-05-03.

KOMANDA LANCA VARAŽDIN - CENTAR DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA HIDROELEKTRANAMA NA RIJECI DRAVI

Miljenko B r e z o v e c – Darko K u č a – Goran B u ž i ć – Mirjana S l u n j s k i, Varaždin

UDK 621.311.21:621.398
STRUČNI ČLANAK

Komanda lanca Varaždin je centar iz kojeg se provodi daljinski nadzor i upravljanje s tri postojeće hidroelekrane na rijeci Dravi u Hrvatskoj. U ovom radu dan je pregled računarske opreme za daljinski nadzor i upravljanje u realnom vremenu i telekomunikacijskih sustava koji omogućavaju kvalitetnu komunikaciju s elektranama i drugim centrima. Opisane su i funkcije operativnog vođenja i neka iskustva stečena u dosadašnjem radu.

Ključne riječi: lanac hidroelektrana, daljinsko vođenje, optimizacija.

1. UVOD

Komanda lanca Varaždin (KLV) je centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi pod direktnom nadležnošću Nacionalnog dispečerskog centra. Probni rad započeo je u kolovozu 1998. godine te se od tada vođenje pogona hidroelektrana Varaždin, Čakovec i Dubrava provodi daljinski s jednog mjesta.

Kroz funkcije operativnog vođenja (funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu i funkcije optimizacije) ostvaruju se sljedeći osnovni zadaci Komande lanca Varaždin:

- povećanje proizvodnje električne energije optimizacijom korištenja voda,
- povećanje pogonske spremnosti agregata planiranjem termina i trajanja poslova održavanja,
- sigurno provođenje velikih vodnih valova kroz sustav HE.

2. RAČUNARSKA OPREMA CENTRA

Računarsku opremu centra čini računarski sustav za upravljanje i automatizaciju SINAUT Spectrum (SIEMENS) čiji se rad zasniva na operativnom sustavu UNIX. Hardware centra (slika 1) čine računala *Sun* SPARC ULTRA 1 kao poslužitelji i *Sun* SPARC ULTRA 2 kao radne stanice. Komunikacija između podsustava (poslužitelji, radne stanice, vremenski sustav) ostvarena je dvostrukim Ethernet LAN-om s brzinama prijenosa 10 odnosno 100 Mbit/s, a temelji se na modelu otvorenih sustava (OSI - *Open System Interconnection*). Operacije prilikom uspostave i raskida veze, formatiranja podataka, osiguranja sučelja između aplikacija i mrežnog komunikacijskog procesa i sl., obavlja programski paket pod nazivom SOFTBUS. Oko takve programske sabirnice sagrađen je ukupni sustav koji se može podijeliti na sljedeće cjeline:

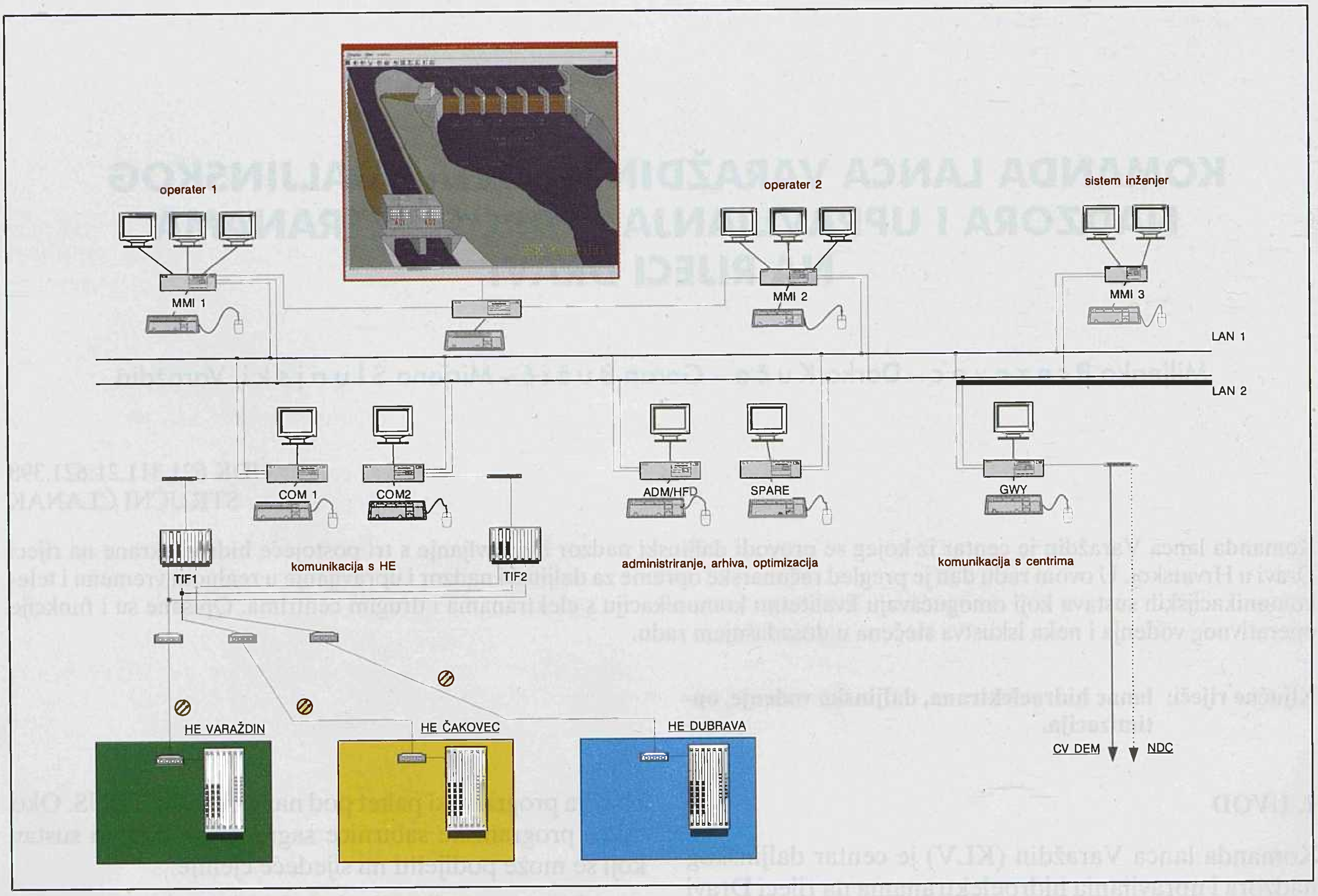
- podsustav za prikupljanje i obradu podataka,
- podsustav za optimiranje, arhiviranje i administraciju statičke baze podataka,
- podsustav točnog vremena,
- podsustav za komunikaciju s drugim centrima,
- sučelje čovjek-računalo.

Glavne prednosti ovako koncipiranog sustava su sljedeće:

- računala na bazi RISC arhitekture procesora i SCSI sabirnice osiguravaju velike brzine izvođenja,
- operativni sustav UNIX osigurava stabilnost i sigurnost te nužnu višezadaćnost,
- grafički standard s Motif ili OPEN LOOK sučeljem i X-Windows sustavom osigurava potpuno grafičko sučelje,
- raspodjelom zadataka na više računala osigurava se odvojenost programa koji izvršavaju SCADA funkcije nužne za nadzor i upravljanje od programa koji troše puno procesorskog vremena, a nisu nužni za samoupravljanje (programi za optimiranje, arhiviranje itd.),
- modularni koncept osigurava jednostavnu nadogradnju sustava bez potrebe za promjenom programskog paketa.

2.1. Podsustav za prikupljanje i obradu podataka

Podsustav za prikupljanje i obradu podataka (DAS - *Data Acquisition Subsystem*) čine dva istovjetna bloka koji se sastoje od poslužitelja za prikupljanje i obradu



Slika 1. Shematski prikaz računarske opreme Komande lanca Varaždin

podataka (COM/DS - *Communicator/Data Server*) i telekomunikacijskog međusklopa (TIF - *Telecontrol Interface*) za vezu s daljinskim stanicama (RTU - *Remote Terminal Unit*) smještenim na hidroelektranama. Funkcije podsustava za prikupljanje i obradu podataka su:

- razmjena podataka s daljinskim stanicama,
- predobrada podataka (provjera vjerodostojnosti podataka, veličine promjene i dr.),
- obrada podataka (provjera limita, izračun srednjih vrijednosti, provjera mrtve zone i dr.),
- nadzor upravljanja,
- distribucija informacija prema ostalim korisnicima,
- privremeno arhiviranje podataka (podaci za arhiviranje mogu neko vrijeme biti spremljeni u međuspremniku ukoliko podsustav za arhiviranje nije u funkciji),
- automatsko izdavanje zahtjeva za ponovni prijenos podataka u slučaju privremenog prekida komunikacija s daljinskim stanicama.

Kako su navedene funkcije nužne za rad sustava, na podsustav za prikupljanje i obradu podataka nameću visoki zahtjevi u pogledu raspoloživosti tako da postoje dva identična bloka od kojih je jedan aktivan, a drugi je tzv. vruća rezerva (*hot standby*).

U takvoj koncepciji oba bloka vrše prihvat i obradu podataka, ali je samo aktivni blok zadužen za izdavanje komandi i raspodjelu informacija. Zadatak bloka u rezervi je nadzor rada aktivnog bloka i preuzimanje svih njegovih funkcija u slučaju pojavljivanja bilo kakvih problema. Tako je ostvarena brzina uspostavljanja svih kritičnih funkcija podsustava za prikupljanje i obradu podataka unutar samo nekoliko sekundi.

2.2. Podsustav za administriranje, arhiviranje i optimiranje

Ovaj podsustav se sastoji od dva poslužitelja - administrator (ADM/HFD - *Administrator/Historical and Future Data*) i rezerva (SPARE), čije su glavne funkcije:

- administriranje statičke baze podataka,
- distribucija baze podataka na ostale podsustave,
- obrada, arhiviranje i administriranje procesnih podataka,
- priprema arhivskih podataka za prikaz,
- optimiranje.

Navedene funkcije mogu obavljati oba poslužitelja, a kako njihove funkcije nisu kritične za vođenje procesa, preuzimanje se ostvaruje unutar nekoliko minuta.

Funkcija optimiranja zapravo je pridružena funkcija ovog podsustava, jer kod većih sustava postoji poseban poslužitelj za funkcije regulacije proizvodnje i planiranja (GCS - *Generation Control and Scheduling*).

2.3. Podsustav točnog vremena

Kako bi se određene funkcije odvijale istodobno u svim dijelovima sustava potreban je signal apsolutnog vremena. Za sinkronizaciju vremena u sustavu Komande lanca Varaždin koristi se *GPS (Global Positioning System*) sustav točnog vremena. Signal sa satelita provodi se pomoću antena do odgovarajućih GPS dekodera koji ga s vrlo velikom preciznošću pretvaraju u trenutno lokalno vrijeme.

Podsustav točnog vremena sastoji se od GPS antene, GPSDEC dekodera te SICLOCK TM prijenosnika. Po jedna antena i dekoder smješteni su na svakoj hidroelektrani i spojeni su na daljinsku stanicu preko koje se prenose svi podaci u centar. U samoj Komandi lanca nalazi se antena, dekoder i 2 SICLOCK TM prijenosnika, po jedan za svaki LAN. Preko LAN-a sinkroniziraju se svih poslužitelja u sustavu, tako da se u mrežu u intervalima od 1 minute odašilje signal o stvarnom vremenu.

U slučaju ispada GPS sustava, ulogu sinkronizacije preuzima SICLOCK TM prijenosnik, a u slučaju njegovog ispada tu ulogu preuzima sam COM/DS poslužitelj koji tada šalje vremenske telegrame svim poslužiteljima u sustavu.

2.4. Podsustav za komunikaciju s drugim centrima

Podsustav za razmjenu podataka s drugim centrima predstavlja posebni poslužitelj GWY (*Gateway*) preko kojeg se ostvaruje veza između sustava SINAUT Spectrum i telekomunikacijskih prijenosnih puteva prema drugim centrima.

2.5. Sučelje čovjek-računalo

Sučelje čovjek-računalo sačinjavaju radne stanice (MMI - *Man Machine Interface*) koje omogućavaju nadzor i upravljanje procesom. U KL Varaždin sučelje čovjek-računalo čine dvije radne stanice s po tri 20" monitora (operaterska mjesta), jedna radna stanica s dva 20" monitora (mjesto administratora sustava) i video projektor (RSP - *Rear Screen Projection*) koji omogućava prikaze na zidnom zaslonu. RSP prikaz se koristi na isti način kao i monitori radnih stanica pri čemu opreater može tipkom na zaslonu birati hoće li koristiti monitore ili RSP prikaz. Sve funkcije koje se mogu ostvariti pomoću monitora mogu se na isti način realizirati i preko RSP prikaza.

U sustavu SINAUT Spectrum RSP predstavlja X-terminal spojen s radnim stanicama. Zaslon na zidu se sastoji od 4 modula od kojih je svaki individualan projekcijski sustav s rezolucijom 1280 x 960 pixela. Svaki modul zidnog zaslona se sastoji od iluminacijske jedinice, tamne komore i zaslonskog dijela. Zaslon ima mogućnost prikaza S-VHS signala što omogućava video nadzor objekata i postrojenja pomoću udaljenih kamera (npr. za praćenje manipulacija preljevnim poljima brana).

3. TELEKOMUNIKACIJSKI SUSTAVI

3.1. Povezivanje KLV s hidroelektranama

Povezivanje centra s hidroelektranama ostvareno je svjetlovodnim kablovima približne dužine oko 0.5 km prema HE Varaždin, 22 km prema HE Čakovec i 42,5 km prema HE Dubrava. Veze između telekomunikacijskih međusklopova u centru i daljinskih stanica na elektranama u početku su realizirane jednomodnim svjetlovodnim vlaknima u point-to-point konfiguraciji (po jedno vlakno za svaki smjer prijenosa) s modemima na svakom kraju. Nedavnom instalacijom uređaja za svjetlovodno povezivanje na PP HE Sjever (fleksibilni multipleksori, digitalni prospojnici, sinkroni multipleksori, optički linijski terminali), omogućeno je prebacivanje cjelokupnog telekomunikacijskog prometa na svjetlovode. Na taj način su iz uporabe eliminirati modemi, a svjetlovodna vlakna koriste se znatno efikasnije (po paru svjetlovodnih vlakana prenosi se cjelokupni telekomunikacijski promet namijenjen određenoj lokaciji).

Svjetlovodno povezivanje realizirano je u SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) tehnologiji prijenosa, s prstenastom arhitekturom mreže na nacionalnoj razini, kako bi se ostvarili i rezervni spojni putevi, a time i vrlo visoka pouzdanost i raspoloživost veza. S obzirom na nemogućnost potpunog zatvaranja SDH prstena sjeverozapadne Hrvatske (u kojem se nalazi i KLV) radi nepostojanja svjetlovodne dionice TS Nedeljanec – HE Varaždin, započela je izgradnja usmjerene radiorelejne veze na dionici HE Varaždin – AR Ivanščica i dalje prema NDC Zagreb, koja će omogućiti zatvaranje prstenaste strukture (slika 2). Prstenasta struktura predstavlja optimalno rješenje, jer omogućuje ostvarenje alternativnog spojnog puta za svaki glavni spojni put, što je od osobitog značenja u slučaju kvara na glavnom spojnom putu.

Na svakoj elektrani nalazi se daljinska stanica RTU SINAUT LSA (SIEMENS) koja je pomoću svjetlovoda povezana s telekomunikacijskim međusklopom (TIF) u centru. Za prijenos podataka koristi se standardni telekomunikacijski protokol IEC 870-5. Svaka informacija u RTU ima pridruženu strukturnu adresu koja odgovara njenoj pridruženoj tehnološkoj adresi u TIF-u. Daljinska stanica sastoji se od modula koji su podijeljeni u grupe za postavne vrijednosti, komande, stanja, alarme, impulsna brojila, digitalna mjerenja i analogna mjerenja. Veze od lokalnog sustava upravljanja, odnosno od odvojnih releja i pretvarača, prema modulima daljinskih stanica izvedene su žičano. Rezolucija očitavanja podataka na ulazu u RTU je 8 ms, što znači da brže promjene u procesu neće biti detektirane.

Prijenos podataka odvija se spontano, tako da se podaci prenose u računarski centar samo u slučaju promjene, čime se izbjegava nepotrebno opterećenje komunikacijskih puteva i povećava brzina prijenosa

podataka. Podaci se prenose sa i bez pridruženog stvarnog vremena. Podaci bez pridruženog stvarnog vremena imaju viši prioritet prijenosa od podataka s pridruženim stvarnim vremenom te se koriste u grafičkim prikazima radi nadzora i upravljanja. Podaci s pridruženim stvarnim vremenom su nižeg prioriteta i ulaze direktno u arhive. U ovu grupu podataka spadaju isključivo alarmi i poruke o promjenama stanja elemenata.

Maksimalna brzina prijenosa koju podržavaju telekomunikacijski međusklopovi iznosi 19,2 kbit/s, dok je zbog željene redundancije u prijenosnim putevima stvarna brzina prijenosa 9,6 kbit/s.

3.2. Povezivanje KLV s ostalim centrima

Direktne veze Komande lanca Varaždin s ostalim centrima predviđene su pomoću ELCOM veze bazirane na ELCOM-90 protokolu koji je standardiziran za komunikaciju između upravljačkih centara i omogućuje razmjenu podataka preko paketskih mreža zasnovanih na TCP/IP i X.25 protokolima. Za sada je ostvarena direktna veza svjetlovodnim prijenosnim putevima s CV DEM (*Center vođenja, Dravske elektrarne Maribor*). Na taj način dobivaju se vrlo vrijedni podaci o protocima uzvodnih hidroelektrana u realnom vremenu koji su osnovni preduvjet za kvalitetno vođenje i planiranje pogona. Na sličan način mogla bi se ostvariti i veza s Nacionalnim dispečerskim centrom. Prosljeđivanje satnih podataka o protocima u centar Hrvatskih voda također je automatizirano, ali se zbog nedostatka potrebne infrastrukture odvija putem elektronske pošte.

3.3. Povezivanje KLV s poslovnim informacijskim sustavom HEP-a

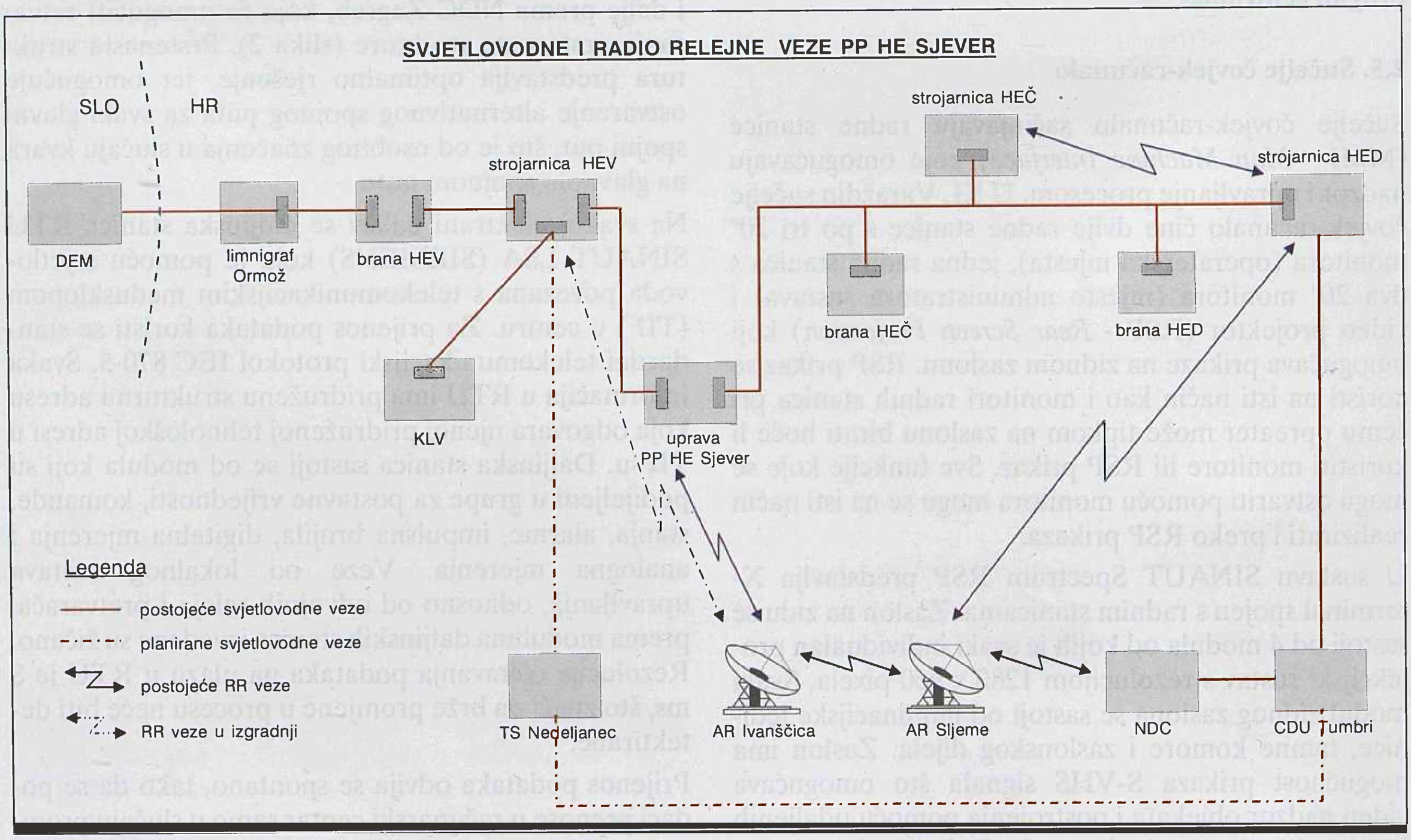
Sustav SINAUT Spectrum pruža mogućnost arhiviranja raznih vrsta podataka koji se pohranjuju na poslužiteljima ADM/HFD i SPARE, u 2 baze podataka:

- bazu arhivskih podataka (HFD - *Historical and Future Data*),
- bazu planova (SCHED) programa za optimizaciju HYS.

Kako se poslužitelji ADM/HFD i SPARE nalaze na procesnom LAN-u, a postoji potreba da podaci budu vidljivi i drugim korisnicima i službama na HEP-ovom poslovnom LAN-u, postavljen je poslužitelj za vezu poslovnog i procesnog sustava. Operativni sustav na tom poslužitelju je također UNIX, a za ostvarivanje prijenosa podataka instaliran je sljedeći software:

- Samba (omogućava vezu MS Windows – UNIX),
- Apache Web Server,
- posebni programi koji služe kao interface između SPECTRUM sustava i aplikacija koje korisnicima omogućavaju pregled podataka.

Prijenos podataka iz sustava SINAUT Spectrum provodi se ciklički ili na zahtjev korisnika. Ciklički prijenos podataka koristi se za automatiziranu pohranu podataka u Excel tablice pomoću Visual Basic programa. Tako je ostvareno arhiviranje podataka iz sustava SINAUT Spectrum i na poslovnoj mreži HEP-a u identičnom obliku kako se arhiviraju podaci iz pogonskih lista. Direktni pristup podacima u sustavu SINAUT Spectrum omogućen je preko intranet po-



Slika 2. Shematski prikaz telekomunikacijskih sustava

službenika, pri čemu su napravljene posebne aplikacije za prikaz tablica u HTML obliku kako bi se mogle pregledavati pomoću Internet Explorera.

Osim pristupa arhiviranim podacima ostvarena je i komunikacija za prijenos trenutnih podataka iz sustava SINAUT Spectrum (podaci se osvježavaju svakih 5 sekundi) čime je omogućeno praćenje rada lanca hidroelektrana ovlaštenim korisnicima i putem osobnog računala na poslovnoj mreži HEP-a. Trenutni podaci prenose se iz COM/DS poslužitelja koji se nalazi u *stanby* modu čime se znatno smanjuje opterećenje sustava. Prijenos podataka do korisnika provodi se posredno tako da se podaci čitaju i spremaju na poslužitelj za prijenos podataka odakle se zatim prosljeđuju do korisnika. Prijenos podataka aktivan je samo u slučaju da neki od korisnika pristupa trenutnim podacima na poslužitelju za prijenos podataka čime se izbjegava nepotrebno opterećivanje COM/DS poslužitelja. Trenutni podaci također su dani u HTML obliku tako da se mogu pratiti pomoću Internet Explorera.

4. PRILAGOĐENJE POSTROJENJA ZA DALJINSKO VOĐENJE

Sve tri hidroelektrane koncipirane su tako da se njima može daljinski upravljati, a kako su građene u raznim vremenskim periodima opremljene su opremom različitih generacija. Za potrebe daljinskog vođenja iz KLV bilo je potrebno izvesti prilagođenje postojeće opreme, u prvom redu lokalnih procesnih informatičkih sustava. Postojeću opremu lokalnih procesnih informatičkih sustava za nadzor i upravljanje (koja je bazirana na sustavima upravljanja tvrtke ABB) instalirala je tvrtka KONČAR.

Na HE Varaždin i HE Dubrava instalirani su sustavi ProMaster na kojima je uz povezivanje na daljinske stanice trebalo napraviti određene zahvate na konfiguraciji i programskoj podršci. Opseg zahvata na HE Varaždin bio je nešto veći jer nisu postojale neke funkcije kao što je grupno upravljanje, a zamjena je i sigurnosna automatika preljevnih polja brane. Osim toga bile su potrebne određene promjene u krugovima upravljanja i rekonstrukcija mjernog sustava na brani.

Lokalni procesni informatički sustav na HE Čakovec bio je sustav starije tehnologije (DS8) pa je tijekom 1999. godine zamijenjen novim suvremenim sustavom ABB Advant OCS kojeg je instalirala tvrtka KONČAR. Na HE Čakovec također su bili potrebni i dodatni zahvati na sustavu upravljanja hidromehaničkom opremom brane.

5. FUNKCIJE KOMANDE LANCA

Centri daljinskog nadzora i upravljanja općenito imaju sljedeće funkcije:

- funkcije operativnog vođenja,
- funkcije izvještavanja,
- komunikacijske funkcije,
- hidrološko i energetsko planiranje,
- funkcije koordinacije održavanja,
- studijske i edukacijske funkcije.

U nastavku su opisane funkcije operativnog vođenja Komande lanca Varaždin koje se dijele na funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu i funkcije optimizacije proizvodnje, kao i neka dosadašnja iskustva.

5.1. Funkcije daljinskog nadzora i upravljanja u realnom vremenu (SCADA)

Komanda lanca Varaždin kao suvremeni centar vođenja omogućava provođenje sljedećih SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) funkcija:

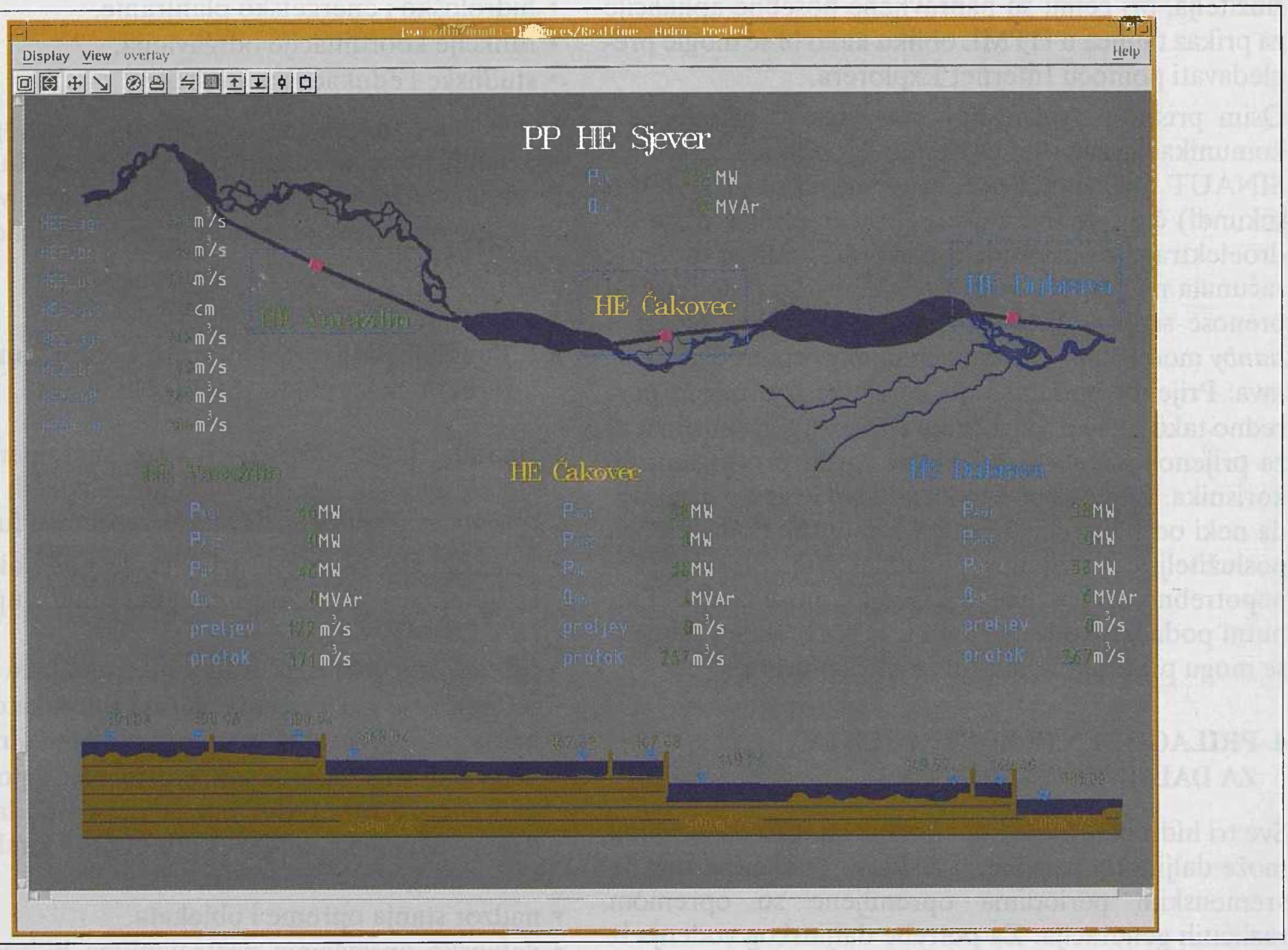
- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka o mjerenjima iz pogona, ali i drugih centara upravljanja (CV DEM),
- prikupljanje, obrada i arhiviranje podataka s brojila,
- prikupljanje i arhiviranje alarma i poruka o promjenama stanja i ostalim pogonskim događajima,
- prosljeđivanje određenih informacija i podataka u nadređeni centar (NDC), te centar gospodarenja vodama (Hrvatske vode, Vodnogospodarski odsjek Varaždin),
- nadzor stanja opreme i objekata,
- daljinsko upravljanje postrojenjima hidroelektrana zadavanjem postavnih vrijednosti ili naloga za uključenje/isključenje, pokretanje/zaustavljanje agregata i sl.,
- tablični i grafički prikaz arhiviranih podataka.

Na zaslonima radnih stanica (MMI - *Man Machine Interface*) mogu se u realnom vremenu dobiti svi potrebni podaci o trenutnom stanju svih objekata i postrojenja sustava. Podaci se nalaze u grafičkim prikazima koji vrlo vjerno prikazuju dijelove promatranog sustava, odnosno procesa. Grafički prikazi s podacima o mjerenjima u realnom vremenu podijeljeni su u više razina, od onih koji sadrže osnovne podatke o sustavu u cjelini (slika 3), prema onima koji sadrže detaljnije podatke o pojedinima dijelovima sustava:

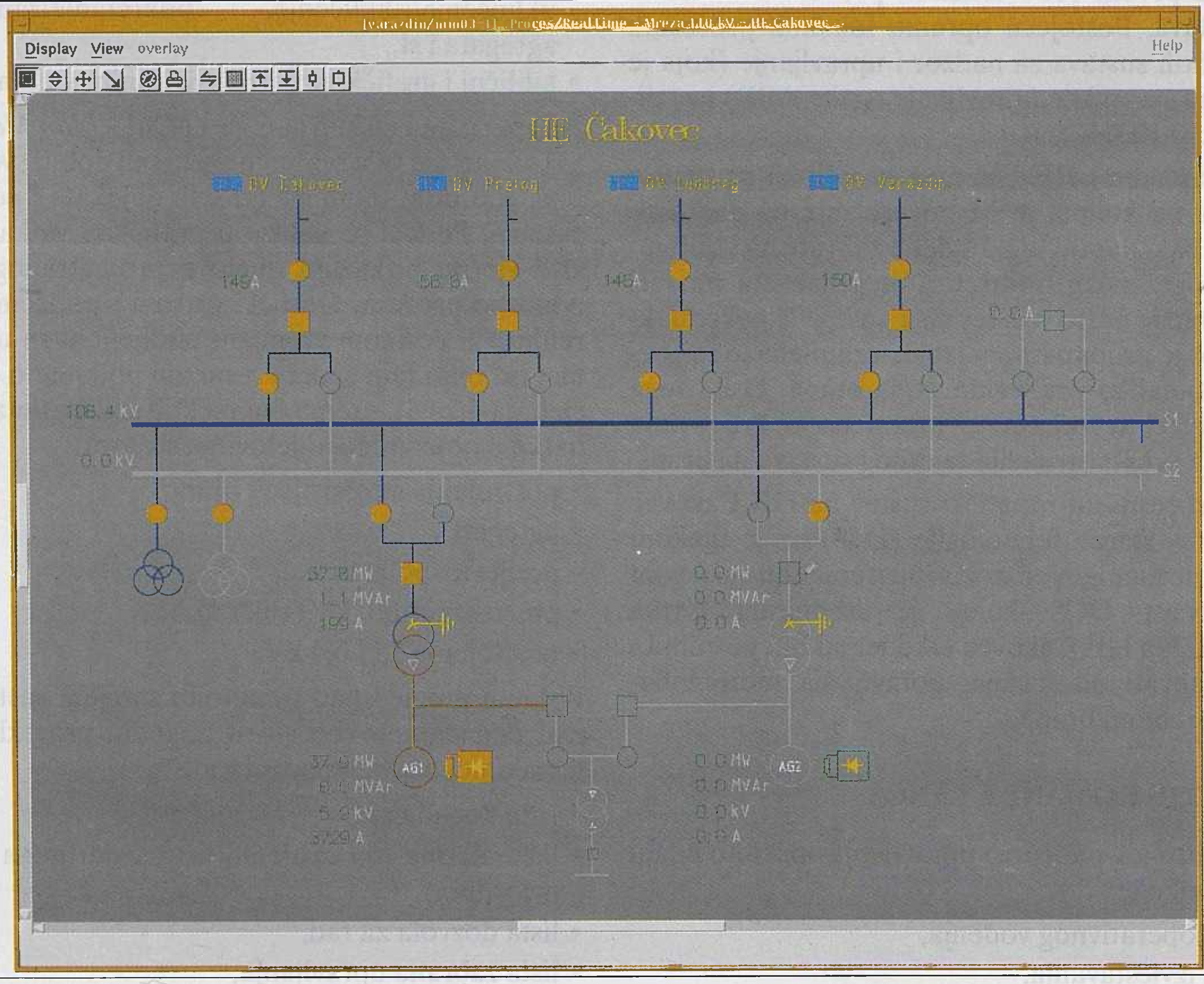
- postrojenja strojarnice i brane,
- agregati,
- preljevna polja brane,
- postrojenja 110 kV (slika 4),
- postrojenja 35 i 0,4 kV.

Potpuni pregled nad trenutnim stanjem sustava kao i nad događajima koji su se dogodili proteklih sati ili dana omogućavaju nadzorne liste:

- lista događaja,
- liste alarma (6 odvojenih lista s alarmima različitih prioriteta),
- lista dozvola za rad,
- lista zabrana upravljanja,
- lista elemenata čiji podaci se ne obrađuju.



Slika 3. Grafički prikaz lanca HE u sustavu SINAUT Spectrum



Slika 4. Grafički prikaz postrojenja 110 kV HE Čakovec u sustavu SINAUT Spectrum

Poruke i promjene stanja koje zahtijevaju potvrđivanje dojavljuju se vizualnim (treperenje) i odgovarajućim zvučnim signalom.

Grafički prikazi omogućavaju pored kompletnog nadzora stanja sustava i daljinsko upravljanje postrojenjima. Pomoću upravljačkih programa omogućeno je slanje komandi (naloga) za promjenu statusa i postavnih vrijednosti. Tako se ostvaruje upravljanje prekidačima i rastavljačima te aktiviranje programa za pokretanje i zaustavljanje agregata. Upravljanje prekidačima i rastavljačima može biti pojedinačno (uključenje/isključenje pojedinog elementa) ili slijedno (niz uključenja, odnosno isključenja prema odgovarajućem redoslijedu - npr. prebacivanje napajanja kod dvostrukih sabirnica). Zadavanjem postavnih vrijednosti ostvaruje se daljinsko upravljanje agregatima i hidromehaničkom opremom brana. Za svaku HE mogu se zadati sljedeće postavne vrijednosti:

- djelatna snaga agregata 1 (MW),
- djelatna snaga agregata 2 (MW),
- ukupna djelatna snaga elektrane (MW) (grupno upravljanje),
- ukupna jalova snaga elektrane (MVAr) (grupno upravljanje),
- ukupni protok elektrane (m^3/s),
- ukupni preljev preko brane (m^3/s),
- otvor zaklopke svakog preljevnog polja,
- otvor segmenta svakog preljevnog polja.

Sigurnost upravljanja ostvaruje se kroz zaštitu od neovlaštene izmjene i brisanja datoteka, zaštita od neovlaštenog upravljanja i zaštita od pogrešnog upravljanja.

Zaštita od neovlaštene izmjene i brisanja datoteka potrebnih za ispravan rad sustava ostvarena je uporabom UNIX operativnog sustava, tj. primjenom korisničkog imena i lozinke.

Zaštita od neovlaštenog upravljanja ostvarena je na sličan način - administrator sustava određuje grupu funkcija koje može izvršavati pojedini korisnik, te ograničava pristup pojedinim funkcijama i područjima upravljanja za svaku radnu stanicu u skladu s namjenom pojedinog radnog mjesta.

Zaštita od pogrešnog upravljanja provedena je pomoću tabela odluke za svaki element u procesu upravljanja. Svaki nalog koji izdaje operater prolazi provjeru kroz uvjete u tabeli odluke te se ovisno o trenutnom stanju procesa omogućava ili odbacuje njegovo izvršenje. Osim što se onemogućava pogrešno upravljanje, operater tijekom manipulacije dobiva i obavijesti o uvjetima koji moraju biti ispunjeni da bi se nalog proslijedio u proces. Tabele odluke kreira administrator baze podataka prema propisanom načinu upravljanja pojedinim elementima ili grupama elemenata.

5.2. Funkcije optimiranja

Optimizacijom rada lanca hidroelektrana nastoji se kroz planiranje rada ostvariti povećana proizvodnja električne energije uz jednaku količinu raspoložive vode odnosno uz jednak dotok u sustav.

Planiranje proizvodnje odnosno optimiranje rada provodi se pomoću programa "Hydro Scheduling" (HYS). Vremenski korak proračuna je pola sata, a planski period može biti do tjedan dana. Najčešće se koristi planski period "od sada do kraja dana" ili "od sada do kraja sljedećeg dana" za izradu izvršnih planova te "od kraja dana do kraja sljedećeg dana" za izradu temeljnih planova. Program se prema potrebi (u slučaju promjena ulaznih podataka ili odstupanja stvarnih vrijednosti od izračunatih) pokreće ručno u bilo kojem trenutku, a postoji i mogućnost cikličkog ili automatskog pokretanja proračuna.

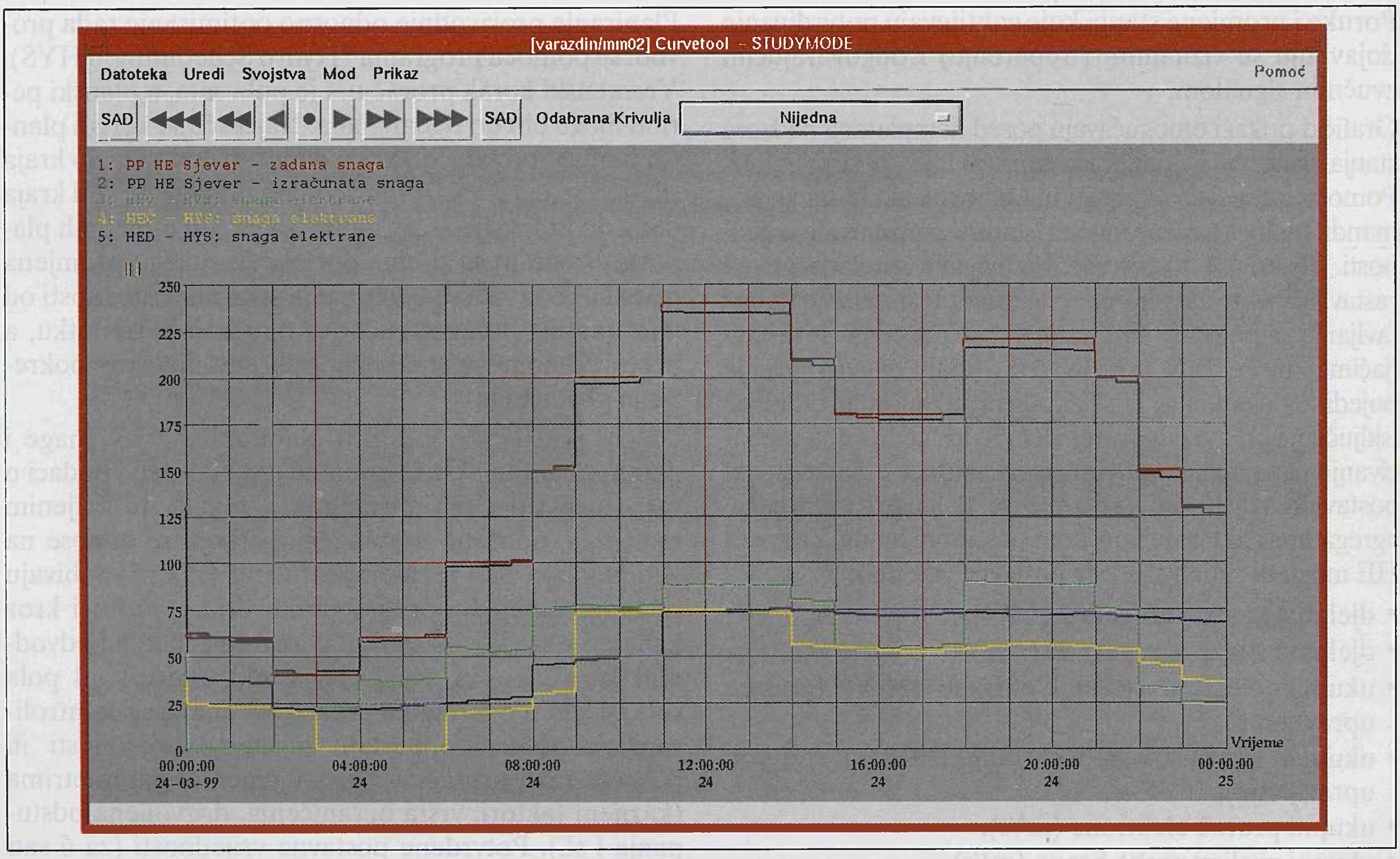
Ulazni podaci su općenito planirani zahtjev snage i planirani dotoci. Uz te podatke uključuju se i podaci o raspoloživosti i ograničenjima agregata, te željenim razinama, odnosno ograničenjima koja se odnose na akumulacije. Kao rezultat proračuna (slika 5) dobivaju se snage agregata, preljev preko brane, protoci kroz kanale i stara korita, razine u akumulacijama i odvodnim kanalima (za svaki vremenski interval od pola sata). Nakon pokretanja proračuna operateri kontroliraju rezultate i potvrđuju postavne vrijednosti ili pokreću novi proračun s promijenjenim parametrima (kazneni faktori, vrsta ograničenja, dozvoljena odstupanja i sl.). Potvrđene postavne vrijednosti (za 6 sati unaprijed) svakih pola sata automatski se šalju u SCADA-u i dalje proces. Za svaku elektranu šalju se 4 postavne vrijednosti:

- snaga agregata 1 (MW),
- snaga agregata 2 (MW),
- snaga elektrane (MW),
- ukupni preljev preko brane (m^3/s).

Preračunavanje ukupnog preljeva na položaje zaklopki i segmenata izvodi se pomoću lokalnih sustava.

Lanac hidroelektrana može se naći u različitim pogonskim situacijama kada ciljevi i kriteriji optimizacije mogu biti različiti. Osnovni način rada lanca HE u normalnim uvjetima je **rad prema planu**. Funkcija cilja u programu optimizacije u ovom slučaju je minimizacija protoka. NDC na osnovi postojećeg optimizacijskog postupka na razini cijelog EE sustava i podataka kojima raspolaže računa planiranu snagu hidroelektrana na Dravi za određeni planski period (u pravilu za sljedeći dan). Od centra upravljanja hidroelektranama na Dravi u Sloveniji (CV DEM) dobivaju se planirani protoci posljednje elektrane (HE Formin) koji su rezultat sličnog proračuna. Za određivanje ukupnog dotoka potrebno je izraditi i plan međudotoka (Dravinja, Pesnica). S tim podacima o planiranoj zahtijevanoj snazi i očekivanim dotocima pokreće se proračun. U slučaju da je proračun neizvediv, tj. da se uz postojeća ograničenja i planirane dotoke ne može ostvariti zahtjevana snaga potrebno je promijeniti neke od ulaznih podataka. Ako izračunati planovi snage odstupaju od zahtijevane snage potrebno ih je uskladiti s NDC-om.

U slučaju da se zbog povoljnih energetskih prilika u sustavu ne postavlja određen zahtjev na snagu, može se



Slika 5. Prikaz rezultata proračuna programa HYS

prijeći u **rad prema dotoku** tako da se proizvede maksimalna moguća energija s obzirom na dotoke. Funkcija cilja za ovaj način rada je maksimizacija proizvedene energije. Ovaj način rada ima prvenstveno studijsko značenje te može poslužiti za određivanje maksimalne moguće proizvodnje u planskom periodu uz definirane željene razine u akumulacijama na kraju planskog perioda.

Kod velikih dotoka prioritetni zadatak KLV postaje provođenje vodnog vala kroz lanac HE. U takvim slučajevima koristi se **zaštita od poplava** kao način rada u kojem je funkcija cilja maksimizacija protoka, a kriterij optimizacije su željene razine u akumulacijama.

Trenutni zahtjevi za određenu snagu (prisilno vođenja iz NDC-a) provode se direktnim upisivanjem postavnih vrijednosti u SCADA-i pri čemu se moraju blokirati postavne vrijednosti iz HYS-a koje se šalju svakih pola sata (ako su potvrđene). U slučaju takvih kraćih ili dužih odstupanja od plana radi se replaniranje, tj. pokreće se proračun s promijenjenim ulaznim podacima.

6. ZAKLJUČAK

Podaci koji se prikupljaju, obrađuju i arhiviraju u Komandi lanca Varaždin omogućavaju znatno bolji nadzor nad lancem hidroelektrana, a razmjenom kvalitetnih podataka i informacija ostvaruje se bolja suradnja i koordinacija s Nacionalnim dispečerski centrom i centrom vođenja uzvodnih elektrana (CV DEM). Daljinskim nadzorom i upravljanjem postignut je značajan napredak u vođenju pogona, pri čemu optimizacija i planiranje proizvodnje rezultiraju povećanom proizvodnjom energije i smanjenjem broja uključenja i isključenja agregata, a koordinacija i točno planiranje termina i trajanja poslova održavanja povećanjem pogonske spremnosti. Povezivanjem s poslovnim informacijskim sustavom HEP-a ovlaštenim korisnicima omogućeno je praćenje arhivskih pa i trenutnih podataka putem osobnog računala.

LITERATURA

[1] SINAUT Spectrum "Spectrum Base", Siemens No. ED07-E-1.3, 1997.

[2] SINAUT Spectrum "Statement of Work", Siemens No. TD00-HEP KL Varazdin, 1997.

[3] SINAUT Spectrum "System Overwiev", Siemens No. TD01-HEP KL Varazdin, 1997.

[4] SINAUT Spectrum "Hardware", Siemens No. TD02-HEP KL Varazdin, 1997.

[5] SINAUT Spectrum "Hydro Scheduling", Siemens No. TD21-HEP KL Varazdin, 1997.

[6] "Dokumentacija za traženje ponuda za opremu i radove računarskog sustava Komande lanca i centra daljisnkog upravljanja Varaždin", Elekktroprojekt, Zagreb 1994.

[7] B. PREMER, G. DUJMOVIĆ, B. HORVAT, D. MAGIĆ, M. STOLNIK, J. SABOLEK, G. VRBANEC: "Prilagođenje sustava upravljanja HE Varaždin i HE Dubrava radi daljinskog vođenja iz Komande lanca

Varaždin", Treći simpozij o vođenju elektroenergetskog sistema HK CIGRE, Cavtat 1998.

[8] B. HORVAT, G. DUJMOVIĆ, G. BARBARIĆ, M. KUHTIĆ, B. PREMER, Ž. LOGARIĆ, G. VRBANEC, T. PINTARIĆ: "Potpuno automatizirano upravljanje i nadzor postojenja na brani HE Čakovec", Četvrti simpozij o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema HK CIGRE, Cavtat 2000.

VARAŽDIN CHAIN COMMAND – REMOTE CONTROL AND MANAGEMENT OF HYDRO POWER PLANTS ON THE DRAVA RIVER

Varaždin chain command is a centre from which remote control and management of three hydro power plants on the Drava River in Croatia is realised. In this work a review of computer equipment for remote control and management in real time is given as well as telecommunication systems that enable good communication with power plants and other centres. Operation system functions are described and some experience gathered in the work so far.

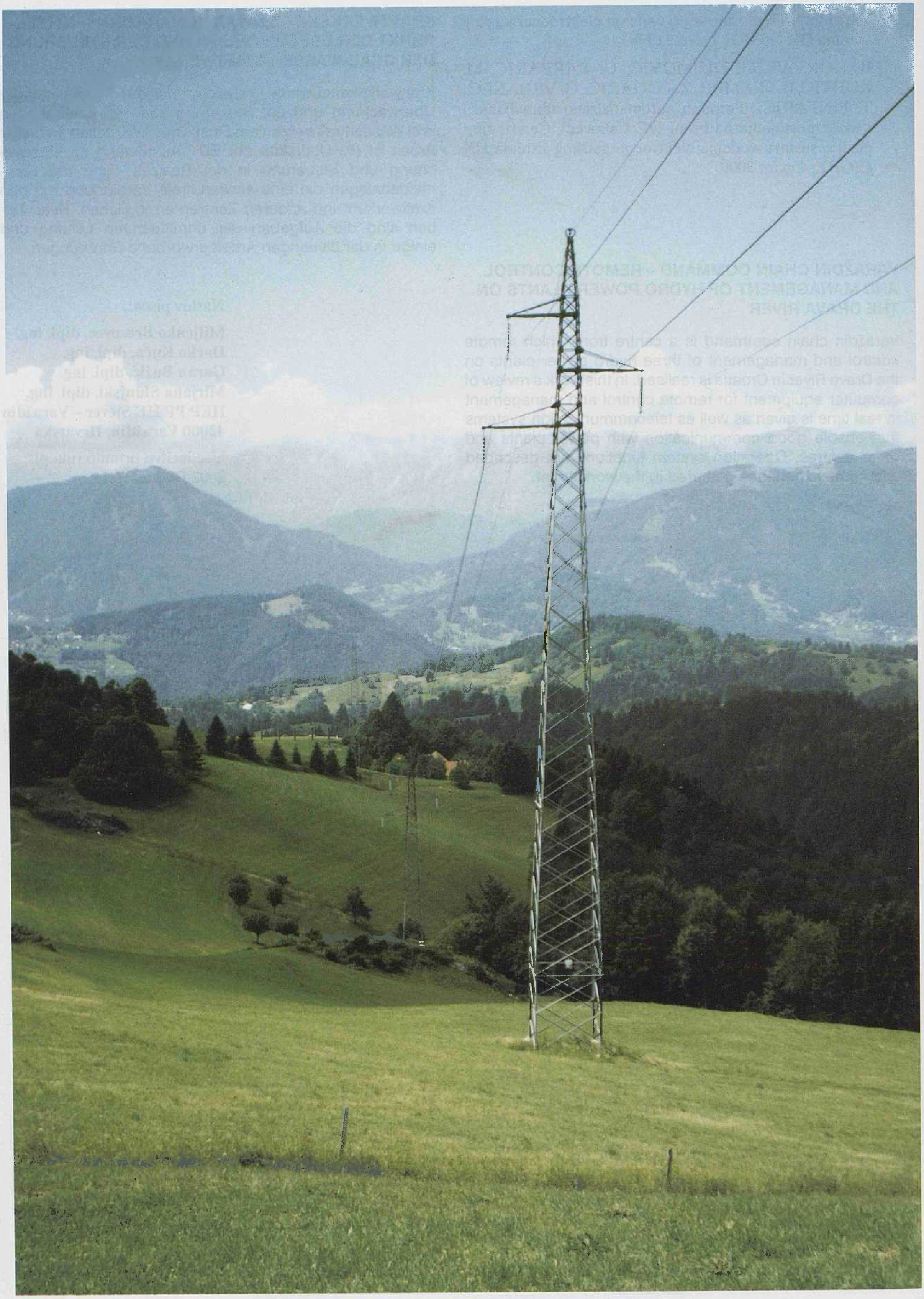
KRAFTWERKSKETTENWARTE "VARAŽDIN" - MITTELPUNKT DER ÜBERWACHUNG UND DER STEUERUNG DER DRAU-WASSERKRAFTWERKE

Kraftwerkskettenwarte "Varaždin" ist der Mittelpunkt der Überwachung und der Steuerung von den bestehenden drei Wasserkraftwekren am Fluss Drau in Kroatien. In dieser Arbeit ist die Übersicht der EDV Ausrüstung für Überwachung und Steuerung in der Realzeit und der Fernmeldeanlagen die eine einwandfreie Verbindung mit den Kraftwerken und anderen Zentren ermöglichen. Beschrieben sind die Aufgaben der unmittelbaren Leitung und einige in der bisherigen Arbeit erworbene Erfahrungen.

Naslov pisca:

Miljenko Brezovec, dipl. ing.
Darko Kuča, dipl. ing.
Goran Bužić, dipl. ing.
Mirjana Slunjski, dipl. ing.
HEP PP HE Sjever – Varaždin
42000 Varaždin, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-04-25.



NOVE VRSTE AKUMULATORSKIH BATERIJA ZA SUSTAVE ISTOSMJERNOG NAPONA U RASKLOPNIM POSTROJENJIMA

Javor Škare – Attila Lövei, Zagreb

UDK 621.356:621.315
STRUČNI ČLANAK

Na svjetskom tržištu akumulatorskih stacionarnih baterija susrećemo se s raznim vrstama olovnih i Ni-Cd akumulatorskih baterija s minimalnim zahtjevima za održavanje. Svaka od njih ima izvjesnih prednosti i nedostataka. Tema ovog referata je njihova međusobna usporedba s naslova prihvatljivosti ugradnje u nove i postojeće podsustave istosmjernog razvoda i napajanja u rasklopnim postrojenjima HEP-a.

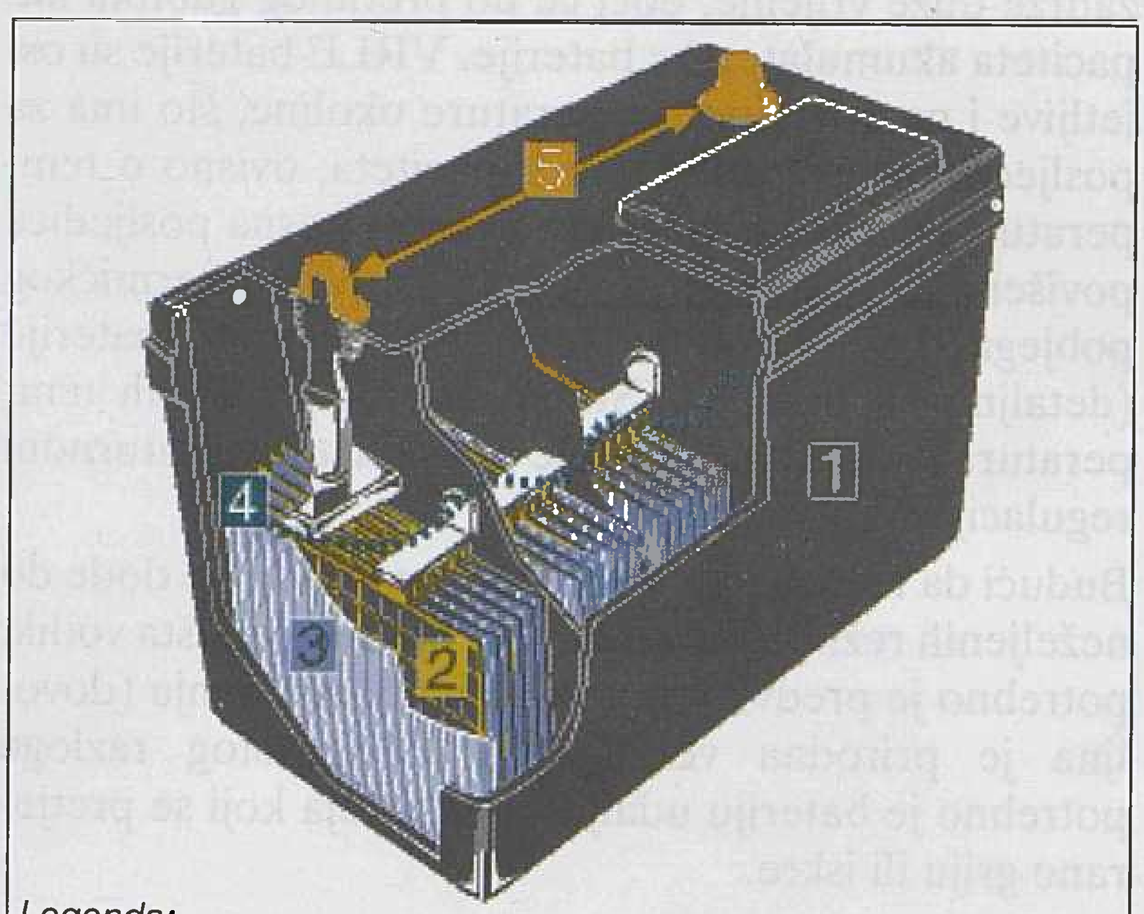
Ključne riječi: rasklopna postrojenja, istosmjerni razvod, akumulatorske baterije.

1. UVOD

Akumulatorske baterije predstavljaju obnovljivi kemijski izvor električne energije, te služe kao rezervni izvor električne energije u rasklopnim postrojenjima. One su priključene na sabirnice istosmjernog pomoćnog napona paralelno s ispravljačima koji se napajaju iz izmjenične mreže. Dok je izmjenična električna mreža prisutna, baterije su u režimu stalnog nadopunjavanja, a istosmjerne potrošače napajaju ispravljači. Kad nestane napajanja iz izmjenične električne mreže, akumulatorske baterije preuzimaju napajanje potrošača osiguravajući besprekidnost napona. Akumulatorske baterije koje se trajno postavljaju i održavaju u energetskom postrojenju zovemo stacionarnim baterijama.

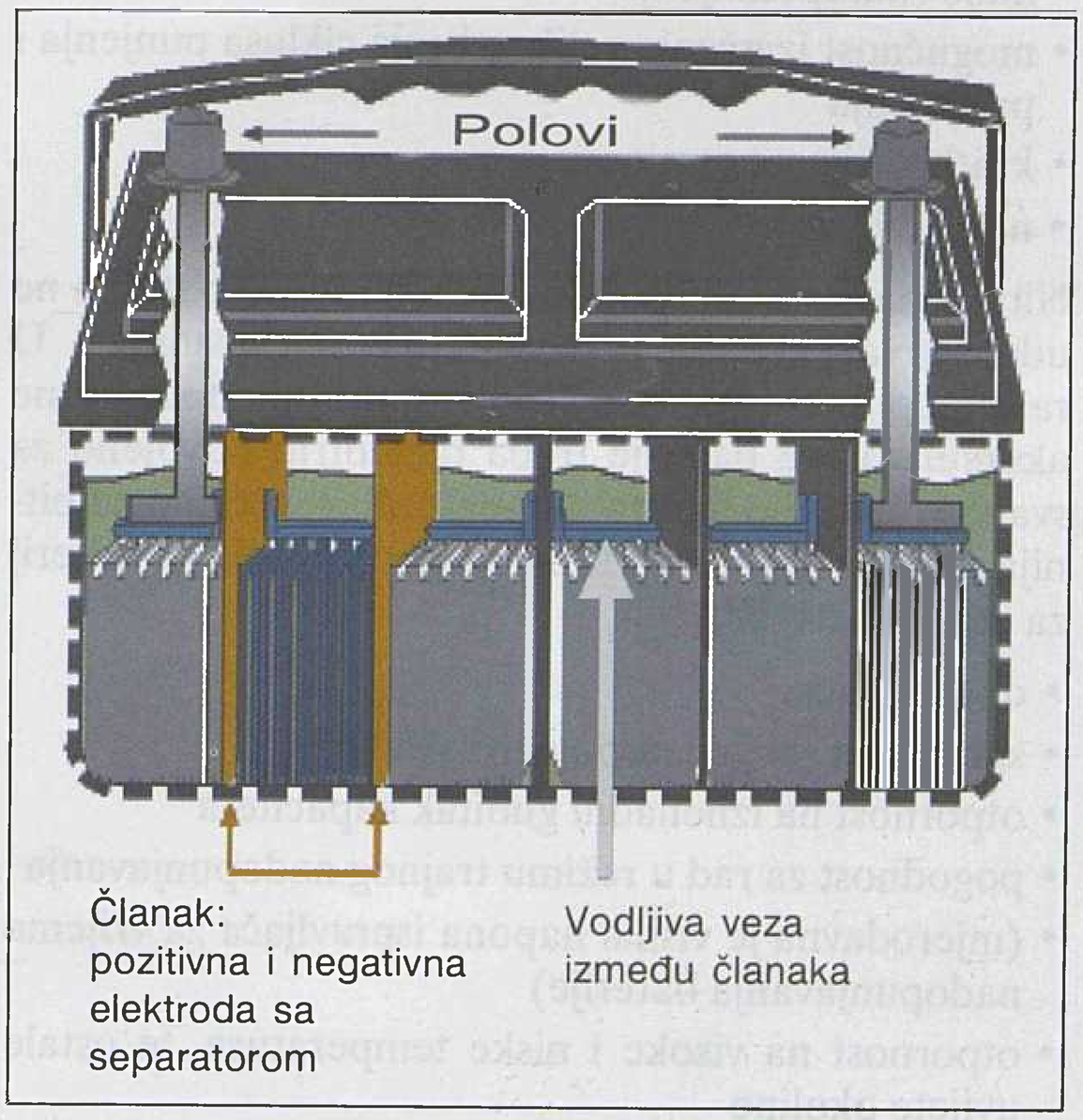
Na slikama 1 i 2 je prikazan izgled i presjek 12 V olovne akumulatorske baterije.

Akumulatorske baterije se za stacionarne aplikacije koriste od sredine 19. stoljeća kada je Gaston Planté izradio prvu olovnu bateriju s velikom pozitivnom elektrodom (GroE akumulatorske baterije). Ova vrsta olovnih baterija se uz izvjesne modifikacije zadržala i do današnjih dana. Tijekom druge polovice 19. i početkom 20. stoljeća pojavili su se i drugi tipovi klasičnih



Legenda:
1 posuda
2 pozitivna i negativna elektroda (svaka sastavljena od više ploča)
3 separator izrađen od poroznog sintetičkog materijala
4 elektrolit, vodom razblažena sumporna kiselina
5 polovi

Slika 1. Građa baterije



Slika 2. Električke veze unutar baterije

olovnih baterija (premazane, tubularne i s okruglim pločama). Uz klasične olovne baterije, za stacionarne aplikacije su se počele koristiti i NiCd baterije. One su se pokazale otpornije na promjene temperature, a također su bile pogodnije za aplikacije s učestalijim cikličkim punjenjima i pražnjenjima. NiCd baterije se najčešće koriste u područjima s ekstremno niskim i visokim temperaturama. Ograničavajući faktor široj uporabi NiCd baterija je značajno (od 2.5-3.5 puta) viša cijena u odnosu na olovne baterije.

Posljednjih dvadeset godina došlo je do naglog tehnološkog napretka u proizvodnji akumulatorskih baterija. Razlog za to je brzi razvoj sofisticiranih elektroničkih uređaja i mobilnih telekomunikacija.

Za te aplikacije se danas najčešće koriste suhe akumulatorske baterije Li-Polimer, Li+ (litij-ion) i NiMH (nikal-metal-hibrid) koje iz uporabe sve više istiskuju zatvorene NiCd i olovne baterije.

Međutim, za stacionarne aplikacije, kod kojih su akumulatorske baterije u pravilu velikih kapaciteta (od nekoliko desetaka do više tisuća Ah), u komercijalnoj uporabi su i dalje isključivo olovne ili NiCd akumulatorske baterije. Zatvorene olovne baterije su se pojavile, najprije s gel elektrolitom, a zatim s apsorbiranim elektrolitom, 60.-tih godina 20. stoljeća. Njihova masovnija uporaba za stacionarne aplikacije počinje sredinom 80.-tih godina. Desetak godina poslije tvrtke SAFT i ALCAD počele su proizvodnju ULM (*ultra-low maintenance*) NiCd baterija koje su također pogodne za stacionarne aplikacije.

Od akumulatorskih baterija uglavnom se očekuje:

- velika specifična snaga koja se mjeri raspoloživim Ah/kg (Wh/kg)
- dugotrajnost
- malo samopražnjenje
- mogućnost izvršenja velikog broja ciklusa punjenja i pražnjenja
- kratko vrijeme punjenja
- niska cijena.

Niti jedna vrsta od brojnih olovnih i NiCd baterija ne udovoljava univerzalno navedenim očekivanjima. U rasklopnim postrojenjima izbor vrste i tipa stacionarne akumulatorske baterije treba razmotriti odvojeno za svako konkretno mjesto ugradnje. Navest ćemo najbitnija svojstva koja se pri tome mogu uzimati kao kriterij za odabir baterije:

- dugotrajnost
- specifična snaga (raspoloživi Ah/kg)
- otpornost na iznenadni gubitak kapaciteta
- pogodnost za rad u režimu trajnog nadopunjavanja
- (mjerodavna je visina napona ispravljača za vrijeme nadopunjavanja baterije)
- otpornost na visoke i niske temperature, te ostale uvijete okoline
- razina rekombinacije plinova
- potreba za održavanjem (periodičko dolijevanje vode)
- mogućnost smještanja uz ostalu opremu
- zahtjevi koje akumulatorska baterija postavlja na ispravljač (režimi punjenja, visina dozvoljene izmjenične komponente struje punjenja, temperaturna regulacija, podnaponska zaštita itd.)
- sposobnost savladavanja udarnih opterećenja
- otpornost na povremena duboka pražnjenja
- otpornost na ciklička opterećenja
- brzina punjenja ispražnjene baterije
- visina struje kratkog spoja
- ukupna cijena
- odnos ukupne cijene i predvidivog životnog vijeka.

2. ZATVORENE OLOVNE AKUMULATORSKE BATERIJE (VRLA)

VRLA (*Valve Regulated Lead-Acid*) baterije su zatvorene, s izuzetkom ventila koji služi za povremeno oslobađanje prevelikog unutrašnjeg tlaka. Kod ove vrste akumulatorskih baterija, za razliku od klasičnih olovnih baterija, vrši se rekombinacija plinova tijekom punjenja, kako bi se onemogućila potrošnja vode. To se postiže usmjeravajući kisik s pozitivne na negativnu elektrodu gdje se događa rekombinacija.

Kod klasičnih olovnih akumulatorskih baterija prekoračenje punjenja uzrokuje dijeljenje vode na vodik i kisik. Gubitak vode se mora redovito nadomještati. Kod VRLIH baterija je oslobađanje vodika u normalnim uvjetima spriječeno. Punjenje izvan točno propisanih naponskih okvira može ipak uzrokovati pojavu manje količine eksplozivnog vodika koji se oslobađa kroz ispušni ventil. U slučaju da se takvi uvjeti punjenja zadrže duže vrijeme, doći će do preranog gubitka kapaciteta akumulatorske baterije. VRLE baterije su osjetljive i na povišene temperature okoline, što ima za posljedicu trajno gubljenje kapaciteta, ovisno o temperaturi i njezinom trajanju. Druga opasna posljedica povišene temperature je mogućnost pojave termičkog pobjega koji uzrokuje trenutnu havariju baterije (detaljnije u točki 4.). Štetan utjecaj povišenih temperatura okoline moguće je ublažiti temperaturnom regulacijom napona ispravljača.

Budući da realno nije moguće osigurati da ne dođe do neželjenih režima rada u kojima baterija ispušta vodik, potrebno je predvidjeti minimalno ventiliranje (dovoljna je prirodna ventilacija). Zbog istog razloga potrebno je bateriju udaljiti od uređaja koji se pretjerano griju ili iskre.

S obzirom na tehnologiju izrade postoje dva tipa VRLIH baterija:

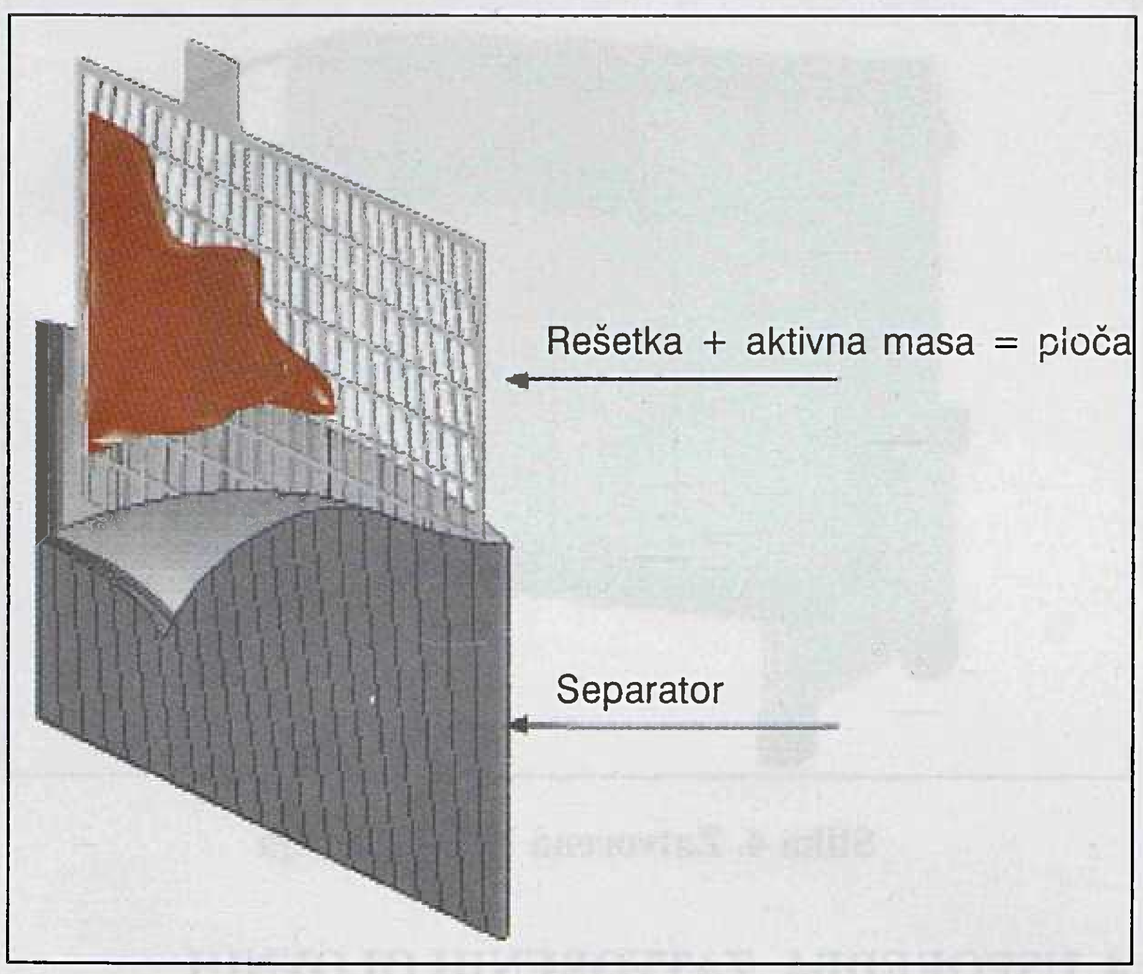
- zatvorene olovne akumulatorske baterije s apsorbiranim elektrolitom (AGM)
- zatvorene olovne akumulatorske baterije s gel elektrolitom.

2.1. Zatvorene olovne baterije s apsorbiranim elektrolitom

Zatvorene akumulatorske baterije s apsorbiranim elektrolitom (u daljem tekstu AGM baterije – od *Absorptive Glass Mat Recombination Batteries*) počele su se proizvoditi 70.-tih godina 20. stoljeća, a desetak godina poslije proizvedene su prve AGM baterije za stacionarne aplikacije.

AGM baterije su izrađene s ograničenom količinom tekućeg elektrolita upijenog u separatoru. Separator raspoređuje elektrolit jednoliko i održava ga u kontaktu s elektrodama, a u isto vrijeme omogućuje prolaz kisika za vrijeme punjenja, kako bi se mogla vršiti rekombinacija plinova. Ove baterije imaju vrlo male unutrašnje otpore, odnosno razvijaju velike struje kratkog spoja. S obzirom na metale iz kojih se izrađuju noseće rešetke ploča elektroda razlikujemo sljedeće izvedbe:

- rešetka ploča elektroda iz legure na bazi olova i male koncentracije antimona
- rešetke ploča elektroda iz legure na bazi olova i kalcija
- rešetke ploča elektroda iz čistog olova
- rešetke ploča elektroda iz legure olova i kositra.



Slika 3. Struktura ploče elektrode

Rešetka ploča elektrode, vidi sliku 3, je vodljiva konstrukcija koja nosi aktivni materijal (Pb i PbO_2) te osigurava električnu vodljivu vezu prema baterijskim polovima. Glavni uzroci koji ograničavaju životni vijek baterije su isušivanje elektrolita i korozija pozitivne elektrode.

Isušivanje elektrolita je rezultat elektrolize vode. Naime, ako kroz vodu prolazi električna struja ona se raspada na plinove vodika i kisika. Elektrolit olovnih baterija dobrim dijelom sadrži vodu. Plinovi zbog elektrolize prvenstveno se stvaraju uz površinu elektroda pokušavajući izići iz posude. Elektrode služe kao neka vrst katalizatora za stvaranje plinova. Da bi došlo do elektrolize vode moraju biti zadovoljena dva uvjeta. Prvi je da napon mora biti minimalno 1.2 V i on je zadovoljen kod svih olovnih baterija. Kad bi taj uvjet bio jedini, plinovi bi se stvarali i onda kada je baterija odvojena od potrošača. Međutim, svi materijali nisu jednako dobri katalizatori. Čisto olovo i legura olova i kositra su loši katalizatori. U slučaju kad se koriste legure na bazi antimona ili ako se pojavi nečistoća tijekom izrade elektroda dramatično se poveća količina razvijenih plinova. To je razlog zbog čega se legure olova i antimona malo koriste za izradu AGM baterija. Ipak, u slučajevima gdje se očekuju češća duboka pražnjenja, npr. ako je baterija priključena paralelno alternativnim izvorima energije (vjetar, sunce), koriste se AGM baterije s pozitivnim pločama od legure olova, kalcija i male količine antimona. U tim se slučajevima koriste dobra svojstva antimona kod cikličkih i dubokih pražnjenja.

Električki potencijal prisutan na pozitivnoj elektrodi i prisustvo kisika idealni su uvjeti za pojavu korozije. Legura olova i kalcija je izuzetno podložna koroziji. Kao posljedica korozije javlja se gubitak vodljivosti elektroda. Kod izvedbe rešetki ploča elektroda iz legure na bazi olova i kalcija ploče elektroda moraju biti masivnije, kako bi se ublažile posljedice korozije te osigurao dug vijek trajanja akumulatorske baterije (cca 10 godina). Povećanjem debljine elektroda u istom volumenu, smanjuje se njihova aktivna površina, a time se smanjuje specifična snaga akumulatorske baterije (Ah/kg).

Rešetke izrađene od čistog olova i legure olova i kositra osiguravaju duži vijek i veću specifičnu snagu akumulatorskih baterija. Kao što je već rečeno, ti materijali su loši katalizatori pa ne izazivaju isušivanje elektrolita, a vrlo su otporni na koroziju pozitivne elektrode. AGM baterije s rešetkom od čistog olova najotpornije su na koroziju pozitivne elektrode i isušivanje, ali su podložne, za razliku od baterija s rešetkom od legure olova i kositra, iznenadnom gubitku kapaciteta koji nastaje zbog pojave neaktivnog sloja između rešetke ploče elektrode i aktivnog materijala.

Gotovo sve AGM baterije koje su do danas korištene u rasklopnim postrojenjima HEP-a imaju elektrode izrađene kao ravne premazane ploče s rešetkom od legure na bazi olova i kalcija, te deklariranim životnim vijekom oko 10 godina. Proizvođači akumulatorskih baterija danas već nude AGM baterije s rešetkom na bazi legure olova i kositra ili čistog olova s deklariranim životnim vijekom baterije i do 20 godina.

Važno je naglasiti da na životni vijek akumulatorskih baterija ne utječe samo vrsta i debljina materijala iz kojeg se izrađuju rešetke ploča elektroda. Proizvođači AGM baterije koriste razne materijale i rješenja za:

- Izradu posuda, budući da materijal posude mora imati visoku otpornost na prodiranje vlage i moguće mehaničke i termičke deformacije, te što bolju toplinsku vodljivost.
- Tehnologiju izrade rešetke ploča elektroda te nanošenja aktivnog materijala na rešetku. Pri tom je

neobično važno da se tehnološkim postupkom unošenje nečistoća svede na minimum.
- Brtvljenje i izvedbu baterijskih polova.
- Brtvljenje poklopca i posude.

2.2. Zatvorene olovne akumulatorske baterije s gel elektrolitom

Zatvorene olovne akumulatorske baterije s elektrolitom u obliku gela (u daljem tekstu GEL baterije) prvi put su opisane 1958. godine (Jache), a u komercijalnoj uporabi su od 60.-tih godina.

Izvedba GEL baterije je slična izvedbi klasičnih baterija osim elektrolita koji zbog velike gustoće nije u tekućem stanju. Struje kratkog spoja ovakvih baterija su velike, ali manje nego kod AGM baterija. U odnosu na AGM baterije, moguće ih je izraditi s dodatnim rezervama u elektrolitu, što GEL baterije može učiniti povoljnijima s obzirom na vijek trajanja. Naime, dodatnom rezervom u elektrolitu smanjuje se opasnost od isušivanja članaka. Nažalost, pojava korozije pozitivnih ploča prisutna je kao i kod AGM baterije.

GEL baterije su obično teže i veće u odnosu na AGM baterije. Materijali od kojih se izrađuju ploče elektroda i ostali dijelovi identični su onima kod AGM baterija, osim što se pozitivna elektroda najčešće izrađuje kao tubularna ploča.

3. ZATVORENE NiCd BATERIJE

Zatvorene NiCd baterije su u komercijalnoj uporabi od sredine 20. stoljeća. Dugo je njihova uporaba bila isključivo za napajanje malih elektroničkih potrošača, dok su se za stacionarne aplikacije koristile klasične NiCd akumulatorske baterije. Međutim devedesetih godina pojavile su se ventilom regulirane NiCd baterije koje u normalnim uvjetima rada (napon punjenja 1.42 V/čl. i temperatura od +10 do +30°C) ne zahtijevaju održavanje (dolijevanje vode), s kapacitetima do cca 500Ah, namijenjene stacionarnim pogonima. One imaju tekući elektrolit, a životni vijek im je u pravilu preko 20 godina. Cijena im je i do četiri puta veća od odgovarajućih AGM baterija. Manje su osjetljive na visoke i niske temperature, izmjenične komponente napona punjenja, te nisu podložne iznenadnim gubicima kapaciteta, kao ni termičkom pobjegu, svojstvu karakterističnom za zatvorene olovne baterije. Za smještaj zatvorenih NiCd baterija nisu potrebne posebne prostorije, a mogu se ugraditi i u razvodne ormare.

NiCd baterije koriste lužinu kao elektrolit (kalijev hidroksid KOH s malim količinama litij hidroksida LiOH, koji mu popravlja cikličke karakteristike i svojstva kod visokih temperatura). Aktivni materijal je nikal hidroksid (NiOOH) na pozitivnoj i kadmij (Cd) na negativnoj elektrodi. Elektrolit služi samo za prenošenje električkih iona između elektroda i ne sudjeluje u kemijskom procesu. Stoga se tijekom punjenja i pražnjenja ne mijenja gustoća elektrolita. Specifična težina elektrolita kod ventilom reguliranih baterija iznosi oko 1.16. Takav elektrolit sadrži dovoljnu rezervu i dolijevanje vode u normalnom režimu rada nije potrebno. Kod klasičnih NiCd baterija gustoća elektrolita se kreće od 1.16 do 1.25. Veće gustoće se primjenjuju za niže temperature.

Jedan od nedostataka NiCd baterija je nizak napon otvorenog kruga (1.2 V) te relativno visoki naponi punjenja. Napon održavanja iznosi 1.41-1.45 V/čl. Razlika između napona održavanja i napona otvorenog kruga iznosi oko 20% dok je kod AGM baterija oko 14%. To komplicira izvedbu punjača koji su u pravilu podijeljeni ili se moraju ugraditi dropperi (reduktori napona) koji smanjuju izlazni napon prema potrošačima za vrijeme punjenja i održavanja.

S obzirom na izvedbu elektroda postoji nekoliko vrsta NiCd baterija:
- kutijaste
- sintetizirane
- plastikom presvučene ploče
- hibridne izvedbe.



Slika 4. Zatvorena NiCd baterija

4. USPOREDBA ZATVORENIH OLOVNIH I NiCd AKUMULATORSKIH BATERIJA

Akumulatorske baterije mogu biti vrlo različitog životnog vijeka. Nekoliko faktora može imati bitan utjecaj na životni vijek zatvorenih olovnih i NiCd baterija:
- temperatura
- broj ciklusa punjenje-pražnjenje, ovisno o dubini pražnjenja
- napon punjenja
- izmjenična komponenta struje punjenja/održavanja
- deformacija pozitivne elektrode zbog korozije
- karbonizacija
- memori-efekt.

Međutim, različite baterije različito podnose štetne utjecaje.

4.1. Temperatura

Za optimalno iskorištenje, bateriju bi trebalo održavati na temperaturi okoline od 15°C do 25°C.

Sve su baterije osjetljive na visoke temperature. Dužim radom na povišenoj temperaturi skraćuje se životni vijek baterije. Niska temperatura osigurava dug život, ali usporava kemijske reakcije pa smanjuje raspoloživi kapacitet.

NiCd baterije mogu podnijeti visoke temperature lakše od olovnih. Tako se npr. životni vijek NiCd baterije skrati kod temperature 32°C za oko 20%, a olovne baterije za oko 50%. Osim toga se NiCd baterija neće uništiti kod niskih temperatura zbog smrzavanja. Iskoristivi kapacitet NiCd baterija je kod niskih temperatura za oko 60% viši nego kod olovnih baterija.

Kod olovnih baterija razvijanje plinova i korozija pozitivne elektrode rastu eksponencijalno s porastom temperature elektrolita.

Štetan utjecaj promjene temperature na životni vijek baterije može se ublažiti ugradnjom temperaturne regulacije napona punjenja.

Zatvorene olovne baterije su podložne svim kvarovima koji su mogući i kod klasičnih olovnih baterija, ali kod njih može doći i do havarije zbog "termičkog pobjega", kvar koji nije svojstven klasičnim olovnim baterijama. "Termički pobjeg" nastaje zbog rekombinacije kisika kroz imobilizirajući elektrolit (separator). U nenormalnim radnim uvjetima, posebno pri visokim radnim temperaturama ili pretjeranom nadopunjavanju, zatvorena baterija se može zagrijati brže nego što toplinu može predati okolini. U tom slučaju će temperatura baterije narasti toliko da će plastična posuda oslabiti, pući i rastopiti se. Iako je AGM baterija osjetljivija od baterije s GEL-om, obje se trebaju propisno montirati, nadzirati i održavati, kako bi se smanjila mogućnost "termičkog pobjega".

4.2. Broj ciklusa punjenje-pražnjenje

Olovne baterije mogu izdržati veliki broj kratkih ciklusa pražnjenja, ali su osjetljive na duboka pražnjenja. Razne izvedbe ploča elektrode mogu znatno utjecati na mogućnost cikličkih pražnjenja. Ponekad kratki i neprimjetni propadi napona mogu teret prebaciti s ispravljača na bateriju te ju ciklički opterećivati.

NiCd baterije mogu izdržati veliki broj ciklusa dubokog punjenja i pražnjenja. Starenjem aktivnog materijala, zbog rekristalizacije, dolazi do smanjenja mogućeg broja ciklusa. Da se povise sposobnosti pri cikličkim opterećenjima elektrolitu (KOH) se dodaju različite količine LiOH.

4.3. Naponi punjenja i održavanja

Prekoračenjem napona punjenja ili održavanja iznad vrijednosti potrebne za nadoknađivanje samopražnjenja baterije uzrokovat će pojavu prevelike struje punjenja, povećano isplinjavanje i pojavu korozije pozitivne elektrode. Najbolji je napon onaj kod kojeg baterija ostaje potpuno puna, a da se pri tom stvara najmanje plinova i korozije. Taj napon propisuje proizvođač baterije. Spajanje više članaka baterije u seriju često dovodi do toga da se pojedini članci, zbog rasipanja napona, pune i održavaju različitim naponima. Rasipanje je najveće kod nove baterije, a postupno se smanjuje i stabilizira u prvim mjesecima eksploatacije. Brzina stabilizacije i konačno rasipanje napona među člancima ovise o kvaliteti baterije.

Napon punjenja i održavanja NiCd baterija je 1.41-1.45 V/čl. Taj napon će održavati članak potpuno punim i optimirati razgradnju vode. Optimalan način punjenja NiCd baterija je, za razliku od olovnih baterija, punjenje konstantnom strujom. Stoga, budući da stacionarnu bateriju punimo konstantnim naponom, dolazi nakon dužeg punjenja konstantnim naponom do smanjenja srednjeg napona pražnjenja i raspoloživog kapaciteta. Za dimenzioniranje NiCd baterija trebaju se koristiti tablice pražnjenja bazirane na prethodnom dugom punjenju konstantnim naponom, a ne konstantnom strujom.

4.4. Izmjenična komponenta struje punjenja

Proizvođači zatvorenih olovnih baterija postavljaju vrlo rigorozne zahtjeve na prisustvo izmjenične komponente struje pri punjenju i održavanju. Uobičajene vrijednosti se kreću od 0,05 do 0.1 C_{10}. Problem se rješava pojačanim filtriranjem izlaznog napona ispravljača.

U odnosu na olovne NiCd baterije su mnogo otpornije na prisustvo izmjenične komponente struje koja može dosezati i do 0,5 C5.

4.5. Deformacija pozitivne elektrode zbog korozije

Pojavom korozije volumen pozitivne elektrode se povećava, a to dovodi do deformacije mehaničke konstrukcije baterijskog članaka. To može dovesti do iznenadnog gubitka kapaciteta olovnih baterija.

Kod NiCd baterija ne dolazi do kvarenja mehaničke strukture, tako da kod njih nikada ne dolazi do iznenadnog gubitka kapaciteta.

4.6. Karbonizacija

Karbonizacija se javlja samo kod NiCd baterija. Ona može štetno utjecati na životni vijek i karakteristike prilikom jakih pražnjenja.

Karbonat nastaje kao rezultat oksidacije ugljika koji se koristi kao vodljivi materijal na pozitivnoj elektrodi. Može se javljati i pri ispuštanju lužnatog elektrolita u zrak. Nakupljanje prevelikih količina kalijeva karbonata oko polova može prouzročiti dozemni spoj.

4.7. Memorijski efekt

Memorijski efekt se javlja samo kod NiCd baterija. Ako je baterija izvrgnuta učestalim ciklusima kratkog punjenja-pražnjenja iste dubine dolazi do naglog gu-

bitka napona. Uzrok je kristalizacija površine negativne elektrode tijekom kratkih ciklusa. Memori-efekt se najčešće događa u baterijama malog kapaciteta sa sintetiziranom negativnom elektrodom i uglavnom ne predstavlja problem kod stacionarnih baterija.

U tablici 1 je prikazano kako pojedine od spomenutih akumulatorskih baterija zadovoljavaju pojedine zahtjeve koje smo u uvodnom dijelu postavili kao kriterij za odabir stacionarne akumulatorske baterije u rasklopnim postrojenjima:

Tablica 1.

Kriterij za odabir	AGM--olovne	Gel-olovne	NiCd
Dugotrajnost	3-20 god.	3-20 god.	preko 20 god.
Specifična snaga (Wh/kg)	25-30	15-20	15-20
Iznenadni gubitak kapaciteta	događa se	događa se	ne događa se
Napon održavanja/ nazivni napon članka (V)	2.27/2	2.23/2	1.42/1.2
Temperaturna regulacija napona ispravljača	obvezna	obvezna	poželjna
Razina rekombinacije plinova	>95%	>95%	85-95%
Potreba za održavanjem (periodičko dolijevanje vode)	bez održavana	bez održavana	bez održavana
Mogućnost smještanja uz ostalu opremu ili u razvodne ormare	moguće	moguće	moguće
Najviša dozvoljena izmjenična komponenta struje punjenja	$0.05\text{-}0.1C_{10}$	$0.05\text{-}0.1C_{10}$	$0.5C_5$
Otpornost na povremena duboka pražnjenja	mala	mala	velika
Uobičajen max. broj ciklusa	400	600	1500
Brzina punjenja potpuno prazne baterije	8-15 h	8-15 h	1-8 h
Visina struje kratkog spoja	visoka	srednja	mala
Cijena u odnosu na AGM bateriju	1	1.3-1.4	2.5-3.5

5. ZAKLJUČAK

Posljednjih 20-tak godina došlo je do naglog tehnološkog napretka u proizvodnji akumulatorskih baterija. Za napajanje elektroničkih uređaja i mobilnih telekomunikacija se najčešće koriste suhe akumulatorske baterije Li-Polimer, Li+ (litij-ion) i NiMH (nikal-metal-hibrid), a za stacionarne aplikacije zatvorene olovne i NiCd baterije. Zatvorene olovne akumulatorske baterije se već više godina ugrađuju u rasklopna postrojenja HEP-a. Najčešće se koriste AGM baterije i GEL baterije s elektrodama čije ploče su izrađene iz legura olova i kalcija.

Rijetko se koriste AGM baterije s elektrodama od čistog olova ili legure olova i kositra, te zatvorene ventilom regulirane NiCd baterije. Obje vrste baterija pružaju mogućnost produljenja životnog vijeka baterije, a NiCd baterije su također i znatno otpornije na nepovoljne termičke i električne utjecaje od olovnih baterija.

U slučajevima kada cijena nije osnovni kriterij za odabir vrste akumulatorske baterije uputno je razmotriti prednosti i mane primjene svih opisanih tipova akumulatorskih baterija, a posebno zatvorene NiCd baterije koja, kao što se vidi iz poglavlja 4 i tablice 1, pruža znatne prednosti u odnosu na zatvorenu olovnu bateriju.

Iako se klasične olovne i NiCd baterije još uvijek koriste za stacionarne aplikacije u elektroenergetskim postrojenjima, nije nam bila namjera da ih u ovom referatu podrobnije opisujemo već smo svoju pozornost okrenuli modernim rješenjima sa zatvorenim baterijama koje se mogu postavljati uz ostalu opremu i ne zahtijevaju održavanje i posebne prostorije za svoju ugradnju.

LITERATURA

[1] IEEE Std 1184-1994 Guide for the selection und sizing of batteries for uninterruptible power system

[2] L. S. HOLDEN, C&D Charter Power System, Inc., Blue Bell, PA: "Valve-Regulated Lead Acid Batteries: They're not all the same!"

[3] F. A. FLEMING, L. GAO, P. R. SHUMARD, R. EVANS & R. KURIAN: "Float life verification of VRLA Battery Utilizing a High Purity Electrochemical System"

[4] CPT: Lead Acid Batteries VRLA Types

[5] Alcad: No sudden death in final stages of plates

[6] HAWKER: Types of Batteries & Their Uses

[7] T.E. RUHLMANN and S. GERNER: Thermal Runaway – Its Cause and Prevention

[8] HAWKER: Frequently asked questions

[9] Aeroquality: Ultra Low Maintenance Nickel Cadmium Battery Development Program

[10] J. SZYMBORSKI, M. EGGERS: "Development of totally maintenance-free lead-acid battery for telecommunications standby power"

[11] S. L.VECHY: "Product Design and Manufacturing Process Consideration for the Application of a 10 Year Design Valve Regulated Lead Acid Battery in the Outside Plant Environment"

[12] J. JERGL, B. COLE and S. PURCELL: "Real World Effect on VRLA Batteries in Float Application"

[13] B. A. COLE, M. A. KEPROS and R. J. SCHMITT: "A Discussion About Water Loss, Compression and the VRLA Cell"

[14] C. A. VINCENT: "Recent developments in battery technology"

[15] Tehnički podaci, katalozi i prospektni materijali raznih proizvođača olovnih i NiCd akumulatorskih baterija za stacionarne aplikacije

[16] IEC 60896-2 Stationary lead-acid battery-General requirements and methods of test-Valve regulated lead-acid battery

NEW ACCUMULATOR BATTERY TYPES FOR D.C. VOLTAGE SYSTEMS IN SWITCHING SUBSTATIONS

Many stationary accumulator battery types can be found at the world market, which use lead or Ni-Cd with minimum maintenance requirements. Each of them has certain advantages and disadvantages. The theme of this paper is the comparison among them from the point of acceptability for new and existing direct current circuit and power supply subsystems in HEP switching substations.

NEUE BATTERIENARTEN FÜR GLEICHSTROMSYSTEME IN DEN SCHALTANLAGEN

Auf dem Weltmarkt der ortsfesten Batterien findet man verschiedene Gattungen von Blei und Nickel-Kadmium Batterien mit äusserst beschränktem Bedarf an Wartung. Jede dieser Gattungen hat gewisse Vor- und Nachteile. Gegenstand dieser Darstellung ist deren gegenseitiger Veergleich vom Standpunkt der Eignung für den Einbau in neue und bestehende Gleichstromverteilungen und -Einspeisungen in die Schaltanlagen der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft.

Naslov pisaca:

Javor Škare, dipl. ing.
Attila Lövei, dipl. ing.
Končar INEM
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002-05-02.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE I OKRUŽENJA

STRATEGIJA ENERGETSKOG RAZVITKA REPUBLIKE HRVATSKE

Hrvatski sabor donio je Strategiju energetskog razvitka Republike Hrvatske 19. ožujka 2002. godine koja je objavljena u Narodnim novinama broj 38 od 16. travnja 2002. godine.

Izradi Strategije prethodila su brojna istraživanja koja su provedena u sklopu programa PROHES. Cilj ovih istraživanja bio je oslikavanje različitih aspekata i pretpostavki gospodarskog i energetskog razvitka u okviru promjena i transformacije naše zemlje u modernu europsku zemlju.

Strategija je koncipirana kao nacionalna energetska strategija koja u prvi plan stavlja temeljne interese Republike Hrvatske i potrošača.

Strategija obuhvaća sve dimenzije razvoja i odnosa u energetskom sektoru i predstavlja reformu cijelog sustava gospodarenja energijom. Ona ima energetsku, ekonomsku, zakonodavnu, organizacijsku, institucionalnu i obrazovnu dimenziju s ciljem da pripremi energetski sustav za što lakše i efikasnije uključivanje u Europsku uniju.

Odgovor na strateška pitanja, Strategija je pokušala dati kroz slijedeća poglavlja:

- prikaz značajki i stanja energetskog sektora
- osnovne postavke društvenog i gospodarskog razvoja
- mogućnosti razvitka energetskog sektora
- ciljevi i politika energetske efikasnosti
- ciljevi ipolitika korištenja obnovljivih izvora
- energetika i zaštita okoliša
- privatni sektor u energetici
- financiranje
- zakonodavstvo
- organizacija na državnoj, lokalnoj i regionalnoj razini
- tehnološki razvitak
- obrazovanje i međunarodna suradnja
- javnost, informiranje i savjetovnje
- mjere za realizaciju energetske startegije ekonomske i administrativne posljedice.

Strategija predviđa da će energetski sustav u budućnosti imati ove generalne karakteristike:

- sve više diktiran potrebama korisnika
- koristiti će različite raspoložive izvore i tehnologije prema lokalnim mogućnostima i uvjetima
- sve više decentraliziran
- sve efikasnije korištenje energije
- sve veće korištenje čistijih energenata i tehnologija.

Strategija energetskog razvitka uključuje potpunu reformu energetskog sektora i početak tranzicijskog procesa s konačnim ciljem izgradnje energetskog sektora sukladno europskim standardima. Zbog toga je važno da se mjere za realizaciju cjelovito ostvaruju po dinamici i prioritetima. Te mjere se mogu svrstati u nekoliko grupa:

- Zakonodavnu, koja uključuje reformu energetskog sektora kroz primjenu i provedbu usvojenog paketa energetskih zakona, izradu i donošenje podzakonskih akata te izradu i donošenje Zakona o tržištu toplinske energije. Također uključuje i izmjene i dopune postojećih zakona o privatizaciji (dobivanje potrebnih dozvola, građenje, korištenje voda i prostora) te zakona o lokalnoj upravi i samoupravi s ciljem poticanja energetske efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora.
- Restrukturiranja i privatizacije, koje uključuju redefiniranje koncepta privatizacije u skladu s prihvaćenim konceptom reforme energetskog sektora (energetski zakoni).
- Ekonomsku, koja obuhvaća izgradnju tarifnih stavova za prodaju energije u umreženim sustavima (električna energija, plin i toplinska energija) koji će uvažiti europske norme poslovanja energetskih tvrtki kao i osnivanje fonda za financiranje nacionalnih energetskih programa.
- Organizacijsku, koja uključuju raspodjelu poslova i nadležnosti kao i izradu procedura i dokumenata: program provedbe Strategije, razvojni planovi jednica lokane i regionalne samouprave, poticanje pilot projekata.
- Institucionalnu, koja se odnosi na izgradnju potrebnih institucija za provođenje reforme energetskog sektora, pa treba formirati Nacionalno energetsko vijeće kao savjetodavno tijelo Vlade RH, osnovati nezavisnog regulatora tržišta i neprofitne agencije i institucije, osposobiti ministarstva i jedinice lokalne samouprave, formirati energetske centre po županijama, formirati u velikim energetskim tvrtkama centre efikasnosti, izgraditi tehnološke centre itd.
- Obrazovnu, informacijsku, savjetodavnu i promotivnu, koje se odnose na gospodarenje energijom, energetsku efikasnost i obnovljive izvore.

Reforma energetskog sektora izazvat će niz ekonomskih i administartivnih posljedica.

Ekonomske posljedice odnose se na:

- povećanje troškova kod potrošača kao i na državnoj i lokalnoj razini, povećanje troškova potrošača zbog većih obveza u zaštiti okoliša
- smanjenje troškova zbog povećanja energetske fikasnosti
- posredne i neposredne koristi zbog pozitivnih efekata zaštite okoliša te od poticanja tehnološkog razvitka i obrazovanja
- povećanje konkurentnosti hrvatskog gospodarstva i razvitak poduzetništva kao i povećanje zaposlenosti.

Administrativne posljedice primjene Strategije znače izgradnju potpuno novog zakonodavstva u energetskom sektoru i izgradnju novih institucija.

SBK

NACIONALNA STRATEGIJA ZAŠTITE OKOLIŠA

Sabor je ovu strategiju usvojio 25. siječnja, a objavljena je u Narodnim novinama broj 46 od 29. travnja 2002. godine.

Okoliš je, prema definiciji, kompleksna kategorija sastavljena od više pojedinačnih tematskih područja, tako se i zaštita pojedinih sastavnih dijelova okoliša, kao što su: voda, more, šume, poljoprivredno zemljište, kulturna baština, ljudsko zdravlje, provodi putem određenih ovlaštenih sektora.

S ciljem da zaštiti svoj okoliš dugoročno i u ravnoteži s gospodarskim i socijalnim interesima, Republika Hrvatska je oda-

brala put u budućnost tako da postupno vodi k održivom razvoju. Održivi je razvoj, zapravo ideal i vizija prema kojoj se valja dugoročno orijentirati.

Da bi se postigao održivi razvoj, Ima više puteva, ali svi oni za nas, zbog povijesnih i geografskih okolnosti, vode kroz jedna vrata - vrata EU. Zbog toga se put prema održivom razvoju može uvjetno podijeliti u dva segmenta. Jedan je kompleksan i nepredvidive duljine do priključenja u EU, dio kojega treba prijeći samostalno. Drugi, pak, podjednako složen i manje predvidiv, učinit će se zajedno sa zemljama EU.

S aspekta naše zemlje opći je cilj zaštite detaljno pratiti stanje okoliša i upravljati pritiscima na okoliš. To treba učiniti tako i u onoj mjeri u kojoj se jamči dugoročna i cjelovita zaštita okoliša uz gospodarski napredak i socijalni boljitak, kako bi se s vremenom postiglo uvjete za ostvarenje - u svijetu prihvaćenog - koncepta održivog razvoja. Gledajući dugoročno, postojeći sustav zaštite okoliša mora se dograditi i prilagoditi ga onom kakav je u zemljama EU. Da bi se to postiglo potrebno je ostvariti ravnopravnu suradnju svih sudionika u zaštiti okoliša, potaknuti rast svijesti o važnosti okoliša kao i sveopćeg učešća u njegovom očuvanju. Na taj će se način sačuvati i unaprijediti kakvoća voda, mora, zraka i tla te održati postojeća biološka raznolikost, zaštititi prirodne zalihe te integritet područja posebnih značajki.

Polazeći od toga, globalni i opći dugoročni ciljevi zaštite okoliša jesu:

- održavati i poboljšavati sveukupnu kakvoću života
- održavati trajni pristup prirodnim izvorima
- izbjegavati svaku trajnu štetu okoliša
- stav da k održivom ide onaj razvoj koji zadovoljava sadašnje potrebe bez ugrožavanja budućih naraštaja i mogućnosti da zadovolje vlastite potrebe.

Polazeći od nacionalnog interesa dugoročni ciljevi u zaštiti okoliša jesu:

- sačuvati i unaprijediti kakvoću voda, mora, zraka i tla
- održati postojeću biološku raznolikost
- sačuvati prirodne zalihe, a osobito integritet i značajke područja posebnih prirodnih vrijednosti (more, obala i otoci, planinski dio Republike Hrvatske itd.).

Kratkoročno i operativno to znači:

- nametnuti striktnu i učinkovitu provedbu svih postojećih propisa zaštite okoliša, ali i žurnu izmjenu svih onih koji su stručno manjkavi
- integrirati zaštitu okoliša u sve sektore koji djeluju na okoliš ili žive od okoliša, na taj način da je zaštita okoliša sastavni dio svih politika, planova i programa
- ostvariti sve pretpostavke za inicijalizaciju procesa i sam proces europskih integracija u području zaštite okoliša
- oblikovati i pokrenuti sekvencijalno više akcijskih programa kojima se zaštita okoliša usmjerava k održivom razvoju
- ostvariti potpunu harmonizaciju legislative u području zaštite okoliša s onim EU i u cijelosti ju implementirati
- dograditi postojeći sustav zaštite okoliša tako da bude sposoban obavljati sve funkcije koje će promjena legislative staviti pred njega.

Polazeći od općeg stanja, stanja okoliša i sustava zaštite okoliša, poštujući preuzete međunarodne obveze te s pogledom na dugoročne i kratkoročne ciljeve na principima integracije zaštite okoliša u sve politike, potrebno je u prvom dijelu puta prema održivom razvoju:

- odabrati prioritete (tematski, sektorski) u jačanju sustava zaštite okoliša i prilagodbi pretpostavljenim (legislativnim, organizacijskim i administrativnim) promjenama
- zahtijevati na širini shvaćanja zaštite okoliša i integraciji u sve sektore
- utvrditi i oživiti primjerene instrumente (s obzirom na sadašnje opće stanje u Republici Hrvatskoj) za dosljednu i učinkovitu provedbu prioritenih zadataka
- sustavno i dugoročno riješiti mehanizme financiranja zaštite okoliša
- napraviti Nacionalni akcijski program djelovanja u zaštiti okoliša (NEAP) na konceptu i rezultatima akcijskih programa EU i dokumentima EU koji govore o integraciji zemalja srednje i istočne Europe, te prilagodbi pred pridruživanje EU
- napraviti program prilagodbe nacionalne legislative europskim zakonima o okolišu
- riješiti način financiranja promjena u zaštiti okoliša nužnih u procesu približavanja
- definirati načine pomoći EU i indikatore ostvarenja oba programa
- sustavno pratiti odvijanje oba programa te ih prilagođavati stanju nakon evaluacije, a sam proces kontrolirati postojećim ili dodatnim instrumentima.

Polazeći od stanja okoliša, preuzetih međunarodnih obveza i ciljeva, prepoznaju se sljedeći opći prioriteti u Republici Hrvatskoj:

- striktna provedba propisa zaštite okoliša
- podizanje svijesti o potrebi zaštite okoliša, to jest, obrazovanje za okoliš
- integralni pristup u borbi protiv zagađivanja (osobito zraka, mora, voda i tla) i djelovanje usmjereno k prevenciji nastanka otpada (sustav gospodarenja otpadom)
- održivo gospodarenje prirodnom baštinom i prirodnim resursima: tlom, vodama, morem, krajolikom te Jadranskom obalom i otocima
- reduciranje potrošnje energije iz neobnovljivih izvora
- unapređenje kakvoće okoliša urbanih sredina
- unapređenje zdravlja i sigurnosti, osobito kroz upravljanje industrijskim rizicima.

Ako se polazi od toga da valja što prije i sustavno krenuti prema rješavanju problema okoliša na način na koji se to traži od zemalja kandidata za EU, onda je prioritet u zaštiti okoliša (prvi korak) utemeljiti radnu grupu stručnjaka za integraciju s EU u pitanjima okoliša, čiji će posao biti:

- uspostaviti vezu sa EU u pitanjima integracije u području zaštite
- planirati i inicijalizirati proces legislativne koristeći se iskustvom sadašnjih zemalja kandidata
- uspostaviti vezu s financijskim institucijama i fondovima EU koje bi mogle financirati projekte transpozicije u dijelu zaštite okoliša, uz uspostavu institucionalnih i pravnih okvira potrebnih za provođenje programa financiranja te za to pronaći, školovati i organizirati potrebne ljudske resurse
- procijeniti utjecaj implementacije transponirane legislative
- organizirati i poticati tijela koja će transpoziciju legislative provesti do parlamentarne razine
- organizirati i poticati tijelo koje će preporučiti potrebne institucionalne promjene
- organizirati posebno tijelo unutar Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja koje će tijekom cijeloga procesa

približavanja i transpozicije legislative nadzirati i stručno podupirati korištenje EU legislative u cijelosti kao osnovu pri planiranju i izvođenju svih novih investicija.

Problemi zaštite okoliša mogu se svrstati u nekoliko grupa. Prema našim nacionalnim prioritetima redoslijed grupa problema zaštite okoliša je sljedeći:

- otpad
- vode
- kakvoća zraka
- jadransko more, otoci i obalno područje
- tlo
- zaštita prirode i bioraznolikosti
- okoliš urbanih sredina
- kemikalije
- klimatske promjene
- upravljanje rizicima: industrijske nesreće
- upravljanje rizicima: nuklearne nesreće i zaštita od zračenja
- genetski modificirani organizmi.

S obzirom na ciljeve i prioritetne grupe problema zaštite okoliša, poseban se naglasak stavlja na neke od sektora budući da se u njima moraju napraviti promjene.

Za zaštitu okoliša važni su sljedeći sektori:

- energetika
- promet
- industrija
- turizam
- poljoprivreda.

U Hrvatskoj je energetski sektor u velikoj mjeri odgovoran za stanje okoliša. Najveći problemi vezani su uz emisiju štetnih tvari u zrak (i s tim u vezi onečišćenja u urbanim područjima), pojavu visokih koncentracija prizemnog ozona te globalni problem stakleničkih plinova itd.

U ukupnoj emisiji energetski sektor Hrvatske sudjeluje s 99,1% sumpornog dioksida, 96,7% dušikovih oksida te 90,8% ugljikovog monoksida. Emisija SO_2 u 1996. godini iznosila je 56.909 t i najvećim dijelom iz raznih ložišta (85,9%), a manjim iz prometa. U emisiji NO_x najveći udio ima promet (65,5%), a manji emisije iz ložišta (34,5%). Emisija CO_2 najvećim dijelom je iz ložišta (74,1%) pri čemu se iz termoelektrana emitira 16,8%.

Posljednjih se nekoliko godina uočava pozitivan trend smanjenja utjecaja energetskog sektora na onečišćenje voda. Glavnina tehnološkog otpada iz energetskih postrojenja jesu transformatorska i izolacijska ulja, stara oprema i uređaji (transformatori i kondenzatori) koji sadrže PCB/PCT, šljaka i pepeo (TE Plomin), nusproizvodi nastali kod čišćenja zemnog plina (Molve) i otpad od čišćenja ložišta kotlova. No, TE u Rijeci, Sisku te TE-TO Zagreb i Osijek uključene su u sustav zbrinjavanja rabljenih motornih ulja.

Po važnosti problema vezanih uz zaštitu okoliša u energetskom sektoru mogu se navesti ovim redosljedom:

- najveći energetski subjekti nemaju potrebe za poticanjem održivog razvoja
- onečišćenje zraka, voda i tla (znatna uporaba loživog ulja)
- zastarjela tehnologija, dotrajala oprema te loše održavanje
- mala energetska učinkovitost
- smještaj energetskih pogona
- gubici u proizvodnji i distribuciji
- velika potrošnja, uz nisku učinkovitost, u usporedbi s razvijenim zemljama.

Strategijom zaštite okoliša utvrđeni su slijedeći prioriteti :

- preustrojstvo i privatizacija energetskog sektora
- usklađivanje propisa i standarda s EU
- uključivanje troškova zaštite okoliša u cijenu energije i uvođenje drugih ekonomskih mjera koje će poticati uporabu okolišu prihvatljivijih goriva u proizvodnji topline i električne energije, te osigurati sredstva za investiranje u učinkovitu uporabu energije (CO_2 taksa)
- smanjenje sadržaja sumpora u tekućim naftnim gorivima
- izgradnja uređaja za smanjenje emisije i zamjena tekućih goriva s plinovitim
- poticanje korištenja obnovljivih izvora
- osiguranje uporabe zemnog plina na cijelom teritoriju Hrvatske
- izrada nacionalnog programa aktivnosti uključujući zakonske i gospodarske prioritete glede postupanja s otpadom u energetskom sektoru te korištenje energetskog potencijala otpada
- promicanje ISO 14001 standarda i EMS-a (Environmental Management Systems)
- uvođenje poreznih olakšica za kućanske aparate koji su energetski učinkovitiji
- izrada sektorskih programa racionalnog korištenja energije.

Ovo je ključno područje. U njemu treba djelovati tako da se unaprijedi energetska učinkovitost, stalno smanjuje potrošnja fosilnih goriva, promovira te unapređuje korištenje obnovljivih izvora energije.

SBK

STATUT VIJEĆA ZA REGULACIJU ENERGETSKIH DJELATNOSTI

U Narodnim novinama broj 62 od 28. svibnja 2002. godine objavljen je Statut vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti. Statutom u 29 članaka uređen je status, naziv, sjedište i djelatnost Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti, zastupanje i predstavljanje, unutarnje ustrojstvo, ovlasti i način odlučivanja, akti, imovina, javnost rada, poslovna tajna i drugo.

U Općim odredbama u članku 2 stoji da je Vijeće za regulaciju neovisna pravna osoba osnovana Zakonom o regulaciji energetskih djelatnosti radi obavljanja:

- poslova izdavanja dozvola za obavljanje energetskih djelatnosti
- poslova osiguranja preglednog i nepristranog obavljanja energetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge
- obavljanja poslova u vezi s reguliranjem cijena energije koje se obračunavaju na podlozi tarifnih sustava i drugo.

U člancima 3 i 4 utvrđen je naziv, sjedište i pečat. Skraćeni naziv Vijeća za regulaciju je: VRED. Sjedište je u Zagrebu, Savska cesta 163 (na istoj adresi kao i EI "Hrvoje Požar").

Djelokrug rada Vijeća za regulaciju utvrđen je u članku 5. Tako Vijeće:

- obavlja poslove izdavanja i oduzimanja dozvola za obavljanje energetskih djelatnosti
- obavlja poslove u vezi s reguliranjem cijene energije
- odlučuje o izgradnji novih objekata za proizvodnju električne energije
- odlučuje o sporovima i donosi rješenja povodom žalbe zbog odbijanja pristupa ili zbog uvjeta pristupa prijenosnoj mreži
- vodi evidenciju o prigovorima krajnjih potrošača na rad energetskog subjekta itd.

U člancima 6 do 16 utvrđeno je ustrojstvo Vijeća za regulaciju. Prema članku 6 Vijeće ima 5 članova zajedno s predsjednikom

Člankom 7 i 8 utvrđeno je da članove Vijeća imenuje Hrvatski sabor na prijedlog Vlade, a isto tako ih i razrješava prije isteka mandata u određenim slučajevima koji su navedeni u članku 8.

U članku 13 utvrđeno je da Vijeće ima svoju službu za obavljanje administrativno-tehničkih poslova.

Prema članku 16 Vijeće sklapa ugovor s neprofitnom organizacijom koju određuje Vlada za obavljanje stručnih poslova u vezi s:

- pripremanjem prijedloga akata koje donosi Vijeće
- izdavanjem i oduzimanjem dozvole za obavljanje energetske djelatnosti
- reguliranjem cijene energije za djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge
- izgradnjom novih novih proizvodnih objekata za proizvodnju električne energije za tarifne kupce
- rješavanjem sporova o pristupu mreži odnosno sustavu te izgradnji izravnih vodova
- izradom i donošenjem dokumenata važnih za poslovanje i regulaciju energetskog tržišta
- nadzorom poslovanja energetskih objekata i ostalo.

U člancima 17 do 20 utvrđeno je financiranje Vijeća za regulaciju. Prema članku 17 iz sredstvava naknada financira se:

- rad Vijeća za regulaciju
- troškovi rada neprofitne pravne osobe koja za Vijeće obavlja stručne poslove
- troškovi istraživanja tržišta energije
- troškovi javnih usluga u energetskim djelatnostima.

U članku 22 utvrđena je javnost rada Vijeća za regulaciju koje izdaje službeno glasilo Vijeća.

U člancima 23 do 27 utvrđeni su akti Vijeća za regulaciju.

Tumačenje statuta daje Vijeće za regulaciju (članak 29).

U završnim odredbama, članak 30, utvrđeno je da će Vijeće u roku od 6 mjeseci donijeti opće akte iz članka 25 Statuta, među kojima su i:

- opći akt o načinu i kriterijima za utvrđivanje iznosa naknade za korištenje prijenosne i distribucijske mreže te
- opći akt o podacima koje su energetski subjekti dužni dostaviti Vijeću.

SBK

UREDBA O FINANCIRANJU RADA VIJEĆA ZA REGULACIJU ENERGETSKIH DJELATNOSTI

Uredba je objavljena u Narodnim novinama broj 60 od 23. svibnja 2002. godine. Ovom se Uredbom propisuje način financiranja rada Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti, izvori sredstava, visina i način plaćanja, te tijelo ovlašteno za nadzor nad obračunom i naplatom obveza utvrđenih ovom Uredbom. Kao sastavni dio Uredbe dan je i Pregled pristojbi i naknada za rad Vijeća za regulaciju.

U članku 2 utvrđeno je da se sredstva za financiranje rada Vijeća za regulaciju osiguravaju iz sljedećih izvora:

- prihoda od obavljanja vlastite djelatnosti (temeljem naplata jednokratnih pristojbi i naknada)
- iz iznosa od 0,07% od ukupnoga godišnjeg prihoda koji su u prethodnoj godini ostvarili energetski subjekti koji obavljaju jednu ili više energetskih djelatnosti, temeljem dozvole za obavljanje energetske djelatnosti koju izdaje Vijeće za regulaciju (u daljnjem tekstu: energetski subjekt).

U člancima 3 do 7 utvrđeno je kako se utvrđuje iznos iznos sredstava, gdje se i kako uplaćuje te da nadzor obračuna i naplate sredstava utvrđenih ovom Uredbom provodi Ministarstvo gospodarstva. Nastavno je prikazan izvod iz Pregleda pristojbi i naknada za rad Vijeća za elektroenergetsku djelatnost.

Izvod iz Pregleda pristojbi i naknada za rad vijeća za regulaciju

		Iznos jednokratne uplate u kunama
1. Električna energija		
1.1. Mrežna pravila		
1.1.	izdavanje mišljenja o Mrežnim pravilima	150,000.00
1.2. Izmjena Mrežnih pravila		
1.1.	izdavanje suglasnosti na izmijenjena Mrežna pravila	15,000.00
1.3. Proizvodnja električne energije		
1.3.1.	dozvola za djelatnost za obujam današnje proizvodnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	250,000.00
1.3.2.-a	natječaj za izgradnju objekta za proizvodnju električne energije	
1.3.2.-b	prethodna dozvola za izgradnju	
1.3.2.-c	dozvola za osnivanje energetskog subjekta	
1.3.2.-d	dozvola za obavljanje djelatnosti proizvodnje	
	a,b,c,d za proizvodne kapacitete do 50 MW	300 kn/MW
	a,b,c,d za proizvodne kapacitete od 50 do 200 MW	250 kn/MW
	a,b,c,d za proizvodne kapacitete veće iznad 200 MW	200 kn/MW
1.3.3.	produljenje važenja dokumenata pod točkom 1.3.1., 1.3.2., 1.3.3.	15,000.00
1.3.4.	rješenje o stjecanju položaja povlaštenog proizvođača	100 kn/MW
1.3.5.	produljenje važenja dokumenata pod točkom 1.3.4.	50 kn/MW
1.4. Prijenos električne energije		
1.4.1.	dozvola za djelatnost za obujam postojeće potrošnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	250,000.00
1.4.2.	suglasnost na metodologiju i tarife prijenosa	50,000.00
1.4.3.	utvrđivanje iznosa naknade za korištenje prijenosne mreže	150,000.00

		Iznos jednokratne uplate u kunama
1.4.4.	prethodna suglasnost na plan razvoja i izgradnje prijenosne mreže	50,000.00
1.4.5.	suglasnost za izgradnju izravnog voda	15,000.00
1.4.6.	rješavanje povodom žalbe na pristup prijenosnoj mreži	15,000.00
1.5. Distribucija električne energije		
1.5.1.	dozvola za djelatnost za obujam postojeće potrošnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	250,000.00
1.5.2.	dozvola za pojedinačna distributivna poduzeća	25,000.00
1.5.3.	prethodna suglasnost na plan razvoja i izgradnje distribucijske mreže	25,000.00
1.5.4.	odobrenje naknade korištenja distribucijske mreže	15,000.00
1.5.5.	utvrđivanje iznosa naknade za korištenje distribucijske mreže	45,000.00
1.5.6.	suglasnost za izgradnju izravnog voda	10,000.00
1.5.7.	rješavanje povodom žalbe na pristup distributivnoj mreži - pravne osobe	5,000.00
1.5.8.	rješavanje povodom žalbe na pristup distributivnoj mreži - krajnji kupci - priključak	750.00
1.5.9.	rješavanje povodom žalbe na pristup distributivnoj mreži - krajnji kupci - kvaliteta usluge	250.00
1.5.10.	žalba na pristup distributivnoj mreži - krajnji potrošači - priključak	750.00
1.5.11.	žalba na pristup distributivnoj mreži - krajnji potrošači - kvaliteta usluge	250.00
1.6. Opskrba električnom energijom		
1.6.1.	dozvola za djelatnost za obujam postojeće potrošnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	250,000.00
1.6.2.	suglasnost na opće uvjete opskrbe	50,000.00
1.6.3.	suglasnost za status povlaštenog potrošača	15,000.00
1.6.4.	dozvola za opskrbu električnom energijom tarifnih kupaca	25,000.00
1.6.5.	dozvola za opskrbu električnom energijom povlaštenog potrošača	15,000.00
1.6.6.	žalbe na opskrbu - pravne osobe	5,000.00
1.7. Vođenje elektroenergetskog sustava		
1.7.1.	izdavanje dozvole za obavljanje djelatnosti operatora sustava	50,000.00
1.8. Organiziranje tržišta električnom energijom		
1.8.1.	izdavanje dozvole za obavljanje djelatnosti operatora tržišta	50,000.00
1.8.1.	prethodna suglasnost na Pravila djelovanja tržišta električnom energijom	5,000.00
1.9. Naslijeđeni troškovi		
1.9.1.	suglasnost za određivanje nakande za snošenje naslijeđenih troškova u cijeni energije	50,000.00
2. Plin		
2.1. Odobrenje pristupa i korištenja sustava za proizvodnju prirodnog plina		
2.1.1.	dozvola za proizvodnju plina (stanje 1. 1. 2002. godine)	250,000.00
2.2. Dobava plina		
2.2.1.	suglasnost na nove ugovore o dobavi tipa TOP ili SOP	100,000.00
2.2.2.	suglasnost na ugovor o korištenju transportnih i skladišnih kapaciteta	25,000.00
2.3. Transport plina		
2.3.1.	suglasnost na temeljne tržišne uvjete za pristup transportnom plinskom sustavu	50,000.00
2.3.2.	dozvola za djelatnost za obujam postojeće potrošnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	250,000.00
2.3.3.	suglasnost na metodologiju i tarife transporta	50,000.00
2.3.4.	utvrđivanje iznosa naknade za korištenje transportne plinske mreže	150,000.00
2.3.5.	suglasnost na plan razvitka transportne mreže	50,000.00
2.3.6.	odobrenje za izgradnju izravnog plinovoda	15,000.00
2.3.7.	rješavanja povodom žalbe na pristup transportnoj mreži	15,000.00
2.3.8.	Mišljenje o Mrežnim pravilima	
2.4. Distribucija plina		
2.4.1.	dozvola za djelatnost za obujam postojeće potrošnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	25,000.00
2.4.2.	odobrenje naknade korištenja distribucijske mreže	25,000.00
2.4.3.	utvrđivanje iznosa naknade za korištenje distribucijske mreže	50,000.00
2.4.4.	suglasnost na plan razvitka distribucijske mreže	25,000.00
2.4.5.	suglasnost za izgradnju izravnog cjevovoda	10,000.00
2.4.6.	rješavanje povodom žalbe na pristup distribucijske mreži - pravne osobe	5,000.00
2.4.7.	rješavanje povodom žalbe na pristup distributivnoj mreži - krajnji potrošači - priključak	750.00
2.4.8.	rješavanje povodom žalbe na pristup distributivnoj mreži - krajnji potrošači - kvaliteta usluge	250.00

		Iznos jednokratne uplate u kunama
4.	**Toplinska energija**	
4.1.	**Proizvodnja toplinske energije**	
4.1.1.	dozvola za djelatnost za obujam današnje proizvodnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	100,000.00
4.1.2.-a	natječaj za izgradnju proizvodnog objekta	
4.1.2.-b	prethodna dozvola za izgradnju proizvodnog objekta	
4.1.2.-c	dozvola za osnivanje energetskog subjekta	
4.1.2.-d	dozvola za obavljanje djelatnosti proizvodnje	
a,b,c,d	za proizvodne kapacitete do 10 MWt	300 kn/MW
a,b,c,d	za proizvodne kapacitete od 10 do 100 MWt	250 kn/MW
a,b,c,d	za proizvodne kapacitete veće iznad 100 MWt	200 kn/MW
4.1.3.	produljenje dokumenata pod točkom 7.1.2.	10,000.00
4.2.	**Distribucija toplinske energije**	
4.2.1.	dozvola za djelatnost za obujam postojeće potrošnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	100,000.00
4.2.2.	suglasnost na metodologiju i cijene distribucije	25,000.00
4.2.3.	suglasnost na plan razvitka distribucijske mreže	25,000.00
4.2.4.	suglasnost za izgradnju izravnog voda	10,000.00
4.2.5.	žalba na pristup distribucijskoj mreži - pravne osobe	5,000.00
4.2.6.	žalba na pristup distribucijskoj mreži - krajnji potrošači - priključak	750.00
4.2.7.	žalba na pristup distribucijskoj mreži - krajnji potrošači - kvaliteta usluge	250.00
4.3.	**Opskrba toplinskom energijom**	
4.3.1.	dozvola za djelatnost za obujam postojeće potrošnje (stanje 1. 1. 2002. godine)	50,000.00
4.3.2.	dozvola za pojedinačne (gradske) opskrbe	25,000.00
4.3.3.	žalba na opskrbu - pravna osba	5,000.00
5.	**Trgovanje, posredovanje i zastupanje na tržištu energije**	
5.1.	dozvola za trgovanje, posredovanje i zastupanje	15,000.00
6.	**Transport i skladištenje ukapljenoga prirodnog plina (UPP)**	
6.1.	dozvola za transport i skladištenje ukapljenoga prirodnog plina (UPP)	50,000.00
7.	**Trgovina na veliko i malo ukapljenim naftnim plinom (UNP)**	
7.1.	dozvola za trgovinu na veliko i malo ukapljenim naftnim plinom (UNP),	50,000.00
8.	**Trgovina na veliko ukapljenim prirodnim plinom (UPP)**	
8.1.	dozvola za trgovinu na veliko ukapljenim prirodnim plinom (UPP)	50,000.00

SBK

PRAVILNIK O LISTI STROJEVA I UREĐAJA S POVEĆANIM OPASNOSTIMA

Ovaj Pravilnik donesen je na temelju Zakona o zaštiti na radu. Objavljen je u Narodnim novinama broj 47 od 30. travnja 2002. godine.

Ovim se Pravilnikom utvrđuju strojevi i uređaji s povećanim opasnostima i obveze poslodavca da ispituje njihovu ispravnost. Strojevi i uređaji s povećanim opasnostima su oni pri čijem korištenju postoji povećana opasnost po sigurnost i zdravlje radnika unatoč primjene osnovnih pravila zaštite na radu.

Poslodavac je dužan, u skladu s važećim propisima o načinu ispitivanja strojeva i uređaja, obavljati ispitivanje strojeva i uređaja utvrđenih u ovoj Listi u sljedećim slučajevima:

- prije njihovog stavljanja u uporabu
- najmanje jedanput nakon dvije godine njihove uporabe
- poslije rekonstrukcije a prije ponovnog početka korištenja
- prije početka korištenja na novom mjestu uporabe, ako su strojevi i uređaji premješteni s jednog mjesta na drugo pa su zbog toga rastavljeni i ponovno sastavljeni.

Osim ispitivanja dužan je redovito obavljati preglede radi utvrđivanja da li su na njima primjenjeni propisi zaštite na radu i da li zbog nastalih promjena tijekom upotrebe ugrožavaju sigurnost i zdravlje radnika, kako bi se osiguralo da strojevi i uređaji u svakom trenutku budu ispravni. Ako se pregledom utvrdi da je došlo do promjena koje ugrožavaju sigurnost i zdravlje radnika dužan je stroj odnosno uređaj isključiti iz korištenja do dovođenja istog u ispravno stanje.

Lista strojeva i uređaja s povećanim opasnostima

1. Dizalice na mehanizirani pogon nosivosti preko 10 kN, iznimno konzolne dizalice na privremenim radilištima preko 2kN
2. Dizala preko 2kN, podizne košare i radne platforme preko 3 m visine, fasadna dizala i fasadne skele na mehanizirani pogon
3. Samohodni strojevi s uređajem na dizanje ili prenošenje tereta ili za utovar ili istovar tereta nosivosti preko 2kN
4. Samostalni mehanizirani transporteri za prijenos čvrstog ili rastresitog tereta neovisno o položaju i na zahvatno-prijenosno sredstvo, kod kojih postoji mogućnost ulaska dijela tijela u opasni prostor
5. Vozila unutarnjeg prijevoza na mehanizirani pogon koja moraju imati kočnicu
6. Brzohodni strojevi za obradu i preradu drveta i drugih materijala s ručnim prinošenjem predmeta obrade (brzina oštrice alata preko 15 m/s):

a. kružne pile neovisno o broju alata, načinu posmaka i prinošenju materijala
b. tračne pile neovisno o broju alata i načinu posmaka
c. stolarske ravnalice
d. stolarske debljače za jednostranu obradu
e. stolarske glodalice

7. Prijenosne lančane pile
8. Stabilne brusilice i tarne rezalice s ručnim prinošenjem pred–meta obrade
9. Strojevi za ubrizgavanje i tlačno oblikovanje mase, stro–jevi za centrifugalno i tlačno lijevanje metala
10. Strojevi i uređaji s otvorenim sustavom zahvatnih valjaka i s ručnim prinošenjem materijala
11. Centrifuge, industrijske mješalice, pokretne mješalice za beton na privremenim radilištima
12. Mehanizirane preše, štance, strojne škare i drugi strojevi s hodom otvorenog alata preko 6 mm i brzinom alata preko 3 cm/s s ručnim posluživanjem
13. Kotlovnice za centralno grijanje toplinskog učinka preko 50kW
14. Reaktori, kompresori snage preko 0.5 kW i drugi strojevi i uređaji s posudom za plinove pod tlakom koje po tehničkim propisima moraju imati ventil sigurnosti
15. Parni i vrelovodni kotlovi, kotlovi i peći s plamenikom na plinovito ili tekuće gorivo
16. Predtlačne i potlačne komore
17. Industrijski strojevi za mljevenje i drobljenje s ručnim prinošenjem materijala
18. Mehanizirani uređaji na samohodnom stroju za šumsko izvlačenje trupaca, uređaji za rastezanje metalnih profila i drugi slični uređaji snage preko 2 kN
19. Uređaji za proizvodnju acetilena
20. Uređaji za nanos i sušenje lakozapaljivih premaznih sredstava
21. Kamioni s tlačnim mehanizmom namijenjeni za ručni utovar otpada
22. Strojevi i uređaji za proizvodnju eksploziva i pirotehničkih sredstava
23. Tehnološke linije i kombinirani strojevi i uređaji koji sadrže neki od tipova strojeva i uređaja navedenih u prethodnim točkama
24. Strojevi i uređaji za radove pod zemljom:
    a. lokomotive i vagoneti s kočnicom
    b. hidraulični uređaji za podupiranje svodne konstrukcije
    c. strojevi koji imaju ugrađeni motor s unutarnjim izgaranjem

SBK

PRAVILNIK O MJERITELJSKIM ZAHTJEVIMA ZA STATIČKA BROJILA AKTIVNE ELEKTRIČNE ENERGIJE RAZREDA TOČNOSTI 0,2 S i 0,5 S

Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 55 od 15. svibnja 2002. godine. Danom stupanja na snagu ovog pravilnika prestaje važiti Pravilnik o metrološkim uvjetima za statička brojila aktivne električne energije razreda točnosti 0,2 S i 0,5 S (»Sl. list SFRJ« br. 28/89 i »Narodne novine« br. 53/91).

Ovim se pravilnikom u 37 članaka propisuju mjeriteljski zahtjevi koje moraju zadovoljavati statička (elektronička) brojila aktivne električne energije izmjenične struje (u daljnjem tekstu: brojila) razreda točnosti 0,2 S i 0,5 S. Odredbe ovog pravilnika se ne odnose na pokazivače maksimuma i etalonska brojila.

U člancima 3 do 14 utvrđena je nazivna struja brojila, referentni napon, referentna frekvencija, vlastita potrošnja i dielektrična čvrstoća.

U članku 15 utvrđena je definicija ispitivanja brojila, prema kojoj se pod ispitivanjem brojila podrazumijeva ovjeravanje i tipno ispitivanje brojila. Također su utvrđeni i uvjeti pod kojima se to mora raditi.

Pravilnikom su utvrđene referentne vrijednosti i dopuštene pogreške:

- Tablica 1: Referentna vrijednost utjecajnih veličina s odstupanjima (članak 15)
- Tablica 2: Granice dopuštenih pogrešaka za jednofazna i trofazna brojila pri ujednačenom opterećenju (članak 18)
- Tablica 3: Granice dopuštenih pogrešaka za trofazna brojila opterećena jednofazno, pri simetričnim trofaznim naponima (članak 18)
- Tablica 4: Vrijednosti srednjeg temperaturnog koeficijenta (članak 22)
- Tablica 5: Varijacije pogreške (članak 22)
- Tablica 6: Granice pogreške uzrokovane vlastitim zagrijavanjem (članak 28)
- Tablica 7: Vrijednosti vala prigušene frekvencije s kojim se moraju ispitivati svi krugovi brojila (članak 28).

U člancima 30 do 36 utvrđeni su svi podaci koje moraju sadržavati natpisi i oznake.

SBK

PRAVILNIK O MJERITELJSKIM ZAHTJEVIMA ZA INDUKCIJSKA BROJILA ZA ELEKTRIČNU ENERGIJU

Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za indukcijska brojila za električnu energiju (skraćeno: Pravilnik) objavljen je u Narodnim novinama broj 55 od 15. svinja 2002. godine. Danom njegovog stupanja na snagu prestaje vrijediti Pravilnik o metrološkim uvjetima za indukcijska brojila za električnu energiju (»Sl. list SFRJ« br. 54/89 i »Narodne novine« br. 53/91).

Ovim se pravilnikom propisuju mjeriteljski zahtjevi koje moraju zadovoljavati indukcijska brojila za aktivnu električnu energiju razreda točnosti 0,5; 1 i 2 i za reaktivnu električnu energiju razreda točnosti 3.

Mjeriteljski zahtjevi utvrđeni su u četiri poglavlja:

- opće odredbe
- konstrukcijska svojstva
- mjeriteljske značajke
- natpisi i oznake.

Uopćim odredbama, u člancima 2 do 8 utvrđena je terminologija koja se koristi u Pravilniku.

U člancima 9 do 14 utvrđene su vrijednosti struje, referentnog napona, referentne frekvencije, vlastita potrošnja, dielektrična čvrstoća i porast temperature. Vrijednosti su prikazane u tablicama:

- Tablica 1: Normalne vrijednosti osnovne struje brojila (članak 9)

- Tablica 2. Normalne vrijednosti referentnog napona (članak 10)
- Tablica 3: Vlastita potrošnja naponskog kruga (članak 12)
- Tablica 4: Vlastita potrošnja strujnog kruga (članak 12)
- Tablica 5: Porast temperature (članak 14).

Normalna vrijednost referentne temperature je 23 ^{0}C.

U drugom dijelu, u člancima15 do 23 prikazana su konstrukcijska svojstva. Norme za određene elemente prikazane su u tablicama:

- Tablica 6: Najmanje dimenzije čahurskih stezaljki (članak 17)
- Tablica 7: Najmanje zračne udaljenosti i strujne stezaljke u priključnici, a i zračne udaljenosti i strujne staze između stezaljki i najbližih dijelova kućišta, od metala (članak 17)
- Tablica 8: Najveća dekadna vrijednost najnižeg mjesta brojača (članak 20)
- Tablica 9: Najmanje područje ugađanja brzine okretanja rotora (članak 21)

Mjeriteljske značajke utvrđene su u trećem poglavlju, u člancima 24 do 32. Uvjeti ispitivanja i dozvoljene pogreške prikazani su tabelarmo:

- Tablica 10: Dozvoljena odstupanja napona i struja kod trofaznih brojila (članak 24)
- Tablica 11: Dozvoljena odstupanja referentnih vrijednosti utjecajnih veličina (članak 24)
- Tablica 12: Vrijednosti struje kod koje treba rotor brojila krenuti bez potresa (članak 26)
- Tablica 13: Granice postotne pogreške jednofaznih i trofaznih brojila pri uravnoteženom opterećenj (članak 27)
- Tablica 14: Granice postotne pogreške trofaznih brojila opterećenih jednofazno pri uravnoteženom trofaznom naponu (Članak 27)
- Tablica 15: Dozvoljeni pomak apcisne osi paralelno samoj sebi (članak 29)
- Tablica 16: Srednji temperaturni koeficijent (članak 30)
- Tablica 17: Dozvoljene granice varijacije greške (članak 30)
- Tablica 18: Dozvoljene granice varijacije greške u postocima (članak 31)
- Tablica 19: Dozvoljene granice varijacije pogreške prouzročene vlastitim zagrijavanjem (članak 32).

U četvrtom poglavlju u člancima 33 do 36 utvrđeni su natpisi i oznake. Neki od njih prikazani su tabelarno:

- Tablica 20: Načini označavanja referentnog napona (članak 34)
- Tablica 21: Načini označavanja struje (članak 34).

SBK

PRAVILNIK O UVJETIMA ZA POTVRĐENE MJERITELJSKE LABORATORIJE

U Narodnim novnama broj 47 od 30. travnja 2002. godine objavljen je **Pravilnik o uvjetima za potvrđene mjeriteljske laboratorije za servisiranje i pripremanje mjerila toplinske energije za ovjeravanje** (skraćeno: Pravilnik). Danom stupanja na snagu ovoga Pravilnika prestaju važiti odredbe Pravilnika o uvjetima osnivanja laboratorija za pregled mjerila toplinske energije (»Narodne novine« broj 53/91).

Uvjeti koje moraju zadovoljavati potvrđeni mjeriteljski laboratoriji za servisiranje i pripremanje mjerila toplinske energije utvrđeni su u 23 članka podijeljenja u 4 poglavlja: opće odredbe, uvjeti kojima mora udovoljiti laboratorij, obveze laboratorija te prijelazne i završne odredbe.

U člancima 2 i 3 utvrđuje se terminologija koja se koristi u Pravilniku.

U drugom poglavlju, u člancima 4 do 19 utvrđuju se uvjeti kojima mora udovoljiti laboratorij.

U članku 4 utvrđeno je da laboratorij treba zadovoljiti uvjete u pogledu:

- djelatnika
- prostorije za ispitivanje mjerila toplinske energije
- opreme za ispitivanje mjerila toplinske energije
- propisane dokumentacije.

U člancima 5 i 6 su broj i kvalifikacija radnika koji mogu biti zaposleni u laboratoriju.

U člancima 8 do 12 utvrđeni su svi uvjeti za prostorije u kojima je smješten laboratorij.

Oprema za ispitivanje mjerila toplinske energije propisana je u člancima 13 do 17. Prema članku 13 laboratorij mora imati slijedeću opremu:

- mjerna klupa za ispitivanje cjelovitog mjerila toplinske energije, ili mjerila protoka kao podsklopa mjerila toplinske energije vodom temperature (50 ± 5) °C
- vaga s odgovarajućim spremnikom za određivanje obujma (ili mase) koji protekne kroz ispitivana mjerila protoka
- utezi odgovarajućeg razreda točnosti, kojima se može provjeriti da je točnost vage unutar dozvoljenih granica pogreške
- temperaturno regulirane kupke
- platinski otporski termometri za mjerenje temperature temperaturno reguliranih kupki
- sustav za ispitivanje računske jedinice kao podsklopa mjerila toplinske energije
- etalonski ispitni otpornici.

U člancima 14 do 17 detaljno su prikazane karakteristike navedene opreme.

U članku 18 utvrđena je dokumentacija koju mora imati laboratorij, a odnosi se na:

- propise iz područja ovjeravanja mjerila toplinske energije
- naputak proizvođača o korištenju opreme za ispitivanje
- postupke održavanja i praćenja ispravnosti opreme za ispitivanje
- postupke zaprimanja zahtjeva za ovjeravanje mjerila toplinske energije, izvješća o ispitivanju mjerila toplinske energije i dr.
- popis opreme za ispitivanje s tehničkim podacima i datumima umjeravanja i umjernicama za svako mjerilo koje je sastavni dio ove opreme.
- tipna odobrenja za mjerilo toplinske energije koja se ovjeravaju u laboratoriju
- naputke za ovjeravanje odobrenih mjerila toplinske energije.

Prema članku 19 laboratorij mora biti opremljen elektroničkim računalom za pisanje izvješća o ispitivanju toplinske energije.

Laboratorij mora izvješća o ispitivanju čuvati na elektroničkom mediju ili u tiskanom obliku najmanje godinu dana po isteku roka valjanosti ovjere.

U poglavlju tri, u članku 20 utvrđene su obveze laboratorija. Laboratorij tijekom svog rada mora:

- zadovoljiti uvjete propisane ovim pravilnikom

- pripremiti za ovjeravanje mjerila toplinske energije koja imaju valjano tipno odobrenje i sukladno odobrenom postupku ispitati mjerila toplinske energije
- obavijestiti Zavod o svakoj promjeni koja bi mogla utjecati na osposobljenost laboratorija da zadovolji uvjete propisane ovim pravilnikom
- za ispitivanje mjerila toplinske energije koristiti samo opremu s valjanom umjernicom
- omogućavati djelatnicima laboratorija sudjelovanje u svim oblicima stručnog usavršavanja koje organizira Zavod
- omogućavati djelatnicima laboratorija sudjelovanje u radu odbora i povjerenstva Zavoda
- sudjelovati u laboratorijskim usporedbama između laboratorija na zahtjev Zavoda
- pridržavati se visine i načina plaćanja troškova ovjeravanja mjerila toplinske energija koje je propisao ravnatelj Zavoda.

U prijelaznim i završnim odredbama prema članku 21 laboratoriju koji zadovoljava uvjete propisane ovim pravilnikom izdaje se rješnje koje važi najdulje 3 (tri) godine.

SBK

STUDIJA O ISCRPLJENOSTI ŽIVOTNOG VIJEKA GLAVNE OPREME POSTROJENJA KTE JERTOVEC

Temeljem projektnog zadatka kojeg je pripremio HEP – Sektor za razvoj, Ekonerg Holding izradio je ovaj elaborat. Cilj njegove izrade bila je analiza stanja vitalnih komponenti strojarske, elektroenergetske i MRU opreme te građevinskih objekata KTE Jertovec (slika 1).



Slika 1 – KTE Jertovec – Pročelje glavnog pogonskog objekta

Evo nekoliko riječi o kronološkom razvoju postrojenja KTE Jertovec. Prvi blok snage 14,8 MWe od dva generatora pare po 35 t/h i jedne parne turbine 14,8 MWe pušten je u pogon 1954. godine. Kao pogonsko gorivo elektrana je koristila lignit iz Konjščinskih ugljenokopa, čija je donja ogrjevna vrijednost iznosila 7200 kJ/kg. izgrađen je toranjski rashladni sustav, dok je opskrba sirovom vodom za sve potrebe elektrane bila iz rijeke Krapine.

Druga dva parna bloka snage po 12,5 MWe, svaki sastavljen od jednog kotla 17,8 kg/s i jedne parne turbine po 12,5 MWe, puštena su u pogon 1957. godine.

Sva tri bloka bila su povezana dvostrukim sabirničkim sustavom, tako da su sva četiri kotla mogla davati paru u zajednički sabirnički sustav iz kojeg su se mogle napajati sve tri turbine. Sustav je bio izveden tako da se bilo koji blok mogao odvojiti iz zajedničkog sabirničkog sustava i njegovog rada u bloku. Tim izdvajanjem se dobilo da je jedan generator pare pokretao jednu parnu turbinu. Postigla se planirana snaga elektrane od 40 MWe.

Uz visoku cijenu goriva i niski stupanj korisnog djelovanja, u šestdesetim godinama, uloga KTE Jertovec je opala te je na kraju prešla u hladnu rezervu.

Na početku sedamdesetih godina strujna kriza ponovo nameće pitanje revitalizacije elektrane. Tako je u 1973,/74. godini izvršena rekonstrukcija elektrane i promjena generatora pare s ugljena na teško lož ulje.

Nova koncepcija izgradnje KTE Jertovec sa toplinskom shemom u današnjem obliku započela je nabavkom dvije plinske turbine snage po 31,5 MWe, proizvodnje Westinghouse.

Analiza stanja temelji se na provedenim istraživanjima i pregledu, procjeni preostalog životnog vijeka te utvrđivanju zahvata koje je potrebno poduzeti da bi elektrana obavljala svoju funkciju u elektroenergetskom sustavu tijekom preostalog životnog vijeka.

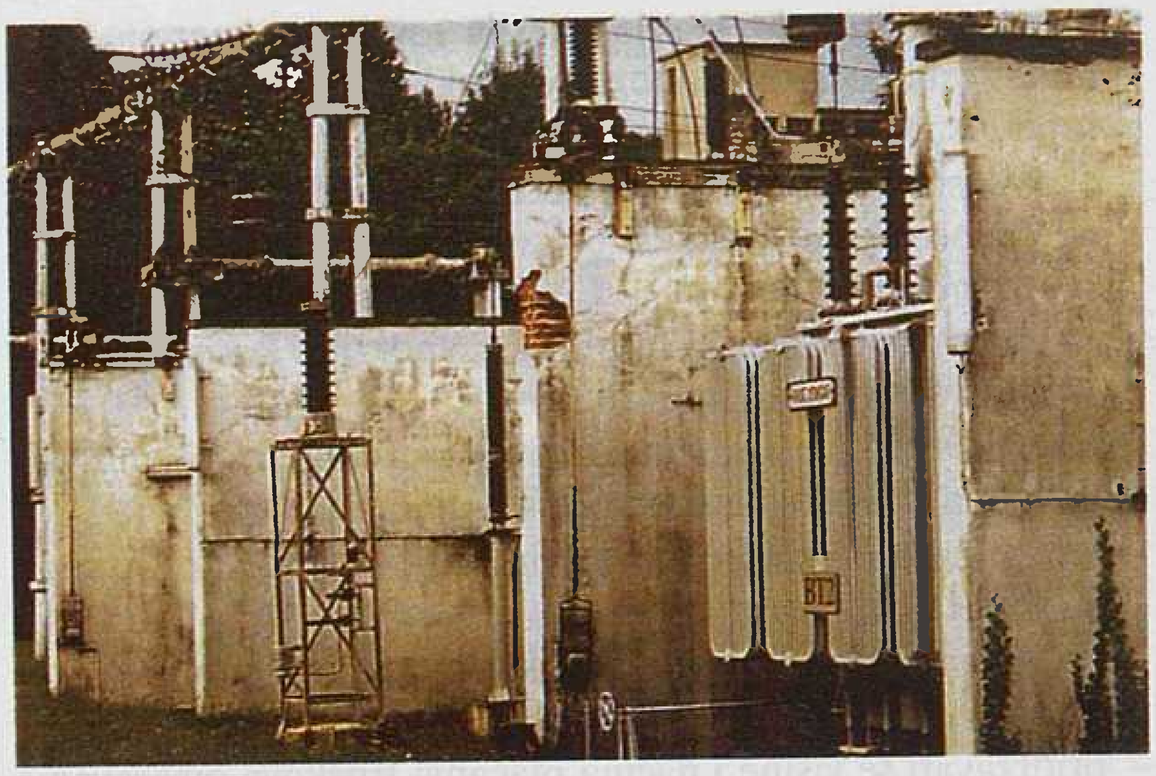
U okviru zaključnih razmatranja dana je procjena sposobnosti vitalnih dijelova postrojenja o njihovoj mogućnosti nastavka rada sa zadovoljavajućom pouzdanošću i raspoloživošću u razdoblju od slijedećih petnaest godina. Također se predlaže niz mjera kojima bi se osigurala pouzdanost i raspoloživost pogona te produljenje životnog vijeka u sustavu približno jednakom današnjem.

U elaboratu sadašnje stanje vitalnih pozicija, potrebne mjere za produženje životnog vijeka te potrebna dodatna istraživanja koja su u funkciji osiguranja sigurnog i pouzdanog rada u daljnjem pogonu prikazano je kako slijedi:

- **Plinsko-turbinski agregati** PTA1 i PTA2: - Za produženje životnog vijeka potrebna je zamjena prvog reda statorskih i rotorskih lopatica svakih 30.000 ekvivalentnih sati rada. potrebno je provoditi redovno održavanje. Nakon pojave tragova oštećenja visokotemperaturno opterećenih dijelova treba provoditi učestalije preglede radi utvrđivanja brzine napredovanja oštećenja. Naime, visokotemperaturno opterećeni dijelovi podložni su ubrzanom trošenju te se zbog toga periodički zamjenjuju.
- **Kotlovi na otpadnu toplinu** KU1 i KU2: - Neophodno je provoditi nadzor i kontrolu u okviru redovnog održavanja. Osim toga potrebno je planirati pregledi po potrebi NDT ispitivanja bubnja kotla.
- **Parovodi svježe pare** od kotla do turbina: - U okviru dodatnih ispitivanja potrebno je provoditi nadzor i kontrolu tijekom redovnog održavanja. također je potrebno provesti dodatna NDT ispitivanja unutarnje stijenke, mjerenje debljine stijenke na mjestima korozivnih oštećenja, ispitivanje zavarenih spojeva i strukture materijala. Pri tom treba uspoređivati dobivene rezultate mjerenja stijenke s minimalno dozvoljenim prema proračunu.
- **Parnoturbinski agregati** TGA1 i TGA2: - Na agregatu TGA1 potrebno je zamijeniti ulazno kućište na turbini te rekonstruirati regulaciju, tj. zamijeniti je hidrauličkom. Također je potrebno zamijeniti ležajeve na oba agregata. Nadalje, potrebno je provoditi nadzor i kontrolu u okviru redovnog održavanja. Osim toga potrebno je pratiti mjesta popravaka i registrirane pukotine. Neophodno je pratiti i degradaciju strukture visokotemperaturno opterećenih dijelova.
- **Generatori**: - Da bi se osigurao što dulji životni vijek generatora potrebno je provoditi mjerenje svih parametara

relevantnih za ocjenu starenja. Također treba ispitati stanje rotorske kape na oba generatora PTG1 i PTG2.

- **Energetski transformatori**: - Potrebno je redovno održavati i provoditi nadzor i kontrolu. Osim toga treba provjeriti stanje papirnate izolacije i kompletirati dokumentaciju o ispitivanju iste na bloktransformatorima BT2 i BT3. U slučaju da rezultati ispitivanja ne zadovoljavaju, zbog pogonske sigurnosti i raspoloživosti potrebno je nabaviti jedan transformator kao zamjenu.
- **Rasklopno postrojenje**: - Da bi rasklopno postrojenje moglo i dalje raditi potrebna je rekonstrukcija građevinskog dijela. Da bi se povećala sigurnost u sklopu 110 kV mreže, također je potrebna i cjelovita rekonstrukcija rasklopnog postrojenja 110 kV. Na slici 2 prikazana su oštećenja na građevinskom dijelu postrojenja.
- **Plinaskoturbinski agregati** PTA1 i PTA2: - Oprema za mjerenje, vođenje i regulaciju, ovisno o dijelu postrojenja, zastarjela je i od proizvođača koji više ne postoji. Potrebno je kompletno zamijeniti sustave vođenja.
- **Glavni građevinski objekti**: - Potrebno je redovno održavanje te nadzor i kontrola. Čelične konstrukcije treba ispitati prema opsegu definiranom glavnim pregledom nosivih čeličnih konstrukcija. Prema rezultatima nalaza osigurati uvjete za eventualne aktivnosti otklanjanja nepravilnosti i po potrebi obnoviti zaštitu od korozije.
- **Nosive konstrukcije**: - Da bi KTE mogla i dalje ostati u pogonu potrebna je potpuna rekonstrukcija nosive konstrukcije



Slika 2 – KTE Jertovec – Oštećenja razdjelnih zidova u rasklopnom postrojenju

armirano betonskih portala i kanala u vanjskom rasklopištu 110 kV, armirano betonskih konstrukcija oštećenih gravitacijskih kanala i tlačnog cjevovoda kondenzator-rashladni toranj, zajedno s betonskim kanalom.

- **Ostali građevinski objekti**: - U cilju produženja životnog vijeka potrebno je obnoviti na razini završnih radova u graditeljstvu objekt vodozahvata, bunar i crpnu stanicu te objekt dekarbonizacije i neutralizacijski bazen.

SBK

Energija

Godište 51 (2002) Br. 4

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1404

UDK 621.311.22:674.002
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/4, 299-310

ISKORIŠTAVANJE DRVNOG OSTATKA ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vedran Uran, dipl. ing.

"CASE" d.o.o., Šetalište XIII. divizije 28, 51000 Rijeka, Hrvatska

Cilj je ovog rada prikazati načine iskorištavanja drvnog ostatka iz drvnih industrija za proizvodnju toplinske i električne energije. Pri tome su ukratko opisane karakteristike drvnog ostatka kao goriva, tipovi energetskih sustava i sustava za ložcnje drvnih ostataka. Na primjerima pojedinih industrija u svijetu prikazana je isplativost izgradnje energetskih sustava na drvni ostatak. Kroz prikaz dosadašnjih iskustava u iskorištavanju drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije u drvnim industrijama Hrvatske, utvrđene su mogućnosti sve većoj implementaciji energetskih sustava na drvni ostatak u hrvatski toplinski i energetski sustav.

(Lit. 12, sl. 9 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/299-310/2002.

Energija 1405

UDK 621.3.064:621.315
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/4, 319-326

STANJE I TRENDOVI RAZVOJA VISOKONAPONSKIH SKLOPNIH APARATA U SVIJETU

Mr. sc. Krešimir Meštrović, dipl. ing.

Končar - Institut za elektrotehniku, 10000 Zagreb, Hrvatska

U posljednjih desetak godina došlo je do velikih poboljšanja u tehnologiji i konstrukciji visokonaponskih prekidača. Zahvaljujući razvoju novih tehnika prekidanja struje i optimiranju dimenzija prekidne komore značajno su reducirani energija pogonskog mehanizma i broj komponenata. Također kontinuirano nadgledanje stanja i dijagnostika dodane već postojećim funkcijama kontrole koje se provode konvencionalnim sekundarnim sistemima. U posljednje dvije godine došlo je do značajnog napretka u tehnologiji supravodljivih ograničavača struje. Treba naglasiti da se radi o potpuno novom tipu uređaja koji će najvjerojatnije omogućiti razvoj novih i nekonvencionalnih rješenja u elektroenergetskim sustavima. Za ograničavanje sklopnih prenapona i poteznih struja pri sklapanju kondenzatorskih baterija i induktivnih trošila sve se češće koristi kontrolirano sklapanje. Na taj način otpada potreba za ugradnjom visokonaponskih kondenzatora i uklopnih otpornika na prekidač. Uređaj za kontrolirano sklapanje sastoji se od konvencionalnog prekidača opremljenog s elektronskim kontrolnim modulom. Elektronski kontrolni modul sinkronizira trenutak uklapanja ili isklapanja pojedinih polova prekidača sa faznim kutem struje i napona.

(Lit. 8, sl. 9 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/319-326/2002.

Energija 1406

UDK 621.356:621.315
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/4, 337-343

NOVE VRSTE AKUMULATORSKIH BATERIJA ZA SUSTAVE ISTOSMJERNOG NAPONA U RASKLOPNIM POSTROJENJIMA

Javor Škare, dipl. ing. – Attila Lövei, dipl. ing.

Končar INEM, 10000 Zagreb, Hrvatska

Na svjetskom tržištu akumulatorskih stacionarnih baterija susrećemo se s raznim vrstama olovnih i Ni-Cd akumulatorskih baterija s minimalnim zahtjevima za održavanje. Svaka od njih ima izvjesnih prednosti i nedostataka. Tema ovog referata je njihova međusobna usporedba s naslova prihvatljivosti ugradnje u nove i postojeće podsustave istosmjernog razvoda i napajanja u rasklopnim postrojenjima HEP-a.

(Lit. 16, sl. 4 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/337-343/2002.

Energija 1406

UDK 621.356:621.315

1. Nove vrste akumulatorskih baterija za sustave istosmjernog napona u rasklopnim postrojenjima
I. *Škare, J. – Lövei, A.*
II. Končar INEM, 10000 Zagreb, Hrvatska

Rasklopna postrojenja
Istosmjerni razvod
Akumulatorske baterije

Energija 1405

UDK 621.3.064:621.315

1. Stanje i trendovi razvoja visokonaponskih sklopnih aparata u svijetu
I. *Meštrović, K.*
II. Končar - Institut za elektrotehniku, 10000 Zagreb, Hrvatska

Prekidač
Toplinska energija luka
Rotirajući luk
Inteligentni prekidač
Supravodljivi ograničavač struje
Kontrolirano sklapanje

Energija 1404

UDK 621.311.22:674.002

1. Iskorištavanje drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije
I. *Uran, V.*
II. "CASE" d.o.o., Šetalište XIII. divizije 28, 51000 Rijeka, Hrvatska

Drvni ostatak
Drvna industrija
Proizvodnja toplinske i električne energije
Energetski sustavi
Sustavi za loženje
Isplativost izgradnje energetskih sustava na drvni ostatak

Energija

Godište 51 (2002) Br. 4

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1407

UDK 621.311.22.005:658.8
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/4, 277-283

MJERE ZA SMANJENJE TROŠKOVA KAPITALA, POGONA I ODRŽAVANJA KOD TERMOELEKTRANA

Mr. sc. Branimir Loš, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara, 10000 Zagreb, Hrvatska

Smanjenje troškova proizvodnje električne energije pokreće domino efekt: slobodno tržište se širi, sjedinjavanje poduzeća dovodi do ušteda a pogon, dobava goriva i opreme za termoelektrane prolaze temeljitu reviziju. Projektanti, graditelji i građevinska poduzeća su natjerani na smanjenje troškova. Ovaj referat povezuje pojedinačne mjere usmjerene na smanjenje troškova.
(Lit. 8, sl. - – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/277-283/2002.

Energija 1408

UDK 621.311.21:621.398
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/4, 327-335

KOMANDA LANCA VARAŽDIN - CENTAR DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA HIDROELEKTRANAMA NA RIJECI DRAVI

Miljenko Brezovec, dipl. ing. – Darko Kuča, dipl. ing. – Goran Bužić, dipl. ing. – Mirjana Slunjski, dipl. ing.
HEP PP HE Sjever - Varaždin, 42000 Varaždin, Hrvatska

Komanda lanca Varaždin je centar iz kojeg se provodi daljinski nadzor i upravljanje s tri postojeće hidroelektrane na rijeci Dravi u Hrvatskoj. U ovom radu dan je pregled računarske opreme za daljinski nadzor i upravljanje u realnom vremenu i telekomunikacijskih sustava koji omogućavaju kvalitetnu komunikaciju s elektranama i drugim centrima. Opisane su i funkcije operativnog vođenja i neka iskustva stečena u dosadašnjem radu.
(Lit. 8, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/327-335/2002.

Energija 1409

UDK 621.311.31:577.4
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/4, 311-318

PROBLEMATIKA UTJECAJA NA OKOLIŠ USLIJED PRIMJENE SUMPORNOG HEKSAFLUORIDA (SF_6) U ELEKTROPRIVREDI

Damjan Međimorec, dipl. ing. – Silvio Brkić, dipl. ing. – mr. sc. Zoran Stanić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d. - Sektor za razvoj, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Plin sumporni heksafluorid (SF_6) nalazi svoju primjenu najvećim dijelom u elektroenergetskom sektoru i to uglavnom za gašenje električnog luka i/ili izolaciju u postrojenjima visokog i srednjeg napona. Zastupljenost SF_6 tehnologije stalno raste, zahvaljujući brojnim prednostima u odnosu na druge tehnologije za slične primjene, pa tako i u smislu raznih utjecaja na okoliš.
Razlikuju se utjecaji samog (čistog) SF_6 plina i produkata njegove razgradnje do koje dolazi pri određenim pojavama u pogonu. Ovisno o stupnju "onečišćenja" takvim produktima SF_6 može se očistiti na više načina, odnosno reciklirati i ponovo upotrijebiti, a u krajnjem slučaju posebnim postupkom na siguran način uništiti. Stoga se u skladu s važećom regulativom u svjetskoj, ali i domaćoj praksi razmatra i poduzima niz aktivnosti s ciljem odgovornog pogona i održavanja opreme sa SF_6 plinom.
(Lit. 25, sl. 4 - original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/311-318/2002.

Energija 1409 UDK 621.311.31:577.4

1. Problematika utjecaja na okoliš uslijed primjene sumpornog heksafluorida (SF_6) u elektroprivredi

I. *Međimorec, D. – Brkić, S. – Stanić, Z.*

II. Hrvatska elektroprivreda d.d. – Sektor za razvoj, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Sumporni heksafluorid (SF_6)
Recikliranje
Bilanciranje
Mjere i aktivnosti za ublažavanje utjecaja na okoliš

Energija 1408 UDK 621.311.21:621.398

1. Komanda lanca Varaždin – centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi

I. *Brezovec, M. – Kuča, D. – Bužić, G. – Slunjski, M.*

II. HEP PP HE Sjever – Varaždin, 42000 Varaždin, Hrvatska

Lanac hidroelektrana
Daljinsko vođenje
Optimizacija

Energija 1407 UDK 621.311.22.005:658.8

1. Mjere za smanjenje troškova kapitala, pogona i održavanja kod termoelektrana

I. *Loš, B.*

II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara, 10000 Zagreb, Hrvatska

Troškovi
Tržište
Pogon
Gorivo
Oprema
Smanjenje
Mjere

Energija

Godište 51 (2002) Br. 4

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

Energija 1410

UDK 621.18:621.311.22
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/4, 285-297

KOTAO NA ISPUŠNE PLINOVE U KOMBIKOGENERACIJSKOM POSTROJENJU

Miroslav Šander, dipl. ing.

ELEKTROPROJEKT, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska

Kombi - Kogeneracijsko postrojenje TE - TO Zagreb se sastoji od dvije plinske turbine i jedne kondenzacijske turbine bez međupregrijanja. Postrojenje se sastoji od mehanički integrirane, višeosovinske kombikogeneracijske opreme za proizvodnju električne energije projektirane za dnevno upuštanje i obustavu uz bazno opterećenje ili djelomično opterećenje. Postrojenje se sastoji od dvije MS6001FA plinske turbine s generatorima te dva kotla na ispušne plinove, jedne parne turbine s jednim privodom pare, vodom hlađenog kondenzatora na ispuhu parne turbine. Para za parnu turbinu se proizvodi u kotlu na ispušne plinove korištenjem ispušne topline proizvedene u plinskoj turbini. Kombi - Kogeneracijsko postrojenje će generirati 200 MW električne energije te paru za mrežno grijanje i industrijsku paru.

(Lit. 8, sl. 6 - original na hrvatskom jeziku)

Autor

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/285-297/2002.

Energija 1410

UDK 621.18:621.311.22

1. Kotao na ispušne plinove u kombikogeneracijskom postrojenju
I. *Šander, M.*
II. ELEKTROPROJEKT, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska

TE-TO Zagreb
Kombigeneracijsko postrojenje
Kotao
Ispušni plinovi

Energija

Volume 51 (2002) Nº 4

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1404

UDK 621.311.22:674.002
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/4, 299-310

WOOD RESIDUE EXPLOITATION FOR HEAT AND POWER PRODUCTION

Vedran Uran, B. Sc.

"CASE" d.o.o. – Šetalište XIII. divizije 28, 51000 Rijeka, Croatia

The scope of this work is to show the ways of wood residue exploitation from wood industry for heat and power production. Thereby, wood residues' characteristics as a fuel are briefly described, as well as types of energy and combustion systems that use wood residues. Based on the examples of certain wood industries in the world the profitability of wood residues' energy systems is shown. By reviewing the experience of wood residue exploitation for heat and electric energy production in the Croatian wood industry, possibilities of a wider implementation of such heat and energy generation systems within the Croatian energy system are determined.

(No. of References: 12, Fig.: 9 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/299-310/2002.

ENERGIJA 1405

UDK 621.3.064:621.313
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/4, 319-326

STATUS AND DEVELOPMENT TRENDS OF HIGH-VOLTAGE SWITCHING APPARATUS IN THE WORLD

Krešimir Meštrović, M. Sc.

Končar - Institut za elektrotehniku, 10000 Zagreb, Croatia

In the past ten years significant amelioration of technology and construction of circuit breakers has been reached. Thanks to new current breaking techniques and optimisation of switching chamber the energy of operation mechanism as well as the number of components have been significantly changed. Continuous control and diagnostics have been added to the already existing control functions conducted by conventional secondary systems. During last two years a significant technology improvement in the superconductivity of current limitators occurred. It should be emphasised that this is a completely new type of equipment, which will probably enable the development of non-conventional solutions in electric power systems. Controlled switching is frequently used to limit switching over-voltage and starting current by capacitor bank switching and inductive motors. Thus, it is no longer necessary to build in high-voltage capacitors and switching resistors in circuit breakers. The appliance for controlled switching is composed of a conventional circuit breaker using electronic control module, which synchronises the moment of switching certain circuit breaker poles with the phase angle of current and voltage.

(No. of References: 8, Fig.: 9 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/319-326/2002

ENERGIJA 1406

UDK 621.356:621.315
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/4, 337-343

NEW ACCUMULATOR BATTERY TYPES FOR D.C. VOLTAGE SYSTEMS IN SWITCHING SUBSTATIONS

Javor Škare, B. Sc. – Attila Lövei, B. Sc.

Končar INEM, 10000 Zagreb, Croatia

Many stationary accumulator battery types can be found at the world market, which use lead or Ni-Cd with minimum maintenance requirements. Each of them has certain advantages and disadvantages. The theme of this paper is the comparison among them from the point of acceptability for new and existing direct current circuit and power supply subsystems in HEP switching substations.

(No. of References: 16, Fig.: 4 – original in Croatian)

Authors

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/337-343/2002.

ENERGIJA 1406 UDK 621.356.621.315

1. New Accumulator Battery Types for D.C. Voltage Systems in Switching Substations
I. *Škare, J. – Lövei, A.*
II. Končar INEM, 10000 Zagreb, Croatia

Switching Substation
D.C. Circuit System
Accumulator Battery

ENERGIJA 1405 UDK 621.3.064:621.315

1. Status and Development Trends of High-Voltage Switching Apparatus in the World
I. *Meštrović, K.*
II. Končar - Institut za elektrotehniku, 10000 Zagreb, Croatia

Circuit Breaker
Arc Heat Energy
Rotating Arc
Intelligent Circuit Breaker
Superconductivity of Current Limitators
Controlled Switching

ENERGIJA 1404 UDK 621.311.22:674.002

1. Wood Residue Exploitation for Heat and Power Production
I. *Uran, V.*
II. "CASE" d.o.o., Šetalište XIII. divizije 28, 51000 Rijeka, Croatia

Wood Residues
Wood Industry
Heat and Power Production
Energy Systems
Combustion Systems
Profitability of Wood Residues' Energy System Construction

Energija

Volume 51 (2002) Nº 4

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1407

UDK621.311.22.005:658.8
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/4, 277-283

MEASURES TO DECREASE COSTS OF CAPITAL, OPERATION AND MAINTENANCE IN THERMAL POWER PLANTS

Branimir Loš, M. Sc.

Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara, 10000 Zagreb, Croatia

Electric energy generation decrease sets the domino effect in motion: free market is spreading, union of companies cuts costs and operation, fuel and equipment supply of thermal power plants undergoes a detailed revision. Designers, constructors and building companies are forced to cut costs. This paper summarises different single measures aimed at cost reduction.
(No. of References: 8, Fig.: - – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/277-283/2002.

ENERGIJA 1408

UDK 621.311.21:621.398
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/4, 327-335

VARAŽDIN CHAIN COMMAND – REMOTE CONTROL AND MANAGEMENT OF HYDRO POWER PLANTS ON THE DRAVA RIVER

Miljenko Brezovec, B. Sc. – Darko Kuča, B. Sc. – Goran Bužić, B. Sc. – Mirjana Slunjski, B. Sc.

HEP PP HE Sjever - Varaždin, 42000 Varaždin, Croatia

Varaždin chain command is a centre from which remote control and management of three hydro power plants on the Drava River in Croatia is realised. In this work a review of computer equipment for remote control and management in real time is given as well as telecommunication systems that enable good communication with power plants and other centres. Operation system functions are described and some experience gathered in the work so far.
(No. of References: 8, Fig.: 5 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/327-335/2002.

ENERGIJA 1409

UDK 621.311.31:577.4
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/4, 311-318

ENVIRONMENTAL IMPACT FOLLOWING THE APPLICATION OF SULPHUR HEXAFLUORIDE (SF_6) IN ELECTRIC POWER UTILITY

Damjan Međimorec, B. Sc. – Silvio Brkić, B. Sc. – Zoran Stanić, M. Sc.

Hrvatska elektroprivreda d.d. – Sektor za razvoj, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Gas called sulphur hexafluoride (SF_6) is applied mainly in the electric power sector to extinguish the electric arc and/or insulate high- and mid-voltage substations. The involvement of SF_6 technology is constantly growing thanks to numerous advantages compared to other technologies for similar applications as well as in the sense of different environmental impacts. The impacts of "pure" SF_6 gas and its separation products coming from different operation situations differ. Depending on the "pollution" level these SF_6 products can be cleansed in various ways, recycled and used again, and in the worst case destroyed in a special, completely secure, procedure. Therefore, in accordance with foreign and domestic regulations, actions are considered and undertaken to reach responsible operation and maintenance of SF_6 apparatus.
(No. of References: 25, Fig.: 4 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/2/311-318/2002.

ENERGIJA 1409 UDK 621.311.31:577.4

1. Environmental Impact Following the Application of Sulphur Hexafluoride (SF_6) in Electric Power Utility

I. *Medimorec,D. – Brkić,S.-Stanić,Z.*

II. Hrvatska elektroprivreda d.d. – Sektor za razvoj, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Sulphur Hexafluoride (SF_6)
Recycling
Balance
Measures and Activities to Decrease the Impact on the Environment

ENERGIJA 1408 UDK621.311.21:621.398

1. Varaždin Chain Command – Remote Control and Management of Hydro Power Plants on the Drava River

I. *Brezovec,M. – Kuča,D. – Bužić,G. – Slunjski,M.*

II. HEP PP HE Sjever – Varaždin, 42000 Varaždin, Croatia

Hydro Power Plants' Chain
Remote Control
Optimisation

ENERGIJA 1407 UDK 621.311.22.005:658.8

1. Measures to Decrease Costs of Capital, Operation and Maintenance in Thermal Power Plants

I. *Loš,B.*

II. Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara, 10000 Zagreb, Croatia

Costs
Market
Operation
Fuel
Equipment
Decrease
Measurement

Energija

Volume 51 (2002) № 4

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1410

UDK 621.18:621.311.22
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/4, 285-297

BOILER USING FLUE GASSES IN A COMBINED COGENERATION PLANT

Miroslav Šander, B. Sc.

ELEKTROPROJEKT, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Croatia

Combined cogeneration plant TE-TO Zagreb is composed of two gas turbines and one condensing turbine without interim heating. The facility consists of mechanically integrated, multi-axe combined cogeneration equipment for electric energy production designed for daily start and stop by base or partial load. The plant includes two MS6001FA gas turbines with generators and two boilers using flue gasses, one steam turbine with a steam inlet, water cooled condenser on the steam turbine release. The steam for steam turbine is produced in a flue gas-using boiler from the heat produced in the gas turbine. Combined cogeneration plant is going to produce 200 MW of electric energy and steam for the district heating network as well as industrial steam.
(No. of References: 8, Fig.: 6 – original in Croatian)

Author

ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/4/285-297/2002.

ENERGIJA 1410

UDK 621.18:621.311.22

1. Boiler Using Flue Gasses in a Combined Cogeneration Plant

I. *Šander, M.*

II. ELEKTROPROJEKT, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Croatia

TE-TO Zagreb
Combined Cogeneration Plant
Boiler
Flue Gasses

UDK.621.31 ENJAAC 51(5) – (2002) – 355 – 436 ISSN 0013 – 7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 51 (2002) Zagreb 2002 Br. 5

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Ivo Čović, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

UREĐIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić*, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer*, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea*, dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović*, dipl. ing., HEP Osijek – mr. sc. Mladen *Mandić*, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić*, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša*, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković*, dipl. ing.

Urednik – Editor: Zdenka *Jelić*, prof.

Lektor: Šime *Čagalj*, prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: VARTEKS d.d. R.J. Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

SADRŽAJ

Sabolić D.: Načela i praksa deregulacije (Pregledni članak) 357

Santica I.: Iskustva desetogodišnje eksploatacije podzemne i u more uronjene TS 10(20)/04, kV "Fortin" u Trogiru (Stručni članak) 379

Bajić B.: Multidimenzionalna dijagnostika i monitoring kavitacije (Izvorni znanstveni članak) 387

Mandarić F.: Odnos anomalija zračnih razmaka izmjeničnog i istosmjernog prijenosa električne energije (Stručni članak) 395

Mandarić F.: Osnovne teorijske postavke izmjeničnih i istosmjernih prijenosnih vodova (Stručni članak) 401

Grozdanić I.: Pregled ostvarenja tehnologije kompaktiranja (Pregledni članak) 409

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja 417

Iz strane stručne literature 427

Nove knjige 435

Fotografija na omotu:

HE DUBROVNIK

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2002 – 30 – 09

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 stranica. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.
     Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak,dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

NAČELA I PRAKSA DEREGULACIJE

Mr. sc. Dubravko Sabolić, Zagreb

UDK 621.3.078:621.316.7
PREGLEDNI ČLANAK

Daje se pregled osnovnih pojmova i načela na kojima se temelji pokret deregulacije, a zatim se diskutira o nekim praktičnim problemima koji su se dogodili u deregulaciji elektroenergetskog, odnosno telekomunikacijskog sektora.

Ključne riječi: **deregulacija, elektroenergetika, telekomunikacije.**

1. UVOD

U ovome članku opisat ćemo teoretska načela i neke praktične probleme deregulacije dvaju važnih privrednih sektora, elektroenergetike i telekomunikacija. Kako je deregulacija utemeljena na nekoliko jednostavnih ekonomskih načela, najprije ćemo prema [1] dati pregled glavnih pojmova iz područja mikroekonomike, koji su važni za dobro razumijevanje toga što je deregulacija, zbog čega se ona poduzima, i koje su njene izravne posljedice. Ponekad se stječe dojam da u širem krugu ljudi postoji izvjesna odioznost prema samom pojmu deregulacije. Naš je cilj pokazati da ideja deregulacije nije samo po sebi štetna, i da ona može dati dobre i korisne rezultate. Ono što može poći po zlu je provedba. O nekim praktičnim pitanjima provedbe izvijestit ćemo na temelju literature [2 – 11].

2. PONUDA I POTRAŽNJA

Počnimo s definiranjem "krivulje potražnje". Na slici 1 dajemo primjer takve krivulje koja opisuje, recimo, vezu između potražnje za cipelama, izražene u parima, i cijene jednog para cipela, izražene u kunama, na nekom zamišljenom tržištu. Ova krivulja pokazuje skupno ponašanje populacije kupaca. Primjerice, ako je prosječna cijena para cipela jednaka 200 kn, kupci će potraživati 100,000 pari. Uz cijenu od 500 kn oni će htjeti kupiti ukupno 40,000 pari. Krivulja potražnje uvijek ima padajući trend. Ako se isti proizvod nudi po višoj cijeni, potencijalni kupci će ga početi supstituirati nekim drugim sličnim artiklom, pa će potražnja padati. Neki od kupaca više si neće moći priuštiti tako skupu stvar. Krivulja potražnje, u najkraćemu, opisuje ponašanje, odnosno želju, volju, ili mogućnosti kupaca. Nju ćemo matematički opisati kao funkcionalnu ovisnost cijene, P, o količini proizvoda, Q. Dakle, $P = f(Q)$. Derivacija, $\mathrm{d}f(Q)/\mathrm{d}Q$, po predznaku je očito uvijek negativna.

"Krivulja ponude", nacrtana također na slici 1, opisuje volju prodavača da prodaju izvjesnu ukupnu količinu neke robe po izvjesnoj prosječnoj cijeni. Tako u našem primjeru vidimo da su prodavači cipela na tržištu voljni po cijeni od npr. 400 kn ponuditi 55,000 pari cipela. Krivulja ponude ima pozitivan nagib, jer prodavači, motivirani zaradom, žele proizvesti i prodati to veću količinu proizvoda, što je viša njihova cijena. Krivulju ponude opisat ćemo opet funkcijom ovisnosti cijene o količini: $P = g(Q)$. Derivacija, $\mathrm{d}g(Q)/\mathrm{d}Q$, ovdje je pozitivna. O razlozima takve "volje" prodavača govorit ćemo u 3. poglavlju.

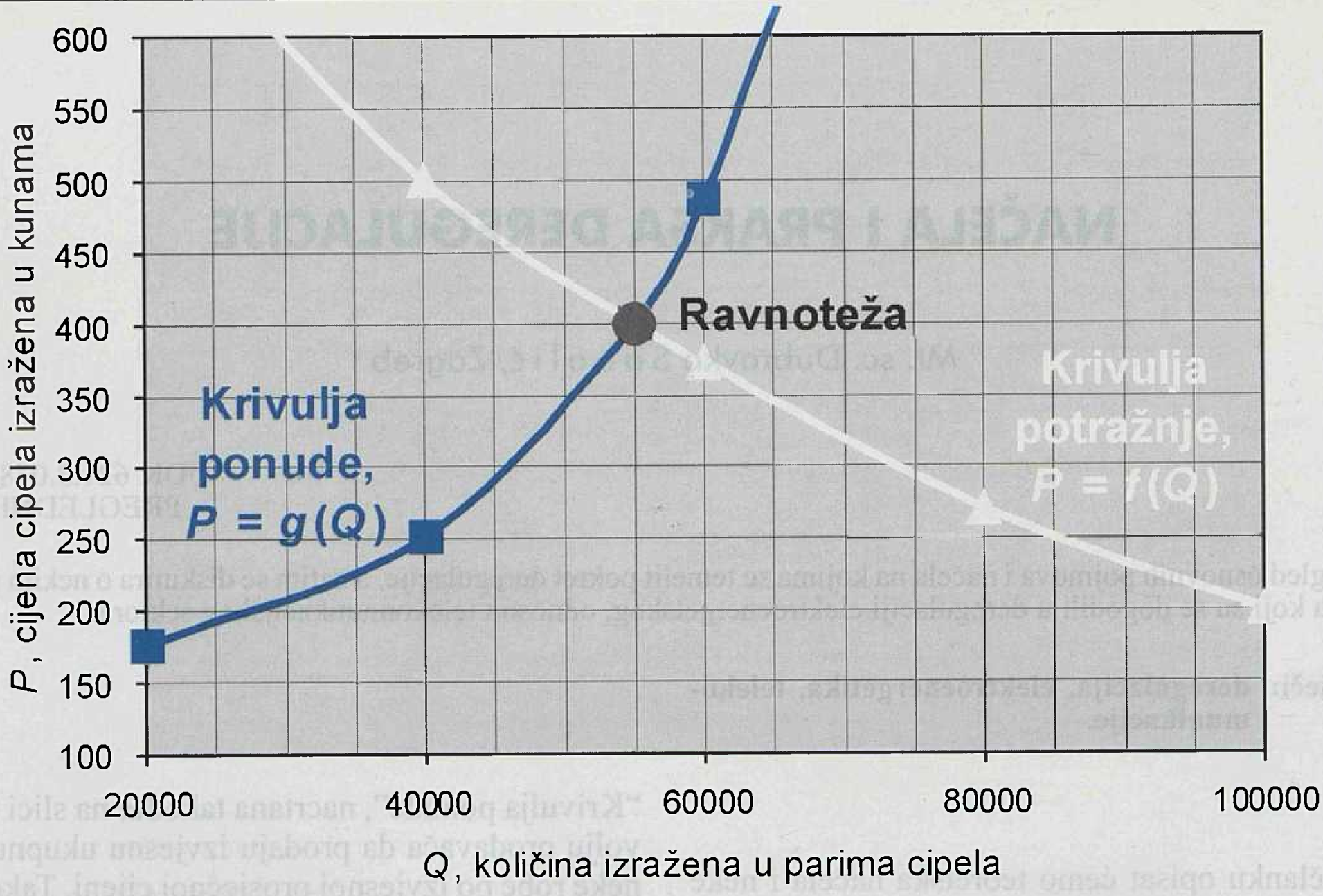
Tržište je u ravnoteži kada je prosječna cijena po jedinici proizvoda upravo jednaka onoj na sjecištu krivulja ponude i potražnje. Tada se ne gomilaju višci, niti se javljaju nedostaci robe na tržištu, jer prodavači nude točno onoliko koliko potrošači traže. Na našoj slici vidimo da sjecište dviju krivulja ukazuje da je optimalna cijena para cipela jednaka 400 kn. Tada ih prodavači mogu prodati 55,000 pari.

Sada ćemo objasniti mjeru koja pokazuje kako tržište reagira na promjene cijena, ako ostali faktori koji mogu utjecati na ponudu ili potražnju ostanu konstantnima.

Cjenovna elastičnost ili elastičnost potražnje je bezdimenzionalna veličina koja prikazuje za koliko postotaka se promijeni potražnja, ako se cijena promijeni za 1%. To je, dakle, omjer relativne promjene potražnje i relativne promijene cijene. On je uvijek po iznosu negativan, jer porastom cijene potražnja pada:

$$E_C(Q) = \frac{\dfrac{\mathrm{d}Q}{Q}}{\dfrac{\mathrm{d}f(Q)}{f(Q)}} = \frac{f(Q)}{Q} \cdot \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}f(Q)} \le 0. \qquad (1)$$

Ekonomisti uvijek navode elastičnost kao pozitivnu veličinu, dakle kao njezin apsolutan iznos. Kod potražnje jasno je da je ona u stvarnosti negativna, pa predznak ne nosi neku osobito važnu informaciju. Važno je vidjeti da elastičnost nije derivacija, tj. ona se



Slika 1. Ilustracija krivulje potražnje (bijela) i krivulje ponude (tamna) na zamišljenom tržištu cipela. U točki sjecišta tih krivulja nalaze se ravnotežna količina i cijena. Pri toj cijeni (400 kn) prodavači prodaju sve proizvedene cipele, a da istodobno ne dolazi do nestašice.

ne smije poistovjetiti s nagibom krivulje potražnje. Elastičnost je funkcija od Q, tj. za različite iznose količine na istoj krivulji potražnje ona može poprimiti najrazličitije vrijednosti. Primjerice, kada bi funkcija potražnje bila linearna, $f(Q) = -aQ + b$, $(a > 0, b > 0)$, elastičnost bi u skladu s definicijom bila:

$$E_C(Q) = \frac{-aQ+b}{Q} \cdot \frac{-1}{a} = 1 - \frac{b}{aQ}. \qquad (2)$$

S obzirom da se u ovom primjeru vrijednost Q može kretati samo između 0 i b/a, jer cijena $f(Q)$, ima u slučaju napisane linearne ovisnosti pozitivan iznos samo za te vrijednosti Q, elastičnost može poprimati iznose između – beskonačno i 0, odnosno apsolutne vrijednosti između + beskonačno i 0. Ako je apsolutni iznos elastičnosti potražnje veći od 1, onda je potražnja elastična. Ako je manji od jedan, ona je neelastična. Kada je elastičnost upravo jednaka 1, potražnja ima takvu karakteristiku da lagani otkloni cijene oko ravnotežne točke uopće ne utječu na prihod prodavača, što ćemo pokazati malo kasnije. Ako je potražnja elastična, kupci snažno odgovaraju na promjene cijene.

U nekoj točki na krivulji potražnje, koju opisuje količina Q i jedinična cijena $f(Q)$, prihod prodavača je jednak: $I(Q) = Q\,f(Q)$. Promotrimo što se događa s prihodom kada se promijeni jedinična cijena. Ako je predznak derivacije prihoda po cijeni pozitivan, prihod raste s povećanjem jedinične cijene. Ako je on negativan, prihod pada. Kada derivacija ima iznos 0, prihod se ne mijenja s promjenom jedinične cijene. Evo derivacije prihoda po cijeni:

$$\frac{\mathrm{d}[Q \cdot f(Q)]}{\mathrm{d}f(Q)} = f(Q)\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}f(Q)} + Q = $$

$$= Q \cdot \left[1 + \frac{f(Q)}{Q} \cdot \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}f(Q)}\right] = \qquad (3)$$

$$= Q \cdot \left[1 + E_C(Q)\right] = Q \cdot \left[1 - \left|E_C(Q)\right|\right].$$

Dakle, ako je apsolutni iznos elastičnosti jednak jedan, prihod se ne mijenja s promjenom jedinične cijene. Ako je potražnja neelastična, tj. ako je apsolutna vrijednost elastičnosti manja od 1, prihod raste s porastom cijene. Kada je potražnja elastična, naprotiv, prihod raste s padom jedinične cijene, jer se broj kupaca poveća razmjerno više nego što se smanjila cijena jednog proizvoda. Dakle, kod tržišta s neelastičnom potrošnjom smanjenje broja potrošača povećava dohodak. Primijetmo da derivacija prihoda po jediničnoj cijeni također ovisi o potražnji u točki promatranja, Q, odnosno da je ona linearna padajuća funkcija apsolutne vrijednosti cjenovne elastičnosti, $|E_C|$.

Važan je i pojam *graničnog prihoda*. To je derivacija ukupnog prihoda po količini, odnosno prirast prihoda, ako se proda još jedan proizvod. Granični prihod može biti pozitivan, u kojem slučaju porastom prodaje raste ukupni prihod, odnosno negativan, kada ukupni prihod porastom prodaje pada. Kada je granični prihod jednak nuli, ukupni prihod ima svoj maksimum. Granični ili marginalni prihod definiramo kao:

$$R_M(Q) = \frac{\mathrm{d}[Q \cdot f(Q)]}{\mathrm{d}Q} = f(Q) + Q \cdot \frac{\mathrm{d}f(Q)}{\mathrm{d}Q} =$$

$$= f(Q) \cdot \left[1 + \frac{Q}{f(Q)} \cdot \frac{\mathrm{d}f(Q)}{\mathrm{d}Q} \right] = \qquad (4)$$

$$= f(Q) \cdot \left[1 + \frac{1}{E_C(Q)} \right] = f(Q) \cdot \left[1 - \frac{1}{|E_C(Q)|} \right] .$$

Granični prihod mijenja se s količinom Q u skladu s gornjom formulom. Kada je elastičnost po iznosu vrlo velika, marginalni prihod izjednačen je s cijenom $f(Q)$, što znači da cijena ne ovisi o količini. To je slučaj kod zamišljene savršene konkurencije.

Između krivulje potražnje, $f(Q)$, i krivulje graničnog prihoda, $R(Q)$, postoji veza koja se iščitava iz prvog retka u (4). Te dvije veličine zadovoljavaju diferencijalnu jednadžbu: $f(Q)\,\mathrm{d}Q + Q\,\mathrm{d}f(Q) = R(Q)\,\mathrm{d}Q$. Njezino se opće rješenje lako pronalazi kao:

$$f(Q) = \frac{k}{Q} + \frac{1}{Q} \cdot \int R(Q) \cdot \mathrm{d}Q \quad . \qquad (5)$$

Ovdje je k proizvoljna konstanta, pa postoji beskonačno mnogo krivulja potražnje koje formalno daju istu funkciju graničnog prihoda. Član k/Q predstavlja rješenje homogene diferencijalne jednadžbe, i on je tu uvijek, bez obzira na oblik ovisnosti $R(Q)$. Drugi pribrojnik na desnoj strani u (5) daje jednu funkciju, koja je određena samo sa $R(Q)$. Primijetimo da je ta funkcija upravo jednaka prosječnom prihodu po jedinici proizvoda, jer sâm integral daje funkciju ukupnog prihoda. Dodavanjem bilo koje funkcije oblika k/Q, nastaje nova $f(Q)$, koja također ima isti granični prihod za svaki Q. No, je li svaka takva funkcija valjana? Funkcija potražnje (cijena u ovisnosti o količini) mora težiti funkciji marginalnog prihoda, kada Q teži u nulu. To je zato što cijena prodaje prvog proizvoda upravo jednaka marginalnom prihodu kad se prodaja povećala s 0 primjeraka na jedan primjerak proizvoda. Iz tog rubnog uvjeta, naime $f(Q)|_{Q\to 0} = R(Q)|_{Q\to 0}$, prema (5) se izvodi vrijednost konkstante k:

$$k = \lim_{Q\to 0} \left[Q \cdot f(Q) - \int R(Q) \cdot \mathrm{d}Q \right] = 0. \qquad (6)$$

Naime, zbog rubnog uvjeta integral u gornjem izrazu poprima upravo vrijednost $Q\,f(Q)$.

Recimo npr. da je granični prihod linearna padajuća funkcija od Q, i da ima oblik: $R(Q) = a - bQ$, gdje su a i b pozitivni realni brojevi, i gdje se Q kreće u granicama od 0 do $2a/b$. Prema (5) izlazi da familija funkcija potražnje koje daju takav granični prihod ima oblik: $f(Q) = (k/Q) + a - (b\,Q)/2$. Zbog rubnog uvjeta stavit ćemo $k = 0$. Ispada da je $f(Q) = a - (b\,Q)/2$. Pouka glasi: linearna padajuća funkcija potražnje daje također linearnu padajuću funkciju graničnog prihoda, koja ima dvostruko strmiji pad, a kreće iz iste točke na ordinati, u kojoj je cijena jednaka a. To, naravno, vrijedi i za linearne aproksimativne odsječke inače nelinearnih funkcija potražnje.

Linearno padajući granični prihod znači da ukupni prihod ima tijek kao parabola, u ovom slučaju s jednadžnom: $I(\mathrm{Q}) = \int R(Q)\,\mathrm{d}Q = \int (a - bQ)\,\mathrm{d}Q = aQ - bQ^2/2$. Ta parabola okrenuta je otvorom prema dolje, vrijednost joj je nula za $Q = 0$ i $Q = 2a/b$, dok se maksimalna vrijednost prihoda postiže kada je $Q = a/b$, u kojem slučaju on iznosi $a^2/(2b)$. Tada je marginalni prihod jednak nuli, a elastičnost potražnje je jedinična.

Zaključimo da su funkcije potražnje i graničnog prihoda jednoznačno vezane prema (5), uz $k = 0$, tj. općenito vrijedi:

$$f(Q) = \frac{1}{Q} \cdot \int R(Q) \cdot \mathrm{d}Q \quad . \qquad (7)$$

Riječju, cijena je jednaka prosječnom prihodu po jedinici proizvoda. Pojam graničnog prihoda eksploatirat ćemo kasnije u 4. poglavlju, kada bude riječi o formiranju cijena monopolističkih poduzeća.

Osim maločas spomenutog slučaja jedinične elastičnosti potražnje, postoje još dva teoretski važna granična slučaja. Potražnja je beskonačno elastična, tj. $|E_C|$ teži u beskonačno, kada i na najmanju promjenu cijene kupci reagiraju izuzetno velikom promjenom potražnje. To znači da cijena praktički ne ovisi o potražnji, nego je ona konstantna za sve razine potražnje, barem u nekom intervalu vrijednosti, odnosno, krivulja potražnje predstavljena je horizontalnim pravcem (ili horizontalnim odsječkom krivulje).

Obratno, kada potražnja uopće ne ovisi o cijeni, tj. kada je $|E_C| = 0$, u grafikonu imamo okomiti pravac ili dio krivulje. Kupcima je svejedno kolika je, barem u nekom rasponu vrijednosti, cijena proizvoda; oni uvijek kupuju istu količinu. Tada kažemo da je potražnja savršeno neelastična.

Stvarnost se samo ponekad približava ovakvim ekstremnim slučajevima. Općenito se može ustvrditi da životno važni proizvodi, koji predstavljaju nasušnu potrebu kupaca, imaju malu elastičnost. Bez obzira na poskupljenje, kupci su i dalje prisiljeni kupovati hranu, vodu, odjeću, električnu energiju..., i ne mogu se odreći tih proizvoda, pa je odgovor na promjenu cijena mlak. Naprotiv, kod luksuznih proizvoda odgovor može biti vrlo jak: poskupi li jako dizajnerska odjeća, mnogi kupci napustit će butike s takvom robom i odijevati se konfekcijskom, koja služi jednako dobro istoj svrsi.

Važan faktor kod reakcije kupaca je i vrijeme, barem u slučaju određenih vrsta robe. Tako razlikujemo kratkoročnu i dugoročnu elastičnost. Primjerice, dođe li do značajnog poskupljenja benzina, u početku će se kupci nevoljko, ali ipak, pomiriti s time i natočiti skuplje gorivo. Malo je vjerojatno da će itko zbog toga prodati auto. No, potraje li ta situacija dulje, neki od njih nabavit će vozilo koje troši manje goriva, a oni koji su već imali mala ekonomična vozila, okrenut će se gradskom prijevozu.

Nadalje, možemo definirati elastičnost ponude kao omjer relativne promjene ponude nekog proizvoda i relativne promjene cijene. Ako je krivulja ponude na slici 1 opisana funkcijom g, tako da cijena ovisi o ponudi kao $P = g(Q)$, elastičnost ponude iznosi:

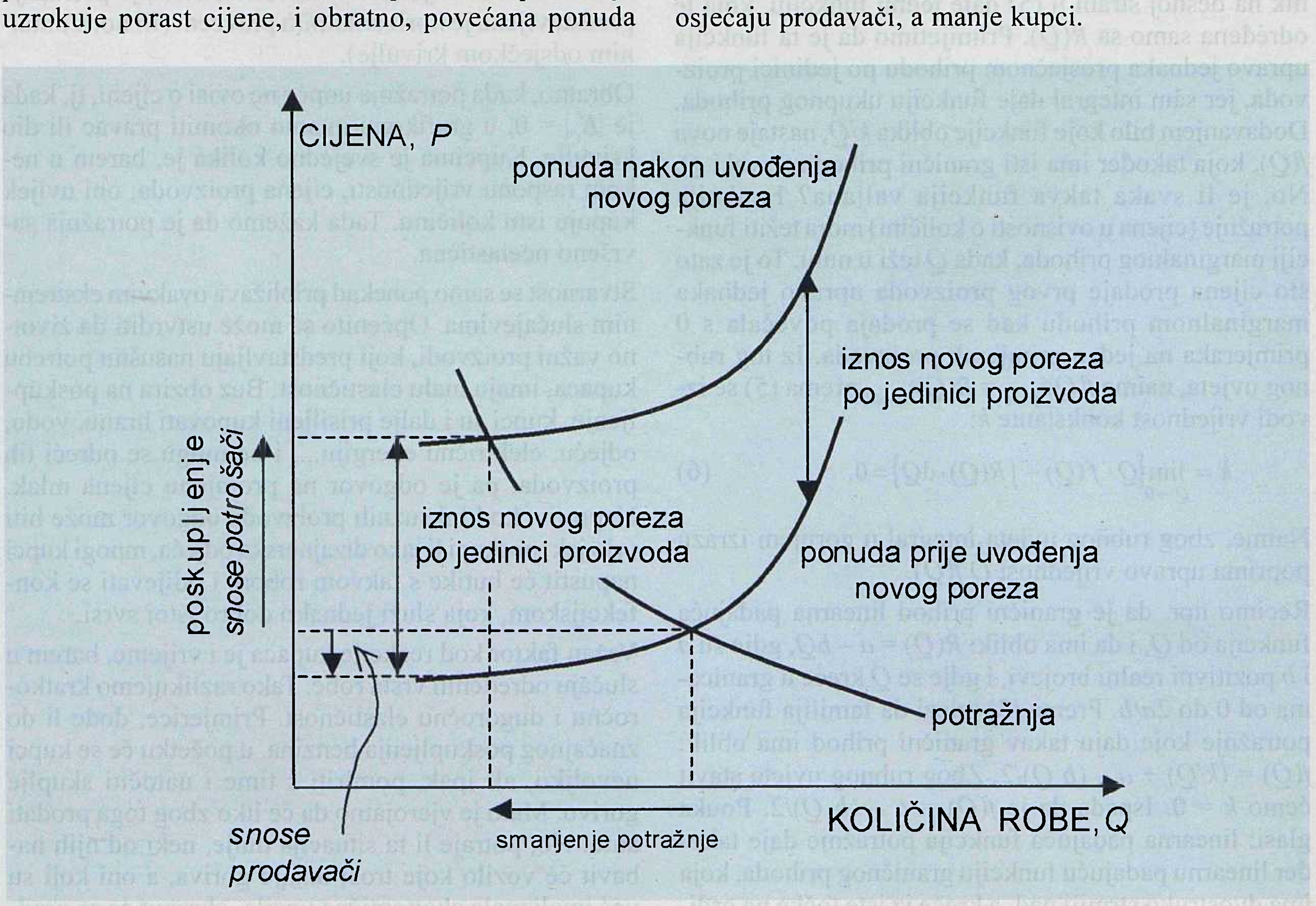
$$E_P = \frac{\frac{\mathrm{d}Q}{Q}}{\frac{\mathrm{d}g(Q)}{g(Q)}} = \frac{g(Q)}{Q} \cdot \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}g(Q)} \geq 0. \qquad (8)$$

To je bezdimenzionalni broj koji pokazuje za koliko se postotaka promijeni ponuda, ako se cijena promijeni za 1%. Elastičnost ponude je uvijek pozitivna, jer prodavači žele prodati to više proizvoda, što je veća njihova cijena. Stoga nije potrebno činiti razliku između njenog stvarnog iznosa i apsolutne vrijednosti.

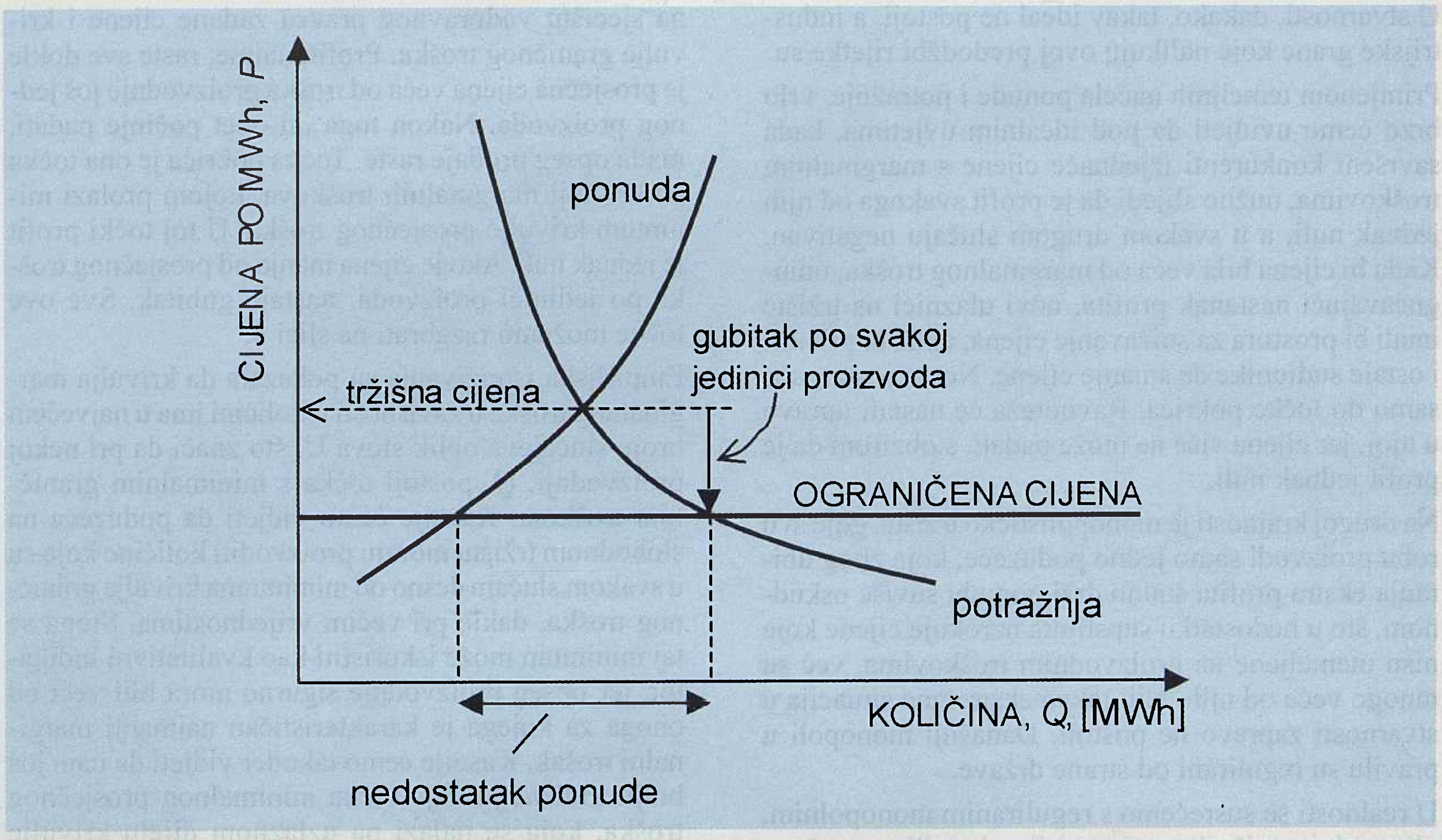
Promjene krivulja ponude ili potražnje dovode do pomaka ravnotežnog stanja. Npr, ako se krivulja ponude pomakne prema gore, jer su troškovi proizvodnje porasli, te ako se pritom zahtjevi kupaca ne umanje, nastat će novo ravnotežno stanje s višom cijenom, a manjom količinom robe. Isto tako, ako zbog nekog razloga poraste potražnja za robom, što znači da kupci žele kupovati više robe po istim cijenama, krivulja potražnje, npr. ona sa slike 1, će se razvući, ili pak translatirati, prema desno, pa će to dovesti do povećanja cijene u novom ravnotežnom stanju. Time samo ilustriramo poznatu zakonitost, naime da povećana potražnja uzrokuje porast cijene, i obratno, povećana ponuda dovodi do smanjenja cijene, ako je sve drugo ostalo nepromijenjeno. Ravnotežno stanje, pri kome se tržište čisti od viškova ili manjkova, nastaje onda kada kupci i prodavači svojom slobodnom voljom usuglase ravnotežnu cijenu i količinu, što se u matematičkom opisu manifestira kao sjeciše krivulja ponude i potražnje.

Promotrimo u ovom uvodnom dijelu kako država svojim nametima u obliku poreza, odnosno propisivanjem cijena, može djelovati na procese koji se odvijaju u pojedinim industrijama.

Najprije ćemo promotriti djelovanje novouvedenog poreza na ravnotežu tržišta, odnosno vidjet ćemo u kojoj mjeri teret poreza snose potrošači, a u kojoj prodavači. Proces je ilustriran na slici 2. Pretpostavke su: (a) svaka jedinica prodanog proizvoda oporezuje se istim iznosom; (b) strategija prodavača je takva da cijenu proizvoda poveća upravo za taj iznos, kako bi na svakom proizvodu zadržao jednaku zaradu; (c) nema promjene u krivulji potražnje. Pod tim uvjetima, razdioba ukupnog iznosa novog poreznog opterećenja između prodavača i korisnika po jedinici proizvoda vidi se na slici. Kupci snose iznos poskupljenja, a prodavači snose razliku između novog iznosa poreza i poskupljenja. Ta razlika nastaje jer je poskupljenje određeno tržišnim mehanizmom, dakle krivuljama ponude i potražnje. U ovom primjeru potrošači snose najveći dio tereta. Što je elastičnost potražnje veća, porezno opterećenje više osjećaju prodavači, a manje kupci.



Slika 2. Ilustracija utjecaja novonametnutog poreza na određivanje nove tržišne cijene



Slika 3. Državna kontrola cijene uz obvezu prodaje proizvoda svim kupcima koji to žele

Ovdje država nameće porez i prepušta mehanizmu tržišta da pronađe novu ravnotežu. Ovakvu situaciju tipično susrećemo npr. u industrijama cigareta, alkohola, nafte, itd.

Nasuprot tome, država može propisati cijene pojedinih proizvoda. Primjerice, zbog zaštite životnog standarda potrošača, mnoge države regulirale su cijene električne energije za male potrošače na taj način da su ih ograničile. Time su, na prvi pogled, zaštićeni interesi potrošača. Međutim, kako su redovno takve cijene niže od troškova proizvodnje, prisilno nametnuto stanje dovodi do poremećaja tržišta. To je ilustrirano slikom 3. Primjer kojega ona opisuje je nametanje maksimalne cijene električne energije za potrošače, s tim da dobavljači *moraju* prodati energiju svakom potrošaču koji to želi. Dakle, količina koju dobavljači moraju isporučiti nalazi se na sjecištu horizontalnog pravca ograničene cijene, koja dakle ne ovisi o potražnji, i krivulje potražnje. No, na razini ograničene cijene njima se isplati isporučivati samo količinu energije koja je određena sjecištem pravca ograničene cijene i krivulje ponude. Stoga je stvoren tržišni manjak, i u normalnoj situaciji došlo bi do prestanka opskrbe energijom, koju međutim ne treba pobrkati s nestašicom. No, kako država ne dozvoljava prekid opskrbe, dobavljači su prisiljeni raditi s gubitkom, i svaki MWh isporučen kupcima njima stvara izravnu štetu, čiji iznos je označen na dijagramu. Tako poduzeća svake sekunde tonu sve dublje i dublje u gubitak. No, ta poduzeća *ne smiju* propasti, da ne bi propala opskrba. Stoga im netko mora vratiti izgubljeno, odnosno subvencionirati proizvod. Možda će to država učiniti dodatnim oporezivanjem stanovništva. Možda će smoći unutarnje rezerve, pa će manje potrošiti na zdravstvo i školovanje, kako bi sanirala elektroprivredu. Tada će zbog jeftine energije je manje stanovnika moći upisati djecu na visoke škole o trošku države, a više će ih bolovati zbog smanjene razine zdravstvene zaštite. Nadalje, možda će država propisati da elektroprivrede smiju naplaćivati veću cijenu drugim tvornicama i poduzećima, kako bi se nadoknadio manjak zbog jeftine prodaje stanovništvu. No, tada će povećana cijena biti ugrađena u varijabilni trošak proizvodnje svakog proizvoda i usluge, pa će u konačnici potrošači opet, ovako ili onako, platiti stvarnu cijenu energije, samo toga neće biti svjesni.

3. VEZA PONUDE I TROŠKOVA

Odakle dolaze krivulje ponude? Prije svega, razmotrit ćemo kako nastaje krivulje ponude pojedinog proizvođača.

Na savršeno konkurentnom tržištu neke robe postoji vrlo veliki broj proizvođača, od kojih niti jedan ne zauzima zamjetan udio u ukupnom tržištu, pa ne može ni najmanje utjecati na cijenu robe. Na takvom tržištu svaki se sudionik mora pomiriti s cijenom, a elastičnost ponude je beskonačno velika. Nitko ne može prodavati robu po drugačijim cijenama, jer ga odstupanje u bilo koju stranu vodi u propast. Na savršenom tržištu profit poduzeća maksimalan je kada je njegova cijena izjednačena s marginalnim troškovima. Tada on može prodati robe koliko god želi. Nikakvim boljim upravljanjem poduzeće ne može povećati svoj profit.

U stvarnosti, dakako, takav ideal ne postoji, a industrijske grane koje nalikuju ovoj predodžbi rijetke su.

Primjenom temeljnih načela ponude i potražnje, vrlo brzo ćemo uvidjeti da pod idealnim uvjetima, kada savršeni konkurenti izjednače cijene s marginalnim troškovima, nužno slijedi da je profit svakoga od njih jednak nuli, a u svakom drugom slučaju negativan. Kada bi cijena bila veća od marginalnog troška, omogućavajući nastanak profita, novi ulaznici na tržište imali bi prostora za snižavanje cijena, čime bi prisilili i ostale sudionike da smanje cijene. No, to je moguće samo do točke pokrića. Ravnoteža će nastati upravo u njoj, jer cijena više ne može padati, s obzirom da je profit jednak nuli.

Na drugoj krajnosti je monopolističko tržište, gdje svu robu proizvodi samo jedno poduzeće, koje zbog ubiranja ekstra profita stalno drži ponudu suviše oskudnom, što u nedostatku supstituta uzrokuje cijene koje nisu utemeljene na proizvodnim troškovima, već su mnogo veće od njih. Niti takva ekstremna situacija u stvarnosti zapravo ne postoji. Današnji monopoli u pravilu su regulirani od strane države.

U realnosti se susrećemo s reguliranim monopolnim, oligopolnim (više ili manje reguliranim), ili nesavršeno konkurentnim tržištima. Oligopol nastaje kada u jednoj industriji postoji mali broj proizvođača, tj. prodavača robe ili usluge. Tipičan primjer oligopolnog tržišta je tržište mobilnih telekomunikacija. U Hrvatskoj npr. postoji oligopol s dvije kompanije, tzv. duopol.

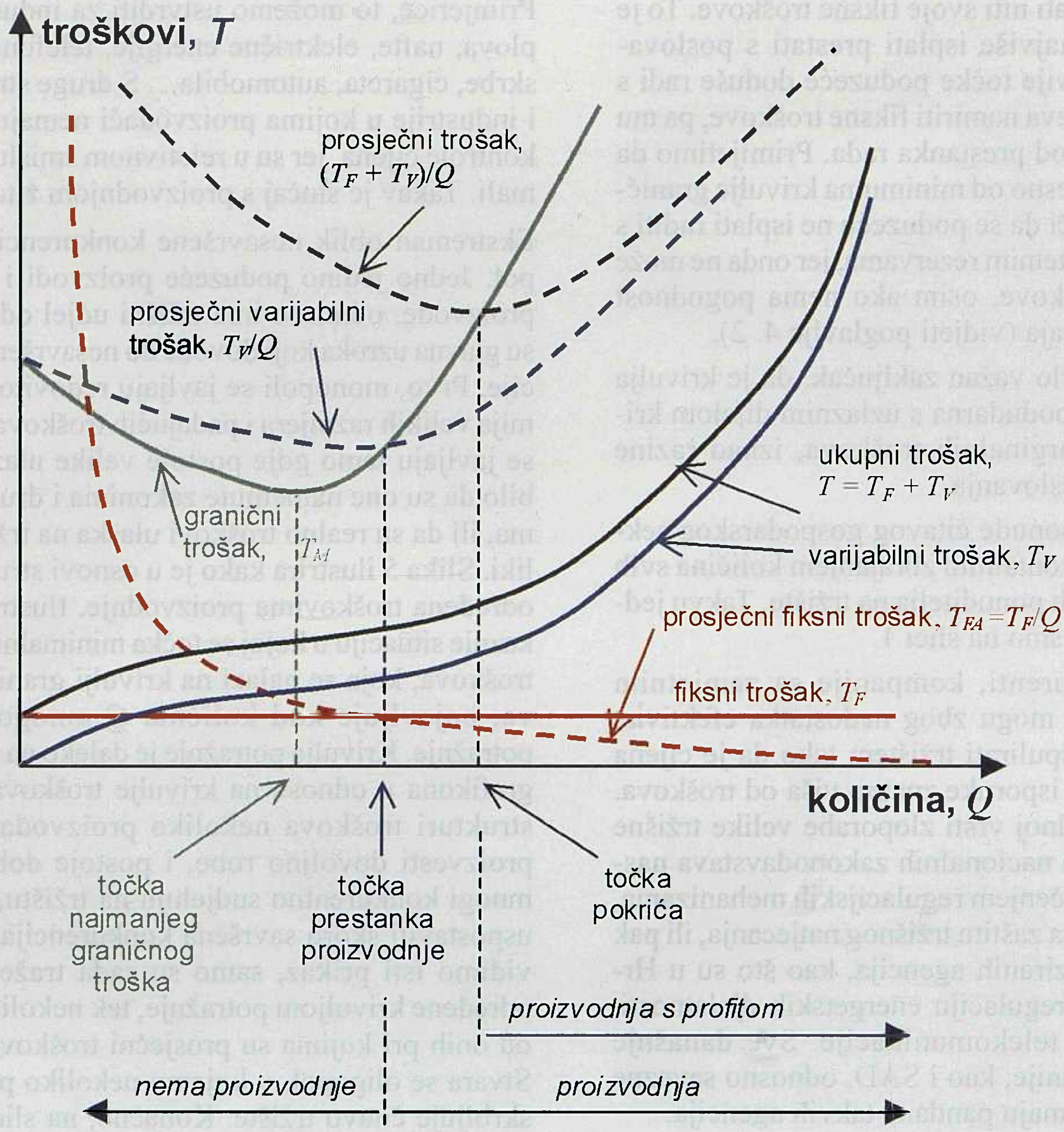
Troškovi

Troškovi proizvodnje sastoje se od fiksnih i varijabilnih troškova. Fiksni, T_F, su svi oni koji uopće ne ovise o količini proizvedene robe, i koji se moraju plaćati bez obzira koliko se robe proizvodi. Primjerice, to mogu biti najmovi poslovnih prostora, isplate kamata za dugove poduzeća, plaće režijskog osoblja, itd. Varijabilni troškovi, T_V, rastu s porastom količine proizvoda. Ukupan trošak jednak je zbroju fiksnog i varijabilnog troška. Prosječni trošak, T_P, po jedinici proizvoda jednak je omjeru ukupnog troška i broja proizvoda: $T_P = (T_F + T_V)/Q$. No, najvažnija vrsta troška je granični ili marginalni trošak, T_M, odnosno onaj dodatni trošak kojega mora učiniti poduzeće da nakon količine od Q proizvedenih proizvoda načini još jedan. Prema tomu, granični trošak je derivacija ukupnog troška po količini proizvoda: $T_M = \mathrm{d}(T_F + T_V)/\mathrm{d}Q$. Iz definicije marginalnog troška jasno je zašto u uvjetima savršene konkurencije proizvođač treba izjednačini marginalni trošak s cijenom na tržištu, koja mu je praktički zadana, jer on sam na nju, kao mali pojedinačni sudionik, ne može utjecati. To zapravo znači da savršeni konkurent prilagođuje svoj opseg proizvodnje cijeni na tržištu tako da proizvodi onu količinu pri kojoj mu je marginalni trošak jednak cijeni. Dakle, on nudi onu količinu proizvoda, koju možemo očitati na sjecištu vodoravnog pravca zadane cijene i krivulje graničnog troška. Profit, naime, raste sve dokle je prosječna cijena veća od troška proizvodnje još jednog proizvoda. Nakon toga on opet počinje padati, mada opseg prodaje raste. Točka pokrića je ona točka na krivulji marginalnih troškova, kojom prolazi minimum krivulje prosječnog troška. U toj točki profit je jednak nuli. Ako je cijena manja od prosječnog troška po jedinici proizvoda, nastaje gubitak. Sve ove točke možemo razabrati na slici 4.

Empirijska istraživanja su pokazala da krivulja marginalnog troška u zavisnosti o količini ima u najvećem broju slučajeva oblik slova U, što znači da pri nekoj proizvodnji, Q, postoji točka s minimalnim graničnim troškom. Kasnije ćemo vidjeti da poduzeća na slobodnom tržištu moraju proizvoditi količine koje su u svakom slučaju desno od mimimuma krivulje graničnog troška, dakle pri većim vrijednostima. Stoga se taj minimum može iskoristiti kao kvalitativni indikator, jer opseg proizvodnje sigurno mora biti veći od onoga za kojega je karakterističan najmanji marginalni trošak. Kasnije ćemo također vidjeti da nam još bolju indikaciju daje točka minimalnog prosječnog troška, koja se nalazi na uzlaznom dijelu krivulje graničnog troška. O opsegu proizvodnje Q pri kojemu u pojedinim industrijama počinje rasti granični trošak ovisi kakvo će se tržište formirati. Ako se optimum graničnog troška događa pri iznimno velikim količinama proizvoda, poduzeće bi trebalo raditi pri još većima. No, ako je ta količina veća ili znatno veća od potreba, odnosno potražnje, može doći do formiranja prirodnog monopola. Naprotiv, ako se to događa kod sasvim malih količina u odnosu na potrebe, otvara se prostor za koegzistenciju mnogih malih proizvođača istog proizvoda, pa se dolazi u situaciju donekle sličnu savršenoj konkurenciji. Kada krivulja graničnog troška ima minimum kod opsega nekoliko puta manjih od potražnje, prirodno je očekivati formiranje oligopola. Slika 4 prikazuje na jednom dijagramu međusobne odnose nabrojenih vrsta troškova. Primijetimo da najniža točka karakteristike prosječnih troškova uvijek stoji na krivulji marginalnih troškova. Također, za najmanje proizvedene količine (Q » 0) prosječni varijabilni trošak i marginalni trošak imaju iste vrijednosti. Prosječni trošak kod malih opsega proizvodnje asimptotski teži prosječnom fiksnom trošku, a kod velikih opsega asimptotski teži prosječnom varijabilnom trošku.

Zakonitost padajućih prinosa

Postoji i logičko opravdanje zašto granični trošak većinom najprije pada, a zatim ponovno raste s količinom Q. Stvar je u ponašanju graničnog prinosa faktora proizvodnje. Za svaku je proizvodnju potreban niz stvari, koje se razvrstavaju u tri glavne skupine faktora: prirodne resurse, rad i kapital. Isti se rezultati mogu postići različitim kombinacijama udjela svih pojedinih faktora, a najbolji se rezultati postižu kod one



Slika 4. Kvalitativni prikaz ovisnosti troškova o opsegu proizvodnje

kombinacije u kojoj su troškovi svih angažiranih faktora najmanje različiti. Primjerice, za proizvodnju električne energije u jednom sustavu potrebne su građevine, voda, nafta, ugljen, plin, ljudski rad, vozila, i još mnogo drugih stvari. Povećanje troškova jednog od tih faktora može proizvesti smanjenje troškova drugoga. Npr, povećanim korištenjem vode u hidroelektranama postiže se smanjenje potrebe za ugljenom u termoelektranama na ugljen. Granični proizvod definira se kao povećanje ukupne proizvodnje, kada se jedan od faktora uz čiji iznos je ostvarena proizvodnja Q poveća za jedinicu, dok su ostali faktori konstantni. Na prvi pogled bismo očekivali da će uz neku razinu proizvodnje Q granični troškovi opadati s porastom proizvodnje. Pri toj je razini elektroprivredno poduzeće odredilo, barem približno, optimalnu raspodjelu troškova među svim vrstama energenata (voda, nafta, plin, ugljen, ...), tako da su ukupni troškovi minimalni u odnosu na sve druge kombinacije relativnih omjera energenata. Doista, u prvo vrijeme se može zadovoljavati povećana potrošnja po sve manjim graničnim troškovima, i to dotle dok se kapaciteti proizvodnje pomoću jeftinijih energenata ne približe svome kraju. Nakon toga, potrebno je u sve većoj mjeri uključivati skupe izvore, npr. termoelektrane s niskom efikasnošću, tako da se granični proizvod jeftinih izvora nužno vrlo brzo smanjuje, a krivulja marginalnog troška, po dostizanju svoga minimuma, okreće se ponovno prema sve većim vrijednostima. Ovakvo pojednostavljeno razmatranje moguće je provesti za gotovo sve druge vrste proizvodnje, bilo da je riječ o uzgoju lubenica ili proizvodnji automobila.

Krivulja ponude

Općenito, zakon opadajućih prinosa jedan je od temeljnih zakona ekonomike. Pri određenoj razini proizvodnje, marginalni trošak ima svoj minimum. No, radeći na tom opsegu, poduzeće ne može opstati. Zašto? Odgovor se vidi na slici 4. Već smo rekli da minimum krivulje prosječnih troškova prolazi kroz izvjesnu točku na uzlaznom dijelu krivulje graničnog troška. Proizvodnja u toj točki daje profit točno jednak nuli, pa se ona zove točkom pokrića. Ako cijena ide ispod te razine, poduzeće ulazi u gubitak. No, kada bi cijena pala ispod sjecišta krivulje prosječnog varijabilnog troška i krivulje graničnog troška, ono više ne

bi moglo podmirivati niti svoje fiksne troškove. To je točka u kojoj se najviše isplati prestati s poslovanjem. Između te dvije točke poduzeće doduše radi s gubitkom, ali uspijeva namiriti fiksne troškove, pa mu je to manje štetno od prestanka rada. Primijetimo da je ta točka uvijek desno od minimuma krivulje graničnog troška. To znači da se poduzeću ne isplati raditi s vrlo velikim kapacitetnim rezervama, jer onda ne može pokriti fiksne troškove, osim ako nema pogodnost monopolnog položaja (vidjeti poglavlje 4. 2).

Odavde slijedi i vrlo važan zaključak, da je krivulja ponude poduzeća podudarna s uzlaznim dijelom krivulje njegovih marginalnih troškova, iznad razine točke prestanka poslovanja.

Nadalje, krivulja ponude čitavog gospodarskog sektora dobije se horizontalnim zbrajanjem količina svih takvih pojedinačnih ponuditelja na tržištu. Takvu jednu krivulju vidjeli smo na slici 1.

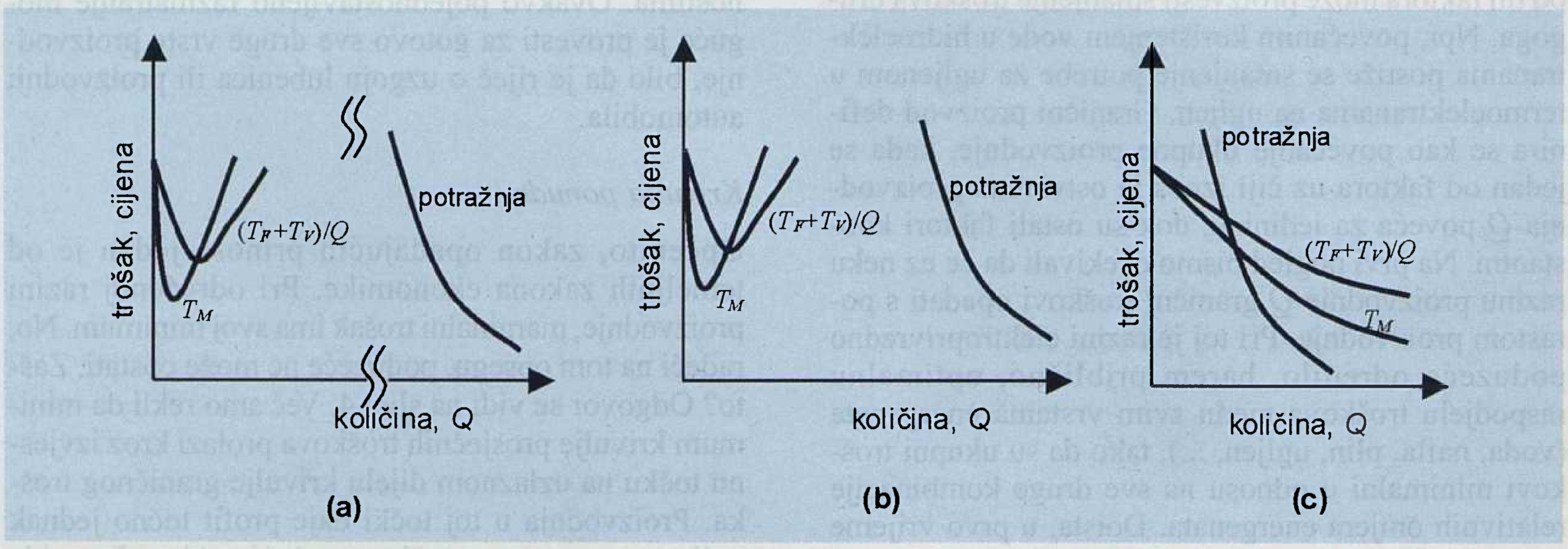
Nesavršeni konkurenti, kompanije sa zamjetnim tržišnim snagama, mogu zbog nedostatka efektivne konkurencije manipulirati tržištem tako da je cijena uz određeni opseg isporuke znatno viša od troškova. Tu govorimo o jednoj vrsti zloporabe velike tržišne snage, i nju većina nacionalnih zakonodavstava nastoji spriječiti ustoličenjem regulacijskih mehanizama, odnosno agencija za zaštitu tržišnog natjecanja, ili pak posebnih specijaliziranih agencija, kao što su u Hrvatskoj Vijeće za regulaciju energetskih djelatnosti, ili pak Vijeće za telekomunikacije. Sve današnje države Europske unije, kao i SAD, odnosno savezne države u SAD-u, imaju pandane takvih agencija.

4. NESAVRŠENA KONKURENCIJA – MONOPOL I OLIGOPOL

4.1. Nesavršena konkurencija

U stvarnosti nema savršene konkurencije. Većina industrija kontrolirana je od nekolicine jakih poduzeća. Primjerice, to možemo ustvrditi za industriju zrakoplova, nafte, električne energije, telefonije, vodoopskrbe, cigareta, automobila… S druge strane, postoje i industrije u kojima proizvođači nemaju mogućnost kontrole cijena, jer su u relativnom smislu svi oni premali. Takav je slučaj s proizvodnjom žitarica.

Ekstreman oblik nesavršene konkurencije je monopol. Jedno jedino poduzeće proizvodi i prodaje sve proizvode, odnosno ima tržišni udjel od 100%. Dva su glavna uzroka koji dovode do nesavršene konkurencije. Prvo, monopoli se javljaju redovito kod ekonomija velikih razmjera i padajućih troškova. Drugo, oni se javljaju tamo gdje postoje velike ulazne barijere, bilo da su one nametnute zakonima i drugim propisima, ili da su realno troškovi ulaska na tržište vrlo veliki. Slika 5 ilustrira kako je u osnovi struktura tržišta određena troškovima proizvodnje. Ilustracija 5a prikazuje situaciju u kojoj se točka minimalnih prosječnih troškova, koja se nalazi na krivulji graničnih troškova, pojavljuje kod količina Q mnogo manjih od potražnje. Krivulja potražnje je daleko na desnoj strani grafikona u odnosu na krivulje troškova. Pri takvoj strukturi troškova nekoliko proizvođača ne može proizvesti dovoljno robe, i postoje dobri uvjeti da mnogi konkurentno sudjeluju na tržištu, pa se može uspostaviti skoro savršena konkurencija. Na slici 5b vidimo isti prikaz, samo su sada tražene količine, određene krivuljom potražnje, tek nekoliko puta veće od onih pri kojima su prosječni troškovi minimalni. Stvara se oligopol, u kojemu nekoliko poduzeća opskrbljuje čitavo tržište. Konačno, na slici 5c vidimo da krivulja potražnje siječe krivulje graničnih i prosječnih troškova u samom njihovom početku, prije nego li one uopće dostignu svoj minimum. Tu govorimo o prirodnom monopolu. Prinosi na količinu rastu, a komadanje tržišta na male sudionike ne isplati se, jer oni s većom proizvodnjom imaju manje prosječne troškove, tako da s vremenom preživi samo najveće poduzeće.



Slika 5. Utjecaj troškova na strukturu tržišta: (a) potražnja je mnogo veća od količine pri kojoj su prosječni troškovi proizvodnje minimalni – nastaje (skoro) savršena konkurencija; (b) potražnja je nekoliko puta veća od količine koja minimizira troškove – nastaje oligopol; (c) krivulja potražnje siječe krivulje troškova u njihovom početnom, padajućem dijelu pa postoji rastući prinos na količinu – nastaje prirodni monopol

Kada je riječ o ulaznim barijerama, za našu temu najvažniji je pojam koncesijskog monopola, u kojemu država dopušta samo jednom poduzeću da na nekom području, ili možda u čitavoj državi, prodaje određeni proizvod, ili daje uslugu, a zauzvrat poduzeće najčešće prihvaća obvezu da će proizvod ili uslugu nuditi svima pod istim uvjetima. Ako država još nametne i zaštitne plafone cijena zbog ostvarivanja priuštivosti, govorimo o reguliranom monopolu, u kojemu poduzeće doduše ima stopostotan tržišni udjel, ali nema mogućnost formiranja cijena. Država može povisiti ulazne barijere i donošenjem odgovarajućih propisa koji ograničavaju konkurenciju. Pored koncesioniranja u pojedinim industrijama, važni zakonski instrumenti su i uvozna ograničenja kroz sustav carina, te patentna zaštita pojedinih novih proizvoda.

Nadalje, ulazne barijere mogu same po sebi biti visoke, kao u slučajevima prirodnih monopola. Djelovanjem velikih proizvođača one mogu narasti i zbog navikavanja tržišta na proizvode. Primjerice, premda razvoj programske podrške općenito sam po sebi nema osobito velike početne troškove, danas je teško zamisliti konkurenta koji bi ugrozio tržišni položaj Microsoftovih operacijskih sustava i drugih aplikacija, jer su oni toliko rašireni, da ih koristi gotovo svatko. Stoga bi novi konkurent morao uložiti silna sredstva da bi proizveo esencijalno bolji (korisniji) supstitucijski proizvod, i to u dostatnoj količini, tj. u milijunima primjeraka.

4.2. Monopolističko određivanje cijena

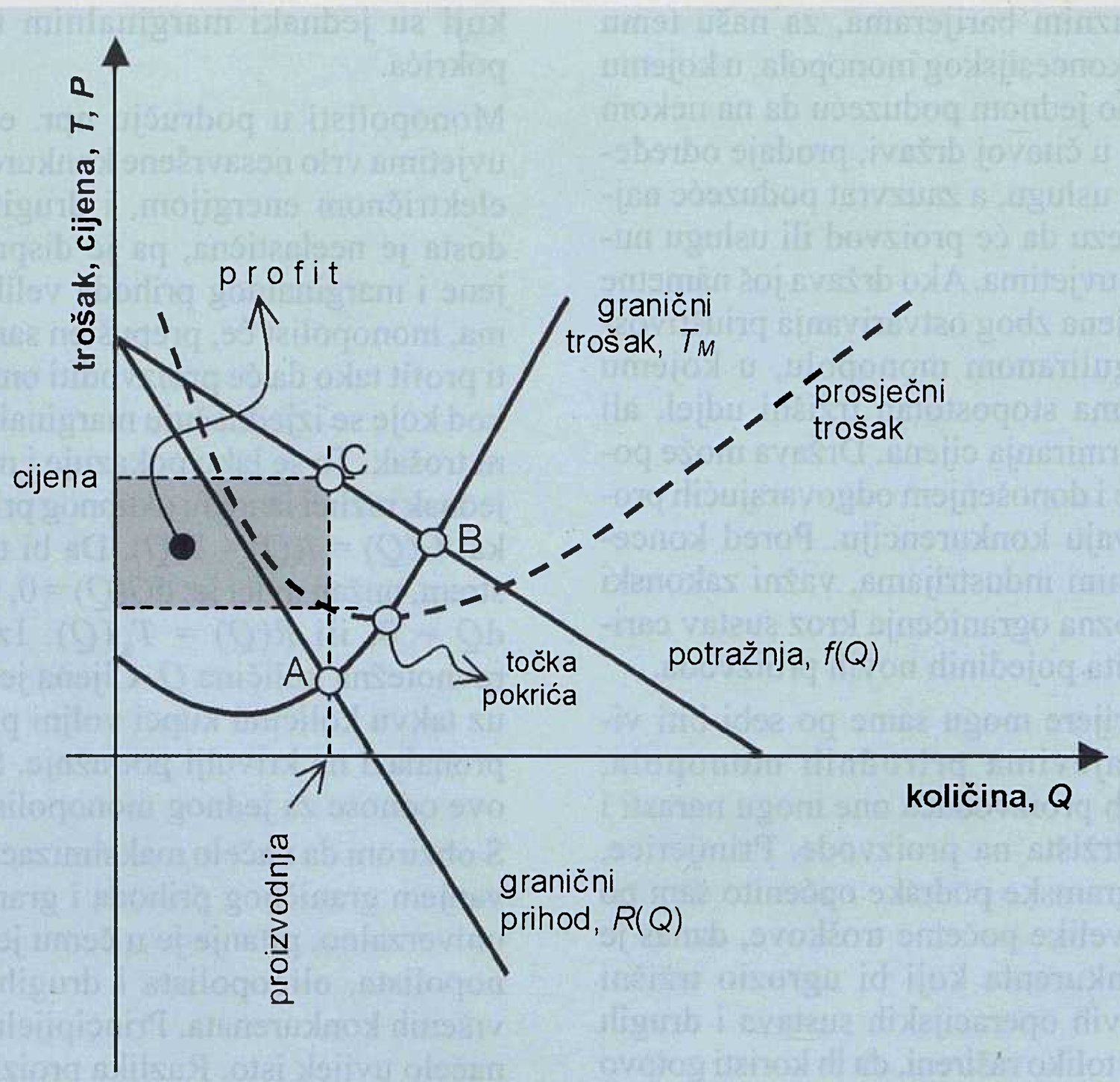
Razmotrit ćemo ukratko na koji način *monopolist* može maksimizirati svoj profit. Ranije smo pokazali da savršeni konkurenti zarađuju najveći profit kada izjednače granične troškove s cijenom. Tada je on upravo jednak nuli, što znači da poduzeća taman namiruju svoje troškove. U uvjetima savršene konkurencije nemoguće je izvršiti preraspodjelu koja bi nekoga stavila u povoljniji položaj na račun ostalih.

U 2. poglavlju naveli smo, među ostalim, i pojam graničnog ili marginalnog prihoda, i izveli smo da u slučaju linearno padajuće ovisnosti graničnog prihoda o količini Q taj pad biva dvostruko strmiji od pada odgovarajuće linearne karakteristike potražnje. Iste opservacije vrijede za nelinearne ovisnosti, ako ih po dijelovima aproksimiramo odsječcima pravaca. Općenito, marginalni prihod u uvjetima nesavršene konkurencije, koja se prepoznaje po padajućoj karakteristici potražnje, uvijek je manji od cijene. Naprotiv, u poglavlju 3 smo rekli da savršena konkurencija vodi ka horizontalnoj karakteristici potražnje, koju odlikuje beskrajna elastičnost. Kako je nagib te krivulje uvijek jednak nuli, to je i dvostruko manji nagib krivulje marginalnog prihoda također jednak nuli, pa je cijena točno jednaka marginalnom prihodu. K tomu, ona je jednaka minimalnim prosječnim troškovima, koji su jednaki marginalnim troškovima u točki pokrića.

Monopolisti u području npr. energetike djeluju u uvjetima vrlo nesavršene konkurencije, a potražnja za električnom energijom, i drugim njenim oblicima, dosta je neelastična, pa je disproporcija između cijene i marginalnog prihoda velika. U takvim uvjetima, monopolist će, prepušten sam sebi, maksimizirati profit tako da će proizvoditi onu količinu proizvoda kod koje se izjednačuju marginalni prihod i marginalni trošak. To se lako pokazuje i matematički. Profit je jednak razlici između ukupnog prihoda i ukupnog troška: $G(Q) = I(Q) - T(Q)$. Da bi ta funkcija imala ekstrem, nužan uvjet je: $\mathrm{d}G(Q) = 0$, tj. $\mathrm{d}I(Q)/\mathrm{d}Q - \mathrm{d}T(Q)/\mathrm{d}Q = 0$, ili $R(Q) = T_M(Q)$. Iz tog uvjeta slijedi ravnotežna količina Q. Cijena je jenaka onoj koju su uz takvu količinu kupci voljni plaćati. Dakle, ona se pronalazi na krivulji potražnje. Slika 6 ilustrira nam ove odnose za jednog monopolista.

S obzirom da načelo maksimizacije profita izjednačavanjem graničnog prihoda i graničnog troška vrijedi univerzalno, pitanje je u čemu je razlika između monopolista, oligopolista i drugih nesavršenih ili savršenih konkurenata. Principijelno – ni u čemu, jer je načelo uvijek isto. Razlika proizlazi iz odnosa krivulja troškova i potražnje. Da je poduzeće koje smo ilustrirali slikom 6 monopolist, prepoznajemo po tome što krivulja marginalnih troškova toga poduzeća siječe liniju potražnje, kao i njome određenu liniju graničnog prihoda, u blizini svojega minimuma. Na slici smo namjerno ilustrirali jedan granični slučaj. U ekstremnijem primjeru, ta bi se presijecanja događala još više lijevo, u padajućem dijelu krivulje marginalnih troškova. Kod oligopolista bi linija potražnje bila nekoliko puta udaljenija nadesno od minimuma krivulja graničnih i prosječnih troškova, a kod savršenih konkurenata mnogo udaljenija (slika 5).

Zbog ovakvog položaja krivulje marginalnih troškova u odnosu na potražnju, pravi monopolist zapravo nema krivulju ponude, jer ona prati krivulju marginalnog troška tek nakon točke prestanka proizvodnje, odnosno nakon točke pokrića. Stoga on nastoji izjednačiti granični prihod i marginalni trošak, te za količinu Q u točki ravnoteže A naplaćivati cijenu u skladu s linijom potražnje (točka C), a ta je cijena uvijek obvezno veća od prosječnih troškova pri tom opsegu, tako da je profit po jedinici proizvoda jednak osjenčanoj površini na slici 6. Primijetimo ipak na ilustraciji da se krivulja marginalnih troškova našeg "graničnog slučaja" monopolista i linija potražnje sijeku u točki B, koja je iznad točke pokrića, pa bi on ustvari mogao imati krivulju ponude, a cijena bi bila jednaka onoj na sjecištu te dvije linije. No, on namjerno snižava ponudu do točke u kojoj mu se izjednačavaju marginalni prihod i marginalni trošak, kako bi maksimizirao svoj profit. Tako monopolna tržišta često karakteriziraju barem lagani nedostatak proizvoda i visoka cijena. Monopolist si to može dopustiti, jer



Slika 6. Prikaz određivanja cijene i proizvodnje monopolističkog poduzeća s ciljem ostvarivanja maksimalnog profita

nema konkurenta koji bi ga ugrozio svojom nižom cijenom. Naravno, u ovim temeljnim razmatranjima ne uzimamo u obzir utjecaj regulacije monopola.

4.3. Oligopol

Dupol, i općenitije, oligopol, dovode do izvjesne konkurencije, i oni po svojim efektima na cijene mogu sličiti konkurenciji. Štoviše, moguće je da poduzeća uđu u vrtlog cjenovnog rata. No, najčešće se to ne događa, jer ona u tome ne vide svoj interes. Nikada npr. jedan igrač u duopolu neće spuštanjem cijena upropastiti drugoga, jer će to ujedno dovesti i do propasti njega samoga, osim ako on može tajnim prelijevanjem iz prihoda svojih drugih djelatnosti subvencionirati proizvodnju, dok ne uspije uništiti konkurenta. No, takvo poslovanje je u većini država zabranjeno, a regulacijske agencije prate cijene oligopolista. Oligopolisti na slobodnom tržištu u pravilu igraju strategijske igre, promatrajući i predviđajući buduće poteze konkurenata. Oni ponekad umjetno diverzificiraju proizvodnju prema prividno različitim proizvodima, i tu imaju izvjesnu priliku nadmetanja. Primjerice, čitatelj može pokušati prebrojati koliko različitih "proizvoda" nude naša dva mobilna operatera. Međutim, kad se odstrani taj "šum", u osnovi se raspoznaje pojava da oligopolisti konačno više-manje izjednače cijene na nekoj razini koja je niža od one prije ulaska novog konkurenata, ali opet viša od ravnotežne tržišne cijene. Daljnje snižavanje moguće je uvođenjem još novih konkurenata, ali i to traje samo do postizanja novog ekvilibrija. Konačno, kada bi došlo suviše novih konkurenata, ekstra profiti bi na kraju nestali.

Neregularna situacija nastupa posebice kada oligopolisti potajno dogovore cijene. Tada se oligopol nimalo ne razlikuje od monopola.

Najpoznatiji živući oligopol u Hrvatskoj je duopol kojega na tržištu mobilnih komunikacija čine HT Cronet i VIPnet.

5. REGULACIJA MONOPOLA

S obzirom da monopolist, prepušten sam sebi, smanjuje proizvodnju ispod razine tržišnih potreba da bi maksimizirao profit, države u pravilu reguliraju poslovanje monopolista. Nas prvenstveno zanima regulacija monopola u elektroenergetici i telekomunikacijama, no ona počiva na istim temeljima kao i regulacija drugih monopolističkih djelatnosti – avioindustrije, proizvodnje nafte, čelika...

Postoji više načina za obuzdavanje tržišne moći. U SAD-u postoji praksa provođenja *antitrustovske politike*. Od 1974. do 1984. Ministarstvo pravosuđa vodilo je antitrustovski postupak protiv sustava AT&T-a (American Telephone and Telegraph), tadašnjeg reguliranog monopolista u području telekomunikacija. Možda je upravo uspjeh te kampanje pokrenuo val deregulacije telekomunikacija u svijetu.

Druga efikasna metoda je *poticanje konkurencije*, koje država provodi snižavanjem ulaznih barijera, omogućavajući manjim poduzećima ulazak na tržište, odnosno otvaranjem prema vanjskom tržištu.

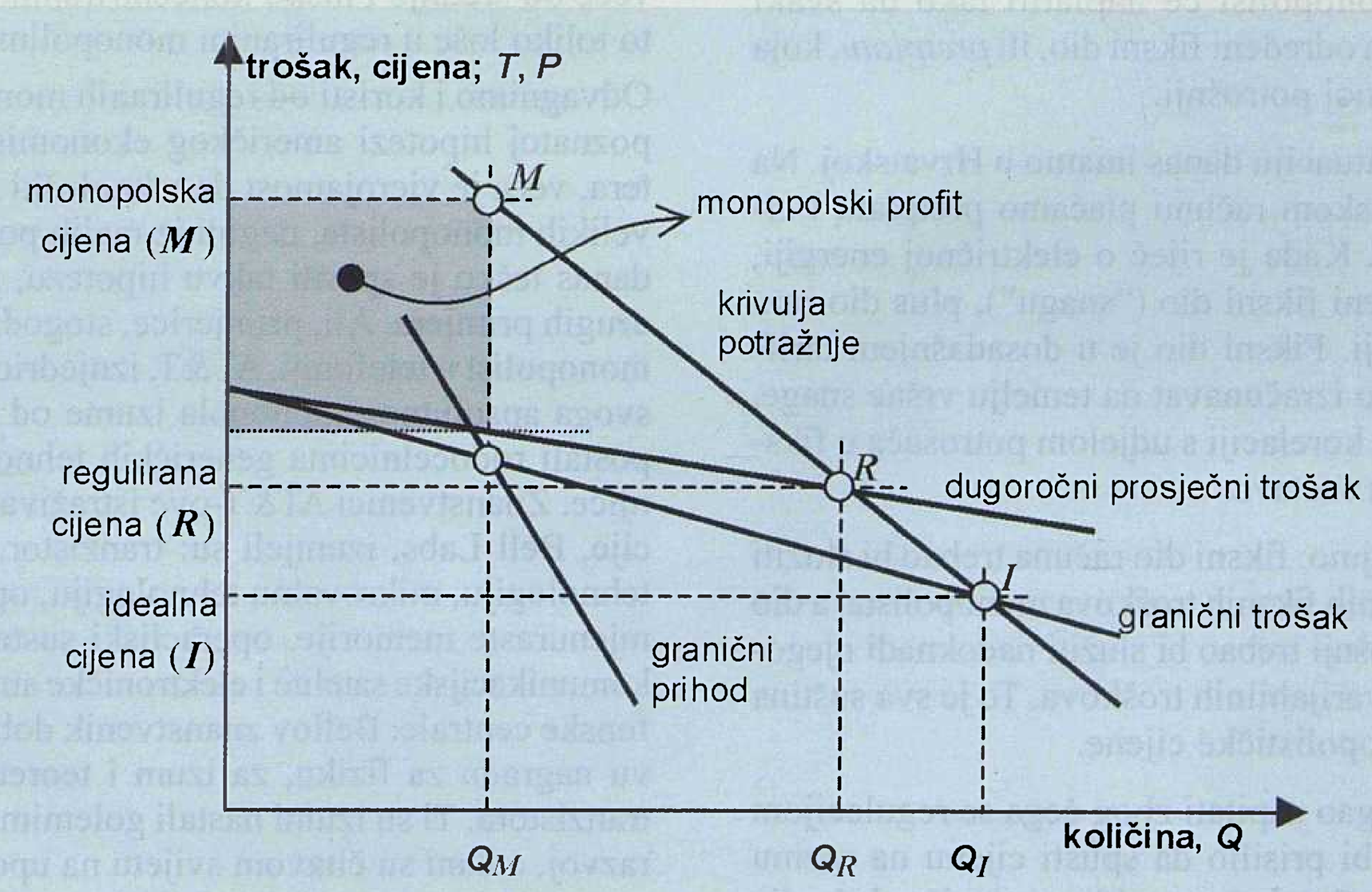
Kontroliranje cijena propisivanjem plafona cijena za potrošače ima za cilj zaštitu potrošača, ali u pravilu nanosi više štete od koristi, i dovodi do velikih poremećaja na tržištu. Bolja, ali ne nužno dobra metoda, je primjena pažljivo odabrane *porezne politike*. U 3. poglavlju komparirali smo primjere ova dva načina djelovanja.

Etatizacija vlasništva monopolističkih poduzeća široko je primjenjivana u zemljama socijalizma, napose u području infrastrukture (energija, komunikacije, voda, ceste...). Zanimljivo je da taj način suzbijanja moći monopolista živi i danas u Hrvatskoj. Zapadni ekonomisti preferiraju državnu regulaciju privatnih kompanija ispred državnog vlasništva, a mnoge države koje su imale državno vlasništvo, nastoje ga danas privatizirati. Ovdje moramo uočiti razliku između našeg poimanja državnog infrastrukturnog monopolista i zapadnog poimanja monopolističke infrastrukturne kompanije. U oba slučaja poduzeća u pravilu imaju obvezu pružanja određenog osnovnog opsega proizvoda i usluga svima i svugdje. To se na zapadu naziva obvezom davanja univerzalne usluge, a kod nas prevladava pojam osnovne usluge. Dočim su kod nas infrastrukturna poduzeća, kao HEP, INA, HŽ itd. u vlasništvu države, u SAD-u, primjerice, AT&T, kada je bio jedini telefonski operater, nije uopće bio u državnom vlasništvu. Bilo je to javno dioničko društvo s više od dva milijuna dioničara, od kojih niti jedan nije imao više od 1% vlasničkog udjela, a 92% dioničara imalo je manje od 500 dionica. Danas se vide i napori Vlade Republike Hrvatske da privatizira državni sektor.

Sada ćemo opisati kako su zapadne države *regulirale* svoje monopole, odnosno koja je teoretska osnova za regulaciju. Ona mora biti takva da omogući efikasno poslovanje, a da ujedno zaštiti javni interes. Dvije su vrste regulacije. *Ekonomska regulacija* sastoji se od skupa pravila o određivanju i nadzoru cijena, ulaznih barijera, uvjeta izlaska s tržišta i minimalnih standarda kvalitete proizvoda i usluga. *Socijalna regulacija* bavi se pitanjima interesa radnika i potrošača, odnosno općih interesa zaštite zdravlja i okoliša.

Govoreći o nereguliranom monopolu, rekli smo da on proizvodi količinu određenu sjecištem krivulja marginalnog troška i marginalnog prihoda, a cijena koja odgovara toj količini prema krivulji potražnje viša je od tržišne, jer je proizvodnja koja je po opsegu optimalna za monopolista manja od tržišnih potreba.

Sada ćemo vidjeti koji je ekonomski rezon reguliranja cijene monopolista. Ilustrirat ćemo to slikom 7. Krivulja potražnje prikazana je kao padajući pravac. Tu je onda i pravac graničnog prihoda, s dvostruko strmijim nagibom. Slika je nacrtana kao da je krivulja potražnje čitava lijevo od minimuma funkcija prosječnih troškova i graničnog prihoda, tako da se na njoj vide samo početni dijelovi krivulje graničnih troškova i prosječnih troškova, koji su aproksimirani padajućim pravcima. Dakle, naša slika odgovara karakteristikama prirodnog monopola.



Slika 7. Reguliranje cijene monopolista po jednostranoj tarifi, kada mu se dopušta podmirenje dugoročnih prosječnih troškova. Svi dugoročni troškovi su varijabilni, pa zato krivulja prosječnog troška kreće iz iste točke kao i krivulja graničnog troška. Kod primjene dvostrane tarife, fiksni se troškovi namiruju pretplatom, dok se cijena po jedinici proizvoda formira tako da se dopusti pokrivanje prosječnih varijabilnih troškova. U tom slučaju, na gornjoj slici krivulja "dugoročni prosječni trošak" samo mijenja ime u "prosječni varijabilni trošak".

Monopolist bi bez regulacije odredio cijenu u točki na krivulji potražnje koja je iznad sjecišta krivulja marginalnog troška i marginalnog prihoda. Reguliarana cijena bit će određena u točki sjecišta krivulja prosječnih troškova i potražnje. Filozofija regulacije je u tome da se monopolistu dopusti da pokrije svoje dugoročne prosječne troškove. Kako u dugom roku svaki trošak postaje varijabilan, dugoročna krivulja ukupnog prosječnog troška ima karakteristike krivulje prosječnog varijabilnog troška, što znači da počinje u istoj točki kao i krivulja marginalnog troška. Ovakvom regulacijom iščezava monopolistički profit. To se drži ekonomski efikasnim rješenjem. Profit u slučaju monopolistovog slobodnog formiranja cijene označen je osjenčanim pravokutnikom.

Koncept dugog roka donekle je problematičan u području elektroenergetike, u kojemu vrijeme teče "sporije" nego drugdje. Tako je upitan način određivanja cijene izjednačavanjem s dugoročnim prosječnim ukupnim troškovima. Velika proširenja kapaciteta događaju se relativno rijetko. Primjerice, u Kaliforniji desetak godina nije izgrađena niti jedna elektrana. Stoga postoji sustav određivanja cijena *dvostranim tarifama*. Slika 7 također ilustrira i ovaj način regulacije, samo što umjesto dugoročne krivulje prosječnog ukupnog troška sada imamo jednostavno krivulju prosječnog varijabilnog troška, kao na slici 4. Regulirana cijena nalazi se na sjecištu te krivulje i krivulje potražnje. Na našoj slici to je na istom mjestu kao i prije. No, cijena je sada evidentno regulirana tako da omogući pokriće varijabilnog troška. Prosječne fiksne troškove monopolist će naplatiti tako da svaki mjesec zaračuna određeni fiksni dio, ili *pretplatu*, koja ne ovisi o stvarnoj potrošnji.

Upravo takvu situaciju danas imamo u Hrvatskoj. Na svakom telefonskom računu plaćamo pretplatu i cijenu razgovora. Kada je riječ o električnoj energiji, plaćamo određeni fiksni dio ("snagu"), plus dio razmjeran potrošnji. Fiksni dio je u dosadašnjem tarifnom sustavu bio izračunavat na temelju vršne snage, tako da bi bio u korelaciji s udjelom potrošača u fiksnim troškovima sustava.

Dakle, rezimirajmo: fiksni dio računa trebao bi služiti pokriću prosječnih fiksnih troškova monopolista, a dio razmjeran potrošnji trebao bi služiti nadoknadi njegovih prosječnih varijabilnih troškova. To je sva suština regulacije monopolističke cijene.

Netko bi se mogao zapitati zbog čega se regulacijom monopolist ne bi prisilio da spusti cijenu na razinu marginalnog troška, koja se vidi na sjecištu krivulje marginalnog troška i krivulje potražnje. S obzirom da je za monopolista krivulja graničnog troška uvijek ispod krivulje prosječnog troška, poduzeće bi stalno poslovalo s gubicima. Takav smo slučaj već opisali u 3. poglavlju.

5.1. Regulirani monopol – za i protiv

Javnost ima predodžbu da je regulirani monopol, poput npr. HEP-ovog u Hrvatskoj, nešto štetno i loše. Je li to, govoreći u terminima prosjeka razvijenih zemalja, doista tako? U donošenju stavova o tome potrebno je riješiti se slabo utemeljenih vrijednosnih sudova. Štetnost monopola može se procijeniti metodama ekonometrije.

Prvo, razlučimo dvije stvari: kada govorimo o tome je li npr. regulirani monopol u elektroenergetici dobar ili loš, uopće ne govorimo o tome je li državno vlasništvo, ili pak privatno, nad elektroprivredom dobro ili loše.

Idealna tržišna situacija nastaje kada postoji savršena konkurencija. Tada je ekonomska efikasnost maksimalna, jer je postignuto najveće blagostanje u danim uvjetima. Nesavršena konkurencija dovodi do smanjenja efikasnosti, odnsosno do izvjesne štete za korisnike. Osim toga, monopoli i oligopoli djeluju štetno utoliko što proizvodnju drže na nedostatnoj razini, a cijene na vrlo visokoj.

Šteta zbog nesavršene konkurencije u osnovi potječe od previsokih cijena i premale proizvodnje, i ona se može izraziti u novcu. Postoje empirijska istraživanja koja su pokazala da u čitavom SAD-u ta šteta iznosi ispod 0,1% bruto nacionalnog proizvoda, ili nešto ispod 10 milijardi dolara godišnje. Nadalje, analize američkih monopolista pokazale su da njihove profitne stope (omjeri profita i temeljnog kapitala) nisu znatno veće od ostalih. Visoko koncentrirana industrija ima profitne stope tipično samo za jednu petinu veće od srednje i nisko koncentriranih. Dakle, što je to toliko loše u reguliranim monopolima?

Odvagnimo i koristi od reguliranih monopola. Prema poznatoj hipotezi američkog ekonomista Schumpetera, veća je vjerojatnost da tehnološki izumi stižu iz velikih monopolista, negoli iz malih poduzeća. I dan danas teško je sporiti takvu hipotezu, premda ima i drugih primjera. Ali, primjerice, stogodišnji američki monopolist u telefoniji, AT&T, iznjedrio je za vrijeme svoga apsolutnog monopola izume od kojih su neki postali rodočelnicima generičkih tehnologija današnjice. Znanstvenici AT&T-ove istraživačke organizacije, Bell Labs, izumjeli su: tranzistor, poluvodičku tehnologiju, mikrovalnu tehnologiju, optička vlakna, mjehuraste memorije, operacijski sustav Unix, telekomunikacijske satelite i elektroničke automatske telefonske centrale. Bellov znanstvenik dobio je Nobelovu nagradu za fiziku, za izum i teoretski opis rada tranzistora. Ti su izumi nastali golemim ulaganjima u razvoj, a dani su čitavom svijetu na uporabu. Vrijednost ovih inovacija Bellovih laboratorija je ponajprije u pokretanju prave industrijske revolucije, i jednostavno se više ne može izmjeriti. Oni su pokrenuli čitav niz industrija čiji su ukupni prihodi od nastanka do danas nezamislivi. Tako je, možda, AT&T okajao grijeh svojega monopola.

Stvar je, dakle, u velikim eksternalijama koje ima monopolist. Njihove troškove on namiruje iz svoje cijene. Na taj način vrlo širok krug potrošača posredno sudjeluje u naporu za tehnološko napredovanje. Doista, visokokoncentrirane industrije ulažu preko 3% od svojih *prihoda* u istraživanja, dok niskokoncentrirane industrije ulažu do 0,3%. Savršeni konkurenti, primjerice proizvođači hrane na velikim tržištima, ne ulažu ništa, što je i razumljivo.

U nas je situacija donekle specifična po tome što velike infrastrukturne kompanije u znanstvena istraživanja ne ulažu praktički ništa.

Ulaganje u znanost ne događa se zbog velike čovjekoljubivosti monopolističkih korporacija. Ono je pokretano njihovom sviješću da, kada već drže npr. 90% nekog tržišta, mogu očekivati da se najveći dio koristi od tehnoloških inovacija zadrži u svojim rukama. Nekako se, međutim, događa da važni izumi brzo izađu iz planiranih okvira primjene i postanu važni u sasvim drugim industrijskim područjima.

S druge strane, do 1984, tj. do postizanja nagodbe između AT&T-a i Ministarstva pravosuđa SAD-a, u kojemu je AT&T pristao praktički na sve uvjete, telekomunikacijska usluga se, gledano iz kuta korisnika, sastojala praktički samo od masivnog crnog telefona u stanu ili uredu. Razbijanjem sustava AT&T-a, zakonskim razdvajanjem na AT&T i sedam regionalnih Bellovih kompanija (tzv. Baby–Bells), koje su se kasnije spojile u četiri velike regionalne kompanije, liberalizacijom proizvodnje i prodaje opreme, te long–distance prometa, a zatim i drugih segmenata tržišta, počeo je nevjerojatan svjetski procvat telekomunikacijske industrije, o kakvom se prije 1984. nije moglo ni sanjati. Monopol AT&T-a je, doduše, najbolji prilog za obranu schumpeterijanske teze, jer je proizveo ključne tehnološke izume današnjice, ali je, nasuprot tomu, zbog očuvanja monopolističke pozicije, i zbog filozofije "mirnog života" u velikim infrastrukturnim sustavima, prigušio razvoj telekomunikacijskog tržišta. Jednom oslobođena potencijalna energija usluga komuniciranja nužno je dovela do eksplozije tržišta, a zbog porasta potražnje za sve složenijim proizvodima, i do tehnološkog razvoja.

Dovršetak antitrustovske kampanje protiv AT&T-a 1984. označio je, barem u telekomunikacijama, početak pokreta deregulacije u globalnim razmjerima, u kojemu su prednjačili SAD i Velika Britanija, a potom i Europska unija.

5.2. Zašto je elektroprivreda prirodni monopol?

Naravno, školski odgovor na ovo pitanje može biti: zato što se minimum krivulje graničnih troškova nalazi u blizini krivulje potražnje. No, to ćemo malo dopuniti. Jednostavno, okolnosti koje elektroenergetski sektor čine visoko koncentriranom granom privrede su:

- U najmanju ruku, prijenos i distribucija su prirodni monopoli.
- U sve tri glavne djelatnosti elektroprivrede prirodne ulazne barijere su vrlo visoke, pogotovu kada je riječ o kapitalnim izdacima.
- Ne postoji supstitut za električnu energiju.
- Električna energija ne može se uskladištiti, pa proizvodnja mora u stopu slijediti potrošnju. Stoga ne postoji skladišni balast koji bi usporavao fluktuacije cijena na kratkoročnim (satnim) tržištima.
- Elastičnost potražnje je vrlo mala kod potrošača koji nemaju mjerenje u realnom vremenu.

6. DEREGULACIJA

Oblik riječi *de*regulacija ne treba nas zavarati. Ne radi se o ukidanju regulacije, nego o drugačijoj regulaciji određenog gospodarskog sektora, pa bi primjereniji naziv bio možda *re*regulacija. Što više, nakon deregulacije, broj pravila po kojima se moraju ponašati tržišni sudionici, kao i njihova kompleksnost, uobičajeno je mnogo veći nego ranije.

Već smo rekli kako funkcionira regulacija monopola: monopolistu je dopušteno da namiri svoje prosječne dugoročne troškove, a ako je riječ o dvostranom tarifiranju, tada za prosječne kratkoročne fiksne troškove on može ubirati fiksnu pretplatu, dok kroz cijenu jedinice robe (npr. kWh, ili minuta telefonskog razgovora) može alimentirati prosječne varijabilne troškove. Idealna regulacija završava tako da monopolist nema ni gubitak ni profit. U praksi se taj cilj gotovo uvijek – manje ili više – promaši, pa neki regulirani monopolisti rade s gubitkom, a drugi ostvaruju neki relativno mali profit.

Europska unija i SAD dizajnirali su, svatko na svome području, sustav deregulacije velikih sektora, koji je općenito praćen procesima privatizacije, odnosno napuštanja vertikalne integracije velikih infrastrukturnih sustava i diverzifikacije vlasništva. Premda deregulacija i privatizacija nisu sukladni pojmovi, oni se često spominju zajedno. Činjenica je da nema smisla uspostaviti liberalno tržište na bilo kojem segmentu nekog sektora, ako isti vlasnik posjeduje sve sudionike na tržištu. Stoga je komadanje vlasništva gotovo nerazdvojan pratilac deregulacije. U prvom redu, mora doći do disperzije vlasništva nad dijelovima bivših javnih monopolista koji će biti izloženi tržišnim zakonima ponude i potražnje. U elektroenergetici, model – uzor, kojega su mnoge države spremno akceptirale, nastao je u Velikoj Britaniji. U njoj je, vidjet ćemo malo kasnije, on krenuo loše, ali je s vremenom bivao korigiran, i nije dao ekstremno negativne efekte. Uopće, deregulacija u Europi prolazi u relativnom redu. Isti taj model, polovično primijenjen u Kaliforniji, kombiniran s nizom nepovoljnih okolnosti, doveo je do katastrofalne krize elektroenergetskog sektora.

Počeci deregulacije državno reguliranih industrijskih sektora sežu u sredinu sedamdesetih godina 20. stoljeća, kada su ti procesi krenuli najprije u SAD-u. Tijekom posljednjih 25 godina deregulirani su mnogi važni sektori, među kojima i telekomunikacije i elektroenergetika.

Što su ishodišta deregulacije, i zbog čega su se države odlučile na taj zahvat u inače stabilizirane javne sektore? Premda su kritičari regulacije tvrdili da je ona, umjesto da obuzda monopolsku moć, samo povećala koncentraciju i ograničila razvoj tržišta, činjenica je da su javni sektori, nakon čitavog stoljeća državne regulacije, bili među najstabilnijima. Teško je prihvatiti da je države odjednom napao virus altruizma, pa su posegnule za deregulacijom zbog svoje navodne velike brige za prosperitet krajnjih kupaca, građana, koji bi navodno trebali profitirati zbog pojave konkurencije. Dobrobit kupaca je dobro došao sporedni efekt, ali vjerojatno nije glavni pokretač deregulacije. Riječ je o velikim ekonomskim interesima, odnosno o oslobađanju potencijala tržišta koji je bio prigušen regulacijom. Krajem osamdesetih godina nazire se, k tomu, i velika promjena u istočnom bloku, odnosno pad socijalizma, koji je obećavao otvaranje nerazvijenog tržišta od nekoliko stotina milijuna stanovnika, i nove velike poslovne prilike za svjetske korporacije. Primjerice, raspad industrije u tim zemljama na neko vrijeme je stvorio viškove kapaciteta za proizvodnju električne energije, pa time i priliku stranim kompanijama za nabavu jeftine energije.

6.1. Načela deregulacije telekomunikacija u Europskoj uniji

Tekstovi direktiva Europske unije navode nominalne razloge za poduzimanje deregulacije. Riječ je o istim univerzalnim načelima, bez razlike je li riječ o ovom ili onom sektoru. Mi ćemo ovdje razložiti temeljne postavke kojima je vođena deregulacija telekomunikacijskog sektora u Europskoj uniji. Vrlo slična načela vrijede i u području elektroenergetike.

Još je Ugovor (Treaty) Europske Ekonomske Zajednice, danas Europske unije, postavio, među inim, načela slobodnog kretanja ljudi i roba kroz prostor jedinstvenog tržišta, te slobodne konkurencije na tržištu. Da bi se postigla slobodna konkurencija na telekomunikacijskom tržištu, koja se odmah mogla razviti dopuštanjem tradicionalnim državnim operaterima da ulaze na tržišta ostalih zemalja EEZ-a, odnosno EU-a, bilo je potrebno razriješiti fundamentalne probleme zbog kojih bi trenutno oslobađanje tržišta dovelo do velikih poteškoća:

1. Praktički svi telekomunikacijski operateri u Europi bili su u vlasništvu države, ili su barem imali položaj reguliranog monopola s više ili manje reguliranom cijenom usluga, i nisu bili izloženi nikakvoj konkurenciji, što se odrazilo na strukturama poduzeća, produktivnosti i radnoj kulturi zaposlenika, te na dostignutoj tehnološkoj razini sustava.
2. Države su tijekom perioda regulacije nametnule svojim telekomunikacijskim organizacijama obvezu pružanja univerzalne usluge, što znači da se jedan broj telekomunikacijskih usluga morao davati svima zainteresiranima na zahtjev, u bilo kojem dijelu države, a što očito ne može biti komercijalno isplativo. Univerzalnu dostupnost osnovnih usluga potrebno je očuvati i nakon deregulacije.
3. Zbog zaštite javnog interesa priuštivosti temeljnih infrastrukturnih dobara, uza što pored npr. električne energije stoji i usluga automatske govorne telefonske mreže, države su preko svojih telekomunikacijskih organizacija osiguravale vrlo niske cijene lokalnih razgovora, na račun vrlo visokih cijena long-distance i međunarodnih razgovora, tako da je kroz desetljeća stvoren troškovno neutemeljen debalans cijena neodrživ u uvjetima slobodne prekogranične trgovine u Uniji.
4. S obzirom da su državne telekomunikacijske organizacije bile najčešće jedine ustanove koje su se bavile telekomunikacijama, države su im jednostavno prepuštale poslove regulacije telekomunikacijskog sektora, tako da su vrlo često PTT poduzeća imala u svojim rukama i ključne mehanizme regulacije, što je neodrživo ako se kao ciljno stanje promovira slobodno tržište.

S druge strane, s obzirom na važnost državnih telekomunikacijskih operatera u ekonomiji svake države, potrebno je tim kompanijama omogućiti meki prelazak na tržišne uvjete poslovanja, bez opasnosti od ugrožavanja njihove financijske stabilnosti i funkcioniranja same mreže, koja je vrlo razgranata, i koja će još dugo predstavljati osnovnu državnu infrastrukturu od neprocjenjive važnosti.

Stoga su najvažniji principi tranzicije iz uvjeta reguliranog u uvjete slobodnog tržišta, s ciljem ubiranja plodova, kako od razvoja konkurencije, tako i od postojećih jakih telekomunikacijskih operatera, u najkraćemu sljedeći:

A. Potrebno je očuvati financijsku i poslovnu stabilnost tradicionalnih telekomunikacijskih poduzeća tako da:
   a. im se dopusti zadržavanje monopola nad određenim uslugama javnih telekomunikacija (izgradnja i nuđenje fiksne mreže, nuđenje prijenosnih kapaciteta u najam, međunarodni tranzit) na još neko vrijeme, kako bi mogla izvršiti potrebne strukturne promjene zbog izlaska na slobodno tržište s izraženom jakom konkurencijom;
   b. ukidanje monopola ide u koracima: najprije se oslobađa izgradnja i korištenje mreža za vlastite potrebe poduzeća, ustanova i sl, zatim telefonske usluge s dodanom vrijednošću, pa usluge satelitskih komunikacija, kabelske televizije, mobilnih komunikacija, fiksnih transmisij-

skih kapaciteta u unutarnjem prometu, i na kraju govorne telefonije i međunarodnog prometa;

c. države dopuste telekomunikacijskim poduzećima rebalans tarifa i slobodno formiranje cijena, osim donekle u segmentu osnovnih usluga, što je nužno želi li se ostvariti načelo slobodnog protoka i konkurancije na tlu država Europske unije.

B. Potrebno je stvoriti poštene uvjete tržišne utakmice i potaći ulazak novih (alternativnih) operatera telekomunikacijskih usluga na tržište, zbog čega treba:

a. potpuno odvojiti nacionalno regulacijsko tijelo (npr. kod nas Vijeće za telekomunikacije) od bilo kojeg telekomunikacijskog operatera ili njegovog vlasnika, suvlasnika, ili nekoga tko ima kontrolu nad njime, ali ne nužno i od države;

b. ostvariti načela tehničke harmonizacije i harmonizacije pristupnih uvjeta i uvjeta interkonekcije operatera među sobom i s javnim mrežama državnih telekomunikacijskih organizacija;

c. snižavati ulazne barijere, poticati konkurenciju i posve pojednostaviti postupke dobivanja ovlasti za obavljanje poslova telekomunikacijskog operatera, a dodatne uvjete za ovlasti i licence propisivati samo ako je potrebno usklađivanje s "esencijalnim zahtjevima", koji su isključivo ne-ekonomski i u općem interesu, a to su *samo* sljedeći: sigurnost rada mreže, očuvanje integriteta mreže, i u opravdanim slučajevima interoperabilnost usluga, zaštita podataka, zaštita okoliša i prostornog planiranja, efikasno korištenje frekvencijskog spektra i izbjegavanje štetnih interferencija između radijskih telekomunikacijskih sustava i drugih svemirskih ili zemaljskih tehničkih sustava;

d. provesti principe transparentnosti, proporcionalnosti, objektivnosti i nediskriminacije, u skladu s Ugovorom Unije.

6.2. Britanski model deregulacije elektroenergetskog sektora

U našem razmatranju ovdje, kao ni u drugim poglavljima, nećemo se suviše zamarati organizacijskim oblicima i hodogramima deregulacije, nego ćemo se koncentrirati na glavna načela nove regulacije i njihove ekonomske posljedice. Doista, pitanja pojavnih oblika u tim procesima su ustvari od sekundarne važnosti za razumijevanje problema. Kod promišljanja deregulacije važno je simulirati efekte pojedinih pravila igre.

Deregulacija elektroenergetskog sektora u Velikoj Britaniji započela je 1991., pet godina ranije nego u Kaliforniji. Kao i drugdje, elektroprivredni sektor bio je vertikalno integriran: proizvodnja je proizvodila energiju i predavala je prijenosu, a ovaj distribuciji, koja ju je razvodila korisnicima i naplaćivala. Elektroprivreda je, dakle, na svojem terenu bila "full–service provider", a korisnik nije imao kontakte ni s kime, do s jednim sugovornikom, tj. lokalnim distributerom (koncept "one–stop shoping"). Postojala je obveza davanja priključka svakome na zahtjev, s tim da je prosječne troškove priključka u pravilu snosio korisnik.

U naslijeđeni sustav vertikalno integriranih full–service kompanija nije bilo moguće ugraditi konkurenciju. Stoga je nastao koncept razdvajanja tržišta na veliko (wholesale market) i na malo (retail market), praćen razdvajanjem i disperzijom vlasništva. Konkurencija je najprije uvođena u tržište na veliko, dok je maloprodaja liberalizirana postupno, u koracima, tako da je tijekom godina snižavana granica između potrošača koji troši dovoljno da bi bio kvalificiran za nabavu na konkurencijskom tržištu (povlaštenog potrošača), i onoga koji je morao ostati mušterijom svojeg dosadašnjeg distributera (tarifnog potrošača).

Tržište na veliko transformirano je iz monopola u monopson, u kojemu se kao jedini kupac pojavljuje novi entitet, operator sustava. On kupuje svu energiju ponuđenu na kratkoročnom tržištu sistemom licitiranja. Koji proizvođač ponudi nižu cijenu, prodat će više energije. Osim toga, operator sustava se brine da transakcije ugovorene na tržištu ne dolaze u koliziju s tehničkim zahtjevima stabilnosti i integriteta elektroenergetskog sustava. On, dakle, upravlja sustavom, pa je u tom segmentu nasljednik ranijih centralnih dispečerskih službi. Prodavači energije su poduzeća, koje su kao poslovni subjekti često nastajale privatizacijom proizvodnih dijelova dotadašnjih monopolističkih elektroprivreda, ili pak novom izgradnjom elektrana.

U Britaniji je osnovana klasična regulacijska agencija, OFFER, Office for Energy Regulation, koji je među inim ustanovio tzv. Power Pool, odnosno kratkoročno "dan–unaprijed" tržište (day–ahead market). Osnovna ideja britanskog poola bila je sljedeća: Proizvođači konkuriraju nadmetanjem, tako da za svaki polusatni period sljedećeg dana nude svoje cijene energije. Operator sustava skuplja ponude i na temelju najpovoljnije određuje od koga će i po kojoj cijeni kupiti. Onda on tu energiju raspodjeljuje svim kupcima (distributerima), koji su podnijeli svoje zahtjeve na temelju prognoze za dan unaprijed. Otkupljena količina, naravno, mora dostajati za namirenje ukupne potrošnje. Sve ovo trebalo bi sniziti cijene energije za potrošače, zbog djelovanja konkurencije. Britanski Pool dopuštao je kupovinu energije na budućem tržištu, zbog smanjenja efekta velikih satnih fluktuacija cijena u razdobljima vršnih opterećenja. Uloga Pool-a trebala je u osnovi biti ta, da se električna energija prodaje na temelju svoje trenutne tržišne vrijednosti, umjesto

da bude ograničena marginalnim troškovima proizvodnje. Time se htjelo da ona postane roba podložna djelovanju tržišnih mehanizama ponude i potražnje.

Troškovi instaliranja novog tržišta električne energije u Velikoj Britaniji dosegli su 1.1 milijardi USD, uključujući jednu opsežnu rekonstrukciju nakon dvije godine. Još mnogo novca pored toga potrošila je industrija u sektoru, zbog nabave moćnih računarskih sustava, koji su bili nužni u novim okolnostima. Britanski model u osnovi je preslikan u mnoge druge zemlje svijeta. No, koji su njegovi efekti?

Unatoč padu cijena nafte i plina početkom devedesetih godina, te otpuštanju oko 50% radnika iz elektroenergetskog sektora, proizvođačke cijene električne energije bile su tolike da je, primjerice, privatizirana proizvodna kompanija National Power, nakon samo godinu dana poslovanja, mogla dioničarima isplatiti dividende u vrijednosti većoj od cijene kompanije postignute u privatizaciji. OFFER je, vjerojatno potaknut time, prisilio dvije velike proizvodne kompanije da prodaju znatan broj svojih elektrana, ali su prosječne cijene i dalje ostale mnogo većima od graničnih troškova. Osam godina nakon stvaranja Pool-a, OFFER je proveo istragu u kojoj je dokazano da su cijene na Pool-u bile manipulirane, da su proizvođači koristili nedorečenosti regulacijskih pravila za svoju korist, da je to dovelo do porasta prosječne razine cijena na veliko i, posljedično, do porasta krajnjih cijena na malo, te da se manipulacija tržišta ubrzavala.

Nakon desetljeća manipulacije tržišta, Velika Britanija je na demontiranje Pool-a i uspostavu agencije NETA (New Elecricity Trading Arrangements) potrošila 150 milijuna USD, a cijene električne energije su porasle, tako da od blagodati za korisnike, koja se uvijek navodila kao tobože glavni razlog za reforme, nije bilo ništa.

U novom sustavu, NETA dopušta tzv. samo–dispečiranje, gdje elektrane smiju, ako mogu, svojim direktnim kupcima slati energiju po potrebi. 90% trgovine odvija se izvan burze energije (Power Exchange), bilateralnim ugovorima koji kao takvi ne moraju biti transparentni trećim stranama, dok samo 10% energije ide preko burze, koju i dalje balansira operator sustava. Tako se, iako nepotpuno, zatvorio povijesni krug, i čitavo tržište poprima, doduše nejasne, obrise vertikalno integrirane strukture, zamagljene novim kompliciranim sustavom pravila igre na tržištu. Neki ekonomisti, među kojima i otac deregulacije u SAD-u, Alfred Kahn, iznose tezu da je – možda – baš sektor elektroenergetike taj u kojemu vertikalna integracija funkcionira ekonomično.

Unatoč problemima, Britaniju, kao ni ostatak Europske unije, nije pogodila razarajuća elektroenergetska kriza, poput one u Kaliforniji. Sretna okolnost u Europi je ta da su državne elektroprivrede kroz desetljeća izgradile dovoljno proizvodnih kapaciteta, odnosno da je porast kapaciteta pratio porast potrošnje, tako da na kratkoročnim tržištima u pravilu nije dolazilo do nekontroliranog divljanja cijena zbog nedostatka ponude. Opće povećanje razina cijena duguje se manipulaciji tržišta od strane proizvođača.

Brazil je npr. jedna od zemalja koja je akceptirala britanski model deregulacije. U Rio de Janeiru cijena električne energije za male potrošače povećala se peterostruko, a oko 40% radnika u elektroprivredama ostalo je bez posla.

6.3. Kalifornijska kriza

Ovaj pojam postao je u nas vrlo citiran, ali je istodobno u širim krugovima obavijen velom svojevrsnog nerazumijevanja, pa ga možda treba demistificirati i svesti čitavu priču na nekoliko temeljnih zakonitosti tržišta, kojima smo se bavili u prvim poglavljima ovoga članka. Dakle, tamo se nije dogodilo ništa što se inače u odgovarajućim okolnostima ne bi dogodilo na tržištima paprike, cipela, ili brodova. Problem je u silnom opsegu poremećaja, koji je jednu od najrazvijenijih država na svijetu, Kaliforniju, doveo do teške krize opskrbe električnom energijom.

Priča o deregulaciji energetskog sektora u SAD-u formalno započinje 1992., usvajanjem akta National Energy Policy Act na federalnoj razini. Osnovana je federalna agencija za regulaciju, FERC (Federal Energy Regulatory Commission). Savezne jedinice SAD-a s vremenom su započinjale procese deregulacije donošenjem vlastitih zakona i ustanovljavanjem svojih regulacijskih tijela i drugih entiteta koji se normalno pojavljuju na tržištima električne energije. Kalifornija je prva, 1996. pristupila ostvarenju novoga koncepta, kada je državna Skupština jednoglasno donijela odgovarajući zakon.

Različiti autori različito tumače ključni uzrok velikih problema koji su uslijedili. Činjenica je da je zbog velikog ekonomskog oporavka Kalifornije tijekom devedesetih godina potrošnja porasla za četvrtinu, dočim izgradnje proizvodnih kapaciteta uopće nije bilo. U zadnjih dvadeset godina nije bilo značajnijih ulaganja u elektrane, a za prve od 17 objekata koji se trenutno grade, ili su u planu, treba još koja godina da se uopće pojave.

Kratkovidna politika neulaganja u proizvodnju, odnosno oslanjanja na uvoz viškova energije iz susjednih država, dok su oni bili jeftini, a zatim još kratkovidnije neuzimanje u obzir te elementarne činjenice kod organizacije novog tržišta, dovelo je odjednom do velike krize, a proklamirani glavni cilj – smanjenje cijena za korisnike – potpuno je promašen. Kalifornijski potrošači, kako kućanstva, tako i industrijski pogoni, postali su žrtvama loše razvojne politike, populizma zakonodavaca, loše zakonske regulative i još gore njene provedbe. Došlo je do, po opsegu, nevjerojatnog pretakanja novca iz džepova velikog broja potrošača u džepove nekoliko investitora koji su kupili elektrane razdvojene od ranijih reguliranih monopo-

lista, ali i proizvodnih poduzeća i njihovih vlasnika izvan Kalifornije. Ukupna svota koju su kalifornijski krajnji potrošači platili za električnu energiju bila je u 1999. godini oko 7 milijardi USD, u 2000. oko 27 milijardi USD, a u 2001. oko 50 milijardi USD. Dakle, u kratko vrijeme je prihod u sektoru zbog porasta cijena višestruko porastao, broj radnika se smanjio gotovo za polovicu, cijene prema potrošačima su uvišestručene, a oni su zauzvrat, umjesto mirne i sigurne opskrbe, dobili redukcije struje. Opseg problema je postao tako velik, da se konačno morala umiješati i administracija predsjednika Clintona, odnosno kasnije Busha.

Ustroj i osobine tržišta električne energije

Evo kako je posloženo kalifornijsko tržište električne energije. Ranije su elektroprivrede, svaka na svome terenu, bile vertikalno integrirane kompanije, a cijene koje su određivane za proizvodnju, prijenos i distribuciju bile su troškovno određene, na načelima o kojima smo govorili u poglavlju 5.

Nakon promjene, elektrane su u velikom dijelu prodane privatnim investitorima, a cijena se određivala licitacijom na burzi energije (Power Exchange, PX). Takvo kratkoročno tržište obično se naziva i "spot–market". Licitaciju vodi ISO po načelima britanskog day–ahead tržišta, dakle jedan dan unaprijed za svaki sat u danu, a kontrolne ingerencije nad radom burze, kao i pravo intervencije u cijene, ima FERC. FERC je dugo izbjegavao činiti ikakve intervencije na burzi.

Prijenosna mreža ostala je potpuno regulirana, a predana je na upravljanje ISO-u, privatnoj neprofitnoj organizaciji. Elektroprivrede su ostale u posjedu distribucijskih sustava kao i ranije, pa su one i nadalje ostale opskrbljivačima potrošača. Dvije najveće kalifornijske elektroprivrede su Pacific Gas & Electric (PGE) i Southern California Edison (SCE). Preostalo je i slučajeva kada je ista elektroprivredna kompanija posjedovala i proizvodne i distribucijske sustave. Konkurencija na razini malih potrošača do danas se u Kaliforniji nije dogodila. Malo kasnije ćemo vidjeti zašto.

Sve transakcije u prodaji na veliko morale su se odvijati preko spot tržišta. Čak ni kompanije koje su imale u sastavu i proizvodne i distribucijske kapacitete nisu mogle obavljati direktnu isporuku, nego su energiju najprije morale prodati na burzi energije, a potom je opet kupiti s nje. Bilo je zabranjeno sklapanje dugoročnih ugovora između proizvođača i distributera, tako da je čitav iznos potrošnje morao prelaziti preko spot tržišta.

Nedostatak proizvodnih kapaciteta

Nedostatak proizvodnih kapaciteta utjecao je na cijene električne energije na veliko. U satima vršnih opterećenja viškovi kapaciteta u odnosu na potražnju padali su i na samo 1.5%. To je uzrokovalo zastrašujuće skokove cijena energije u takvim vremenima. Nasuprot normalnih cijena od 25 do 100 USD/MWh, trenutne cijene znale su porasti i do 1500 USD/MWh. Ali, vrlo brzo su se i prosječne dnevne cijene višestruko povećale. Za vrijeme dok je tijekom 2000. godine potrošnja porasla 4%, prosječna cijena na veliko porasla je 266%, a profiti najuspješnijih proizvođača energije porasli su za preko 500%. To su jasne indikacije kroničnog nedostatka proizvodnih kapaciteta, ali i manipulacije tržišta.

Distributeri, posjedovali oni elektrane ili ne, morali su nabavljati skupu energiju na burzi. Istodobno, do ožujka 2002. godine cijene na malo bile su plafonirane, kako bi se "zaštitili" potrošači. To je u ljeto 2000. konačno dovelo do sloma. Maksimalne cijene za potrošače bile su znatno niže od troškova distributera, i oni su potonuli u gubicima. Negativan rezultat dvaju najvećih distributera u zemlji odavna je premašio 10 milijardi USD. Zbog obveze isporuke s jedne strane, i nemogućnosti namicanja troškova s druge, distributeri su počeli objavljivati da više ne žele vraćati nagomilane dugove, jer za njih doista nisu krivi. Banke su na to reagirale objavama da im više ne žele davati kredite za kupovinu energije.

Maksimizirana vršna opterećenja

Veliki propust regulative je nedostatak spoznaje, ukorijenjen u političarskom populizmu, da je nemoguće potpuno liberalizirati tržište na veliko, i istodobno potpuno zaštititi potrošače ograničenjem cijena na malo. Liberalizacija tržišta električne energije u punom smislu ne može biti pošteno provedena ako potrošači nemaju mogućnost reagirati na cjenovne signale. Kada bi trenutna cijena na malo bila u korelaciji s trenutnom cijenom na veliko, potrošač bi mogao prilagoditi svoju potrošnju tako da se suzdrži od uključivanja jakih trošila za vrijeme skupe energije. Da bi se to provelo, bilo bi potrebno uvesti mjerenje u realnom vremenu, što znači najmanje toliko često, koliko se često mijenja cijena na spot tržištu. Nadalje, bilo bi potrebno potrošaču dati informaciju koliko će ga stajati kWh potrošen u svakom takvom periodu. Tada bi on mogao donositi pametne odluke o svojoj potrošnji, što bi u konačnici pomoglo smanjenju vršnog opterećenja sustava, a to bi pak pridonijelo smanjenju prosječnih cijena. Postoje i druge tehničke varijacije na temu upravljanja potrošnjom na malo, ali sve u svemu, mogućnost da se potrošač ponaša u skladu s promjenama cijena temelj je funkcioniranja svakog tržišta. Dokle god ta mogućnost ne postoji, potrošača nije niti briga kada će uključiti bojler ili pećnicu, jer mu račun uopće ne ovisi o tome. To uzrokuje velika vršna opterećenja, jer potrošači imaju vrlo podudarne dnevne rasporede aktivnosti. Naprotiv, elastičnost potražnje distributera je vrlo visoka, jer u trenucima vršnih tereta preostaje tek vrlo ograničena količina slobodne energije, a što je oskudica veća, to je oskudna roba dragocjenija.

Kada je tržište na malo oslobođeno ograničenja cijene, potrošači su odjednom izloženi poskupljenjima, opet bez mogućnosti utjecaja na veličinu svog računa. Prvi distributer kojemu su u sklopu pilot projekta ukinuta ograničenja na cijene za male potrošače, u srpnju 1999., bio je San Diego Gas & Electric. Do svibnja 2000. cijene na malo su se udvostručile.

Manipulacija tržišta potaknuta lošom regulacijom

Država je sustavom regulacijskih mjera i poticaja praktički prisilila elektroprivredna poduzeća da prodaju svoje elektrane, posebno one na fosilna goriva i ugljen, privatnim kompanijama. Tako je došlo do diverzifikacije vlasništva, te do povećanja udjela vlasništva iz susjednih saveznih država. No, trgovina s elektranama u federalnom vlasništvu, te prekogranična trgovina sa susjednim državama, ostavljene su bez čvrstih regulacijskih pravila. To je potaklo specifičan vid manipulacije tržištem, koji je u američkom žargonu nazvan "pranjem megavata" (megawatt laundering), po uzoru na pojam pranja novca. Radi se o posve nemoralnoj, ako ne i kriminalnoj praksi, koja je znatno pridonijela dizanju razine cijena na veliko. Naime, kako je redovito tijekom vršnih opterećenja cijena na spot tržištu Kalifornije divljala, elektrane unutar Kalifornije prodavale su energiju kompanijama u susjedne zemlje po njihovim normalnim cijenama, a zatim bi je te kompanije prodavale kalifornijskom spot tržištu po kalifornijskim cijenama. Špekulantski profit od ove manipulacije ostajao je u rukama vanjskih kompanija. Postoji li vlasnička sprega između suradnika s obje strane granice, interes je jasan. Druga varijacija na tu temu je primjena strategije dovođenja kalifornijskog elektroenergetskog sustava u stanje pred raspad. Kada bi ISO u Kaliforniji deklarirao izvanredno stanje 1. stupnja, vanjske elektrane bi uskraćivale isporuku Kaliforniji, s ciljem da je dovedu u izvanredno stanje 2. stupnja, i tako izazovu paniku na tržištu, koja bi uzrokovala vrtoglav rast cijena na kratkoročnom tržištu. Evo i još jednog primjera manipulacije. Kod domaćih elektrana odjednom je naglo porastao broj "kvarova" i vrijeme provedeno u popravcima. No, postoje opravdane sumnje da su proizvodne kompanije deklarirale kvarna stanja u vrijeme jeftine energije, da bi sačuvale gorivo ili vodu za krizne sate. Sve u svemu, vanjski i unutarnji proizvođači su nadošli na dosta finih oblika kooperativne manipulacije tržišta, omogućenih lošim zakonskim rješenjima i nedjelotvornošću regulacijskog mehanizma, grupiravši se tako u neformalni kartel, koji je nametnuo visoke cijene nemoćnoj, o uvozu ovisnoj, Kaliforniji. Čak je i nedostatna domaća proizvodnja oslonjena prevelikim dijelom na prirodni plin, čija se cijena zadnjih godina upeterostručila, i koji također trpi velike fluktuacije cijena na kalifornijskom spot tržištu plina. Manipuliranjem tržišta bavillo se šest istraga, što federalnih, što kalifornijskih. Studija Paula Joskowa i Alfreda Kahna potvrdila je da je tržište bilo manipulirano, i da porast prosječnih cijena na veliko nije moguće opravdati utjecajem normalnih tržišnih mehanizama, niti nekooperativnih strategija proizvođača. Prema tomu, oni su dogovorno napuhali cijene.

Utjecaj ekološkog pokreta

Jak utjecaj ekološkog pokreta doveo je do obeshrabrivanja investicija u proizvodne kapacitete, jer je postalo vrlo teško ishoditi potrebne dozvole za gradnju elektrana, koje su potencijalni zagađivači. Moć lokalnih zajednica u tom je pogledu također porasla, pa nitko više ne želi dopustiti izgradnju velikog proizvodnog pogona u svojem susjedstvu. Vrlo stroga ograničenja emisije plinova dovela su do toga da svi emitirajući pogoni imaju određeni "kredit" dozvoljene emisije u određenom vremenskom periodu. U ljetnoj sezoni, s golemim dodatnim teretom klimatizacijskih sustava, elektrane na fosilna goriva vrlo brzo bi iskoristile svoj kredit, pa bi morale prestati s radom do isteka perioda kredita, smanjujući tako efektivno raspoložive rezerve.

Nema konkurencije u dobavi

Neprimjereno niske cijene za krajnje korisnike blokirale su proces stvaranja tzv. agregatora potrošnje, odnosno poduzeća za dobavu, koja bi sklapala dugoročne ugovore o dobavi s mnoštvom malih potrošača, i u njihovo ime kupovala energiju na spot tržištu, i uslugu prolaska prijenosnim i distribucijskim mrežama od vlasnika tih mreža. Također, cijene ograničene na preniskoj razini potpuno su otklonile distributere od pomisli ulaganja u izgradnju sustava automatskog očitanja brojila u realnom vremenu, ili pak drugih, koji bi pomogli upravljanju potrošnjom mase malih potrošača. Time je potpuno onemogućena konkurencija u dobavi.

Rekapitulacija uzroka krize i popravak štete

Iz dosadašnjeg izlaganja vidi se konjukcija problema koji su doveli do kalifornijske krize. Nabrojit ćemo ih ukratko na jednom mjestu:

1. Politika oslanjanja na uvoz jeftinih viškova energije iz susjednih država davala je dobre rezultate dok ekonomski rast u tim državama nije smanjio viškove. Zanemarivana je izgradnja vlastitih proizvodnih postrojenja.
2. Zakonodavci su oslobodili tržište na veliko, i istodobno limitirali cijene na malo na razini koja nije mogla pokrivati troškove distributera. Zabranili su trgovinu putem dugoročnih ugovora ili direktnom prodajom izvan kratkoročnog tržišta, kao i kupovinu na budućem tržištu, osiguravši tako, preciznom eliminacijom svih mogućih faktora usporenja tržišta, idealne uvjete za divljanje cijena u vremenima vršnih opterećenja. To je distributere dovelo na rub bankrota.

3. Regulacijskim pravilima i poticajima elektroprivrede su gotovo natjerane da se riješe svojih elektrana na fosilna goriva prodajom privatnim kompanijama, većinom iz susjednih država SAD-a.
4. Zbog federalnih propisa, prekogranična trgovina s drugim državama SAD-a bila je potpuno liberalna. Kalifornijski zakonodavci nisu uvažili tu realnost, pa se dogodio apsurd da je unutarnja trgovina podvrgnuta vrlo krutim pravilima, dok je vanjska slabo regulirana silom propisa izvan ingerencije kalifornijskih vlasti. To je otvorilo lepezu mogućnosti za kooperativno manipuliranje kratkoročnog tržišta na veliko suradnjom unutarnjih i vanjskih proizvođača, odnosno stvaranjem neformalnog kartela.
5. Velike fluktuacije cijena u trenucima oskudice same po sebi su normalne zbog djelovanja mehanizama ponude i potražnje na slobodnom tržištu. Međutim, ono što nije normalno jest višestruko podizanje prosječne razine cijena na veliko, koje je prouzročeno manipulacijom od strane proizvodnih kompanija.
6. Iznimna snaga ekološkog pokreta objektivno je utjecala na odvraćanje investitora od ulaganja u nove elektrane.

Britanski model kombiniran s ovim kalifornijskim specifičnostima proizveo je krizu.

Vlasti u Kaliforniji reagirale su prijedlozima za ograničavanje cijena na veliko. Drugu mogućnost – progresivno oporezivanje prihoda proizvođača – stručnjaci su otklonili, unatoč tomu što ona ima znatne prednosti pred administrativnim plafoniranjem cijena, jer bi moralo doći do promjena u zakonu, dok je ograničenje cijena bilo u okviru ingerencija FERC-a. FERC je dugo oklijevao, smatrajući da će to potpuno obeshrabriti ulaganja u izgradnju elektrana. Na kraju, u ljeto 2001. FERC pristaje na limitiranje samo u Kaliforniji i samo u kriznim situacijama. Plafon cijene na spot tržištu određen je kao 85% od najviše satne cijene dostignute za vrijeme prethodnog izvanrednog stanja 1. stupnja (rezerva kapaciteta manja od 7% tijekom barem jednoga sata). No, i ovaj sustav predviđa izuzetke ako proizvođači mogu dokazati njihovu opravdanost. Proizvođačima koji prodaju električnu energiju u Kalioforniji FERC je odobrio naplatu 10% od prodajne cijene na ime rizika naplate, zbog neizvjesnosti oko plaćanja financijski izmoždenih distributera, odnosno građana.

No, hoće li ove administrativne mjere trajno riješiti situaciju, vidjet će se vrlo brzo. Pretpostavka je da neće. O uzrocima kalifornijske krize napisano je mnogo članaka i načinjeno dosta studija. Oni su detaljno poznati, a jedini pravi način za rješavanje situacije je, kao i uvijek, uklanjanje uzroka, a ne posljedica ili simptoma. No, to možda znači potpunu rekonstrukciju uspostavljenog mehanizma u kojemu, najkraće rečeno, ne valja ništa.

Oko 22% potrošača u Kaliforniji napajaju elektroenergetski sustavi u vlasništvu velikih gradova. Tim sustavima zakonodavci su ostavili mogućnost da se pridruže deregulaciji ako to žele. Većinom su takve kompanije odabrale strategiju "čekaj i vidi što će biti". Dobar primjer je sustav Los Angelesa, kojime upravlja Odjel za vodu i električnu energiju, DWP (Department of Water and Power). On se nije odlučio za reforme, ostao je vertikalno integriran, zadržao je sve svoje elektrane i uložio u proširenje kapaciteta svojih starih elektrana za 1000 MW, uvidjevši da će tako osigurati svoje potrebe i da će viškove moći dobro prodati. Potrošači DWP-a nisu osjetili krizu.

Pennsylvania

Evo i jednog pozitivnog primjera, koji pokazuje da deregulacija elektroenergetskog sektora ne mora nužno ispasti loše. Prije deregulacije, cijene u toj saveznoj državi bile su 15% iznad prosjeka SAD-a, da bi nakon deregulacije bile oko 4% ispod. Oko 95% energije proizvedene u Pennsylvaniji dolazi iz jeftinih izvora na ugljen i nuklearnih elektrana. Izgradnja novih elektrana pratila je porast potrošnje. Država nije prisilila elektroprivrede da prodaju svoje elektrane kompanijama iz susjednih država. Štoviše, regulacija je poticala elektroprivrede da ulaze u dugoročne ugovore izvan spot tržišta. Pennsylvania je s još četiri susjedne savezne države organizirala regionalno tržište električne energije i ojačala je prijenosne interkonekcije s njima, što je doprinijelo boljem iskorištenju proizvodnih kapaciteta u tom velikom sustavu, odnosno disperziji rizika od velikih fluktuacija cijena. Stvarnom restrukturiranju sektora prethodio je dvogodišnji pilot projekt, koji je omogućio čišćenje regulacijskih propisa od loših rješenja. Ukratko, zakonodavci i regulatori u Pennsylvaniji bili su dovoljno pametni da nauče na pogrješkama drugih i da ih ne ponove. Stvorili su povoljan regulatorni okvir i nisu osjetili potrebu za mikromenadžeriranjem čitavog procesa.

To nam govori da u slučaju Kalifornije problem nije bio u reformi sektora kao takvoj, nego u njenoj ekstremno lošoj provedbi od strane države.

6.4. O deregulaciji i nekim pojavama na tržištima telekomunikacija

O teoretskim počelima deregulacije telekomunikacija u Europskoj uniji govorili smo u poglavlju 6.1. Ovdje ćemo se osvrnuti na neke upečatljive praktične detalje.

Činjenica koja je odmah jasna je da liberalizacija telekomunikacija prolazi mnogo lakše nego li što je slučaj u energetskom sektoru. Ovdje opet moramo razlučiti neke pojmove. Svakom znana recesija telekomunikacijskog sektora iz prvih godina stoljeća, obilježena strmoglavim padom dionica telekomunikacijskih poduzeća, ne može se bezuvjetno pripisati deregulaciji, premda s njom ima neke veze. Telekomunikacij-

ske kompanije predvodile su listu gubitnika na burzama. Od proljeća 2000. do ljeta 2001. pad dionica telekomunikacijske industrije težio je 90% od ukupnog pada svih dionica. To je znak velikog poremećaja, gotovo katastrofalnih razmjera.

Zašto je pad dionica vezan uz deregulaciju? Zato što je upravo deregulacija pokrenula vrtoglav rast telekomunikacija i, vezano za to, informatike, u godinama prije toga. Zemlje predvodnice bile su opet Velika Britanija i Sjedinjene Američke Države. Zapravo, zametak onoga što će kasnije postati deregulacijom telekomunikacija nastao je 1974., kada je američko Ministarstvo pravde pokrenulo poznati desetogodišnji antitrustovski sudski proces protiv monopolističkog sustava AT&T-a, poznatog i pod nazivom Bell Systems. O tome smo već malo govorili u poglavlju 5.1.

AT&T je posjedovao Bell Telephone Labs (istraživanje), Western Electric Co. (proizvodnja opreme), i 23 poduzeća u okviru Bell-a. Suština tužbe bila je da je AT&T sprječavao konkurenciju u long-distance prometu i da je sprječavao konkurenciju na tržištu terminalne opreme. U to vrijeme, sustav AT&T-a imao je tržišni udjel veći od 95% čitavog sektora na razini SAD-a.

U svojoj obrani, Bell Systems je tvrdio da je američki telekomunikacijski sustav upravo zato najbolji na svijetu, jer ga vodi jedna tako velika i moćna kompanija, te da je veličina sustava, u skladu sa schumpeterijanskom hipotezom, ključni faktor koji potiče tehnološki razvoj.

1984. AT&T je izgubio spor i silom zakona je restrukturiran tako da je AT&T zadržao samo svoje long-distance usluge, Bell Labs i Western Electric Co. Preostali dio sustava organiziran je u sedam velikih područnih holding kompanija, Regional Bell Operating Companies (RBOC). Tako je Bell Systems izložen žestokoj konkurenciji, najprije u području long-distance prometa i proizvodnje i prodaje telekomunikacijske opreme. Kasnije su spajanjem nastale samo 4 regionalne Bell kompanije. Razbijanje trusta Bellovih kompanija, odnosno ukidanje monopola na telekomunikacijskom tržištu najrazvijenije zemlje svijeta, naglo je dovelo do nevjerojatnog napretka u tehnologiji telekomunikacija i telekomunikacijskim uslugama, kojemu smo svjedoci još i danas. Povećana konkurencija dovela je do povećanja zahtjeva za novim uslugama, a one su za sobom nužno povukle tehnološki razvoj. Padom jediničnih cijena usluga otvoren je prostor za količinski veću konzumaciju postojećih, i uvođenje novih. Osobito veliki napredak ostvaren je u području širokopojasnih usluga fiksne mreže, odnosno usluga u mobilnim mrežama. Pokazalo se da nije točno da monopol pogoduje kvaliteti usluga i tehnološkom razvoju.

U osamdesetim godinama javljaju se prvi analogni sustavi mobilne telefonije, poput kod nas još u mreži 099 živućeg NMT-450. Ubrzavaju se istraživački napori s ciljem uvođenja visokokvalitetne digitalne mobilne telefonije, a paralelno s time, pokušava se ostvariti i širokopojasni pristup korisniku putem bakrene infrastrukture telekomunikacijskih operatera, odnosno putem koaksijalnih mreža kabelskih televizija. Postalo je jasno da mobilna mreža padom cijena sve uspješnije konkurira pristupnoj fiksnoj mreži, pogotovu stoga što je sve propusnija za prijenos podataka. Današnji sustavi mobilnih komunikacija tzv. 3. generacije (UMTS) omogućavat će korisniku koji miruje brzinu podatkovnog komuniciranja od 2 Mb/s, odnosno 348 kb/s u brzoj vožnji automobilom. Proširenje opsega propusnosti pristupnih mreža, bilo fiksne ili mobilne, međusobno je korelirano s povećanjem informacijske povezanosti, s napretkom Interneta i ostalih podatkovnih usluga. Jedno potiče drugo.

U takvom tehnološkom i poslovnom procvatu, gdje se stalno javlja mnoštvo novih usluga koje su, izgleda, kupci voljni dobro platiti, pojavio se golem interes za investiranje, posbno u mobilne sustave. Sve je išlo dobro s uvođenjem GSM i sličnih sustava. Tržište je trebalo novi sustav, neusporedivo bolje kvalitete prijenosa, i s određenom, još uvijek skromnom, mogućnošću podatkovnog komuniciranja. Spektakularan napredak u brzini prijenosa, od 9.6 kb/s kod GSM-a do 2 Mb/s kod UMTS-a, napuhao je balon tržišnih očekivanja za treću generaciju mobilnih sustava. I tu je stvar pukla.

Vratimo se mehanizmu ponude i potražnje. Roba o kojoj se radi je *frekvencijski kanal*, dakle neopipljiva stvar. Prodavač je država, a kupac je kompanija koja u toj državi želi izgraditi i voditi mobilnu mrežu UMTS sustava. Da biste postali operater takve mreže, morate zaposjesti određeni broj standardiziranih frekvencijskih kanala na kojima će vaši uređaji (bazne stanice i mobiteli korisnika) raditi. Zaposjesti kanal znači platiti državi uslugu čuvanja toga kanala od drugih zainteresiranih korisnika. Ekskluzivno pravo koje će vam država dati kada joj platite, zove se koncesija. Doista, jednom koncesionirani kanal ne može poslužiti više nikome, on je samo vaš za vrijeme trajanja vaše koncesije, najčešće 10 godina. Želite li pokriti određeni teren i ostvariti određeni vršni promet na svakom četvornom kilometru urbanih središta u vašoj zemlji, nužno ćete morati zaposjesti N kanala. Recimo, GSM operateri u Hrvatskoj imaju po 60 kanala. Problem je u tome što vaša zemlja ima pravo na ograničen broj kanala, kako se tehnički ne bi ometale susjedne države. Stoga je broj koncesija za pakete od po N kanala ograničen, a za njihovu dodjelu provodi se javni natječaj na kojemu morate dokazati da ste baš vi najbolje osmislili razvoj buduće mreže (tzv. beauty contest), il pak licitacija, jednostavno po načelu "tko da više", uz zadovoljavajuće tehničke uvjete. Postoje i mješavine tih vrsta postupaka, s različitim varijacijama.

Utrka za UMTS kanalima, potencirana napuhanim očekivanjima, bila je tolika da su države koje su prve krenule u prodaju UMTS licenci osjetile mogućnost

da dobro zarade na koncesijama. Elastičnost potražnje kupaca, telekomunikacijskih kompanija, vrlo je mala, jer, tko na natječaju ne uspije dobiti svojih *N* kanala, ne može ući u taj vrlo unosan posao. Stoga su kompanije pristajale na sve. Zapadnoeuropske države su u kampanji koncesioniranja ubrale od operatera oko 500 milijardi DEM – iznos za koji su ti operateri mogli svakoj obitelji u tim zemljama dopremiti optičko vlakno u stan.

No, tko će to sve platiti? Vratimo li se na našu sliku 2, vidjet ćemo da će se teret u izvjesnom omjeru, određenom tržišnim mehanizmom opisanim na toj slici, podijeliti na operatere i na kupce. Naime, namet u vidu koncesije pojavit će se, kao dio ukupnog prosječnog troška operatera, u obliku povećeg dodatnog iznosa na cijenu, jer će operater nastojati naplatiti izgubljeno od svojih korisnika. Doista, koncesija na kraju i jest jedan oblik poreza, dodatnog nameta koji nema veze s troškovima proizvodnje. Ali, za očekivati je da će elastičnost potražnje biti prilično velika, jer kupci imaju na raspolaganju usluge vrlo raširenih i solidnih mreža GSM tehnologije (2. generacije), koje mogu poslužiti barem kao privremeni supstituti. Kada je cjenovna elastičnost velika, teret nameta pretežito pada na prodavača usluge, dakle na operatera UMTS mreže. Uočimo da je to obratno nego kada je riječ o robi s inherentno malom cjenovnom elastičnošću, kao što je npr. električna energija. Jednostavnim riječima kazano, malo tko je htio kupiti uslugu UMTS mreže po takvim cijenama, koje su možda i udvostručene zbog raspomamljene pohlepe državnih administracija. Dodatan odbijajući faktor je relativno sporo širenje mreže, koje traje nekoliko godina, zbog velike potrebne gustoće baznih stanica. Korisnici koji su navikli da signal GSM-a imaju gotovo svugdje, teško se pomiruju s time da će izgubiti signal nove mreže čim izađu iz svojega grada.

Debalans između nevjerojatno precijenjenih koncesija, velikih kapitalnih ulaganja, i razmjerno velike elastičnosti potražnje, doveo je do prevaljivanja tereta koncesija na pleća mnogih novih operatera, pa je uslijedio neizbježan krah. Investitori su panično rasprodavali dionice takvih poduzeća, i došlo je do famoznog pada telekomunikacijske industrije na samom početku stoljeća. Zadnji mjeseci bilježe lagani povratak optimizma ulagača prema onim kompanijama koje su se uspjele riješiti tereta UMTS-a.

Kakve sve to ima veze s deregulacijom? Deregulacija je izazvala veliki rast same industrije, kao i optimistične projekcije budućeg rasta, i sveopću vjeru u tehnološki napredak u sektoru. Ostalo je krivica državnih administracija. Jednostavno, zanemarili su ključno pitanje: Tko će to sve platiti? Činjenica da se deregulacija dogodila *prije* ove krize u sektoru ne znači automatski da ju je ona uzrokovala.

Zanimljiva je situacija u Hrvatskoj, gdje još nije raspisan natječaj za treću generaciju. Kada i bude, radit će se o natječaju za dvije tehnološki različite mreže: GSM i UMTS. Hrvatska je imala tu sreću da zakasni s ovim procesom u odnosu na zapadne zemlje, što joj je dalo priliku da čeka i gleda što će biti. Pouka je jasna, i čini se da kod nas neće doći do pretjerane naplate koncesija. Prema propisima koji vrijede, novi operater, kada bude izabran na natječaju, platit će za kombiniranu koncesiju GSM i UMTS 172 milijuna Kn, plus 12 milijuna za svaku godinu korištenja u godišnjim obrocima. To je, po domaćim iskustvima, dobro izbalansiran iznos, odnosno, on ne bi trebao zakočiti rast te industrijske grane. Zanimljivo je da, unatoč nacionalnom bruto proizvodu manjem od 5000 USD po stanovniku, Hrvatska trenutno ima stopu penetracije mobilne telefonije na razini od 43%, što uopće nije loše. To je indikacija da je naš prosječni građanin spreman platiti u relativnom smislu dosta za pogodnost mobilnog komuniciranja.

No, vratimo se deregulaciji. Neosporno je da nigdje ne nailazimo na primjere katastrofičnih scenarija nalik na onaj s reformom energetskog sektora u Kaliforniji. U telekomunikacijama nema takvih fundamentalnih prirodnih ograničenja, kao što je ograničenje kapaciteta za proizvodnju električne energije. Štoviše, u telekomunikacijama nema nečega što bi moglo ponestati u sličnom smislu. Naime, ako je riječ o bilateralnoj komunikaciji korisnika, svu informaciju koju treba korisnik A proizvodi korisnik B. Kada je riječ o asimetričnim uslugama tipa Interneta ili budućim sustavima videa na zahtjev (VOD, Video On Demand), također nije problematičan sâm sadržaj. U svakom slučaju, dva su glavna tehnička problema: zagušenje u komutaciji i zagušenje u prijenosu. No, oni se ni po čemu ne mogu mjeriti s problemima nedostatka proizvodnih ili prijenosnih kapaciteta u elektroenergetici. Osim toga, mnoge komunikacijske usluge većinom ne spadaju u životno nužne, i kupci ih se lako odriču, ako im zbog nedostatka ponude, recimo, trošak zakupa vodova pretjerano poraste. Elastičnost potražnje ovakvih više-manje zabavnih usluga je velika, dočim je cjenovna elastičnost osnovnih usluga telefonije i prijenosa podataka ipak dosta niska, jer se radi o pitanjima životne ili poslovne nužde.

Kapitalna ulaganja po korisniku u telekomunikacijama su mnogo niža, a zbog toga je čitav sektor življi, i operateri mogu vrlo brzo reagirati povećanjem odgovarajućih kapaciteta. Primjerice, jednom položeni optički kabeli omogućavaju praktički beskonačno proširenje kapaciteta bez potrebe novih infrastrukturnih zahvata, samo intervencijom u elektroničke komponente mreže, koji koštaju to manje po jedinici širine pojasa, što im je pojas širi. U energetici nije tako. Jednom izgrađen dalekovod može prenijeti snage koliko može. Tehničkim optimizacijama kapacitet mu se može podići možda za koju četvrtinu ili trećinu, ali nikako ne deset ili sto puta.

Uvođenje konkurencije u telekomunikacijski sektor prolazi, dakle, zbog ovih prirodnih razloga, u mirnijoj atmosferi. Jedini pravi problem jesu teškoće oko

uvođenja efikasne konkurencije u tržište na kojem kupuju mali korisnici (retail market). Prisjetimo se, ranije su cijene long-distance i međunarodnih veza umjetno držane znatno iznad razine marginalnih troškova, kako bi subvencionirale lokalni promet za male korisnike. Cijene lokalnih poziva i lokalne petlje bile su stoga ispod razine troškova. To je, pored osiguranja fer uvjeta za prekograničnu trgovinu, jedan od najvažnijih razloga zbog kojih su države dopustile tradicionalnim velikim operaterima da izvrše rebalans tarifa. Sjećamo se takvog rebalansa HT-ovih tarifa od 1. kolovoza 2001., u kojem su lokalni razgovori poskupjeli. Naime, nemoguće je ostvariti konkurenciju na području gdje su cijene ispod ili tek malo iznad troškova. Potencijalni konkurenti nemaju poticaja za ulaganja, jer ne mogu ništa zaraditi. Stoga treba biti jasno da *nema* konkurencije tamo gdje su cijene rigidno određene troškovnim načelom, koje dopušta tradicionalnom operateru da alimentira svoje troškove i doda nekakvu razumnu maržu. S druge strane, tamo gdje su cijene određene bitno iznad troškova, postoji veliki prostor za ulazak alternativnih operatera.

LITERATURA

[1] P. A. SAMUELSON, W. D. NORDHAUS: "Ekonomija", 15. izdanje, prijevod na hrvatski jezik, naklada Mate, Zagreb, 1992.

[2] A. E. KAHN: "How to Make Deregulation Work" (interwiev, Eds. W. Sweet, E.A. Bretz), IEEE Spectrum, Jan. 2002.

[3] K. STAHLKOPF: "Technology Offers Solutions to the Power Crisis", IEEE Spectrum, Jun. 2002.

[4] T. Mc GREGOR: "Electricity Restructuring in Britain: Not a Model to Follow", IEEE Spectrum, Jun. 2002.

[5] B. KLEIN: "Federal Regulators Change Course in California", IEEE Spectrum, Aug. 2001.

[6] B. KLEIN: "Fixing California's Energy Crisis", IEEE Spectrum, Mar. 2001.

[7] J. MAKANSI: "California's Electricity Crisis Rooted in Many Failings", IEEE Spectrum, Feb. 2001.

[8] M. ILIĆ, *et al*: "Electricity Troubles in California: Who's Next?", IEEE Spectrum, Feb. 2001.

[9] B. UDOVIČIĆ: "Sa slobodnim tržištem električne energije – oprezno", Energija, br. 2, 2001.

[10] S. TOMAŠIĆ-ŠKEVIN: "Regulacija i deregulacija u elektroprivredi", Energija, br. 4, 2001.

[11] M. LANGLEY: "Hands Off Telecom: Give Deregulation a Chance", IEEE Spectrum, Jan. 2002.

DEREGULATION PRINCIPLES AND PRACTICE

A review is given on basic elements and principles of the deregulation movement. Consequently, some practical problems coming from deregulation of electric energy and telecommunication systems are discussed.

GRUNDSÄTZE UND ERFAHRUNGEN DER DEREGULIERUNG

Gegeben wird die Übersicht jener Hauptbegriffe und Grundsätze auf welchen die Deregulierung beruht; danach wird über manche praktische Fragen, die in den Deregulierungsprozessen der Stromversorgung und des Fernmeldewesens vorkommen, diskutiert.

Naslov pisca:

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
HEP Prijenos d.o.o.
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 09 – 8.

ISKUSTVA DESETOGODIŠNJE EKSPLOATACIJE PODZEMNE I U MORE URONJENE TS 10(20)/0,4 kV "FORTIN" U TROGIRU

Ivo Santica, Split

UDK 621.311.4
STRUČNI ČLANAK

Dana su desetogodišnja iskustva eksploatacije TS 10(20)/0,4 kV "Fortin", podzemne izvedbe u Trogiru. Takav i slični tipovi TS 10(20)/0,4kV izvode se ondje gdje nema uvjeta za izgradnju klasičnih tipova TS, jer nema prostora ili se često radi o potrebi zaštite objekata i ambijenta povijesno-kulturnog značenja.

Ključne riječi: podzemna vodonepropusna izvedba TS, povijesna gradska jezgra, spomenička baština.

1. UVOD

Da bi se broj tipova distribucijskih transformatorskih stanica smanjio, a time pojednostavnila njihova izgradnja, Hrvatska elektroprivreda, Direkcija za distribuciju utvrđuje gransku normu oznake N 012.01, klasifikacijski broj 4.02/92., naziva "Tehnički uvjeti za TS 10(20)/0,4 kV 630 kVA - kabelska izvedba".

Uvjetima je definirana jednopolna shema TS, iz čega slijedi definicija elektromontažnog i građevinskog dijela transformatorske stanice.

Baš u godini donošenja granske norme (1992.) projektira se, a zatim i gradi TS 10(20)/0,4kV "Fortin" snage 630 kVA u Trogiru.

Netipičnost rješenja u ovom slučaju očituje se u zahtjevu da transformatorska stanica bude podzemna, a



Slika 1. TS 10(20)/0,4 kV "Fortin" - fotografija izgrađene TS

lokacijom uz morsku obalu ona postaje i "podmorska".

Izgradnja je koncipirana na principu uronjene vodonepropusne kade u koju je pristup omogućen preko pokrovnog dijela, kako za montažu opreme tako i za upravljanje i održavanje.

Ventilacija je prirodna, a elektrooprema standardna, odnosno tipska.

Upravo desetogodišnje iskustvo u eksploataciji ovakvog objekta obvezuje nas na iznošenje određenih stavova.

2. UVJETI UREĐENJA PROSTORA, 1992. GOD. (UVJETI KOJI SU ODREDILI GRAĐEVINSKU KONCEPCIJU OBJEKTA)

REPUBLIKA HRVATSKA
OPĆINA TROGIR
SEKRETARIJAT ZA GOSPODARSTVO
ODJEL ZA URBANIZAM, GRAĐEVINARSTVO I STAMBENO–KOMUNALNE POSLOVE

Trogir, 29.4.1992. god.

UVJETI UREĐENJA PROSTORA
KLASA: 350–05/91–01/236
URB. BROJ: 2184–05–03/1–92–1

I–A–PODACI IZ PROSTORNIH PLANOVA

a) ZEMLJIŠTE SE NALAZI: u granicama zahvata PUP-a povijesne jezgre Trogira ("Sl. gl. općine Trogir" br.3/90. i 7/91.).

b) ZA ZEMLJIŠTE SE ODREĐUJE REŽIM KORIŠTENJA: zaštitno zelenilo – park.

c) ZA ZEMLJIŠTE SE ODREĐUJU UVJETI UREĐENJA PROSTORA: urbanističko – tehnički uvjeti za izgradnju **ukopane trafo-stanice 10/0,4 kV "FORTIN"** s priključnim kabelom.

B – URBANISTIČKO–TEHNIČKI UVJETI

:
:
:
:

– objekt će se smjestiti u OTVORENOM načinu gradnje kako je označeno u situaciji u mj. 1:500 **ukopan pod zemljom**.
– visina objekta je –4,20 (ukopana 3,40 m, a iznad zemlje 0,80 m).

Pokrov TS oplemeniti hortikulturno, a u širini dijela klupe do rubnjaka popločiti kamenim pločama. Kod izgradnje objekta maksimalno respektirati postojeće zelenilo, a nakon izgradnje okoliš dovesti u prvobitno stanje. Oko objekta zasaditi grmoliko raslinje. Dio konstrukcije vidljiv, iznad zemlje, obložiti kamenom.

3. TEHNIČKI OPIS (PRILOG UZ ELEKTROMONTAŽNI DIO PROJEKTA)

TS 10/0,4 kV "Fortin" locirana je u parku uz staru gradsku jezgru Trogira. Prema urbanističkim uvjetima izdanim od općine Trogir, transformatorsku stanicu je potrebno ukopati. Ulaz u ovako ukopan objekt moguć je samo kroz gornju pokrovnu ploču.

Zbog neposredne blizine mora i karakteristika terena posebnu pažnju obratiti na način gradnje objekta i vodonepropusnost izvedbe.

Jednopolna shema odgovara jednopolnoj shemi tipske TS (2 VP 10 kV i TrP 10 kV + 8 VP NN), s tim da je razmještaj opreme nešto drukčiji, što je proizašlo iz građevinskog zahtjeva za minimalnim dimenzijama i kvadratnim tlocrtom transformatorske stanice.

Kod montaže krupne opreme smanjene dimenzije uvjetuju pojedinačno unošenje VN ormara i naknadno povezivanje i montažu sabirnica unutar TS.

4. TEHNIČKI OPIS (PRILOG UZ GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI DIO PROJEKTA)

TS 10/0,4 kV "Fortin" locirana je na čestici zemljišta br. 4240/4 K.O. Trogir predio "Park Fortin". Kako se zemljište nalazi u granicama zahvata PUP-a povijesne jezgre Trogira, a režim korištenja zemljišta je dan kao zaštitno zelenilo – park, prišlo se je izradi projektne dokumentacije za ukopanu transformatorsku stanicu, da bi se što manje narušio ambijentalni izgled.

Ulaz u stanicu je projektiran preko otvora u pokrovnoj ploči koji se zatvara limenim poklopcem površinski obrađenim uglađenim kulirom. Poklopac ima mehanizam za olakšano otvaranje kao i bravu za zaključavanje u zatvorenom i otvorenom položaju.

Preko otvora u ploči dimenzija 2,05x2,05 m, koji se pokriva montažno – demontažnom armirano betonskom pločom, unose se svi elementi postrojenja. Ventilacija je prirodna preko otvora ispod montažno – demontažne ploče gdje je izlaz zraka, odnosno posebnog kanala za ulaz zraka. U prilogu projekta dana je i tehnologija izrade koje se izvođač treba strogo pridržavati.

5. GEOTEHNIČKO IZVJEŠĆE

Istražne geotehničke radove napravio je Institut građevinarstva Hrvatske – poslovni centar Split.

Ispitivanje terena na predmetnoj lokaciji izvedeno je sondiranjem tla motornom bušačom garniturom.

Zaključak ispitivanja:

1. Općenito: Lokacija se nalazi pored stare gradske jezgre Trogira, sa sjeverne strane, uz kanal u park-šumi. Ista nije povoljna za gradnju što potvrđuje i višestoljetno izbjegavanje izgradnje na tom prostoru.

Istražni radovi su potvrdili da je temeljno tlo dubine 6,5 metara izrazito loših geotehničkih osobina. Osim toga nivo podzemnih voda u izravnom je dodiru s morem i zavisi o visini plime i oseke. Ne poznavajući apsolutnu kotu lokacije samo se utvrđuje trenutni relativni odnos između površine terena i nivelete mora od –0,80 m.

2. Duboko temeljenje ili ukopani objekt: Iskop za građevinsku jamu u mulju ispod nivoa vode nije moguće izvesti bez zaštitne građevinske jame.

   Za građevinsku jamu potrebno je izraditi poseban projekt.

   U jamu izvedenu pod zaštitom, moguće je spustiti vodonepropusnu kadu gabarita potrebnih za eklektromontažni dio TS.

   Ukoliko se investitor odluči za ovakvu vrstu temeljenja potrebno je načiniti detaljan tehnološki projekt i proračun objekta da ne bi došlo do eventualnog istiskivanja istog zbog veličine uzgona. Prilikom ovakvog načina temeljenja potrebno je iskop izvoditi bez sniženja vode u građevnoj jami, da ne dođe do hidrauličkog sloma tla na dnu jame.

3. Nivoi podzemne vode kao funkcija nivoa mora: Najbliži moreograf nalazi se na lokaciji Split-rt Marjana. Za ovaj moreograf postoje obrađeni podaci za vremenski period od 1954. –1983. godine. Kota "0" (nule) ovog moreografa iznosi –0,44 m.n.m.i to je apsolutna geodetska kota. U promatranom periodu na ovom je moreografu zabilježena maksimalna visina mora od +160 cm, što u apsolutnoj koti iznosi +1,16 m. n. m.

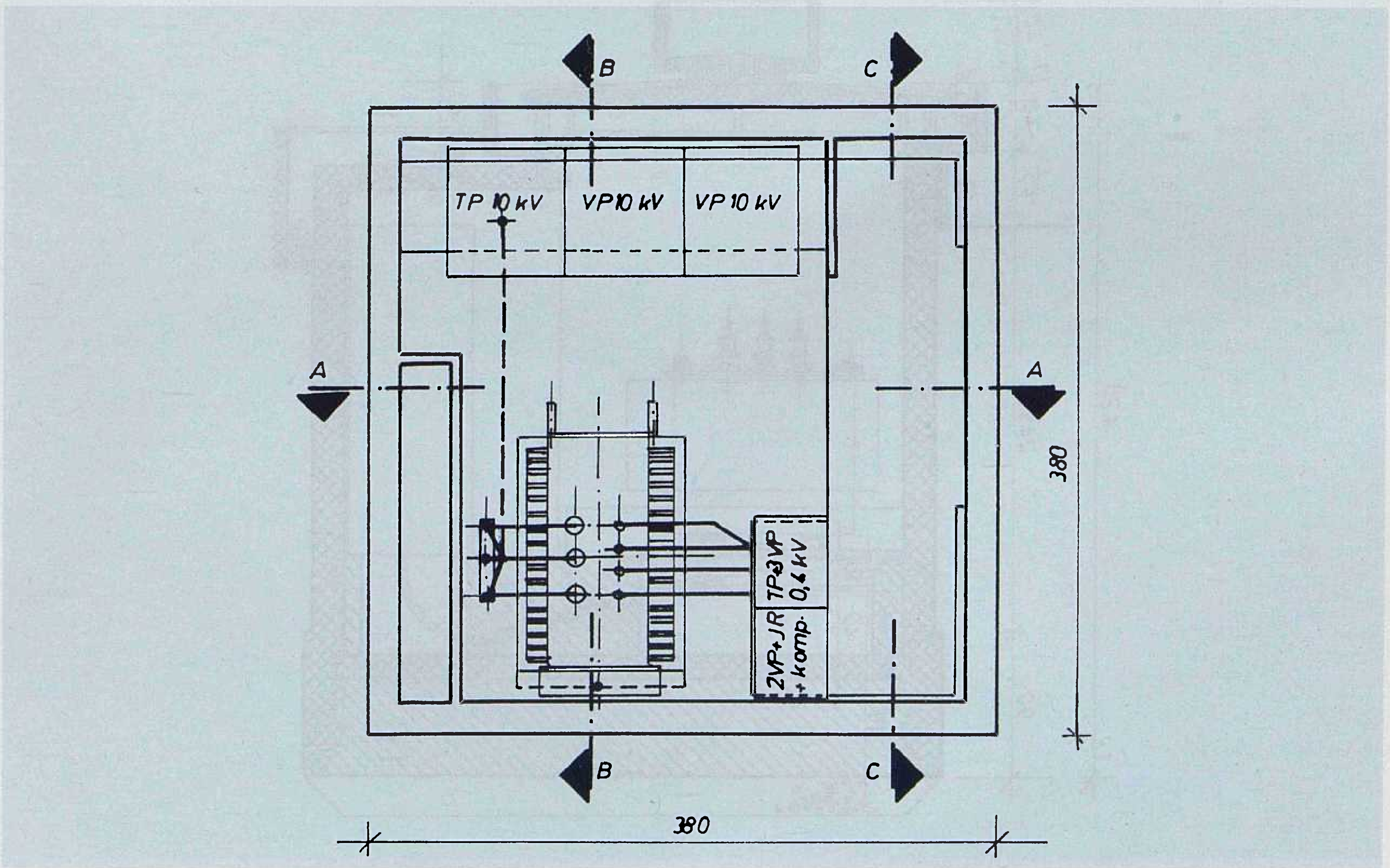
Iz tog razloga predlažemo da pri proračunu objekta upuštenog u tlo proračun uzgona bude proveden na apsolutnu kotu nivoa podzemne vode od 1,20 m. n. m. što bi objekt trebalo zaštititi od neželjenog djelovanja uzgona.

6. TEHNOLOGIJE IZVEDBE OBJEKTA

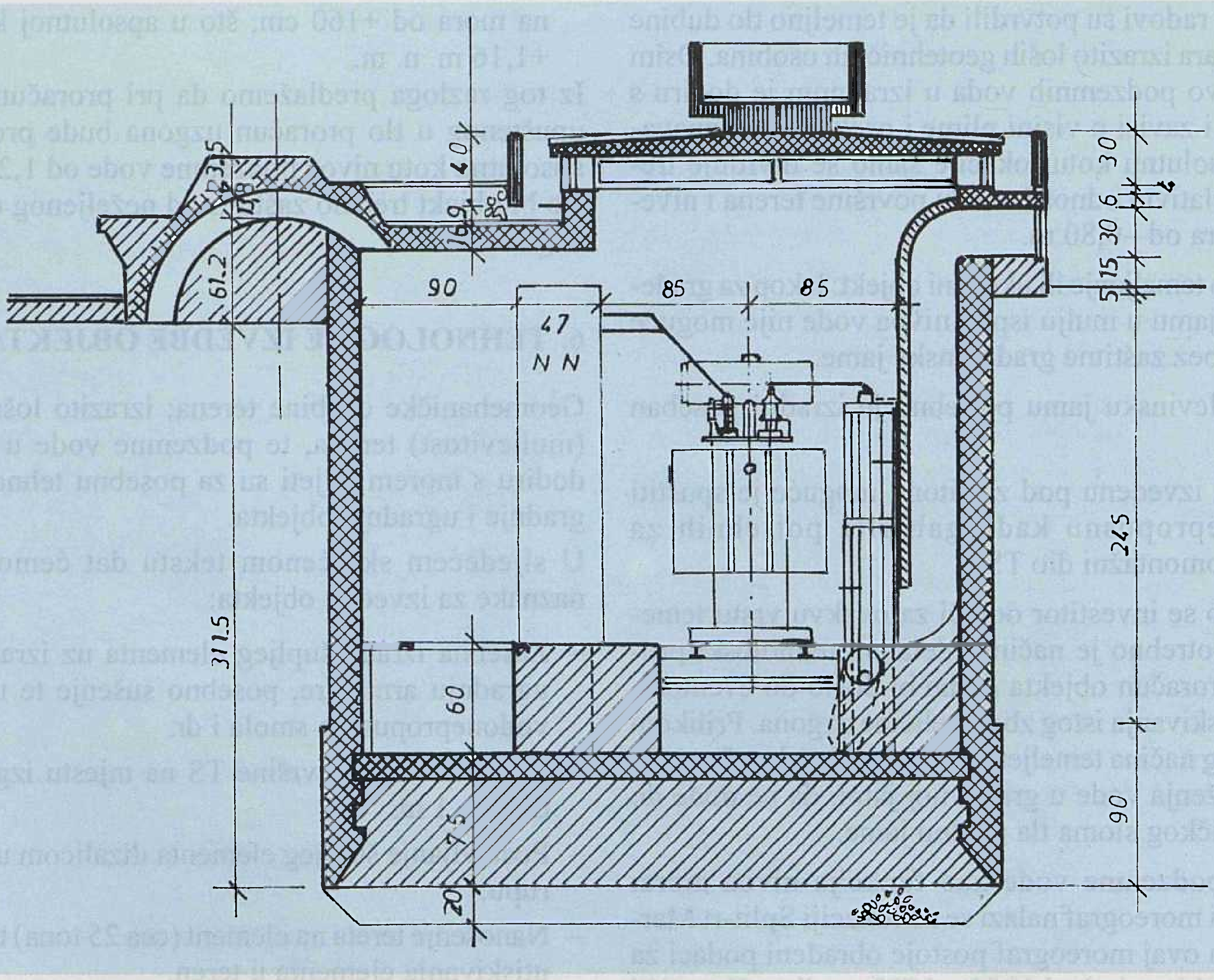
Geomehaničke osobine terena; izrazito loša nosivost (muljevitost) terena, te podzemne vode u izravnom dodiru s morem uvjeti su za posebnu tehnologiju izgradnje i ugradnje objekta.

U sljedećem skraćenom tekstu dat ćemo osnovne naznake za izvedbu objekta:

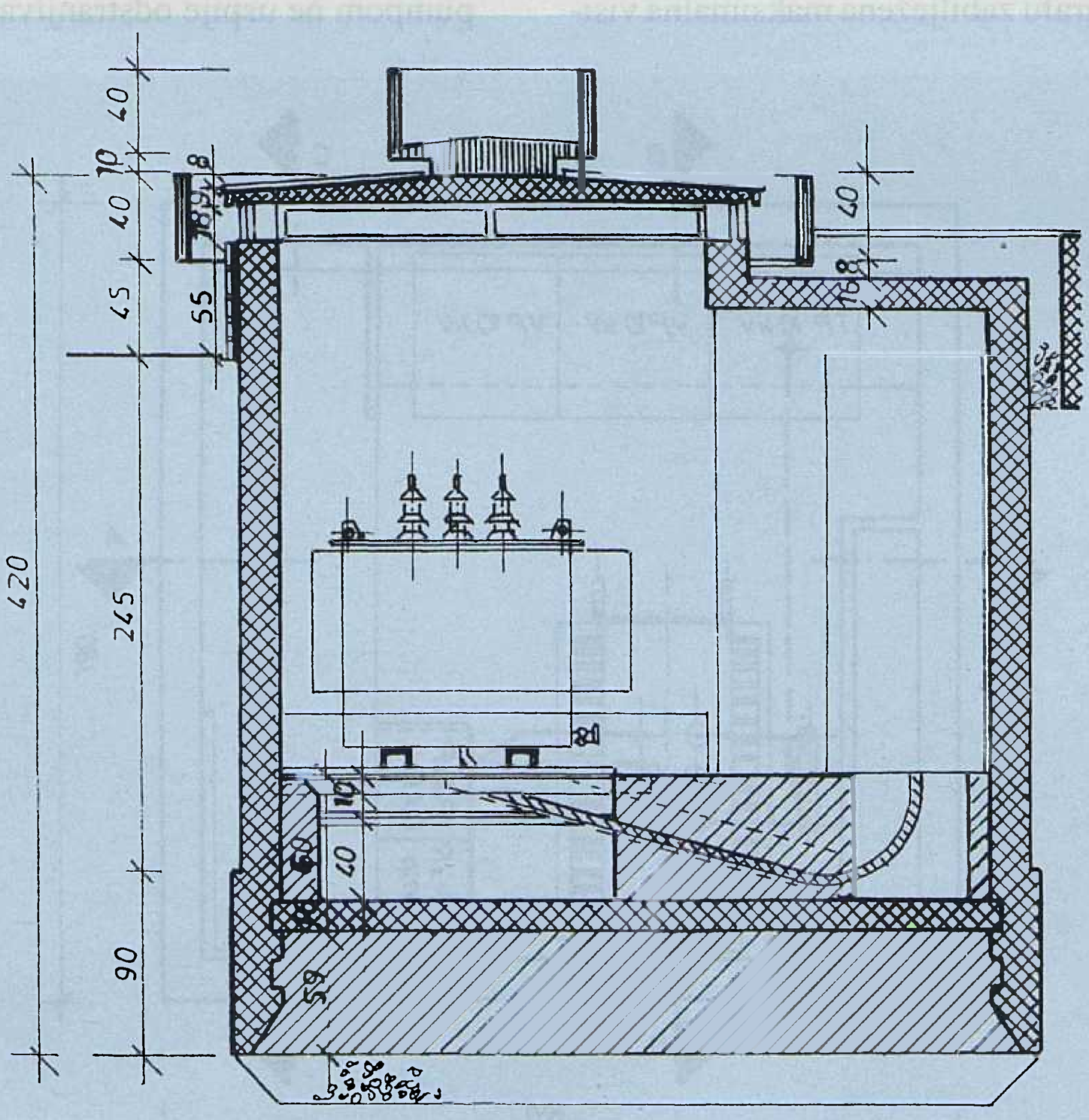
- Zasebna izrada šupljeg elementa uz izradu oplate, ugradnju armature, posebno sušenje te utrljavanje vodonepropusnih smola i dr.
- Iskop tlocrtne površine TS na mjestu izgradnje do dubine 1 m.
- Postavljanje šupljeg elementa dizalicom u iskopanu rupu.
- Nanošenje tereta na element (cca 25 tona) te praćenje utiskivanja elementa u teren.
- Izvlačenje materijala iz šupljeg dijela elementa.
- Temeljenje elementa uz pomoć ronioca ako se pumpom ne uspije odstranjivati voda.



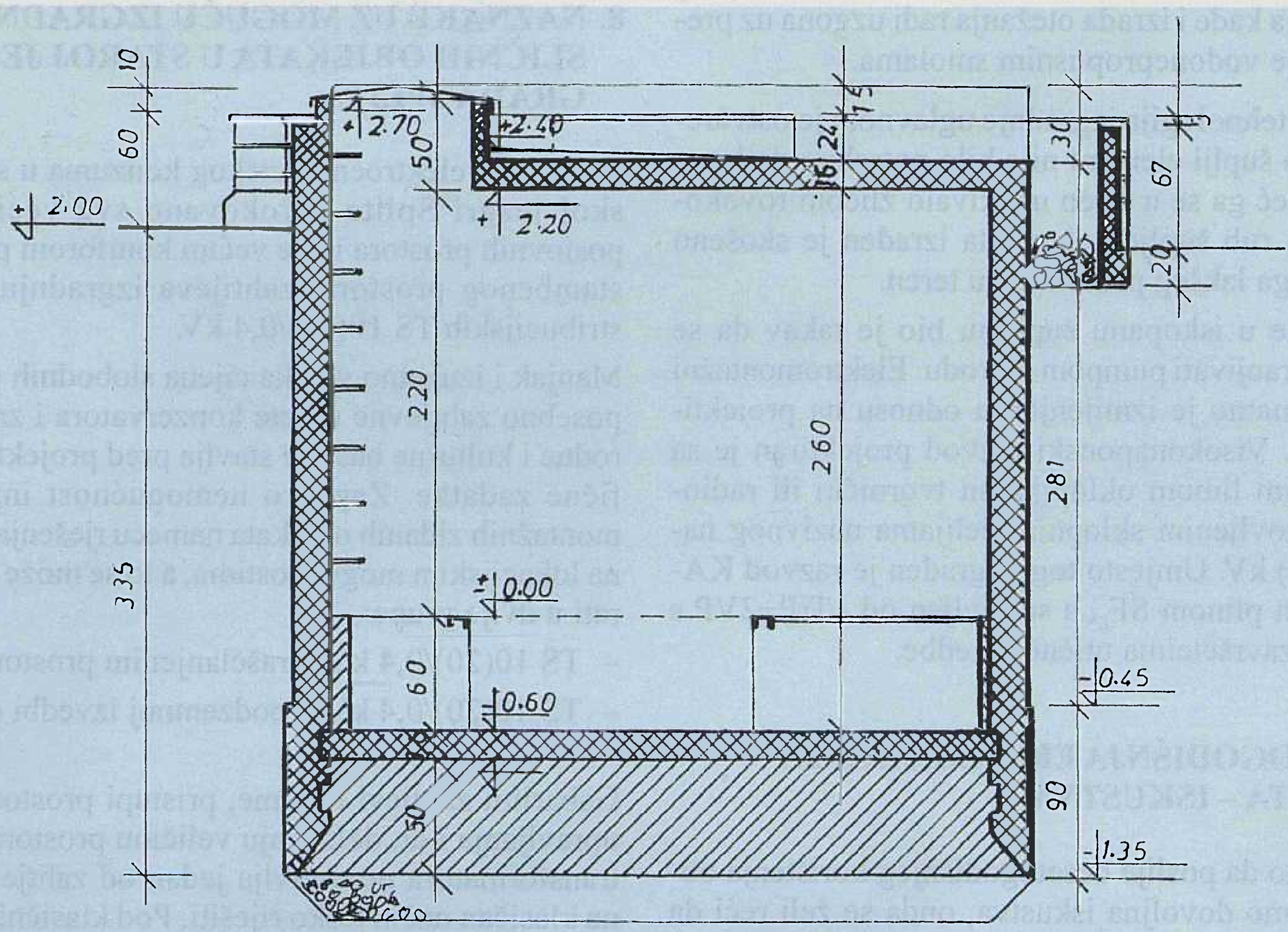
Slika 2. Tlocrtno rješenje TS 10(20)/0,4 kV "Fortin"



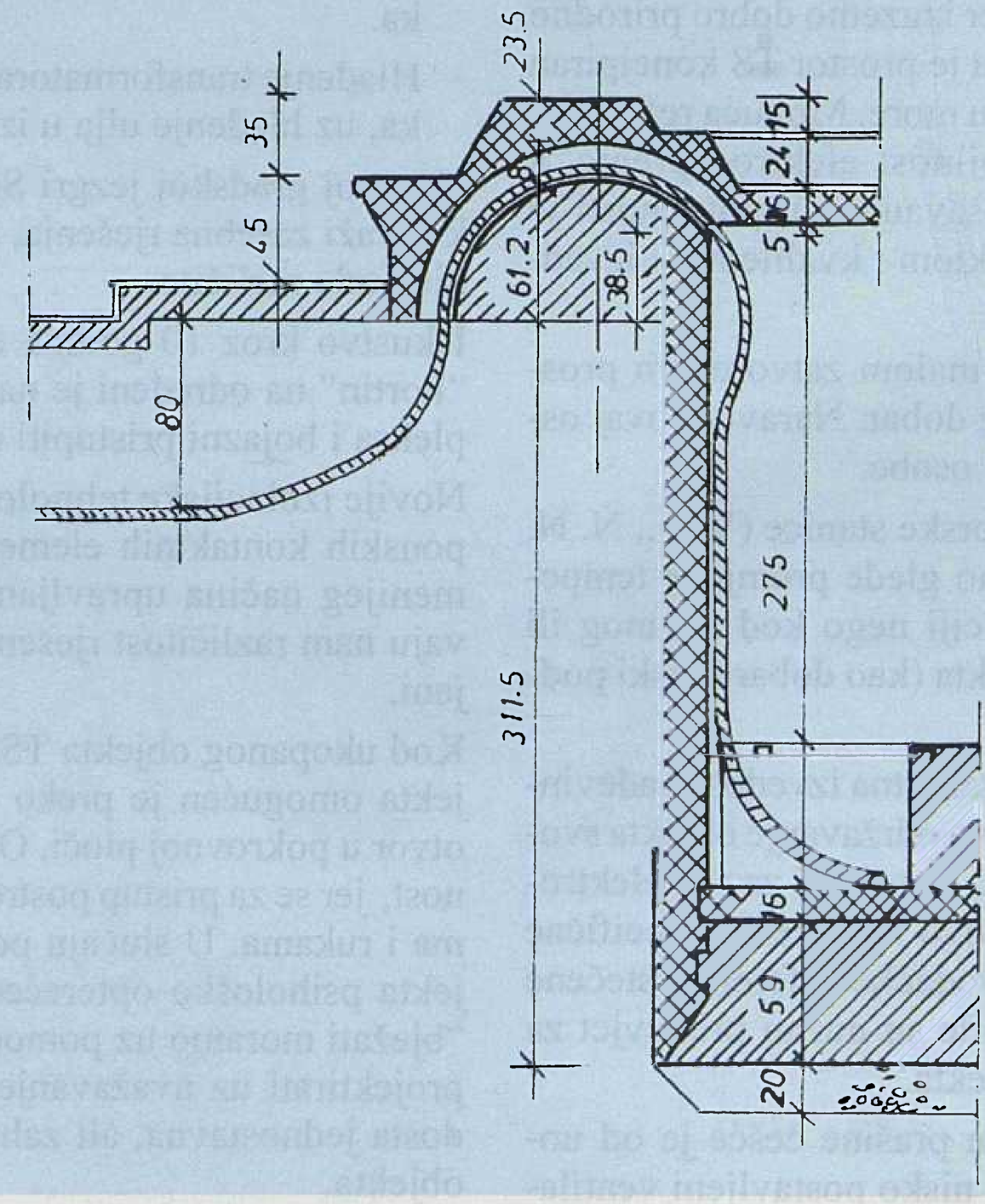
Slika 3. Presjek A – A



Slika 4. Presjek B – B



Slika 5. Presjek C – C



Slika 6. Detalj kabelskog ulaza u TS kroz element parkovske klupe

– Izrada dna kade i izrada otežanja radi uzgona uz premazivanje vodonepropusnim smolama.

Predviđena tehnologija izgradnje uglavnom je ostvarena, osim što šuplji element nije bilo potrebno dodatno otežavati, već ga se u teren utiskivalo žlicom rovokopača. Donji rub šupljeg elementa izrađen je skošeno baš iz razloga lakšeg prodiranja u teren.

Prodor vode u iskopanu šupljinu bio je takav da se mogao odstranjivati pumpom za vodu. Elektromontažni dio TS neznatno je izmijenjen u odnosu na projektirano stanje. Visokonaponski razvod projektiran je sa samostojećim limom oklopljenim tvornički ili radionički dogotovljenim sklopnim ćelijama nazivnog napona 12(24) kV. Umjesto toga ugrađen je razvod KAPEX punjen plinom SF_6, a sastavljen od 1TrP+2VP s kabelskim završetcima utične izvedbe.

7. DESETOGODIŠNJA EKSPLOATACIJA OBJEKTA – ISKUSTVA

Ako kažemo da poslije desetogodišnjeg korištenja objekta nemamo dovoljna iskustva, onda se želi reći da da praktički u 10 godina nije bilo značajnijih događaja na kojima bi se iskustva temeljila. Karakteristika u ovom vremenskom razdoblju je miran i uredan pogon.

Unutarnji prostor transformatorske stanice izuzetno je dobro hidroizoliran, a također izuzetno dobro prirodno ventiliran. Ne zaboravimo da je prostor TS koncipiran kao betonska kada uronjena u more. Moguća refleksija koncepcije gradnje na stabilnost elektro opreme, a uzrokovana vlažnošću i orošavanjem u potpunosti je eliminiran kvalitetnim projektom i kvalitetnom izvedbom.

Ugođaj prisutnosti u ovom malom zatvorenom prostoru također je iznenađujuće dobar. Naravno, ovaj osjećaj nemaju klaustofobične osobe.

Elektro oprema transformatorske stanice (V. N., N. N. i transformator) ambijentalno glede promjene temperature u povoljnijoj je poziciji nego kod zidanog ili montažnog nadzemnog objekta (kao dobar vinski podrum – nap. autora).

Prilika je za napomenu da kvalitetna izvedba građevinskih i elektromontažnih radova održavanje objekta svodi samo na propisane radnje. To vrijedi za sve elektroenergetske objekte, a pogotovo za objekte specifične izvedbe. Projektantske i izvođačke reference stečene na podmorskim radovima bile su nužan preduvjet za kvalitetnu izvedbu ovog objekta.

Održanje prostora čišćenjem prašine češće je od uobičajenog, a čemu su razlog nisko postavljeni ventilacijski otvori, koji se radi urbanističkih uvjeta praktički drukčije nisu mogli ni postaviti.

Na kraju možemo slobodno zaključiti da su mnoge predrasude prema slično koncipiranim objektima otklonjene.

8. NAZNAKE UZ MOGUĆU IZGRADNJU SLIČNIH OBJEKATA U STAROJ JEZGRI GRADA SPLITA

Povećanje elektroenergetskog konzuma u staroj gradskoj jezgri Splita uzrokovano sve većim brojem poslovnih prostora i sve većim komforom poslovnog i stambenog prostora, zahtijeva izgradnju novih distribucijskih TS 10(20)/0,4 kV.

Manjak i izuzetno visoka cijena slobodnih prostora uz posebno zahtjevne uvjete konzervatora i zaštitara prirodne i kulturne baštine stavlja pred projektante specifične zadatke. Zapravo nemogućnost interpolacije montažnih zidanih objekata nameću rješenja prilagođena lokacijskim mogućnostima, a to se može kategorizirati u dvije grupe:

– TS 10(20)/0,4 kV u raščlanjenim prostorima.
– TS 10(20)/0,4 kV u podzemnoj izvedbi (kompletna ili djelomična).

Gabaritni zahtjevi opreme, pristupi prostorima, način upravljanja i dr. definiraju veličinu prostora. Hlađenje transformatora predstavlja jedan od zahtjeva kojeg je na klasičan način teško riješiti. Pod klasičnim načinom smatramo prirodnu cirkulaciju zraka. Radi toga ostaju nam i ovdje mogućnosti, koje kategoriziramo u dvije grupe:

– Hlađenje transformatora prisilnom cirkulacijom zraka.
– Hlađenje transformatora prisilnom cirkulacijom zraka, uz hlađenje ulja u izmjenjivaču topline.

U staroj gradskoj jezgri Splita desetak TS 10(20)/0,4 kV traži zasebna rješenja, a moguće je da svako rješenje bude različito.

Iskustvo kroz 10 godina eksploatacije TS 10/0,4 kV "Fortin" na određeni je način naputak kako bez kompleksa i bojazni pristupiti nesvakidašnjim rješenjima.

Novije izolacijske tehnologije rasklopišta i visokonaponskih kontaktnih elemenata, a i mogućnost suvremenijeg načina upravljanja postrojenjem omogućavaju nam različitost rješenja uz neznatnu razliku u cijeni.

Kod ukopanog objekta TS "Fortin" pristup unutar objekta omogućen je preko vertikalnog stepeništa kroz otvor u pokrovnoj ploči. Ovakav pristup ima neprirodnost, jer se za pristup postrojenju potrebno služiti nogama i rukama. U slučaju potrebe brzog napuštanja objekta psihološko opterećenje predstavlja spoznaja da "bježati moramo uz pomoć ruku". Nove objekte treba projektirati uz uvažavanje ove činjenice. Rješenja su dosta jednostavna, ali zahtijevaju nešto veće gabarite objekta.

Automatske crpke jednostavne izvedbe dale bi dodatnu sigurnost od iznenadnih prodora vode kroz ventilacijske i slične otvore.

Poželjna je također izrada svih kabelskih izvoda visokog i niskog napona već u prvoj fazi izgradnje objekta, radi

skučenosti prostora i drugih uvjeta pod kojima bi se trebali priključci naknadno izvoditi. Visokonaponske priključke trebalo bi izvesti u utičnoj izoliranoj izvedbi kad postoji opasnost od prevelikog skupljanja prašine.

Kada se iznosi problematika koncepcije i izgradnje TS 10(20)0,4 kV u starim gradskim jezgrama važno je napomenuti da ništa jednostavnija nije ni problematika kabelskih raspleta. Logika nam nameće rješenje, da se kod izvedbe podzemnih elektroinstalacija zajedno obnove i ostale instalacije, pogotovo u užim gradskim ulicama. Veoma složena koordinacija i nadležnosti iziskuju posebne naputke, međutim to nije tematika ovog članka.

9. ZAKLJUČAK

Pozitivno iskustvo kod eksploatacije ukopanog objekta TS 10(20)/0,4 kV daju nam pravo da bez većih predrasuda slične objekte gradimo kada se za to ukaže potreba.

Zaštita okoliša, zaštita kulturne i prirodne baštine, a i manjak slobodnog prostora u gustim gradskim jezgrama sve češće će nam nametati slične zahtjeve.

Novije tehnologije uz mogućnost daljinskog vođenja objekta omogućavaju nam sve jednostavnija rješenja.

LITERATURA

[1] D. MILUN, dipl. ing. "Glavni projekt TS 10(20)/0,4 kV 'Fortin' – elektromontažni projekt", HEP DP Elektrodalmacija Split, 1992. god.

[2] M. MIHANOVIĆ, dipl. ing. arh., L. ZLATAR, dipl. ing. građ. "Glavni i izvedbeni projekt TS 10(20)/0,4 kV 'Fortin' – arhitektonsko građ. projekt", HEP DP Elektrodalmacija Split, 1992. god.

[3] Bilten br. 16, Tehnički uvjeti za TS 10(20)/0,4 kV – kabelska izvedba, HEP, studeni 1992. god.

TEN-YEAR EXPLOITATION EXPERIENCE OF THE UNDERGROUND, SEALAID 10(20)/0.4 kV TS "FORTIN" IN TROGIR

Ten year exploitation experience of the underground construction of (20)/0.4 kV TS "FORTIN" in Trogir is given. Such a 10(20)/0.4 kV TS is applied whenever there is no possibility to construct a usual type, owing to lack of space or a need to protect buildings or historically or culturally significant environment.

DIE ERFAHRUNGEN DES ZEHNJÄHRIGEN BETRIEBES DES IM MEER EINGETAUCHTEN UNTERIRDISCHEN UMSPANNWERKES 10(20)/0,4 kV „FORTIN" IN TROGIR (KROATIEN)

Dargestellt sind die Erfahrungen des zehnjährigen Betriebes des Umspannwerkes 10(20)/0,4 kV „FORTIN", unterirdischer Ausführung in Trogir. Diese und etliche andere Bauarten der Umspannwerke 10(20)/0,4 kV werden an jenen Stellen ausgeführt, wo Bedingungen für eine übliche Bauart fehlen, da es nicht genügend Platz gibt, oder es geht häufig um den Denkmalschutz oder den Schutz von Lokalitäten von kultur-historischer Bedeutung.

Naslov pisca:

Ivo Santica, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
DP Elektrodalmacija, Split
Gundulićeva 42
21000 Split, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 06 – 27.



MULTIDIMENZIONALNA DIJAGNOSTIKA I MONITORING KAVITACIJE

Metoda za mali broj lopata radnog kola - Primjena na HE Dubrava

Branko B a j i ć, Zagreb/Luxemburg

UDK 621.317.7:621.311.42
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Multi-dimenzionalna metoda vibro-akustičke dijagnostike i monitoringa kavitacije Korto Cavitation Services, u obliku prilagođenom za mali broj lopata radnog kola, primijenjena je na cijevni agregat A snage 40 MW HE Dubrava. Identificirana su 4 kavitacijska mehanizma, ocijenjena je kavitacijska kvaliteta lopata radnog kola, ispitana je razdioba intenziteta kavitacije po prostoru unutar turbine i nađena snažna nehomogenost. Ispitan je slučaj s pogrešnim zakretom jedne lopate privodnog kola, te preliminarno i veza kavitacije i njihanja snage. Uz opis rezultata, ilustrira se i način njihova izvođenja.

Ključne riječi: kavitacija, erozija, turbina, dijagnostika, monitoring.

1. UVOD

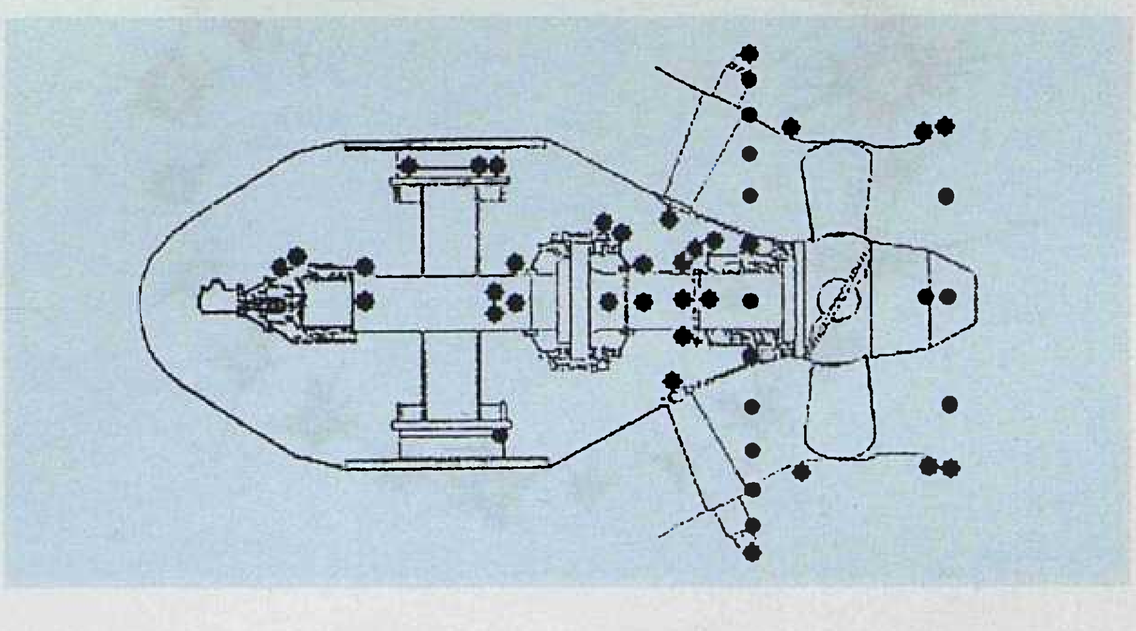
U nastavku prikazivanja multi-dimenzionalne metode dijagnostike i monitoringa hidroagregata Korto Cavitation Services, započetog u [1] primjenom na kavitaciju u turbinama s velikim brojem lopata radnog kola prema [2] (što se nastavlja na ranije pristupe prikazane u [3]), ovdje se izvještava o prvoj primjeni u Hrvatskoj, na HE Dubrava na Dravi. Na Dubravi je multidimenzionalnom metodom ispitano više dinamičkih procesa [4 - 6]; predmet je ovog članka samo kavitacija, i to po metodi za mali broj lopata radnog kola.

Multi-dimenzionalna metoda se sastoji od:

- gustog uzorkovanja opservabilnih podataka o promatranom procesu u prostoru (sl. 1), vremenu i domeni varijabli stanja;
- istinski multi-dimenzionalnoj analizi veza između ovih podataka;
- konstrukciji empirijskih i teorijskih modela procesa te njihovoj primjeni u analizi;
- izvođenju sofisticiranijih veličina koje kombiniraju dvije ili više primarnih (razine vibracija, tlakovi, temperature itd.) u izravno interpretabilne pouzdanije opise zdravlja stroja; primjer vezan na kavitaciju: ocjena njenog ukupnog intenziteta koja uključuje nepristrane ocjene kavitacije u svim dijelovima turbine.

Mogućnost da se multi-dimenzionalnom metodom dijagnostike i monitoringa izvedu reprezentativne ocjene potiskivanjem izvora grešaka pristranosti i izdvoje specifični podaci potrebni za ocjenu relevantnih signatura zdravlja stroja, te potisnu smetnje i lažni odzivi mjernog sustava i strukture stroja, rezultiraju u:

- pouzdanoj osnovi za optimiranje rada stroja,
- izuzetno visokoj osjetljivosti pri detekciji štetnih efekata u ranim fazama njihova razvoja,
- bogatim i sigurnim podacima o uzrocima promjena, što omogućuje pouzdanu dijagnostiku i optimiranje plana popravaka.



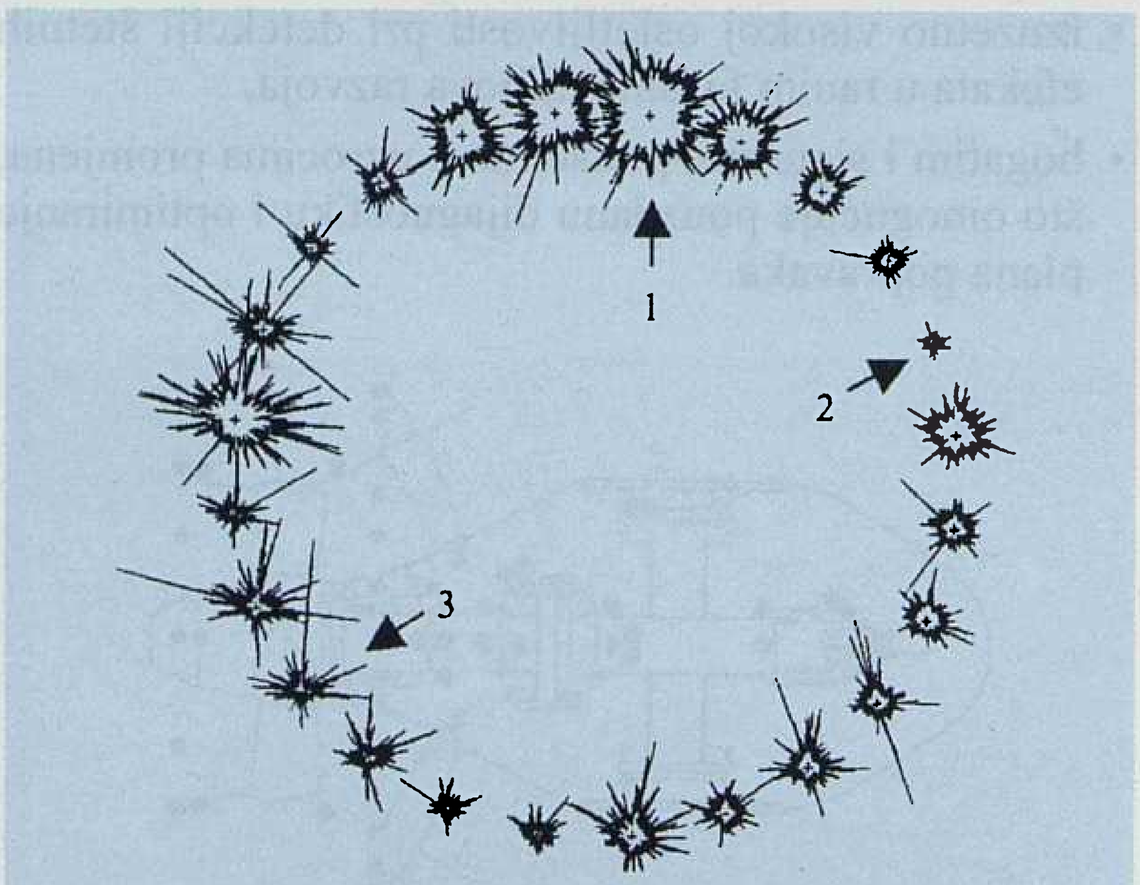
Slika 1. U multidimenzionalnim dijagnostičkim ispitivanjima hidroagregata, koja se provode radi određivanja detaljnih karakteristika stroja, utvrđivanja referencije za buduće provjere, pouzdane ocjene zdravlja stroja te programiranja poboljšanja, rabi se velik broj raznih osjetila montiranih po njemu. Najveći dio osjetila prikazanih ovdje na agregatu A HE Dubrava bio je namijenjen kavitacijskim ispitivanjima. Za trajni monitoring, broj osjetila se smanjuje, ali on, posebno za kavitaciju, ostaje znatno veći nego u jednostavnim izvedbama monitora.

* Rukopis članka predloženog za časopis "Energija". Rad je usmeno predstavljen na HEPP 2002. u Šibeniku, a prihvaćen je i kao referat za konferenciju HYDRO 2002, Kiris, Turska, studeni 2002.

Način funkcioniranja i tipični formati izlaznih podataka iz multi-dimenzionalnog ispitivanja i monitoringa ilustrirani su u nastavku slučajem kavitacije u turbini cijevnog agregata A HE Dubrava (sl. 1: pad 18 m, protok 250 m^3/s, snaga 40 MW, brzina vrtnje 125 min^{-1}, broj lopata privodnog kola 24, broj lopata radnog kola 4). Pokazuje se kako se mogu dobiti detaljni podaci o kavitaciji, nedohvatljivi jednostavnijim pristupima: identifikacija različitih kavitacijskih mehanizama koji djeluju u turbini (različiti tipovi kavitacije ili isti tip u raznim položajima), te ocjena kavitacijske kvalitete dijelova turbine.

2. NAJJEDNOSTAVNIJI KAVITACIJSKI MONITOR

Kavitacijsko ponašanje turbine A na Dubravi na visokim snagama ilustrirano je na sl. 2. Radijalna koordinata na malim grafovima predstavlja intenzitet kavitacije, a kutna trenutni kutni položaj referentne lopate rotora. Šiljci svjedoče o varijabilnosti kavitacije unutar okreta, koja potiče od obodnih varijacija polja brzina pritjecanja rotoru. Ove su pak uzrokovane smetnjama strujanju koje induciraju predprivodne i privodne lopate. Varijacije polja pritjecanja i razlike u kavitacijskoj kvaliteti privodnih lopata također uzrokuju i razlike u srednjem intenzitetu u raznim položajima oko radnog kola. Kako se vidi na tri označena grafa, razlike u srednjem intenzitetu (usporedite 1 i 2) i obliku krivulja (1 i 3) su velike.

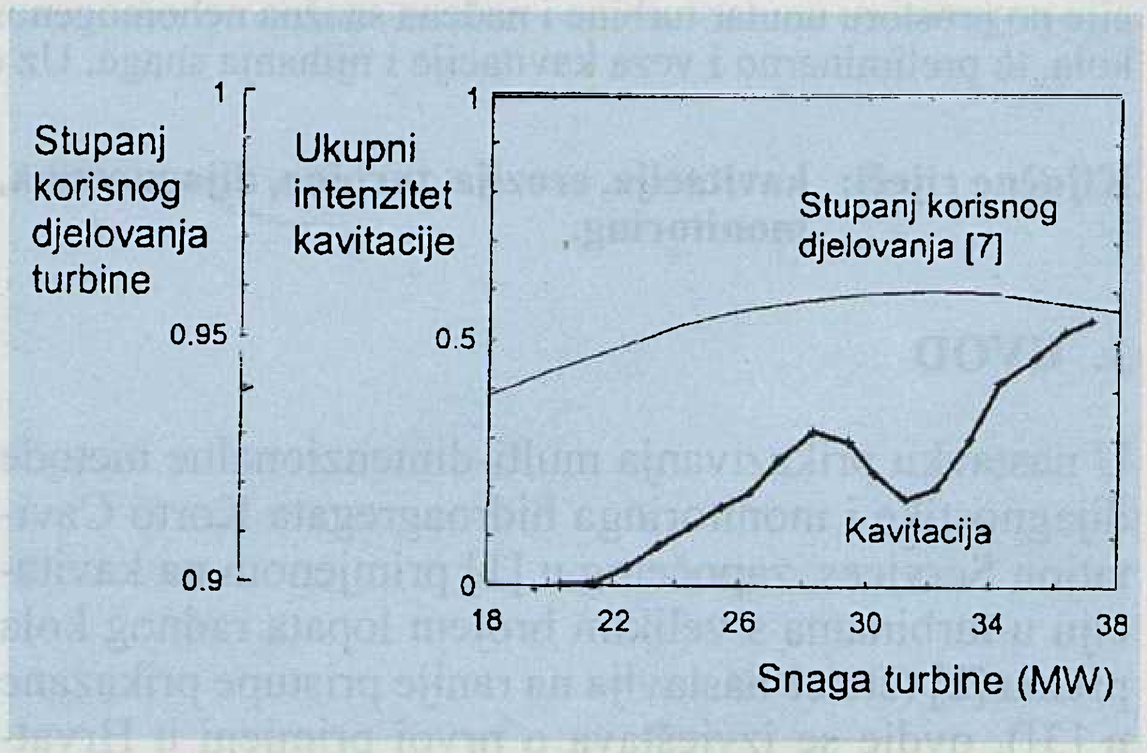


Slika 2. Polarni prikaz ovisnosti intenziteta kavitacije o trenutnom kutnom položaju radnog kola. Intenzitet je ocijenjen pomoću 24 osjetila razmještena oko radnog kola.

Implikacije za kavitacijsko ispitivanje i monitoring su izravne: uzorkuje li se kavitacija samo jednim ili sa samo par osjetila,

- intenzitet kavitacije može biti jako podcijenjen ili precijenjen,
- podaci o strukturi krivulja sa šiljcima – koja, kad se dešifrira, daje podatke o ulozi što u kavitacijskom procesu igraju privodne lopate – ne bi bili reprezentativni i stoga bi vodili do pogrešnih dijagnostičkih zaključaka, a
- čak ako se detalji poput ovih ne razmatraju, proizvoljnost strukture uzorkovanih podataka pokazuje da svi tipovi i položaji kavitacije ne bi bili valjano uzeti u obzir.

Zaključak je izravan: čak i u slučaju najjednostavnijeg kavitacijskog monitora, od kojeg se, kao na sl. 3, očekuje da ocijeni kavitaciju u danom režimu rada turbine samo jednim numeričkim podatkom, kavitaciju valja uzorkovati pomoću dovoljno visokog broja prostorno razdijeljenih osjetila. Jednostavni krajnji rezultat treba tad izvesti iz svih osjetila kombiniranih u jedno sintetičko, prostorno razdijeljeno osjetilo. Na ovakav su način dobivene vrijednosti intenziteta kavitacije prikazane na sl. 3 i 4.



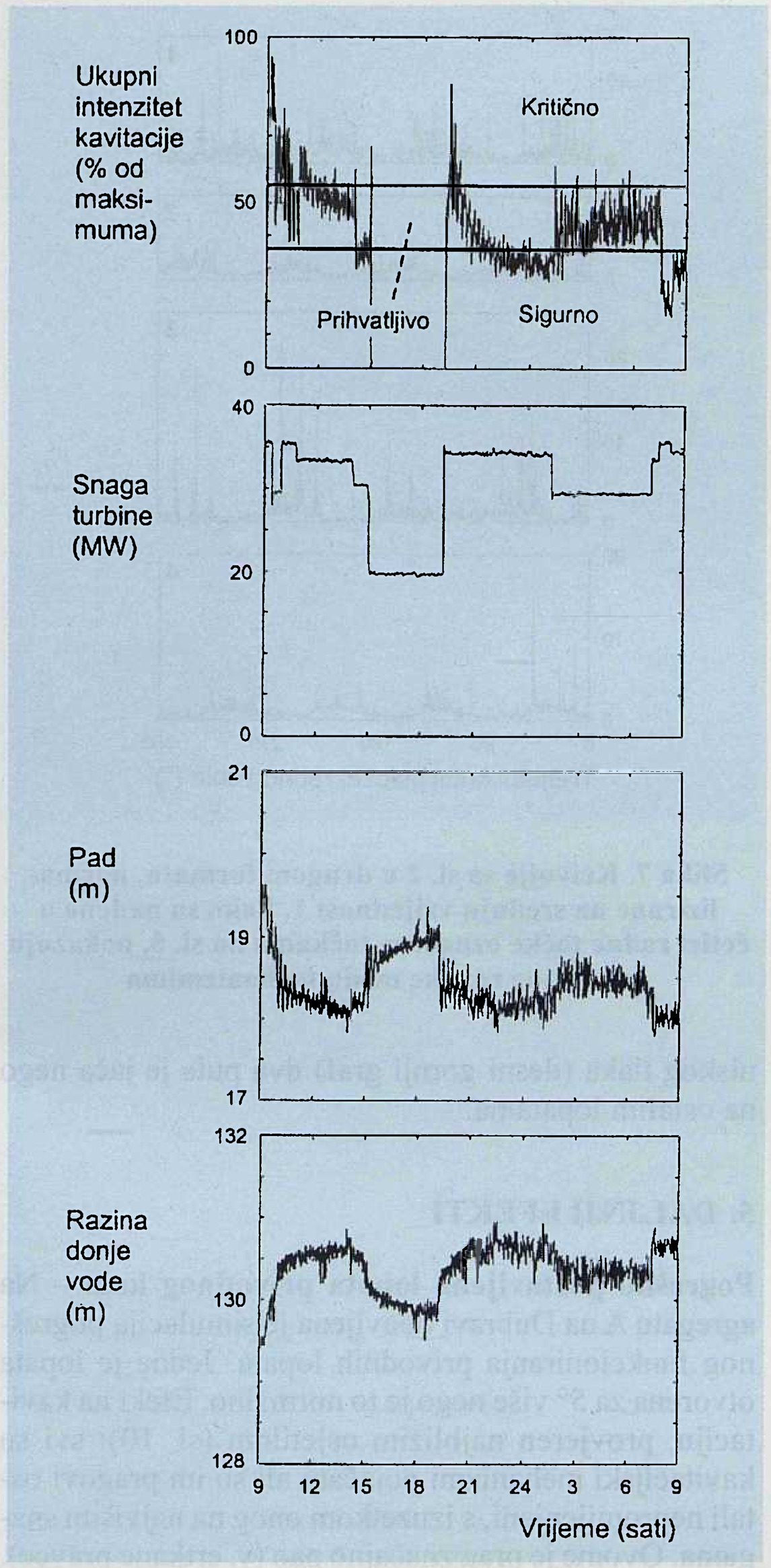
Slika 3. Osnovna kavitacijska karakteristika turbine: cijela turbina – jedna numerička vrijednost

Nakon što su učinjene reprezentativnima, ovakve ocjene kavitacije mogu biti dosta korisne. I doista, nemonotoni oblik kavitacijskih krivulja na sl. 3 može se upotrijebiti za optimiranje rada stroja sa stajališta kavitacije, a podaci o radnim uvjetima iz sl. 4 pri objašnjavanju uzroka kavitacije.

U razmatranom slučaju, intenzitet kavitacije je opisan razmjerno formalno normiranom veličinom – takvom da maksimalna vrijednost koja se može sresti u razmatranom stroju odgovara 1, odnosno 100 %. Moguća je i puna kalibracija u brzinu erozije izraženu u kilogramima metala što se izgubi na godinu [8]. Uz vibroakustičke podatke, tu se traže i statistika snage turbine te podaci o ranijim popravkama kavitacijskih oštećenja. Pragovi intenziteta kavitacije, poput onih nacrtanih na sl. 4, definiraju su na sličan način.

3. DALJNJA ANALIZA: KAVITACIJSKI MEHANIZMI

Multi-dimenzionalna analiza omogućuje utvrđivanje prostorne razdiobe kavitacije unutar turbine. Rezultati

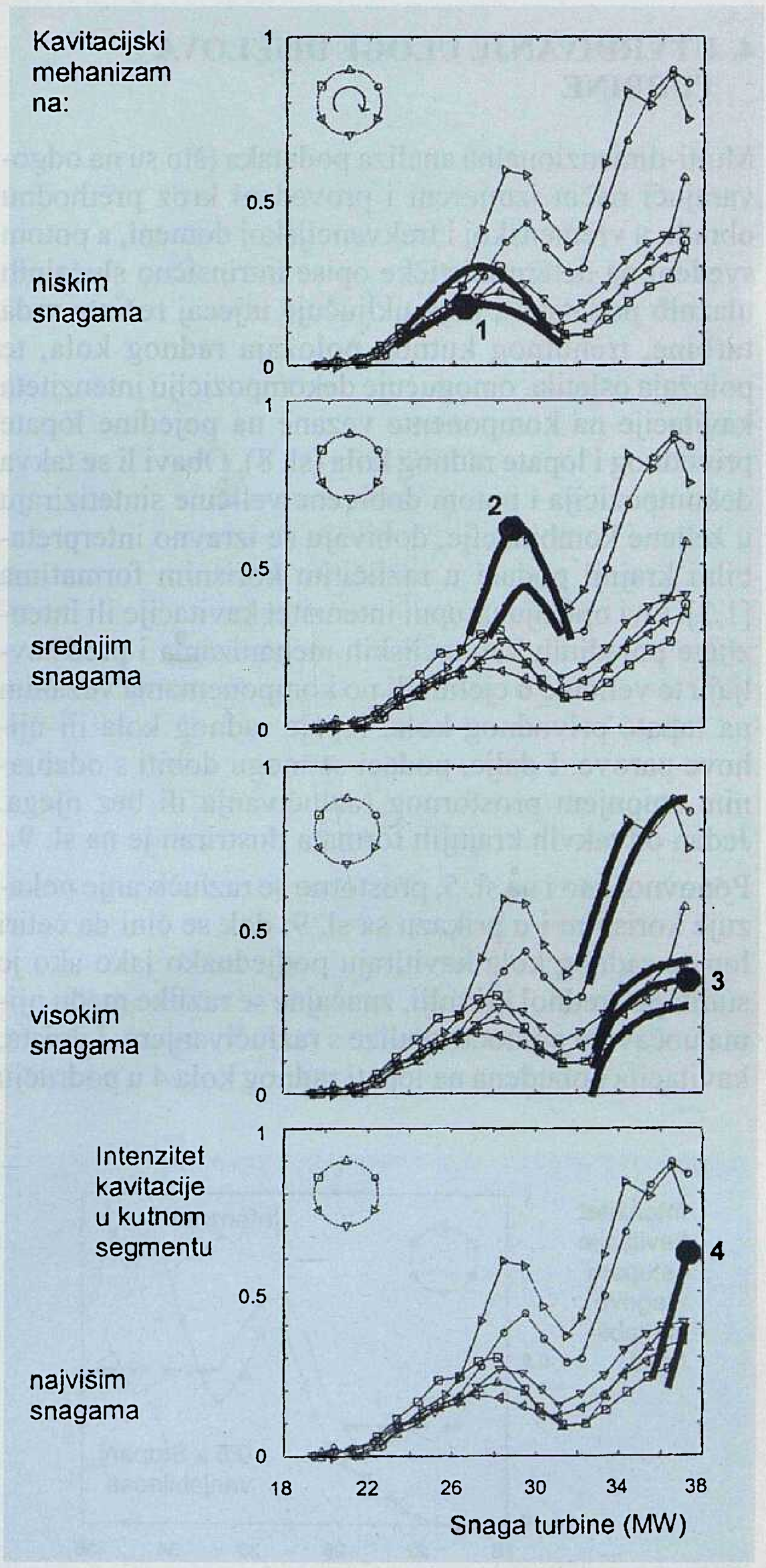


Slika 4. Jednodnevni zapis iz jednostavnog kavitacijskog monitora (zasnovanog na sintetičkom osjetilu)

takvog koraka često daju daljnje uvide u korisne detalje kavitacijskog procesa. Jedan takav primjer prikazan je na sl. 5. Dok krivulja ukupne kavitacije sa sl. 3 samo ukazuje na to da bi proces mogao imati složenu strukturu, krivulje s prostornim razlučivanjem sa sl. 5, propraćene nekim daljnjim podacima poput onih što su ilustrirani na sl. 6 i 7, omogućuju njegovu dekompoziciju na različite kavitacijske procese. Valja napomenuti da bi mehanizam na najvišim snagama ostao nezamijećen bez podataka s prostornim razlučivanjem.

Ako se opći uvid u kavitaciju u cijevnim turbinama kombinira s predstavljenim i nekim daljnjim rezultatima multi-dimenzionalne analize te rezultatima modelskih ispitivanja [9], slijede zaključci o kavitacijskom ponašanju turbine A na Dubravi:

Pri tipičnom padu, kavitacijski prag (unutar prakticiranog radnog opsega, 18-38 MW) leži dosta nisko, na 22 MW; v. sl. 3 i 5. Pri niskom opterećenju, dolazi do kavitacije glavine (mehanizam na niskim snagama). Samo slaba ili gotovo nikakve kavitacija pojavljuje se na energetskom optimumu. Širina (po snazi) ovog kavitacijskog optimuma je malena. Ispod i iznad njega pojavljuje se kavitacija ulaznog brida na usisnoj strani praćena kavitacijom u rasporu uz vrhove lopata (mehanizmi



Slika 5. Već i gruba dekompozicija kavitacijske krivulje iz sl. 3 na doprinose iz šest kutnih segmenata unutar turbine, predstavljena ovdje pomoću šest simbola, razotkirava postojanje četiri kavitacijska mehanizma u turbini; ovi su ilustrirani debelim krivuljama

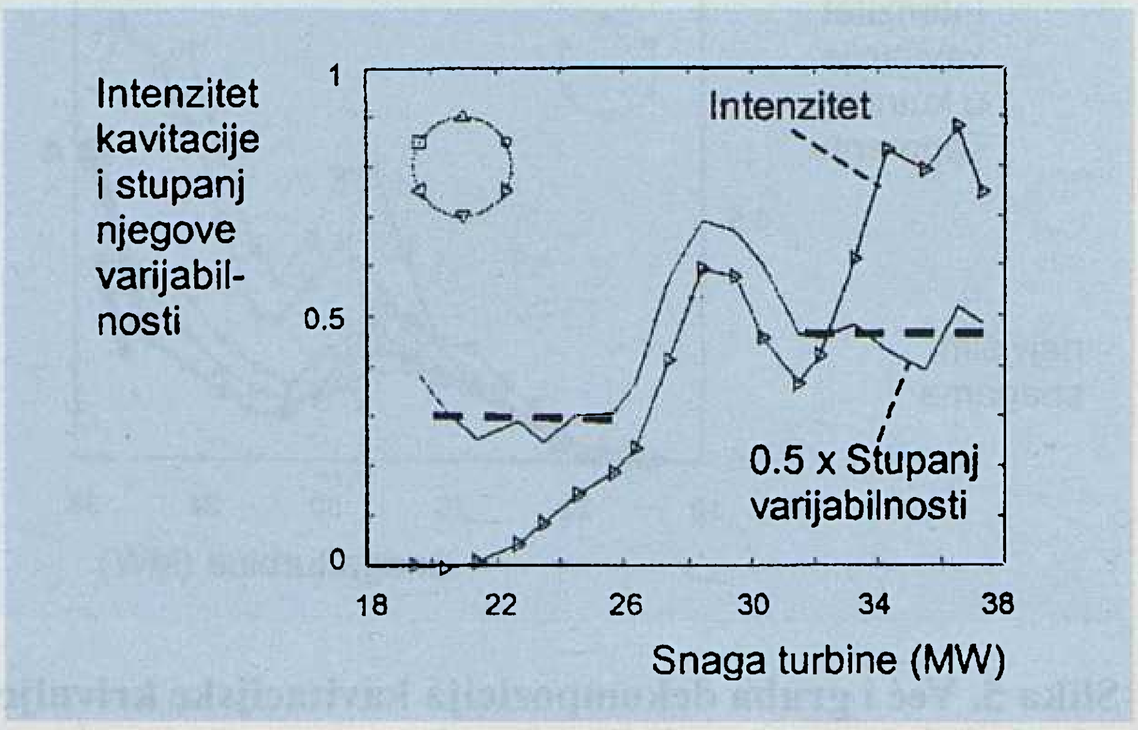
na srednjim i visokim snagama). Konačno, mehanizam na najvišim snagama donosi putpuno razvijenu slojastu kavitaciju na usisnoj strani.

Razlike u kavitacijskim intenzitetima u različitim kutnim položajima unutar turbine (v. dvije posebno visoke krivulje na sl. 5) potiču iz područja niskog tlaka u gornjim položajima. Radno kolo rotira u smjeru kazaljke na satu, pa ova kavitacija generira jak šum i eroziju u položajima u kojima kavitacijske šupljine iščezavaju, tj. u područjima pomaknutim od vertikale u smjeru kazaljke na satu.

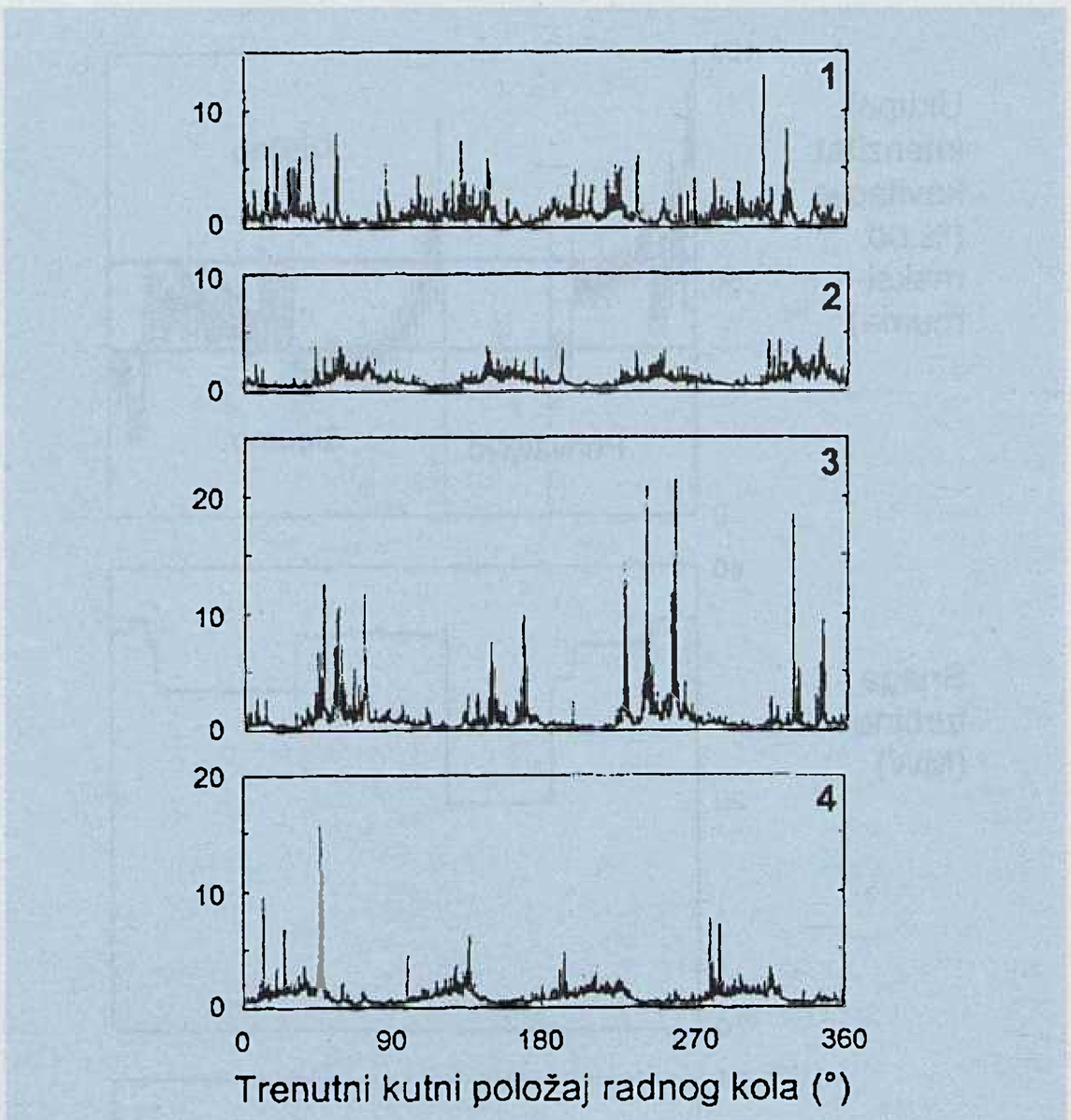
4. UTVRĐIVANJE ULOGE DIJELOVA TURBINE

Multi-dimenzionalna analiza podataka (što su na odgovarajući način izmjereni i provedeni kroz prethodnu obradu u vremenskoj i frekvencijskoj domeni, a potom svedeni na determinističke opise intrinsično slučajnih ulaznih podataka), koja uključuje utjecaj režima rada turbine, trenutnog kutnog položaja radnog kola, te položaja osjetila, omogućuje dekompoziciju intenziteta kavitacije na komponente vezane na pojedine lopate privodnog i lopate radnog kola (sl. 8). Obavi li se takva dekompozicija i potom dobivene veličine sintetiziraju u željene kombinacije, dobivaju se izravno interpretabilni krajnji podaci u različitim korisnim formatima [1,2]. Ovi opisuju ukupni intenzitet kavitacije ili intenzitete pojedinih kavitacijskih mehanizama i predstavljaju te veličine u cjelini ili po komponentama vezanim na lopate privodnog kola, lopate radnog kola ili njihove parove. I dalje, podaci se mogu dobiti s odabranim stupnjem prostornog razlučivanja ili bez njega. Jedan od takvih krajnjih formata ilustriran je na sl. 9.

Ponovno, kao i na sl. 5, prostorno se razlučivanje pokazuje korisnim i u prikazu sa sl. 9: dok se čini da četiri lopate radnog kola kavitiraju podjednako jako ako je suditi po srednoj krivulji, značajne se razlike među njima uočavaju pomoću analize s razlučivanjem. I doista, kavitacija pobuđena na lopati radnog kola 4 u području



Slika 6. U područjima snage u kojima djeluju razni mehanizmi nađena je različita varijabilnost kavitacije. Ovo pomaže pri prepoznavanju mehanizama.



Slika 7. Krivulje sa sl. 2 u drugom formatu, normalizirane na srednju vrijednost 1, kako su nađene u četiri radne točke označene točkama na sl. 5, pokazuju značajne razlike među mehanizmima

niskog tlaka (desni gornji graf) dva puta je jača nego na ostalim lopatama.

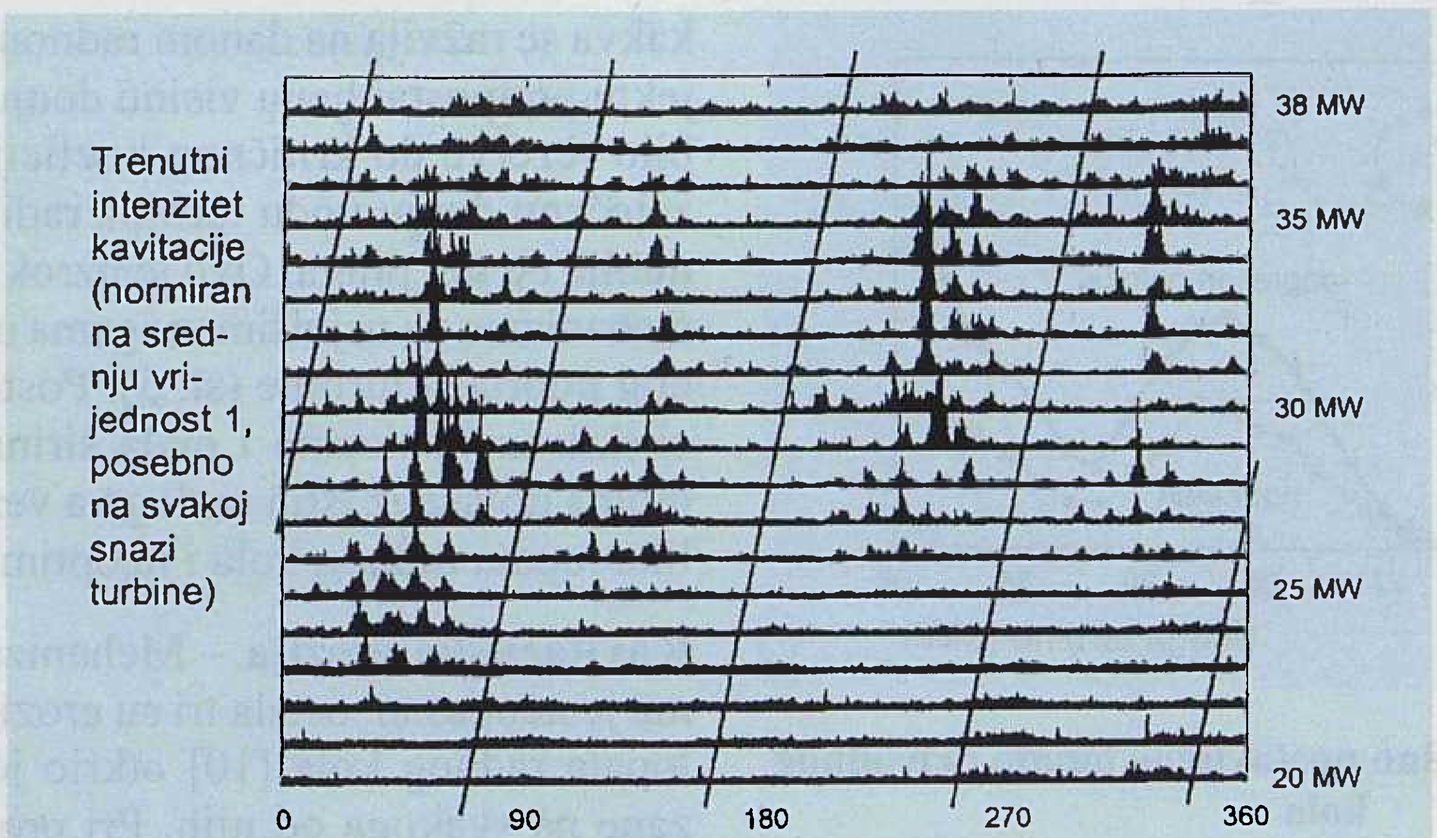
5. DALJNJI EFEKTI

Pogrešno postavljena lopata privodnog kola – Na agregatu A na Dubravi obavljena je simulacija pogrešnog funkcioniranja privodnih lopata. Jedna je lopata otvorena za 5° više nego je to normalno. Efekt na kavitaciju, provjeren najbližim osjetilom (sl. 10): svi su kavitacijski mehanizmi pojačani ali su im pragovi ostali nepromijenjeni, s izuzetkom onog na najvišim snagama. Ovome je prag značajno pao (v. crtkane pravce).

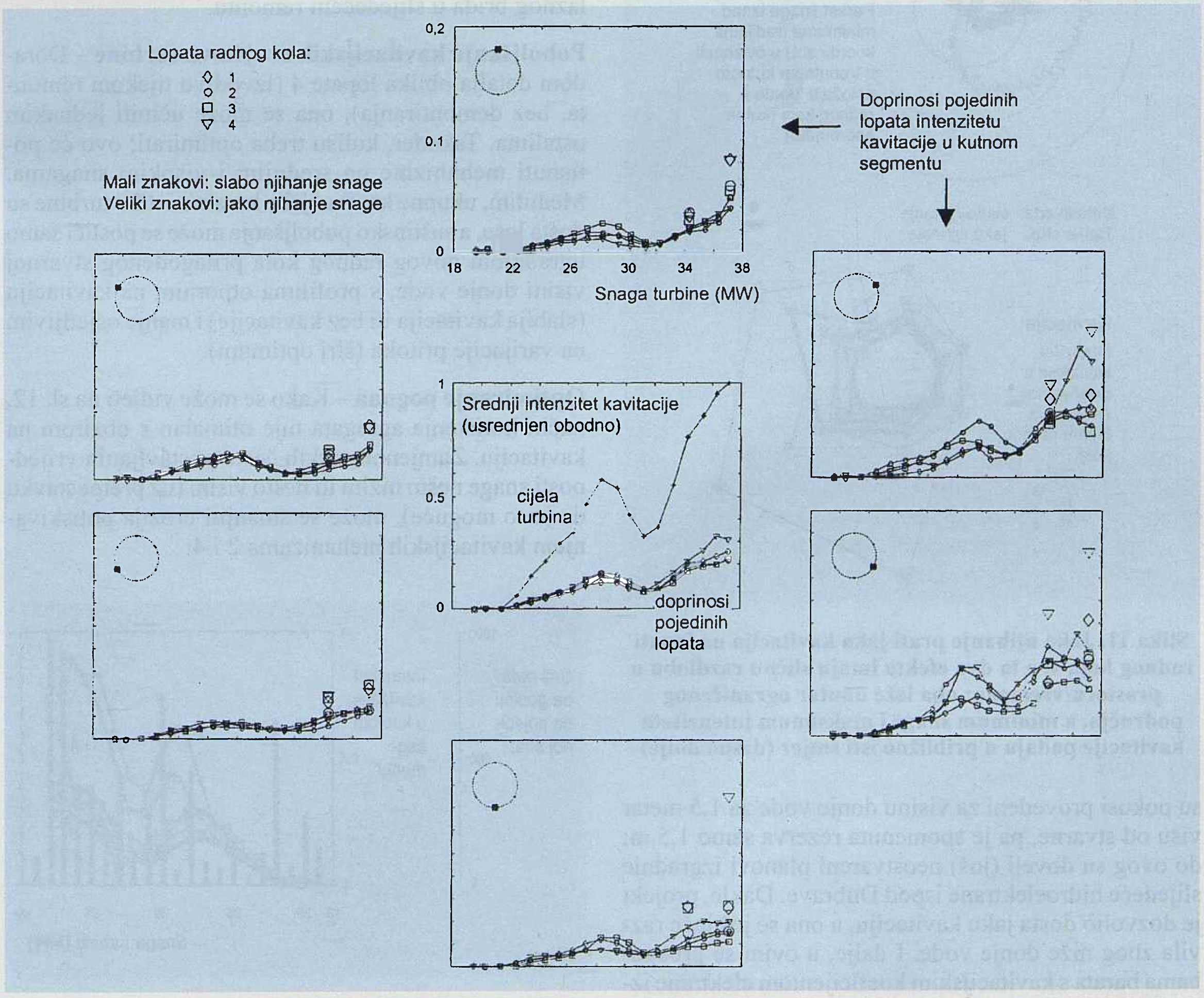
Njihanje snage – Visoka korelacija kavitacije i njihanja snage, jasno izražena na sl. 9 (usporedite velike i male znakove), ispitna je dodatno (sl. 11). Nađeno je jasno podudaranje jake kavitacije na lopati radnog kola 4 i minimuma snage. Oba efekta imaju oblik svojevrsnog udarca koji dolazi jednom na okret.

6. O KAVITACIJI U TURBINI DUBRAVA A

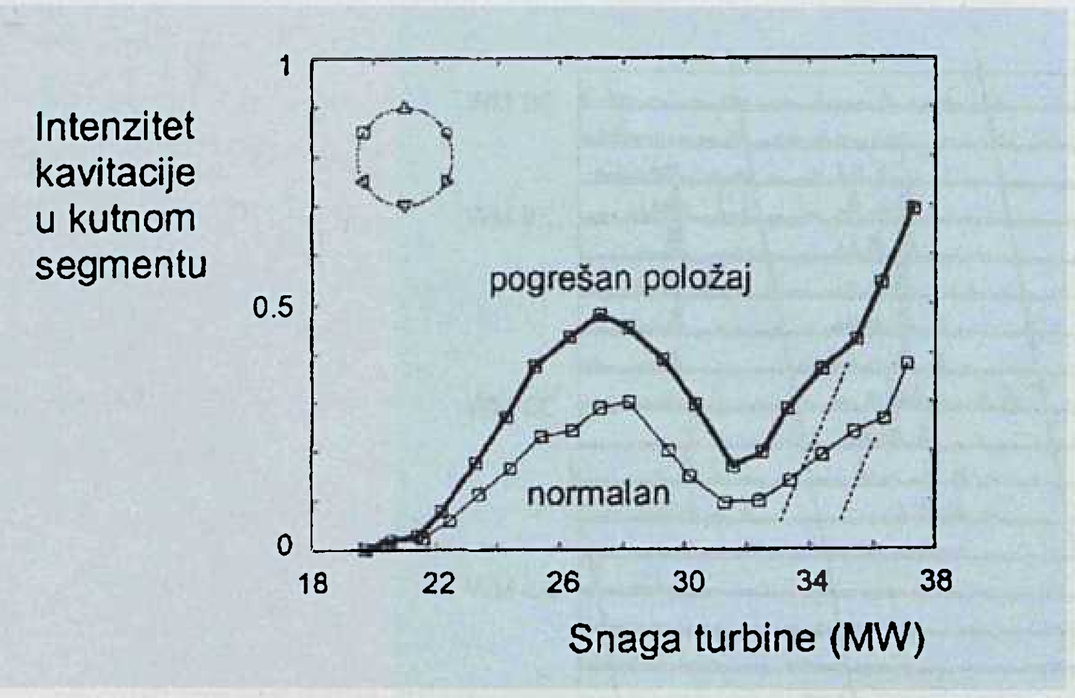
Kavitacijski mehanizmi – Prema modelskim ispitivanjima [9], postoji rezerva od 3 metra stupca vode između kavitacijskog koeficijenta na kojem dolazi do pada učinkovitosti za 1 % i kavitacijskog koeficijenta elektrane pri nazivnom padu i punom protoku. Na modelu je u ovoj točki nadjena razmjerno snažno razvijena kavitacija. Međutim, turbina je projektirana i modelski



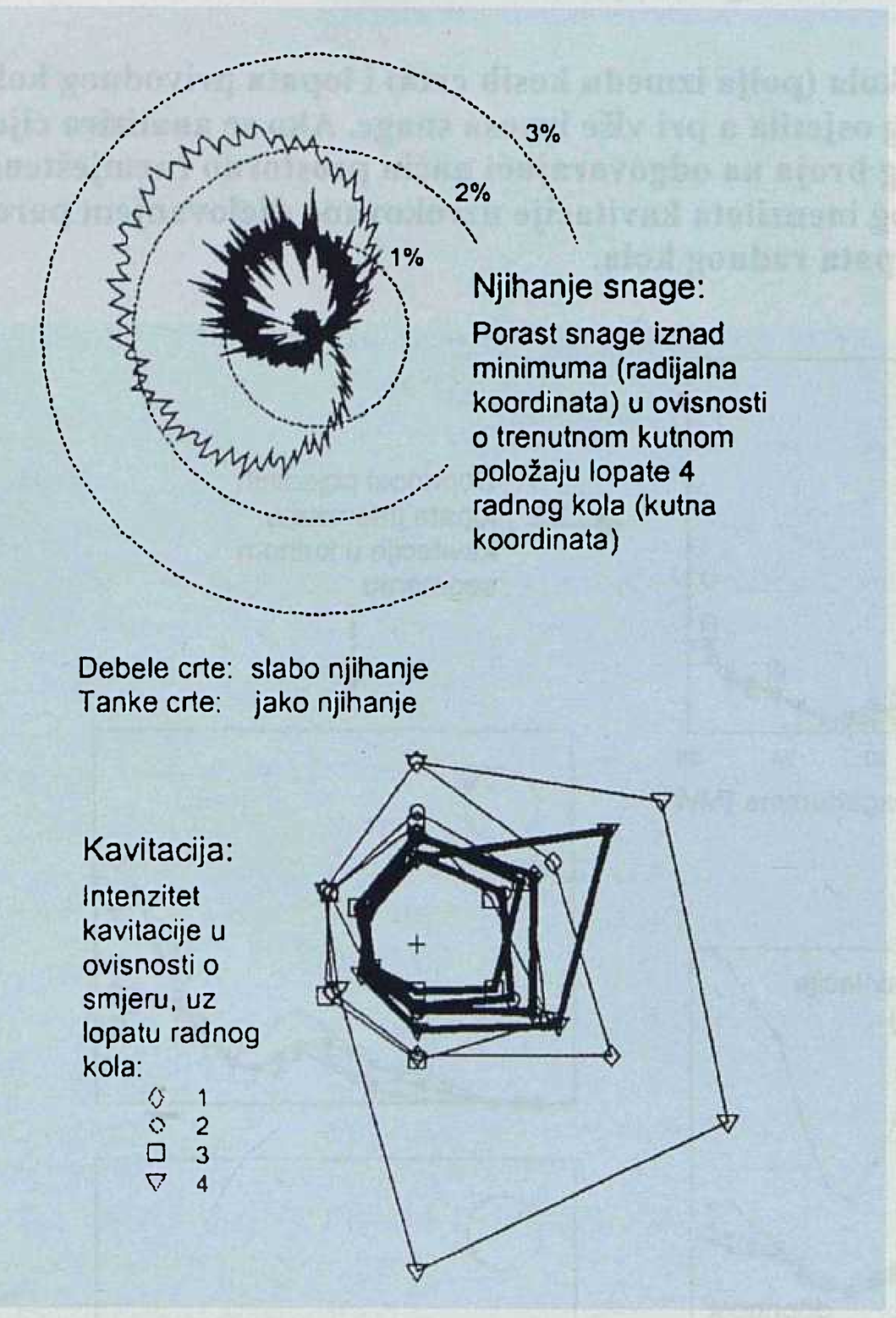
Slika 8. Raspoznatljivi tragovi djelovanja lopata radnog kola (polja između kosih crta) i lopata privodnog kola (grupe šiljaka unutar polja) dolaze u ovom zapisu s jednog osjetila a pri više iznosa snage. Ako se analizira cijela grupa takvih zapisa prikupljena pomoću dovoljno visokog broja na odgovarajući način prostorno razmještenih osjetila, dobivaju se pouzdane i nepristrane ocjene ukupnog inenziteta kavitacije uzrokovane djelovanjem parova lopata privodnog - lopata radnog kola.



Slika 9. Intenzitet kavitacije vezan na četiri lopate radnog kola – srednji intenzitet (graf u sredini) i grubo prostorno razlučeni intenziteti (šest grafova okolo s označenim položajima). Agregat A na Dubravi trpi od razmjerno jakog njihanja snage u ritmu jednom na okret, čija amplituda varira; razmatraju se dva slučaja njihanja



Slika 10. Slučaj pogrešno postavljene lopate privodnog kola



Slika 11. Jako njihanje prati jaka kavitacija na lopati radnog kola 4, a ta dva efekta imaju sličnu razdiobu u prostoru/vremenu: oba leže unutar ograničenog područja, a minimum snage i maksimum intenziteta kavitacije padaju u približno isti smjer (desno dolje)

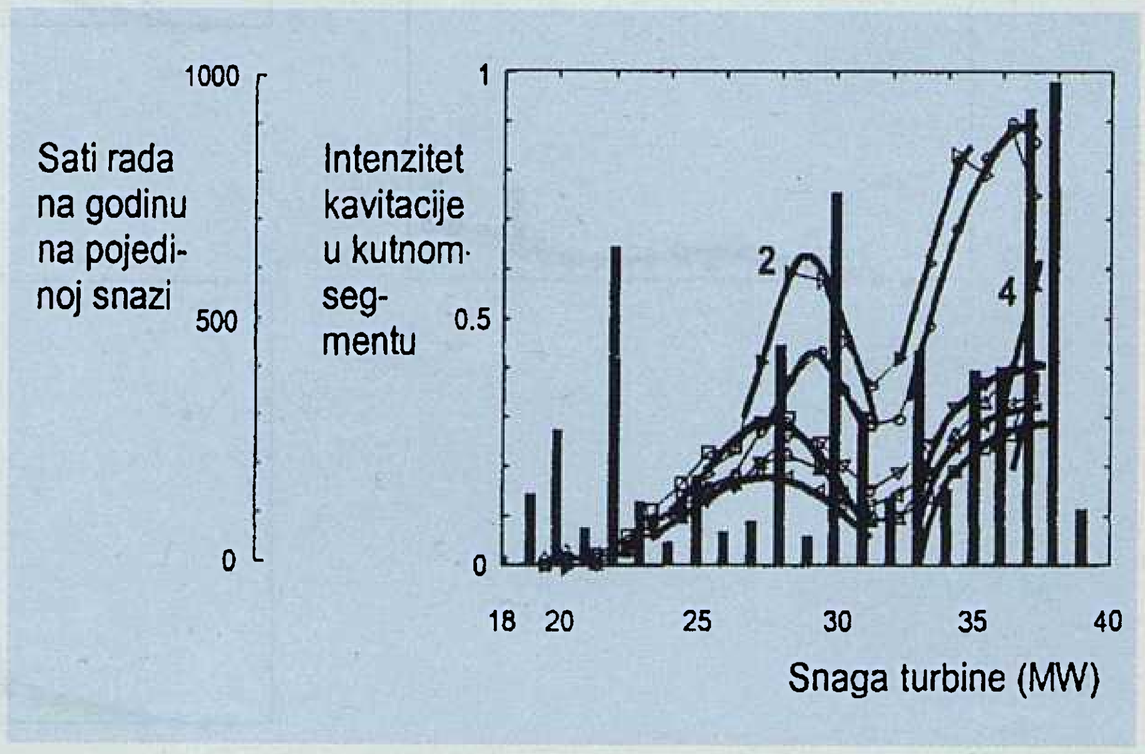
su pokusi provedeni za visinu donje vode za 1,5 metar višu od stvarne, pa je spomenuta rezerva samo 1,5 m; do ovog su doveli (još) neostvareni planovi izgradnje slijedeće hidroelektrane ispod Dubrave. Dakle, projekt je dozvolio dosta jaku kavitaciju, a ona se još jače razvila zbog niže donje vode. I dalje, u ovim se prosudbama barata s kavitacijskim koeficijentom elektrane izvedenim iz prilika na osi. Za jaku su kavitaciju (sl. 5), međutim, odgovorni gornji položaji, koji su za cca 2,5 m odmaknuti od osi. Slijedi zaključak: za kavitaciju kakva se razvija na danom radnom kolu, čak i uz u projektu pretpostavljenu visinu donje vode gotovo da nije bilo rezerve do kritičnog koeficijenta kavitacije, a uz zatečenu donju vodu turbina radi cca –3+1,5+2,5=1m dublje od tog praga. Ovo je uzrok pojave kavitacijskog mehanizma na najvišim snagama unutar normalnog radnog područja turbine (sl. 5). Postojanje drugih kavitacijskih mehanizama i mala širina kavitacijskog optimuma dolaze iz istih razloga a vezani su na detalje oblika lopata radnog kola i neoptimalnu kulisu.

Kavitacijska erozija – Mehanizam na niskim snagama je neopasan, ostala tri su erozivna. I doista, pregled lopata radnog kola [10] otkrio je tragove erozije vezane na svakoga od njih. Pri pregledu je nađena jača erozija na lopati 4; ovo je u skladu s rezultatima vibroakustičke dijagnoze predstavljenim na sl. 9.

Izuzetna lopata – Preliminarno trodimenzionalno optičko ispitivanje geometrije lopata radnog kola [11] pokazalo je razlike koje bi mogle objasniti izuzetno ponašanje lopate 4. Preporuča se detaljniji pregled ulaznog brida u slijedećem remontu.

Poboljšanje kavitacijskih svojstava turbine – Doradom detalja oblika lopate 4 (izvodivo tijekom remonta, bez demontiranja), ona se može učiniti jednakim ostalima. Također, kulisu treba optimirati; ovo će potisnuti mehanizme na srednjim i visokim snagama. Međutim, ukupne kavitacijske karakteristike turbine su dosta loše, a suštinsko poboljšanje može se postići samo ugradnjom novog radnog kola prilagođenog stvarnoj visini donje vode, s profilima otpornim na kavitaciju (slabija kavitacija ili bez kavitacije) i manje osjetljivim na varijacije pritoka (širi optimum).

Optimiranje pogona – Kako se može vidjeti na sl. 12, način korištenja agregata nije otimalan s obzirom na kavitaciju. Zamjenom nekih često postavljanih vrijednosti snage nešto nižim ili nešto višim (uz pretpostavku da je to moguće), može se smanjiti erozija potiskivanjem kavitacijskih mehanizama 2 i 4:



Slika 12. Rad agregata se može optimirati obzirom na kavitaciju. Podaci za to: podaci iz sl. 5 i godišnja statistika postavljene snage (ovdje: 6-godišnji prosjek).

28 MW na 26 MW,
30 MW na 32 MW,
37 MW i 38 MW na 36 MW.

7. ZAKLJUČAK

Dijagnostička ispitivanja i monitoring kavitacije, zasnovani na multi-dimenzionalnoj analizi podataka prikupljenih pomoću velikog broja osjetila, podržanoj empirijskim i teorijskim modelima, daju više nego drugi pristupi: nepristran i bogat opis kavitacije s raspoznavanjem kavitacijskih mehanizama i ocjenama kavitacijske kvalitete dijelova turbine. Ovo rezultira u pouzdanoj dijagnostici i monitoringu visoko osjetljivom na štetne efekte.

ZAHVALA

D. Magić, dipl. ing., direktor HE Dubrava, omogućio je prvu primjenu multidimenzionalne metode za dijagnostiku i monitoring hidro-agregata u Hrvatskoj. Đ. Ružić, dipl. ing., rukovoditelj Odjela za tehničke poslove HED, te timovi u smjenama u HED i Komandi lanca Varaždin, omogućili su opsežna ispitivanja. Đ. Dvekar iz HED i mr. sc. V. Đelić, dipl. ing. iz Turboinštituta, Ljubljana, sudjelovali su u interpretaciji rezultata ispitivanja kavitacije. Autor se zahvaljuje svima, a također i dr. sc. Vladimiru Koromanu, dipl. ing., iz Brodarskog instituta, Zagreb, i mr. sc. Ivanu Bacingeru, dipl. ing., iz HEP - PP HE Sjever, koji su dali inicijativu za multidimenzionalni djagnostički rad na kavitaciji na HED.

LITERATURA

[1] B. BAJIĆ, "Inteligentni monitoring i dijagnostika kavitacije - Metoda za velik broj lopata radnog kola", Energija, god. 51, br. 3, 2002; također: International Water Power & Dam Construction, Vol. 54, No. 5, 2001.

[2] B. BAJIĆ, "Multi-dimensional diagnostics of turbine cavitation", 20th IAHR Symposium Hydraulic Machinery and Systems, Charlotte, North Carolina, SAD, 2000; također: Journal of Fluids Engineering, Vol. 124, No. 4, 2002.

[3] B. BAJIĆ, "Nove metode vibroakustičke dijagnostike kavitacije u turbinama", Energija, god. 48, br. 4, 1999; također: Journal of Hydraulic Research, Vol. 40, No. 4, 2002.

[4] B. BAJIĆ, J. SABOLEK, Đ. DVEKAR, D. MAGIĆ, "Ispitivanja vibracija, zračnog raspora i magnet-skog toka na cijevnom agregatu 1 HE Dubrava", Simpozij HEPP 2001, Šibenik, 2001.

[5] DJ. DVEKAR, B. BAJIĆ, I. BACINGER, D. MAGIC, J. SABOLEK, M. DEMIROVIC, "Suppression of shaft vibration on a bulb unit, based on detailed rotor diagnostics", HYDRO 2001 Conference, Riva del Garda, Italija, 2001; također: Simpozij HEPP 2001, Šibenik, 2001.

[6] Ispitivanja njihanja snage agregata A na HED, više internih dokumenata.

[7] V. KERCAN, M. PIŠLJAR, J. SLOKAR, V. ĐELIĆ, Z. PERŠIN, "HE Dubrava - Ispitivanja energetskih i dinamičkih karakteristika hidroelektrane", Turboinštitut, izvještaj 2050, Ljubljana, Slovenija, 1990.

[8] B. BAJIĆ, "A practical approach to vibroacoustic assessment of turbine cavitation", International Journal on Hydropower & Dams, Vol. 3, No. 6, 1996.

[9] V. KERCAN, S. CIZL, "HE Dubrava – Primopredajna ispitivanja modela turbine", Turboinštitut, izvještaj 1779, Ljubljana, Slovenija, 1986.

[10] N. ABRAMOVIĆ, "Izvještaj o pregledu nosive čelične konstrukcije, te defektoskopskom pregledu radnih turbinskih lopatica aregata broj 1 (A1) na HE Dubrava", Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, izvještaj 25-055/01, 2001.

[11] M. GOMERČIĆ i N. ABRAMOVIĆ, "Izvještaj trodimenzionalne optičke kontrole geometrije radnog kola turbine agregata A1 u HE-Dubrava", Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, izvještaj 25-273/01, 2001.

MULTIDIMENSIONAL CAVITATION DIAGNOSTICS AND MONITORING

Method for a small number of turbine runner blades – Applied to HPP Dubrava

The multidimensional method of vibrating-acoustic diagnostics and monitoring, Korto Cavitation Services, formally adopted for a small number of turbine runner blades, has been applied to tube aggregate A of 40MW at HPP Dubrava. Four cavitation mechanisms have been identified, cavitation quality of turbine runner blades has been evaluated, the distribution of cavitation intensity tested and strong non-homogeneity found. Wrong adjustment of an inlet runner blade has been tested as well as preliminary the connection between cavitation and power swinging. Apart from results, the way of its performance is also illustrated.

MEHRDIMENSIONALE ZUSTANDSBESTIMMUNG UND NACHERKUNDUNG DER KAVITATION

Die Methode für die Wenigschauffelrad-Anwendung im Wasserkraftwerk „Dubrava"

Die „ Korto Cavitation Services" mehrdimensionale Methode der vibro-akustischen Zustandsbestimmung und Nacherkundung der Kavitation, angepasst für die Anwendung am Wenigschauffelrad, wurde an das 40 MW Rohragregat „A" des Wasserkraftwerkes „Dubrava" angewendet.

Es wurden: vier Kavitationsvorgangsarten wiedererkannt, die Kavitationsgüte der Radschaufeln beurteilt, die

Verteilung der Kavitationsstärke innerhalb des Turbinenraumes geprüft, und dabei eine starke Ungleichartigkeit gefunden. Geprüft wurde die falsche Verstellung einer Leitradschaufel und -vorderhand- der Zusammenhang zwischen der Kavitation und den Leistungsschwankungen. Zu der Beschreibung von Ergebnissen, wurde auch die Weise derer Ermittlung dargestellt.

Naslov pisca:

Dr. sc. Branko Bajić, dipl. ing.
Korto Cavitation Services
Luxembourg

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 09 – 03.

ODNOS ANOMALIJA ZRAČNIH RAZMAKA IZMJENIČNOG I ISTOSMJERNOG PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr. sc. Filip Mandarić, Split

UDK 621.13/14:621.315.24
STRUČNI ČLANAK

Pored linearne zavisnosti, kako izmjeničnog tako i istosmjernog napona o razmaku vodiča, iznad 345 kV dolazi do anomalija zračnih razmaka povećanjem naponaprijenosa. U članku se na temelju eksperimentalnih grafova zavisnosti podnosivih napona izvode konstante anomalija zračnih razmaka za izmjenični i istosmjerni napon prijenosa. Takvi rezultati omogućavaju planiranje prijenosnih alternativa sa svrhom ekonomičnosti gradnje prijenosa.

Ključne riječi: anomalije zračnih razmaka, izmjenični napon prijenosa, istosmjerni napon prijenosa, razmak vodiča, naponski odnosi.

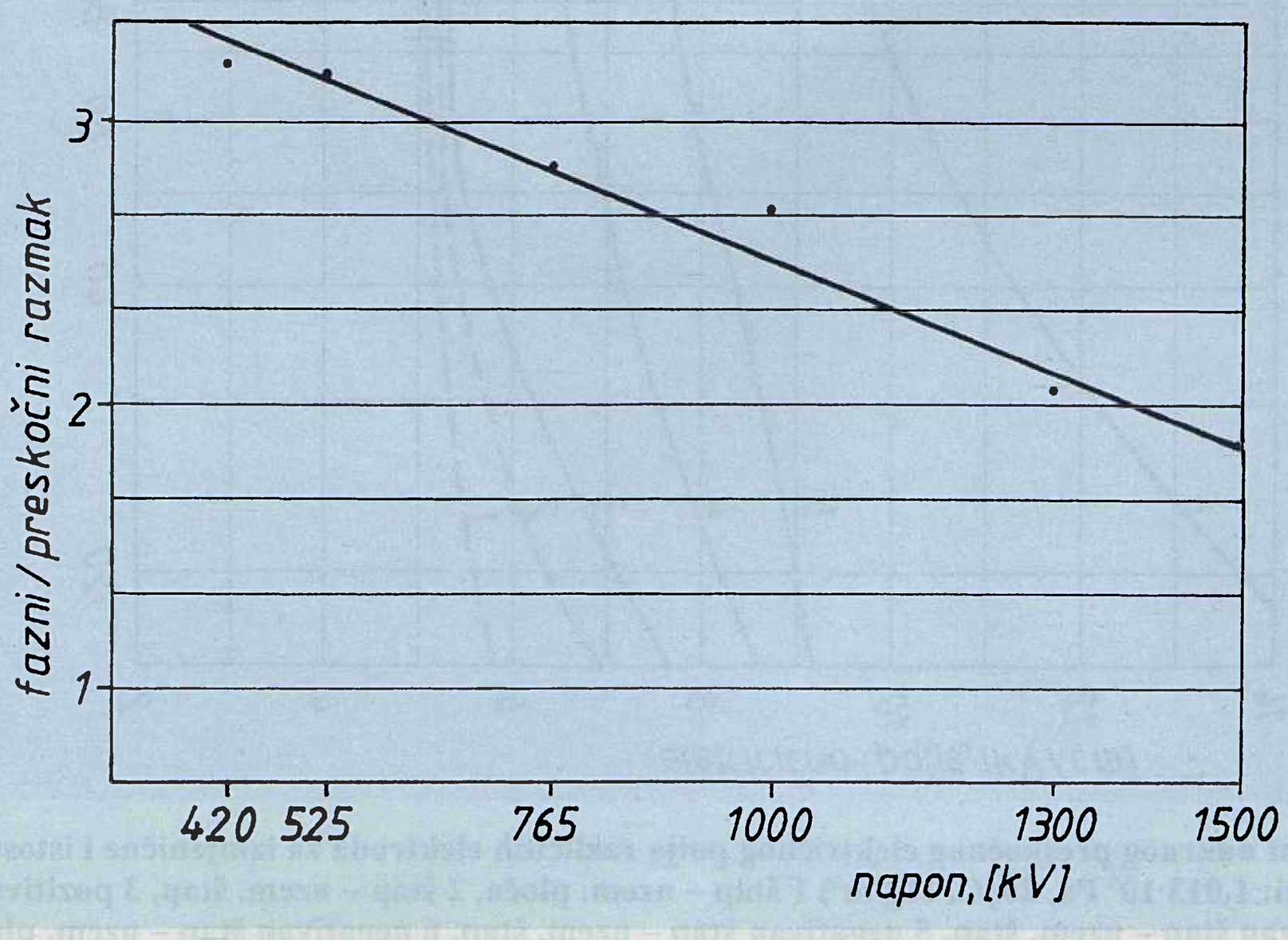
1. UVOD

Iako kod nas još neiskorištene pogodnosti istosmjernog prijenosa električne energije u sklopu elektroenergetskog sustava one se u svijetu upotrebljavaju kao sinkrone za prijenos velikih snaga, zatim kao prijenos zajedničkim vodovima izmjeničnog prijenosa, za povezivanje asinkronih sustava te kao veze za poboljšanje stabilnosti, odnosno kompenzacija snaga unutar sustava, literatura [1]. Analizira se odnos napona i razmaka vodiča kod istosmjernog prijenosa u usporedbi s izmjeničnim prijenosom, kada dolaze do izražaja naponske anomalije zračnih razmaka kao razlog više primjeni istosmjernog prijenosa.

2. RAZMAK VODIČA I NAPON IZMJENIČNOG I ISTOSMJERNOG PRIJENOSA

2.1. Grafički prikaz anomalija za izmjenične i istosmjerne napone prijenosa

Povijesno, izmjenični prijenos karakterizira povećanje naponskih nivoa, budući da je iznos snage prijenosa za određenu impedanciju između proizvođača i potrošača



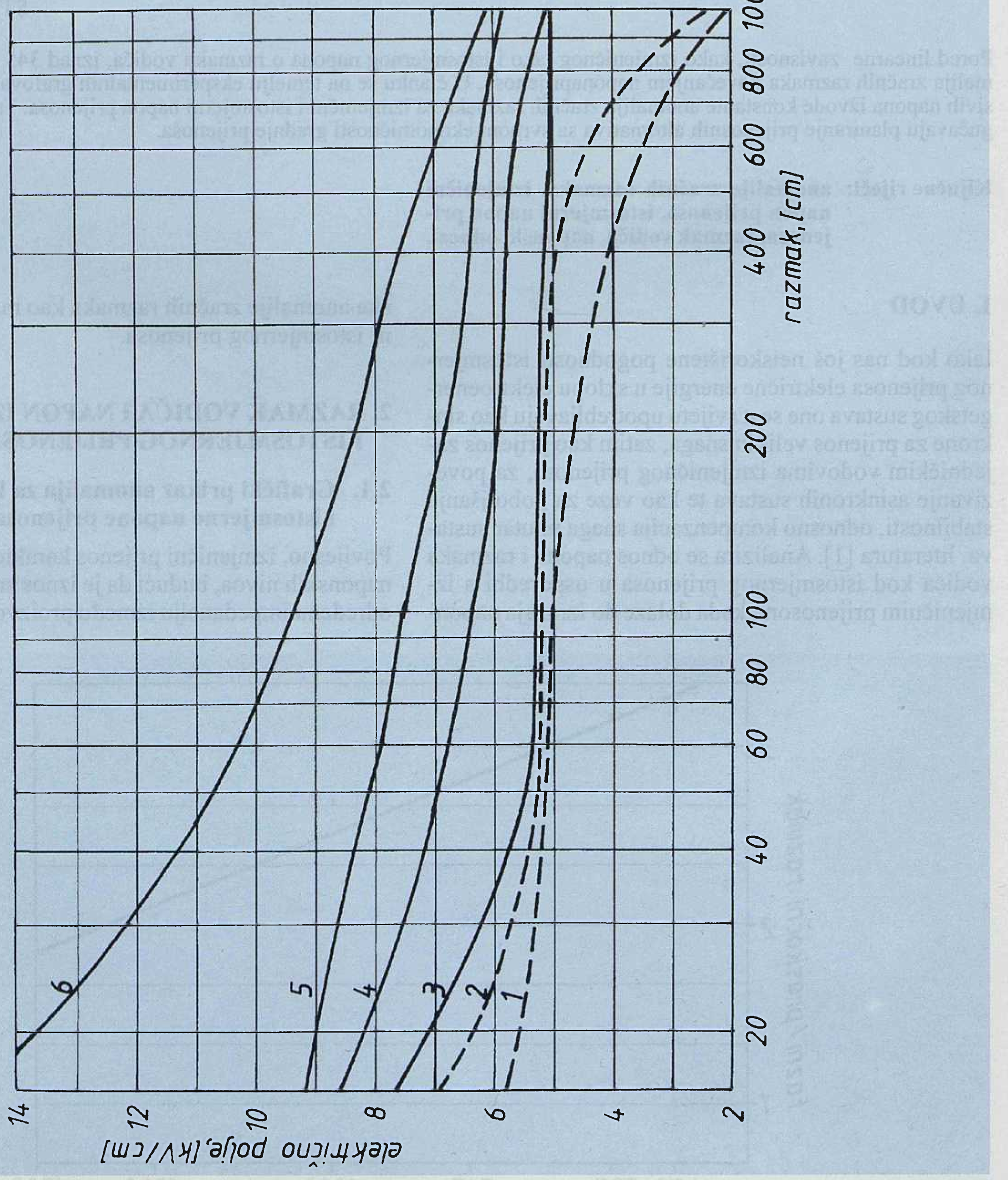
Slika 1. Fazni i preskočni razmaci prema naponima izmjeničnog prijenosa

matematski proporcionalan kvadratu napona prijenosnog sustava. Ista pogodnost prijenosa snage povećanjem napona nije iskoristiva u nedogled. Dolaze do izražaja anomalije zračnih razmaka, posebno na nivoima iznad 345 kV. Prema iskustvu izvedenih vodova izmjeničnog prijenosa je izvedena jednakost odnosa faznih i preskočnih razmaka u obliku:

$$\frac{\text{Fazni razmak}}{\text{Preskočki razmak}} = 3{,}8416 - 0{,}0013166\ U\ [\text{broj}] \qquad (1)$$

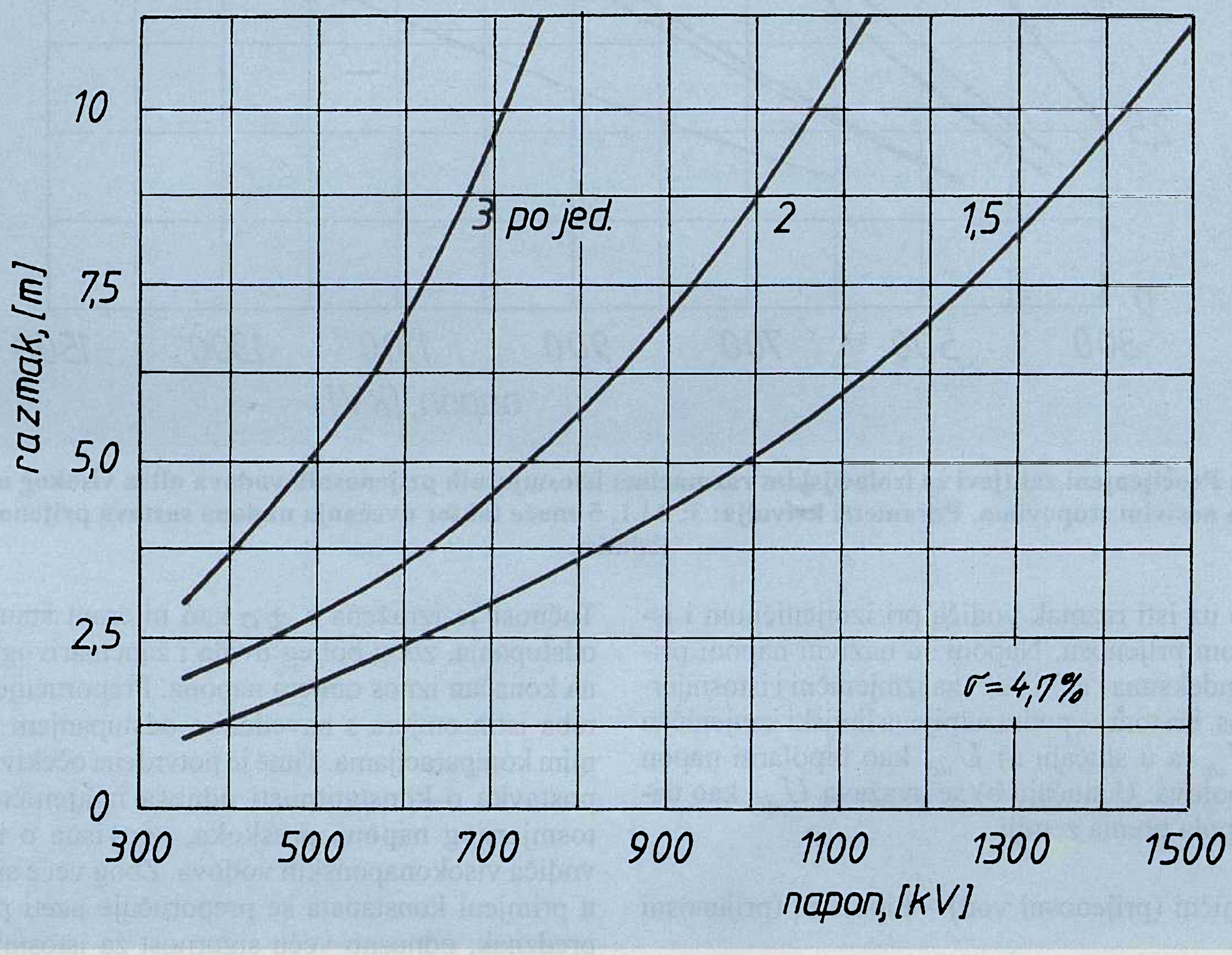
gdje je U izmjenični linijski napon u [kV]. Isti izraz je nešto određenije izveden na slici 1. a prema literaturi [2] gdje su označene ograde, odnosno njegove rubne vrijednosti. Ako je V fazni napon tada je $U = \sqrt{3}\ V$.

Od posebnog su interesa razmaci vodiča pri primjeni izmjeničnog i pri primjeni istosmjernog napona. Prema literaturi [3] je na slici 2. prikazana zavisnost specifičnog udarnog preskočnog električnog polja različitih elektroda za izmjenične i istosmjerne napone.



Slika 2. Zavisnost udarnog preskočnog električnog polja različitih elektroda za izmjenične i istosmjerne napone. (Klimatski uvjeti: $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa, 20şC, 11g/m^3) 1 štap – uzem. ploča, 2 štap – uzem. štap, 3 pozitivan štap – uzem. ploča, 4 pozitivan štap – uzem. štap, 5 negativan štap – uzem. štap, 6 negativan štap – uzem. ploča; 1,2 vršna vrijednost izmj. napona, 3,4,5,6 udarni preskočni napon (50% vrijednosti).

Lako je zapaziti veću električnu čvrstoću istosmjernog naponskog naprezanja kao i anomalije, odnosno nelinearne zavisnosti. Pažnju posvećujemo usporedbama vodova, odnosno njihovih naponskih naprezanja. Grafovi na slici 2. su dakako dobiveni eksperimentalno. Usporedimo li neke od njih s grafovima na slici 5. zapazit ćemo da su probojni naponi znatno iznad 50% izdrživih preskočnih napona. Isti dijagrami uvažavanjem podnosivih naponskih naprezanja su izvedeni na slikama 3. i 4. za izmjenične i istosmjerne vodove prijenosa. Posebno je dijagram na slici 3. uzet iz literature [4] dok je dijagram na slici 4. izveden iz prikaza na slici 5.



Slika 3. Procijenjeni zahtjevi za izolacijskim razmacima izmjeničnih prijenosnih vodova ultra visokog napona prema nosivim stupovima. (Odobrenje od Westinghouse Electric Corporation.) Parametri krivulja: 3; 2 i 1, 5 znače faktor uvećanja napona sustava prijenosa po jedinici, dok σ predstavlja standardno odstupanje mjerenja, ovdje izraženo u [%].

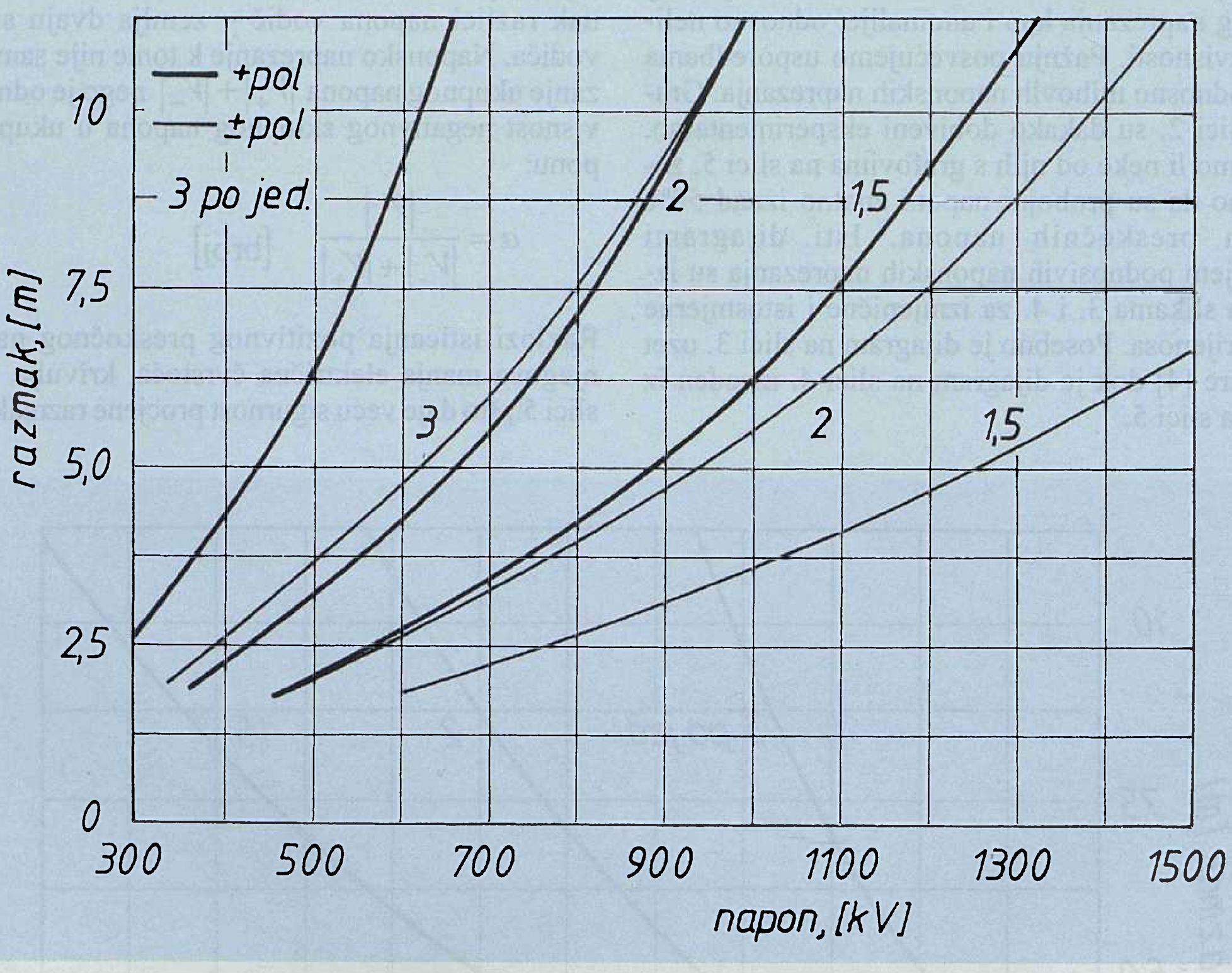
Napomenimo da istosmjerne prijenosne veze mogu biti unipolarne, bipolarne i homopolarne. Pod time podrazumijevamo prijenos jednim istosmjernim polom (+ ili –) i jednim vodom, zatim prijenos s dva istosmjerna pola (+ i –) jednim vodom suprotno polariziranih vodiča i prijenos istosvrsnim polovima kao homopolarni prijenos. Istaknimo da je zemlja nužno povratni vodič kod unipolarnog i homopolarnog prijenosa. Na slici 4. tako razlikujemo krivulju (+) pola za unipolarni ili homopolarni prijenos i krivulje (±) polova za bipolarni prijenos. Posebno, na slici 5. i literaturi [3] su izdvojene krivulje pozitivnog preskočnog vala napona u [kV] za 50% vjerojatne preskoke. Napon vodiča prema vodiču je jednak razlici napona vodič – zemlja dvaju susjednih vodiča. Naponsko naprezanje k tome nije samo naprezanje ukupnog napona $|V_+| + |V_-|$ nego je odnos α zavisnost negativnog sklopnog napona u ukupnom naponu:

$$\alpha = \frac{|V_-|}{|V_-| + |V_+|} \quad [\text{broj}] \tag{2}$$

Razlozi isticanja pozitivnog preskočnog napona su njegova manja električna čvrstoća, krivulje 1-2-3 na slici 5., što daje veću sigurnost procjene razmaka vodiča voda. Za utvrđivanje minimalnih razmaka u zraku preporučuje se ispitivanje dvaju preskočnih napona. Pri tome su vrijednosti odnosa *á* između 0,33 i 0,5. Konačno se može primijetiti stanovita zakonitost izmjeničnih i istosmjernih preskočnih napona kao i međusobne udaljenosti elektroda.

2.2. Konstante naponskih odnosa izmjeničnog i istosmjernog prijenosa

Prema slikama 3. i 4. odnosno 5. su utvrđeni sljedeći odnosi napona prikazani izrazima (3) i (4). Do njih



Slika 4. Procijenjeni zahtjevi za izolacijskim razmacima istosmjernih prijenosnih vodova ultra visokog napona prema nosivim stupovima. Parametri krivulja: 3; 2 i 1, 5 znače faktor uvećanja napona sustava prijenosa po jedinici.

dolazimo uz isti razmak vodiča pri izmjeničnom i istosmjernom prijenosu. Naponi su nazivni naponi prijenosa s indeksima "ac" i "dc" za izmjenični i istosmjerni prijenos. Pri tom se podrazumijeva linijski izmjeničan napon U_{ac} a u slučaju a) U_{dc} kao bipolarni napon između polova. U slučaju b) se uvažava U_{dc} kao napon "+" pola prema zemlji.

a) Izmjenični (prijenosni vod) – bipolarni (prijenosni vod)

$$\frac{U_{ac}}{U_{dc}} = 0{,}779736 \pm 0{,}009983\,,$$

$$\frac{U_{dc}}{U_{ac}} = 1{,}282696 \pm 0{,}016423\,. \qquad (3)$$

b) Izmjenični prijenosni vod – homopolarni (+) prijenosni vod

$$\frac{U_{ac}}{U_{dc}} = 1{,}133877 \pm 0{,}008010\,,$$

$$\frac{U_{dc}}{U_{ac}} = 0{,}881974 \pm 0{,}006230\,. \qquad (4)$$

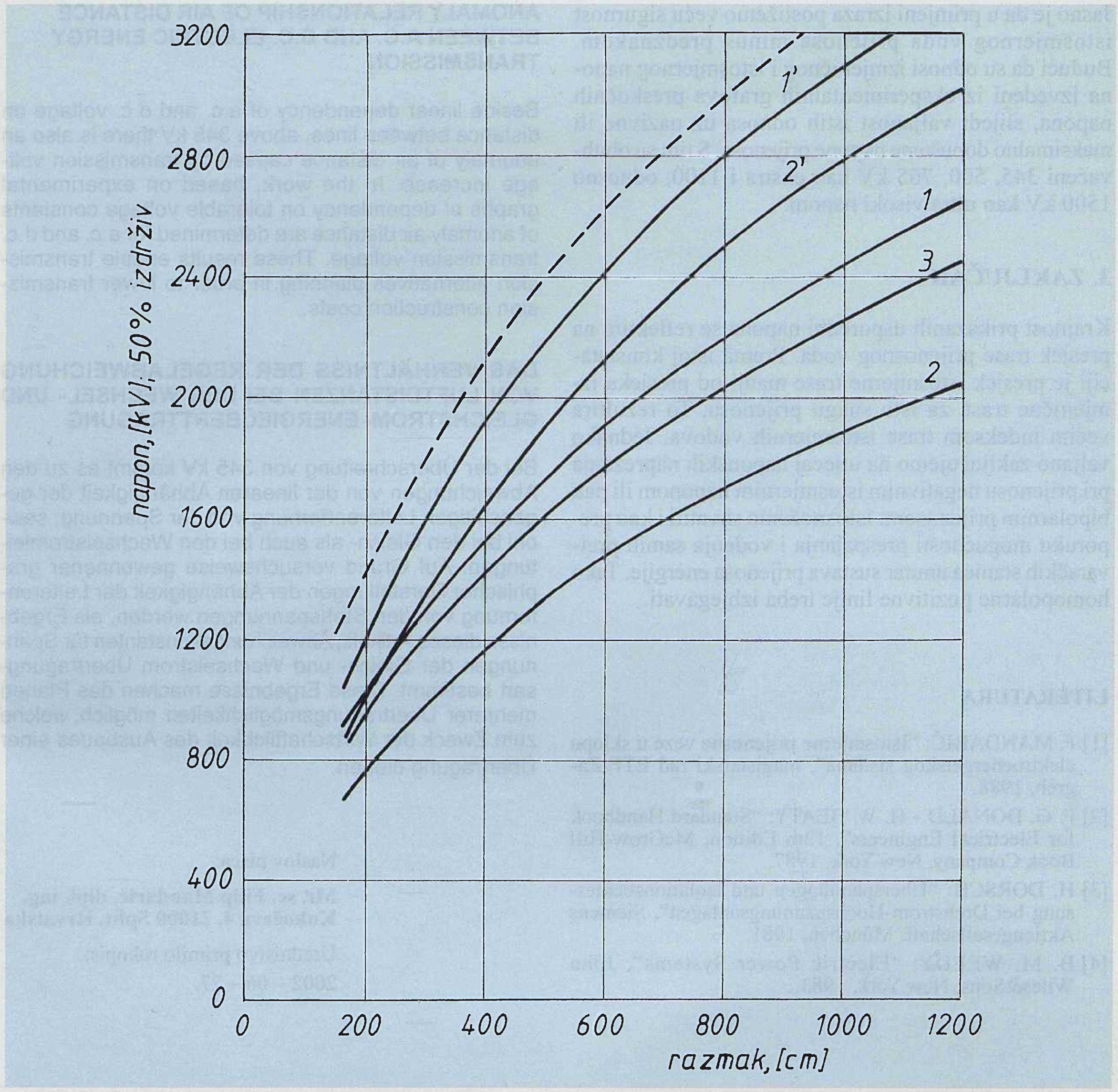
Točnost je izražena s $\pm\sigma$ kao mjerom standardnog odstupanja, zbog boljeg uvida i zanemarivog utjecaja na konačan iznos omjera napona. Preporučuje se uporaba istih omjera s navedenim odstupanjem i u daljnjim komparacijama. Time je potvrđena očekivana pretpostavka o konstantnosti odnosa izmjeničnog i istosmjernog napona preskoka, neovisna o razmaku vodiča visokonaponskih vodova. Zbog veće sigurnosti u primjeni konstanata se preporučuje uzeti pozitivan predznak, odnosno veću sigurnost za istosmjerni napon vodova. Stoga će konačno biti:

a) $\frac{U_{ac}}{U_{dc}} = 0{,}789719\,, \qquad \frac{U_{dc}}{U_{ac}} = 1{,}266273\,,$

b) $\frac{U_{ac}}{U_{dc}} = 1{,}141887\,, \qquad \frac{U_{dc}}{U_{ac}} = 0{,}875744\,.$ (5)

2.3. Konstante odnosa razmaka vodiča izmjeničnog i istosmjernog prijenosa

Analogno vrijedi ista zakonitost međusobnog odnosa razmaka vodiča uz primjenu jednakih napona:



Slika 5. Zavisnost razmaka za 50% izdržívosti preskočnog napona

Krivulje (1,2) kod pozitivnog istosmjernog napona (Klimatski uvjeti: $1{,}013\cdot10^5$ Pa, 20şC, 11 g/m³), IEEE Trans. Vol PAS 94 (1975) str. 58 do 67.

Krivulje (1',2') kod $\alpha = 0{,}5$ i $\Delta t = 0$, Electra Nr. 29 (1973) str. 29 do 44.

1' štap – štap, 2' poz. štap – neg. ploča, — prsten – prsten, 1 štap – uzem. štap, 2 štap – uzem. ploča, 3 vodič – stup.

Napomena: **Isti grafovi su s ograničenom točnošću pa će i izvedene veličine biti prihvatljive s odgovarajućom sigurnošću. Budući da je red veličina znatan, a zahtjevi na točnost mali, dopušta se točnost grafičkog očitanja.**

a) Izmjenični prijenosni vod – bipolarni prijenosni vod

$$\frac{D_{ac}}{D_{dc}} = 1{,}474895 \pm 0{,}070340\,,$$

$$\frac{D_{dc}}{D_{ac}} = 0{,}679560 \pm 0{,}032409\,. \qquad (6)$$

b) Izmjenični prijenosni vod – homopolarni (+) prijenosni vod

$$\frac{D_{ac}}{D_{dc}} = 0{,}798662 \pm 0{,}027900\,,$$

$$\frac{D_{dc}}{D_{ac}} = 1{,}253624 \pm 0{,}043793\,. \qquad (7)$$

Jasno je da u primjeni izraza postižemo veću sigurnost istosmjernog voda prijenosa minus predznakom. Budući da su odnosi izmjeničnog i istosmjernog napona izvedeni iz eksperimentalnih grafova preskočnih napona, slijedi valjanost istih odnosa uz nazivne ili maksimalno dopuštene napone prijenosa. S tim su obuhvaćeni 345, 500, 765 kV kao ekstra i 1100, odnosno 1500 kV kao ultra visoki naponi.

3. ZAKLJUČAK

Krajnost prikazanih usporedbi napona se reflektira na presjek trase prijenosnog voda. Prema istoj konstataciji je presjek istosmjerne trase manji od presjeka izmjenične trase za istu snagu prijenosa. To rezultira većim indeksom trase istosmjernih vodova. Jednako valjano zaključujemo na utjecaj naponskih naprezanja pri prijenosu negativnim istosmjernim naponom ili pak bipolarnim prijenosom. Isto možemo shvatiti i kao preporuku mogućnosti prespajanja i vođenja samih pretvaračkih stanica unutar sustava prijenosa energije. Tako homopolarne pozitivne linije treba izbjegavati.

LITERATURA

[1] F. MANDARIĆ: "Istosmjerne prijenosne veze u sklopu elektroenergetskog sistema", magistarski rad ETF-Zagreb, 1988.

[2] F. G. DONALD - H. W. BEATY: "Standard Handbook for Electrical Engineers", 12th Edition, McGrow-Hill Book Company, New York, 1987.

[3] H. DORSCH: "Überspannüngen und Isolationsbemessung bei Drehstrom-Hochspannungsanlagen", Siemens Aktiengesellschaft, München, 1981.

[4] B. M. WEEDY: "Electric Power Systems", John Wiles&Sons, New York, 1983.

ANOMALY RELATIONSHIP OF AIR DISTANCE BETWEEN A.C. AND D.C. ELECTRIC ENERGY TRANSMISSION

Beside linear dependency of a.c. and d.c. voltage on distance between lines, above 345 kV there is also an anomaly of air distance caused by transmission voltage increase. In the work, based on experimental graphs of dependency on tolerable voltage constants of anomaly air distance are determined for a.c. and d.c. transmission voltage. These results enable transmission alternatives planning in order to lower transmission construction costs.

DAS VERHÄLTNISS DER REGELABWEICHUNG VON LUFTDISTANZEN BEI DER WECHSEL- UND GLEICHSTROM- ENERGIEÜBERTTRAGUNG

Bei der Überschreitung von 345 kV kommt es zu den Abweichungen von der linearen Abhängigkeit der gegenseitigen Leiterentfernung von der Spannung, sowohl bei den Gleich- als auch bei den Wechselstromleitungen. Auf Grund versuchsweise gewonnener graphischer Darstellungen der Abhängigkeit der Leiterenfernung von den Stehspannungen werden, als Ergebnisse dieses Artikels, Abweichungskonstanten für Spannungen der Gleich- und Wechselstrom Übertragungsart bestimmt. Diese Ergebnisse machen das Planen mehrerer Übertragungsmöglichkeiten möglich, welche zum Zweck der Wirtschaftlichkeit des Ausbaues einer Übertragung dienen.

Naslov pisca:

Mr. sc. Filip Mandarić, dipl. ing.
Kukočeva 4, 21000 Split, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 06 – 27.

OSNOVNE TEORIJSKE POSTAVKE IZMJENIČNIH I ISTOSMJERNIH PRIJENOSNIH VODOVA

Mr. sc. Filip Mandarić, Split

UDK 621.311.1:621.3.51.024/025
STRUČNI ČLANAK

U radu je prikazan naponski i strujni doprinos prijenosu izmjeničnim i istosmjernim vodovimaiz teoretskih postavki prijenosa. Istaknuto je polazište ka tehničko-ekonomskim usporedbama snage prijenosa. Dan je primjer usporedbe s grafičkim prikazom.

Ključne riječi: prijenos električne energije, prijenos istosmjernom strujom, prijenos izmjeničnom strujom.

1. UVOD

U literaturi [1] između ostalog su navedeni osnovni pojmovi usporedbi izmjeničnog i istosmjernog prijenosa glede teorijskog promatranja s osnovnim postavkama prijenosa. Korak dalje ka rješavanju ove složene problematike usporedbi izvodimo teorijskim promatranjem idealiziranih prijenosa sa svrhom približenja realnim prijenosima. Tako je potrebno izdvajanje strujnih i naponskih doprinosa ukupnoj snazi prijenosa. Konačno se navodi primjer kao potvrda pretpostavki naponsko–strujnog doprinosa samo teoretskim postavkama što daje uvid i polazište za konkretne prijenose.

2. ELEMENTARNE USPOREDBE IZMJENIČNOG I ISTOSMJERNOG PRIJENOSA

2.1. Polazne pretpostavke rješavanja snage prijenosa

Eksploataciji osnovne ideje istosmjernog prijenosa omogućenoj elektroničkim energetskim komponentama je potrebno pristupiti iz osnovnih odnosa snage prijenosa prijenosnim vodovima. Promatranja provodimo uporedo s izmjeničnim prijenosom zbog uvida ekonomičnosti prijenosa. Osnovu promatranja ograničavamo na idealne prilike prijenosa s uključenim djelatnim gubicima snage. Također se pretpostavljaju prijenosi s prilagodbom, zanemarivim odvodima, gubicima korone i drugo, a uz čisti djelatni prijenos snage. Tako ćemo doći do polaznog odnosa izmjenično-istosmjerne snage prijenosa. Slična promatranja su provedena u literaturi [1] a ovdje se izdvajaju ključna polazišta daljnjim usporedbama, odnosno ekonomici prijenosa. Prema zaključcima iz iste literature, točka 7., izvodimo konstataciju:

1. Prijenos snage uz zanemarene gubitke zagrijavanja je veći 1,5 puta kod prijenosa istosmjernom strujom, pri prijenosu istim vodovima.
2. Prijenos istosmjernom strujom vodovima istosmjerne struje je veći $\sqrt{3}$ puta od prijenosa ekvivalentnim vodovima izmjenične struje.
3. Uz jednake relativne gubitke zagrijavanja moguć je prijenos 2,25 puta veće snage istosmjernom strujom.

Konstatacija 1. i 3. se odnose na iste vodove odnosno za slučaj kada iste vodove upotrijebimo za izmjenični prijenos, a zatim za istosmjerni prijenos što je izvedeno u literaturi [1]. Posebno se promatraju slučajevi zanemarenih gubitaka kao i jednakih relativnih gubitaka zagrijavanja.

Prilike prijenosa približavamo elementarnim izrazima izmjeničnog i istosmjernog prijenosa snage ekvivalentnim vodovima,

$$P_{ac} = 3\,VI\,, \qquad P_{dc} = 2\,V_d I_d \tag{1}$$

U izrazu (1) indeksima *ac* i *dc* označavamo izmjeničnu i istosmjernu snagu, *d* istosmjerni napon i struju dok sa V i I označavamo napon i struju prijenosa. Za istosmjerni prijenos se tako dopušta $V_{d+} = \sqrt{2}\,V$ i $V_{d-} = \sqrt{2}\,V$, dakle naponi različitog polariteta, pa će za bipolarni prijenos vrijediti $V_d = V_{d+} + V_{d-} = 2\sqrt{2}\,V$. Iznos napon V je napon jedne faze izmjeničnog prijenosa. Pod ekvivalentnim vodovima ovdje podrazumijevamo jednak presjek prijenosnog voda, $3r_{1v}^2\pi = 2r_{1d}^2\pi$. Odnos

polumjera vodiča voda je tada $\frac{r_{1d}}{r_{1v}} = \sqrt{\frac{3}{2}}$. Zbog povećanog polumjera istosmjernog voda se dopušta prema izrazu (2) povećanje napona istosmjernog prijenosa $\sqrt{\frac{3}{2}}$ puta. Za odnos električnog polja pri istom naponu na vodičima različitog promjera imamo

$$E_{1v} = E_{1d}\frac{r_{1d}}{r_{1v}} = E_{1d}\sqrt{\frac{3}{2}} \qquad (2)$$

Iz relacije (2) povećani napon istosmjernog vodiča zbog povećanja polumjera će biti $V_{1d} = \sqrt{\frac{3}{2}}V$, koji uvršten u vrijednost istosmjernog napona daju konačno uvažavanjem i tjemene vrijednosti povećanja istosmjernog napona.

$$V_{d+} = V_{d-} = \sqrt{2}V_{d1} = \sqrt{2}\cdot\sqrt{\frac{3}{2}}V = \sqrt{3}V \qquad (3)$$

Primijetimo da ekvivalentnim vodom razumijevamo pored jednakog presjeka voda i jednak utrošak izolatora. Izolatorski lanac na vodu istosmjerne struje smije biti s 3/2 puta više izolatora, da se ostvari jednak utrošak izolatora na jednako dugoj trasi. Naponsko naprezanje izolatorskog lanca na trofaznom vodu izmjenične struje je $\sqrt{2}V/d$, ako je d duljina izolatorskog lanca. Naponsko naprezanje je 1,5 duljeg izolatorskog lanca na vodu istosmjerne struje bilo bi $\sqrt{3}V/1{,}5d$, dakle bilo bi manje za $\sqrt{2}/1{,}1547 = 1{,}225$ od naprezanja lanca na vodu izmjenične struje. I u pogledu izolatorskog lanca ekvivalentnog voda je prednost istosmjernog voda.

Izraz za snagu prijenosa sa svrhom njihove usporedbe možemo konstatirati,

$$P_{dc} = 2\left(\sqrt{3}V\right)\cdot\left(\frac{3}{2}I\right) = 3\sqrt{3}\,VI = \sqrt{3}P_{ac} \qquad (4)$$

te potvrditi raniju konstataciju pod 2. Napomenimo da odnos snaga prijenosa vrijedi pored navedenih pretpostavki i uz jednake gubitke prijenosa što je izraženo ekvivalentnošću voda i jednakom gustoćom struje vodiča. Potrebno je zapaziti da jednakost gubitaka prijenosa nije i jednakost relativnih gubitaka prijenosa.

Činjenicu povećanog prijenosa snage možemo razlučiti na doprinos napona i doprinos povećanja struje ukupnoj snazi prijenosa.

a) Doprinos povećanog istosmjernog napona.

$$V_{d+} = \sqrt{3}V,$$
$$P_{dc} = 2\left(\sqrt{3}V\right)\cdot I = 2\sqrt{3}\,VI = \frac{2}{\sqrt{3}}P_{ac} \qquad (5)$$

Posebno, dozvoljeno povećanje napona će omogućiti povećanje snage $2/\sqrt{3}$ puta.

b) Doprinos povećane istosmjerne struje.

Daljnje dopušteno povećanje zbog odnosa presjeka vodiča će prema tome povećati snagu prijenosa još 3/2 puta.

Također produkt pojedinih povećanja snage daje ukupno povećanje prijenosa $(2/\sqrt{3})\cdot(3/2) = \sqrt{3}$. To su polazne pretpostavke daljnjem optimalnom rješavanju strujnih i naponskih vrijednosti prijenosnih vodova. Nameću se pitanja međusobnih razmaka i presjeka vodiča kao i naponskog nivoa prijenosa. Pretpostavimo za oba sustava prijenosa iste duljine, iste mase vodiča, istu izolaciju prema zemlji kao i iste gubitke zagrijavanja.

Primijetimo da vodovi izmjeničnog prijenosa imaju $\sqrt{2}V$ izolaciju prema zemlji dok povećanje napona istosmjernih vodova iznosi $\sqrt{3}V$ odnosno povećano naprezanju prema zemlji u slučaju ekvivalentnih vodova. Stoga je potrebno uvažiti tu činjenicu glede veće visine voda odnosno uvažiti gubitke odvoda voda ukoliko izolacija voda zadovoljava.

Prema slici 1. snaga trofaznog sustava je 3 VI s odgovarajućim relativnim gubicima.

$$\frac{3I^2R}{3VI} = \frac{IR}{V}. \qquad (6)$$

Snaga pak istosmjernog sustava na slici b) je $2\left(\sqrt{3}V\right)I_d$. Analogno imamo relativne gubitke

$$\frac{2\cdot I_d^2\frac{2}{3}R}{2\sqrt{3}VI_d} = \frac{2I_dR}{3\sqrt{3}V}. \qquad (7)$$

Izjednačavanjem gubitaka dobivamo $I_d = \frac{3}{2}\sqrt{3}\,I$, odnosno

$$\frac{IR}{V} = \frac{2I_dR}{3\sqrt{3}V}. \qquad (8)$$

Sada istosmjerni sustav ima snagu

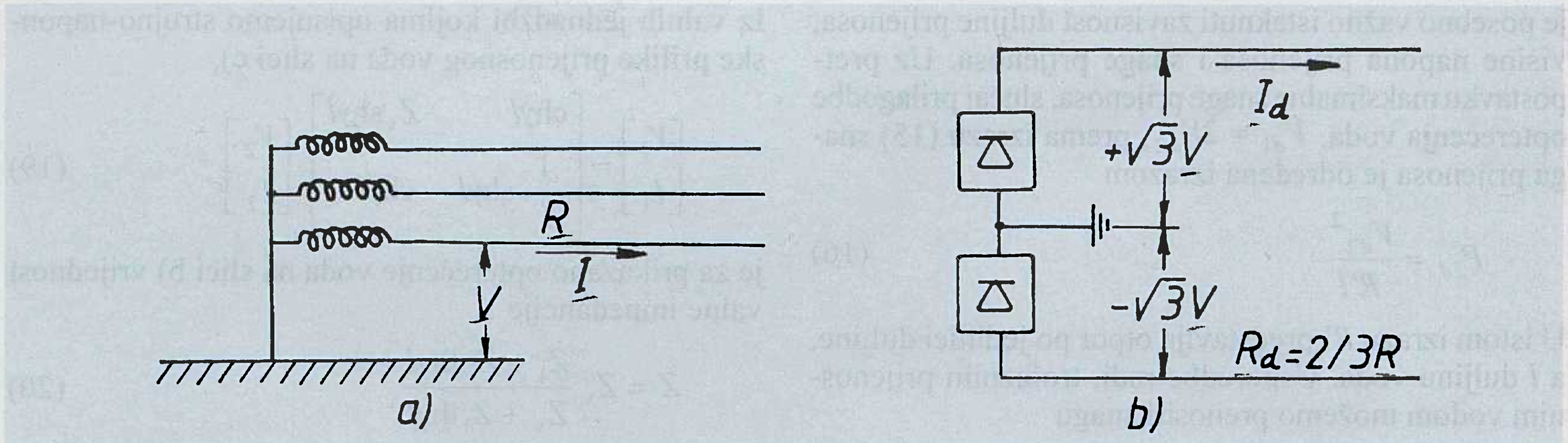
$$2\left(\sqrt{3}V\right)I_d = 2\left(\sqrt{3}V\right)\frac{3}{2}\sqrt{3}I = 3P_{ac}, \qquad (9)$$

dakle trostruko veću od izmjeničnog sustava prijenosa.

Takav rezultat je posljedica izraženog povećanja strujnog opterećenja istosmjernog prijenosa. Međutim, zbog dopuštene jednake gustoće struje prijenosnog voda, za njegovo dimenzioniranje su mjerodavni jednaki iznosi stvarnih gubitaka, tako je $I_d = \frac{3}{2}I$, odnosno

$$2\left(\sqrt{3}V\right)\frac{3}{2}I = \sqrt{3}P_{ac} \qquad (10)$$

što potvrđuje izvedenu konstataciju (4). Elementarna osnova isticanja prednosti istosmjernog nad izmjeničnim prijenosom je time određen. Prestaju detaljna približenja stvarnih prilika prijenosa, njihovih kvantitativnih vrijednosti kao i proporcionalnosti njihovog utjecaja. Posebno, u prilog već navedenoj usporedbi su vrlo slikovite usporedbe trofaznog voda i istosmjer-



Slika 1. Usporedbene veličine izmjeničnog i istosmjernog prijenosa: a) izmjenične i b) istosmjerne vrijednosti parametara ekvivalentnih prijenosa

nog prijenosa istim ili sličnim vodom. Valjane usporedbe će se tako temeljiti na iskustvima visokonaponske tehnike prijenosa, njenog karaktera kao i kriterija gubitaka prijenosa.

2.2. Idealan istosmjerni prijenos

Zbog jasnije slike rada istosmjernog prijenosa u sustavu, odnosno veze dvaju sustava za sustav jednadžbi snage prijenosa uvažavamo kut upravljanja usmjerivačkim stanicama. Pritom je red veličina snage takav da možemo pisati $\cos\varphi \approx \cos\alpha$. Dakle, faktor snage izjednačavamo s kutom upravljanja usmjerivačem. Time smo zanemarivali padove napona samog usmjerivača. Djelatna i jalova saga na izmjeničnim sabirnicama prema slici 2. se može prikazati kako slijedi.

Djelatna snaga na izmjeničnim sabirnicama ispravljača:

$$P_1 = k_1 V_1 \cos\varphi_1 \frac{k_1 V_1 \cos\varphi_1 - k_2 V_2 \cos\varphi_2}{R} \cdot \quad (11)$$

Jalova snaga na izmjeničnim sabirnicama ispravljača:

$$Q_1 = k_1 V_1 \sin\varphi_1 \frac{k_1 V_1 \cos\varphi_1 - k_2 V_2 \cos\varphi_2}{R} \cdot \quad (12)$$

Djelatna snaga na izmjeničnim sabirnicama izmjenjivača:

$$P_2 = k_2 V_2 \cos\varphi_2 \frac{k_1 V_1 \cos\varphi_1 - k_2 V_2 \cos\varphi_2}{R} \cdot \quad (13)$$

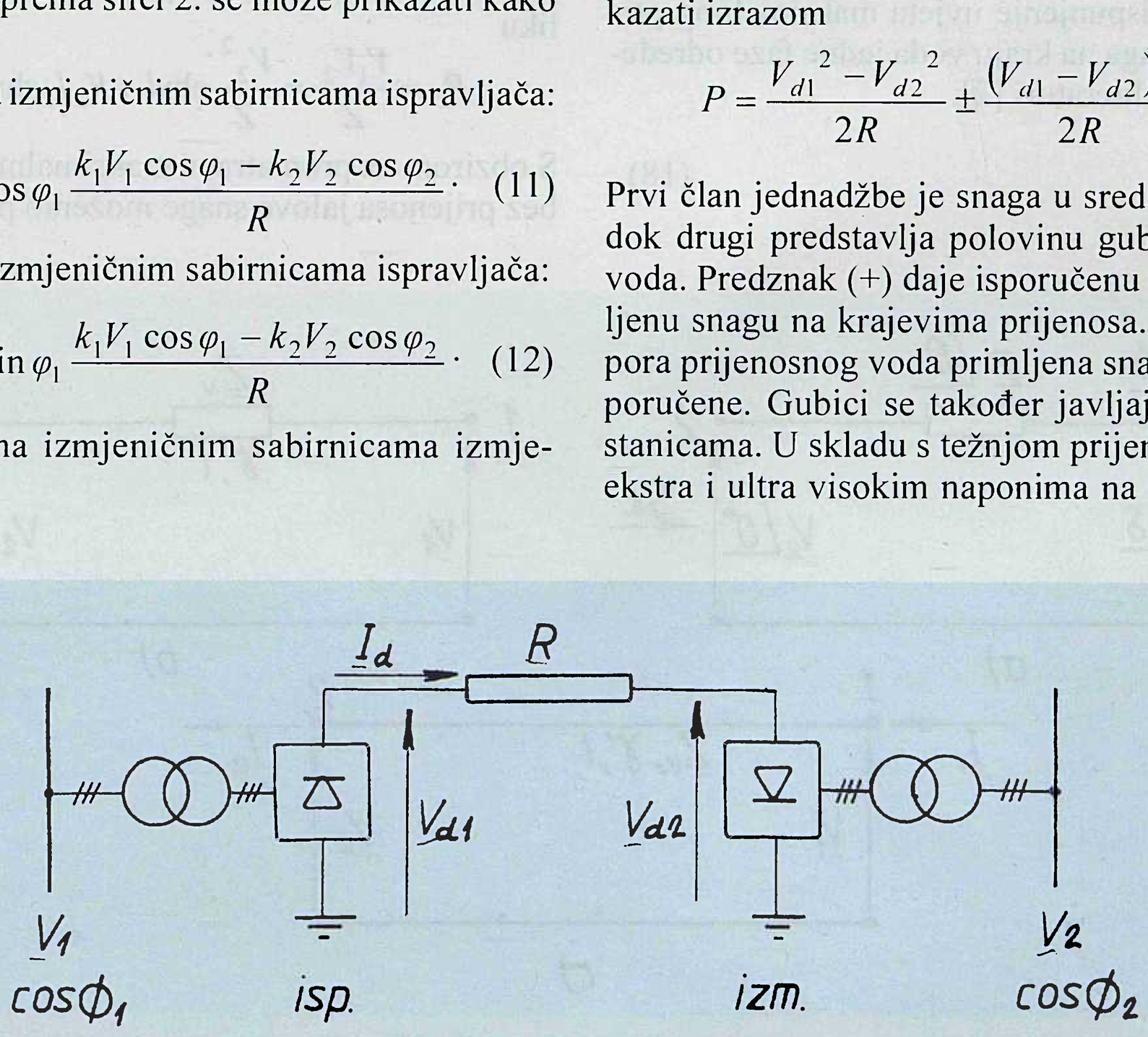
Jalova snaga na izmjeničnim sabirnicama izmjenjivača:

$$Q_2 = k_2 V_2 \sin\varphi_2 \frac{k_1 V_1 \cos\varphi_1 - k_2 V_2 \cos\varphi_2}{R} \quad (14)$$

U gore navedenim izrazima je $k = \frac{3\sqrt{2}}{\pi}$ konstanta proporcionalnosti, odnosno $k_1 = k \cdot s_1 \cdot m_1$ a $k_2 = k \cdot s_2 \cdot m_2$ gdje su s broj šest pulsnih mosnih pretvarača spojenih u seriju na istosmjernoj strani, a m prijenosni odnos transformatora, s indeksima 1 početka i 2 kraja prijenosa. Snaga prijenosa ilustriranog na slici 2. se može prikazati izrazom

$$P = \frac{V_{d1}^{\,2} - V_{d2}^{\,2}}{2R} \pm \frac{(V_{d1} - V_{d2})^2}{2R} \quad (15)$$

Prvi član jednadžbe je snaga u sredini voda prijenosa dok drugi predstavlja polovinu gubitaka prijenosnog voda. Predznak (+) daje isporučenu snagu, a (–) primljenu snagu na krajevima prijenosa. Uvažavanjem otpora prijenosnog voda primljena snaga je manja od isporučene. Gubici se također javljaju u pretvaračkim stanicama. U skladu s težnjom prijenosa velikih snaga ekstra i ultra visokim naponima na velike udaljenosti



Slika 2. Jednopolna shema veze izmjeničnih sustava istosmjernom prijenosnom vezom

je posebno važno istaknuti zavisnost duljine prijenosa, visine napona prijenosa i snage prijenosa. Uz pretpostavku maksimalne snage prijenosa, slučaj prilagodbe opterećenja voda, $V_{d1} = 2V_{d2}$, prema izrazu (15) snaga prijenosa je određena izrazom

$$P_{2d} = \frac{V_{d2}^{\,2}}{R'l}. \tag{16}$$

U istom izrazu R' predstavlja otpor po jedinici duljine, a l duljinu voda. Usporedbe radi, trofaznim prijenosnim vodom možemo prenositi snagu

$$P_{2d} = 3\frac{V_{d2}^{\,2}}{R'l} \tag{17}$$

To je, dakako, uvjetan izraz. Potrebno je odrediti granice strujnog opterećenja, područje nazivnog napona u skladu s padom napona duž voda, kao i kompromis između navedenih veličina i duljine prijenosnog voda. Za potpuniju ocjenu ili pak realizaciju prijenosa treba još odrediti vrijednosti gubitaka. Slična promatranja možemo provesti za prijenos maksimalne snage izmjeničnim naponom i idealiziranim prilikama.

2.3. Idealan izmjenični prijenos

Nešto složenije prilike prijenosa nastupaju teorijskim prikazom izmjeničnog prijenosa. Promatrana duljina voda zahtijeva valni opis strujno-naponskih prilika na prijenosnim vodovima. Također se promatra slučaj prijenosa maksimalne snage. Stoga je potrebno izvršiti takva valna promatranja prema slici 3.

Prema slici a) uz ispunjenje uvjeta maksimalnog prijenosa snage je snaga na kraju voda jedne faze određena izrazom prema literaturi [2],

$$P_2 = \frac{V_1 V_2}{Z}. \tag{18}$$

Iz valnih jednadžbi kojima opisujemo strujno-naponske prilike prijenosnog voda na slici c),

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{ch}\gamma l & Z_v \mathrm{sh}\gamma l \\ \frac{1}{Z_v}\mathrm{sh}\gamma l & \mathrm{ch}\gamma l \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \tag{19}$$

je za prikazano opterećenje voda na slici b) vrijednost valne impedancije

$$Z = Z_v \frac{Z_1 + Z_v \mathrm{th}\gamma l}{Z_v + Z_1 \mathrm{th}\gamma l} \tag{20}$$

U izrazima (19) i (20) γ predstavlja poznatu konstantu valnog rasprostiranja obično u [km^{-1}] a Z_v valnu impedanciju voda u [Ω]. Zanemarimo li pak konstantu gušenja prijenosa $\acute{a}$, primjenom transformacije

$$\mathrm{th}\gamma l = \frac{\mathrm{th}\alpha l + j\mathrm{tg}\beta l}{1 + j\mathrm{th}\alpha l \cdot \mathrm{tg}\beta l},$$

je normirana impedancija prijenosnog voda određena izrazom

$$\frac{Z}{Z_v} = \frac{Z_1 + jZ_v \mathrm{tg}\beta l}{Z_v + jZ_1 \mathrm{tg}\beta l} \tag{21}$$

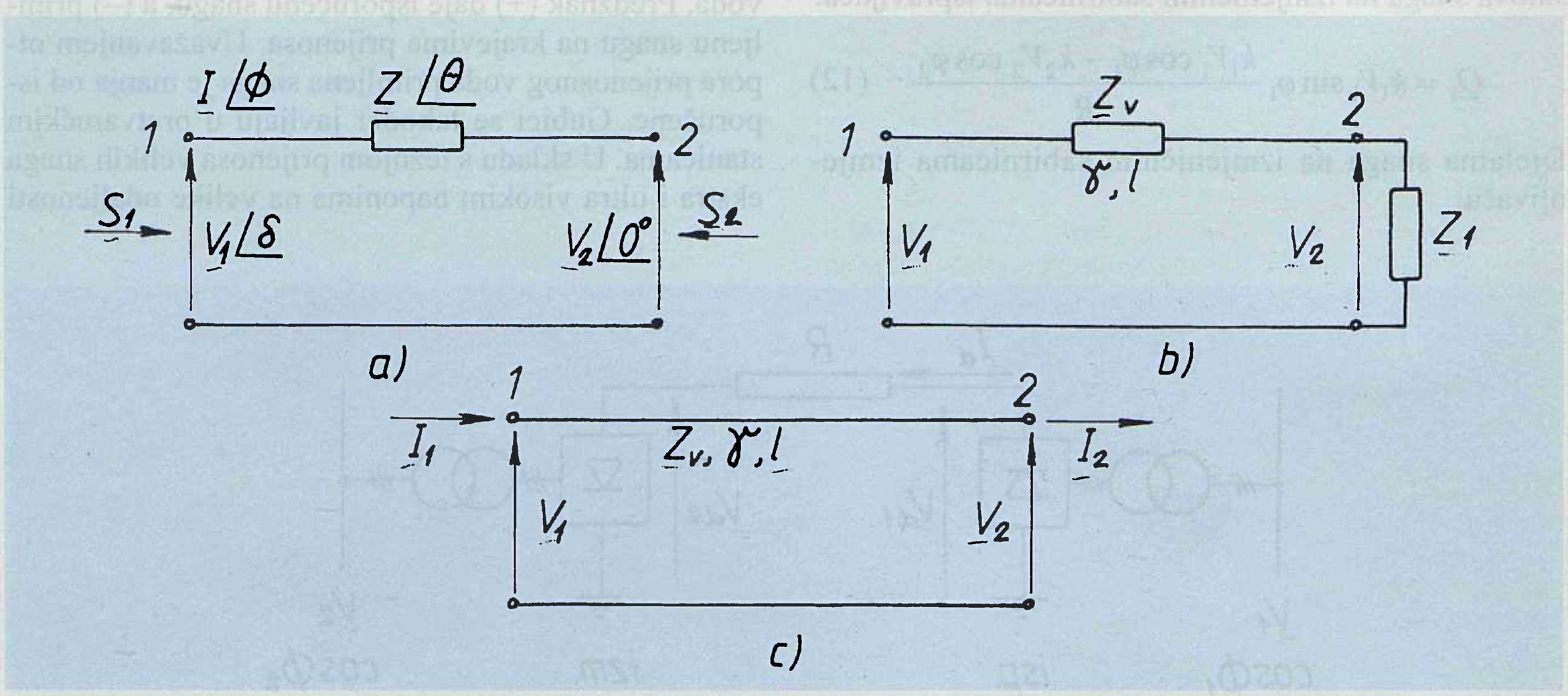
gdje je β poznata fazna konstanta u [km^{-1}]. Dakako da je $\gamma = \alpha + j\beta$. Naponsku jednadžbu voda pomnoženu s naponom na kraju voda izražavamo produktom napona uz uvažavanje $Z = Z_v$ za idealan vod

$$V_1 V_2 = V_2^{\,2}\mathrm{ch}\gamma l + ZV_2 I_2 \mathrm{sh}\gamma l \tag{22}$$

Prema izrazu (18) snagu prijenosa prikazujemo u obliku

$$P_2 = \frac{V_1 V_2}{Z} = \frac{V_2^{\,2}}{Z}\mathrm{ch}\gamma l + V_2 I_2 \mathrm{sh}\gamma l \tag{23}$$

S obzirom na promatranu maksimalnu snagu prijenosa bez prijenosa jalove snage možemo pisati; $P_2 = V_2 I_2$.



Slika 3. Analiza prijenosa prijenosnim vodom: a) određivanje maksimalne snage prijenosa, b) ukupna impedancija prijenosa i c) prijenos snage vodom i njegov valni karakter

Konačan izraz poprima oblik

$$P_2 = \frac{V_2^{\,2}}{Z_v} \cdot \frac{\mathrm{ch}\gamma l}{1 - \mathrm{sh}\gamma l} \qquad (24)$$

Iz pretpostavke o idealnom kompenzioniranom vodu, literatura [1], njegovim kutevima gubitaka $\delta = \varepsilon$, odnosno uz konstataciju

$$Z_V = \sqrt{\frac{L'}{C'}}, \beta = \omega\sqrt{L'C'} \ ,$$
$$\alpha = R'\sqrt{\frac{C'}{L'}} = G'\sqrt{\frac{L'}{C'}} \approx 0 \qquad (25)$$

je snaga prijenosa

$$P_2 = \frac{V_2^{\,2}}{Z_v} \cdot \frac{\cos\beta l}{1 - j\sin\beta l} \cdot \qquad (26)$$

Izražavanjem istog izraza u eksponencijalnom obliku i njegovom transformacijom u trigonometrijski oblik izraz ima oblik

$$P_2 = \frac{V_2^{\,2}}{Z_v} \cdot \frac{\cos\beta l}{\sqrt{1 + \sin^2\beta l}} \cdot \cos\left[\mathrm{arctg}(\sin\beta l)\right] \qquad (27)$$

Nakon provedbe supstitucije (25) isti izraz ima primjenjiviji oblik, a uz nazivni napon V_n predstavlja snagu trofaznog prijenosa,

$$P_2 = \frac{V_n^{\,2}}{\sqrt{\frac{L'}{C'}}} \cdot \frac{\cos\omega\sqrt{L'C'}l}{\sqrt{1 + \sin^2\omega\sqrt{L'C'}l}} \cdot \cos\left[\mathrm{arctg}\left(\sin\omega\sqrt{L'C'}l\right)\right] \qquad (28)$$

Potrebno je dodati da je takva snaga, maksimalna djelatna snaga prijenosa. Izraz omogućava promatranje snage prijenosa zavisne o konstantama voda i njegovoj duljini. Time je ujedno dan odgovor o potrebnim kompenzacijama duž dugog prijenosnog voda. Zanimljivo je zbog daljnjih usporedbi istaknuti i frekventnu zavisnost, što je također u svezi s potrebnim kompenzacijama. Takav problem je istaknut primjenom u idućoj točci.

2.4. Primjer usporedbe izmjeničnog i istosmjernog prijenosa

Zbog dobrog uvida odnosa snaga prijenosa istim trofaznim vodom promatramo prijenosne veličine snage, napona i duljine voda za izmjeničnu i istosmjernu struju. Neka zadani vod ima parametre:

- linijski izmjenični napon 735 kV
- induktivna reaktancija pri 60 Hz, $\omega L' = 0{,}3697\ \Omega/\mathrm{km}$
- kapacitivna reaktancija pri 60 Hz, $1/\omega C' = 0{,}20326\ \mathrm{M}\Omega\mathrm{km}$
- valna impedancija $276{,}4\,\Omega$
- prirodno opterećenje 1844 MVA
- istosmjerni otpor voda pri 25°C, $0{,}0400\,\Omega/\mathrm{km}$
- izmjenični otpor voda pri 50°C i 50 Hz, $0{,}0452\,\Omega/\mathrm{km}$

S obzirom na pretpostavljene uvjete idealnog voda bez gubitaka, otpor izmjeničnog voda iščezava u izrazu za snagu prijenosa. On će se pak s druge strane odraziti na pad napona pa tako i na snagu prijenosa što se posebno ne promatra. Za usporedna promatranja frekvencija 60 i 50 Hz vrijednosti konstanata promatranog voda su kako slijedi:

$L' = 0{,}9807 \cdot 10^{3}$ H/km ; $C' = 0{,}01305 \cdot 10^{-6}$ F/km;

$R'_{ac} = 0{,}0452$ Ů/km; $R'_{dc} = 0{,}0400$ Ů/km;

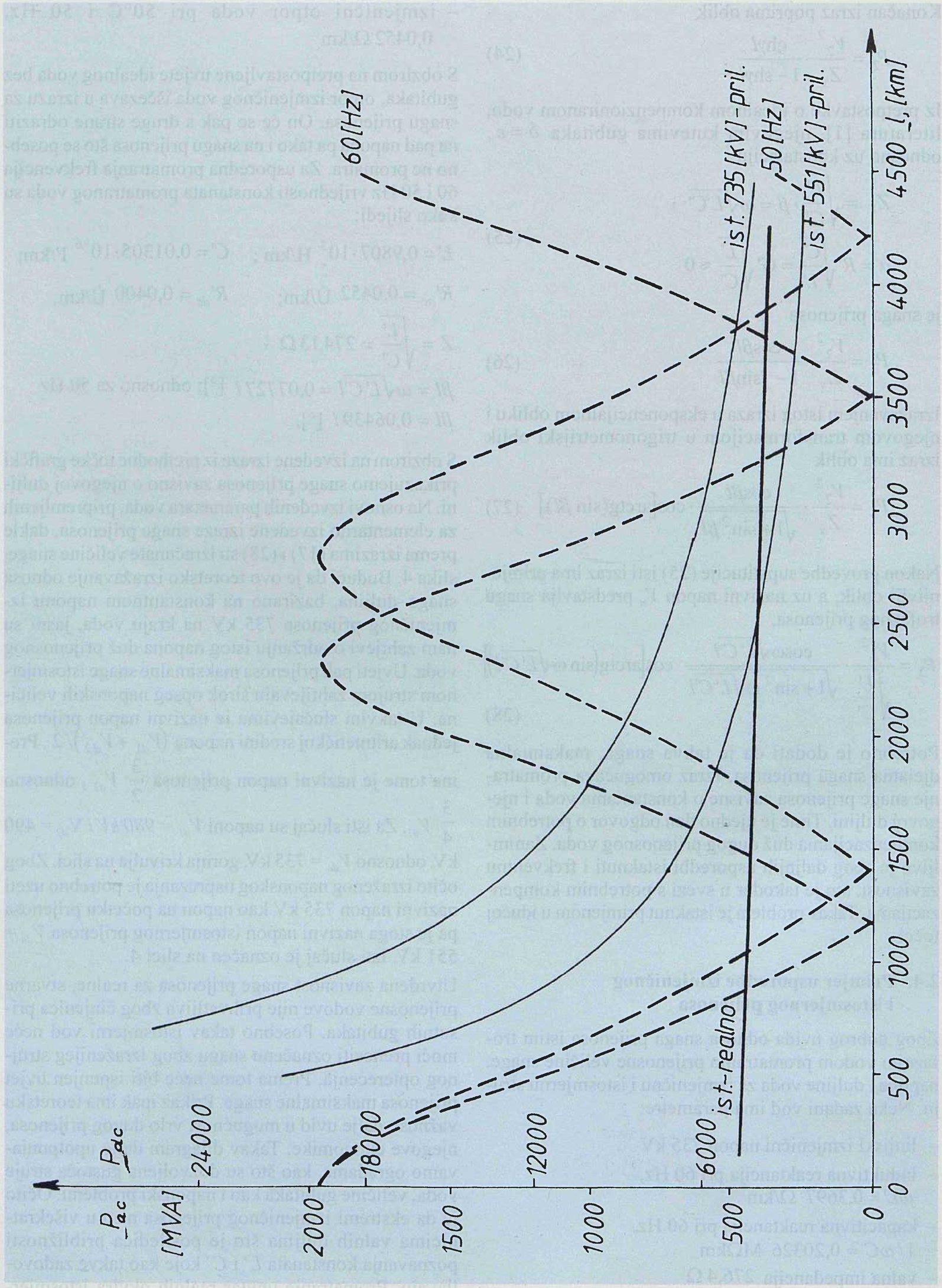
$$Z = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = 274{,}13\,\Omega \ ;$$

$\beta l = \omega\sqrt{L'C'}l = 0{,}07727\,l$ [°]; odnosno za 50 Hz

$\beta l = 0{,}06439\,l$ [°].

S obzirom na izvedene izraze iz prethodne točke grafički prikazujemo snage prijenosa zavisno o njegovoj duljini. Na osnovi izvedenih parametara voda, pripremljenih za elementarno izvedene izraze snage prijenosa, dakle prema izrazima (17) i (28) su izračunate veličine snage, slika 4. Budući da je ovo teoretsko izražavanje odnosa snaga–duljina, bazirano na konstantnom naponu izmjeničnog prijenosa 735 kV na kraju voda, jasni su nam zahtjevi o održanju istog napona duž prijenosnog voda. Uvjeti pak prijenosa maksimalne snage istosmjernom strujom zahtijevaju širok opseg naponskih veličina. U takvim slučajevima je nazivni napon prijenosa jednak aritmetičkoj sredini napona $(V_{d1} + V_{d2})/2$. Prema tome je nazivni napon prijenosa $\frac{3}{2}\ V_{d2}$, odnosno $\frac{3}{4}\ V_{d1}$. Za isti slučaj su naponi $V_{d1} = 980\ kV\ i\ \mathrm{V}_{d2} = 490$ kV, odnosno $V_{dn} = 735$ kV, gornja krivulja na slici. Zbog očito izraženog naponskog naprezanja je potrebno uzeti nazivni napon 735 kV kao napon na početku prijenosa pa je stoga nazivni napon istosmjernog prijenosa $V_{dn} =$ 551 kV. Isti slučaj je označen na slici 4.

Utvrđena zavisnost snage prijenosa za realne, stvarne prijenosne vodove nije prihvatljiva zbog činjenica prisutnih gubitaka. Posebno takav istosmjerni vod neće moći prenositi označenu snagu zbog izraženijeg strujnog opterećenja. Prema tome neće biti ispunjen uvjet prijenosa maksimalne snage. Prikaz ipak ima teoretsku važnost, dalje uvid u mogućnost vrlo dugog prijenosa, njegove ekonomike. Takav dijagram dalje upotpunjavamo ogradama, kao što su dozvoljena gustoća struje voda, veličine gubitaka kao i naponski problemi. Očito je da ekstremi izmjeničnog prijenosa nisu u višekratnicima valnih duljina što je posljedica približnosti poznavanja konstanata L' i C' koje kao takve zadovoljavaju. Promatranje unutar realnih okvira istosmjernog prijenosa s povećanim naponom $\sqrt{2}V_n$ u odnosu na izmjenični napon daje povećanje snage prijenosa



Slika 4. Zavisnost snage prijenosa o duljini trostrukog voda za prijenos izmjeničnom i istosmjernom strujom

vidljivo usporedbom omjera istosmjerne i izmjenične snage

$$\frac{3V_d I}{\sqrt{3}V_n I} = \frac{3\sqrt{2}V_n I}{\sqrt{3}V_n I} = \sqrt{6}\,. \qquad (29)$$

Tu se radi o primjeni usporedbe istosmjernog prijenosa vodovima izmjeničnog prijenosa te je snaga istosmjernog prijenosa uzeta za tri vodiča prijenosnog voda, dakle $3V_dI$, kod homopolarnog prijenosa.

Poznavanjem struje izmjeničnog prijenosa koja je jednaka struji istosmjernog prijenosa, konačnu snagu prijenosa računamo prema izrazu (15) i grafički prikazujemo na slici 4. Niti ovakav rezultat se ne postiže u praksi. Obično se prema literaturi [3] izvodi preraspodjela vodiča i voda u kombinaciji s polovima istosmjernog prijenosa, dok je proračun izveden za istovrsne polove po faznim vodičima trofaznog voda.

3. ZAKLJUČAK

Raznovrsnost primjene istosmjernog prijenosa iziskuje poznavanje temeljnih načela prvenstveno u usporedbama s izmjeničnim prijenosom. Očito prednosti istosmjernog prijenosa su dakle veća snaga što upućuje na neizostavno ekonomiziranje, a prikaz daje polazišta usporedbama. Slični primjeri su lako rješivi, dok konačne usporedbe zahtijevaju kompenzacija snage izmjeničnih vodova uz izraženu problematiku stabilnosti njihovog pogona.

LITERATURA:

[1] F. MANDARIĆ: "Istosmjerne prijenosne veze u sklopu elektroenergetskog sistema", magistarski rad ETF-Zagreb, 1988.

[2] B. M. WEEDY: "Electric Power Systems", John Wiley & Sons, New York, 1983.

[3] F. G. DONALD, H. W. BEATY: "Standard Handbook for Electrical Engineers", 12th Edition, McGrow-Hill Book Company, New York, 1987.

[4] H. G. UNGER: "Elektromagnetische Wellen auf Leitungen", 2. Auflage, Hüthig, Heidelberg, 1986.

BASIC THEORETICAL FACTS ON A.C. AND D.C. TRANSMISSION LINES

In the paper, voltage and current contribution to transmission by a.c. and d.c. lines is given from the theoretical assumption of transmission. Technical-economic comparison of transmission power is stressed. Comparison is given using graphical illustration.

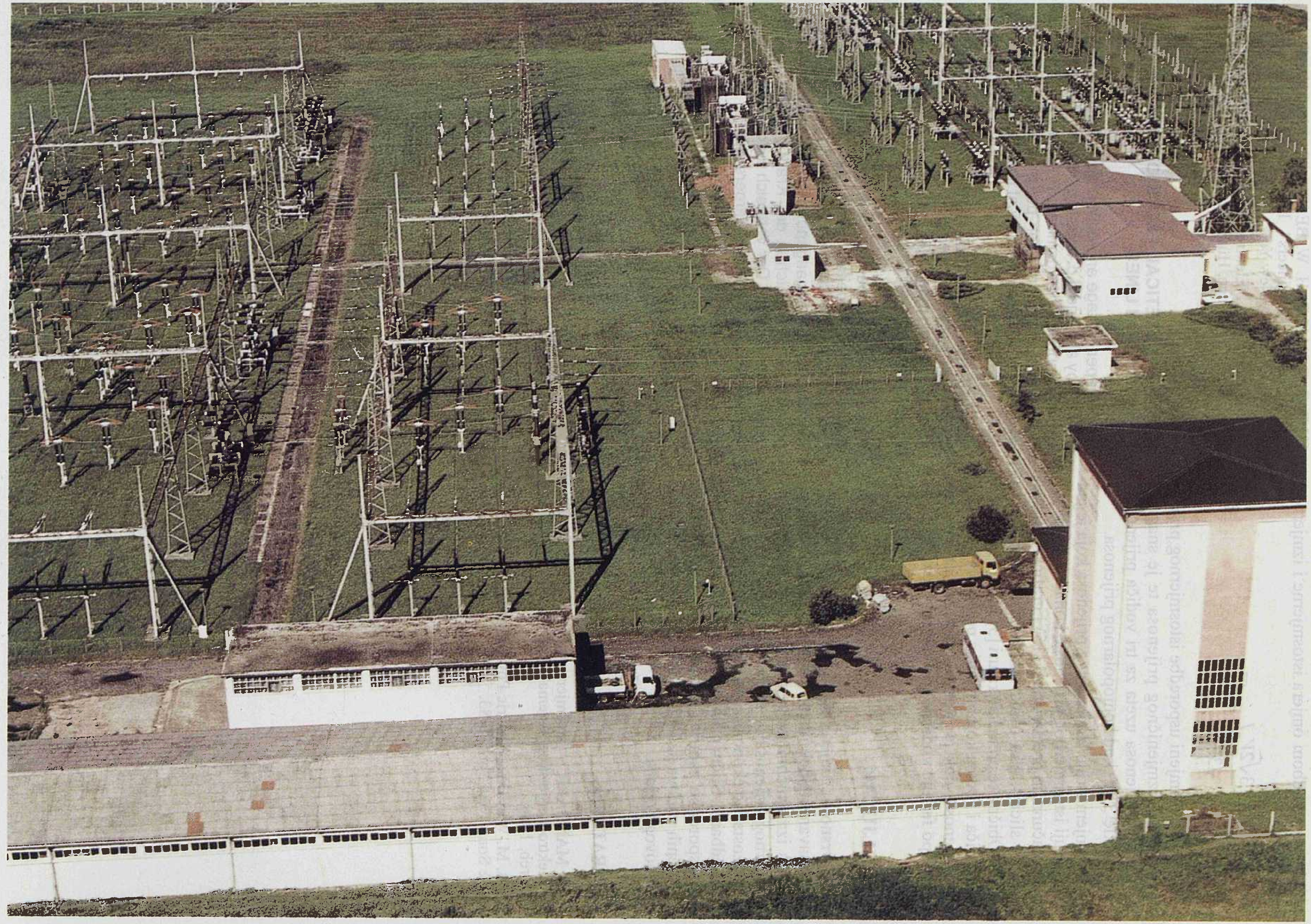
THEORETISCHE GRUNDSÄTZE DER ENERGIEÜBERTRAGUNG MITTELS WECHSEL- UND GLEICHSTROMLEITUNGEN

Aus den theoretischen Grundsätzen wurde der Spannungs- und Strombeitrag der Energieübertragung mittels Wechsel- und Gleichstromleitungen veranschaulicht. Dies ist als Ausgangspunkt zu den technisch-wirtschaftlichen Vergleichen der Kraftübertragung hervorgehoben worden. Der Vergleich mit der graphischen Darstellung ist als Beispiel dargereicht.

Naslov pisca:

Mr. sc. Filip Mandarić, dipl. ing.
Kukočeva 4, 21000 Split, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 06 – 27.



PREGLED OSTVARENJA TEHNOLOGIJE KOMPAKTIRANJA

Ivan Grozdanić, Zagreb

UDK 621.31.42
PREGLEDNI ČLANAK

Postignuta su rješenja (postupci): za pretvorbu dalekovoda nižega napona u dalekovode višega napona, za izgradnju novih dalekovoda smanjenih gabarita (jednosistemskih, višesistemskih, višenaponskih) i za pretvorbu jednosistemskih u dvosistemske dalekovode. Rješenja su izvediva na postojećim i novim tipskim i drugim stupovima, jednosistemskim oblika "igla", "jela" i "Y" i dvosistemskim oblika "jela", "bačva" i "Dunav". Rješenja se baziraju: na geometrijskom rasporedu užadi na stupovima, na elektromehaničkim svojstvima kompozitnih štapnih izolatora, na svojstvima novih užadi od aluminijskih legura, kao i na svojstvima termootpornih užadi.

Rješenja omogućuju: optimalno korištenje trasa postojećih dalekovoda, povećanje prijenosne snage, odgađanje izgradnje novih dalekovoda, smanjenje troškova izgradnje, suženje koridora objekta, sniženje dalekovoda, smanjenje površine temelja, povećanje sigurnosti, poboljšanje estetskog izgleda, bolje uklapanje dalekovoda u okoliš i zaštitu prirode.

Ključne riječi: **tehnologija kompaktiranja dalekovoda, pokretne konzole, kompozitni štapni izolatori, pretvorba, jedno i dvosistemski dalekovodi, višenaponski sustavi, čeličnorešetkasti i poligonalni stupovi.**

PREGLED OSTVARENJA TEHNOLOGIJE KOMPAKTIRANJA

Tehnologija kompaktiranja, rekonstrukcija postojećih i gradnja novih dalekovoda, datira od druge polovine 70-tih godina prošlog stoljeća. Prva rješenja bila su bazirana na primjeni reduciranih stupova i temelja i konzolne krute jednoštapne i složene dvoštapne izolacije. Primjenjivali su se porculanski i kompozitni potporni nosivi jednoštapni izolatori i s dodatnom gornjom nosećom zategom dvoštapni izolatori. Zatezni štapni izolatori izvodili su se od jednakog izolacijskog materijala. Postizala bi se ekološka, ali ne i ekonomska i još teže energetska i sigurnosna rješenja.

Kruta konzolna izolacija limitirana je dužinom (naponom) i mehaničkim opterećenjem (strujom). U oštrijim klimatskim uvjetima pojačano zaleđivanje i vjetar stvarali bi dodatna nejednolika opterećenja na užetima što bi rezultiralo diferencijalnim vlačnim naprezanjima vodiča i dovodilo do oštećenja (loma) potpornog izolatora. Sigurnost dalekovoda postizala bi se znatnim smanjenjem raspona, tj, povećanjem broja stupova, a time i cijene objekta.

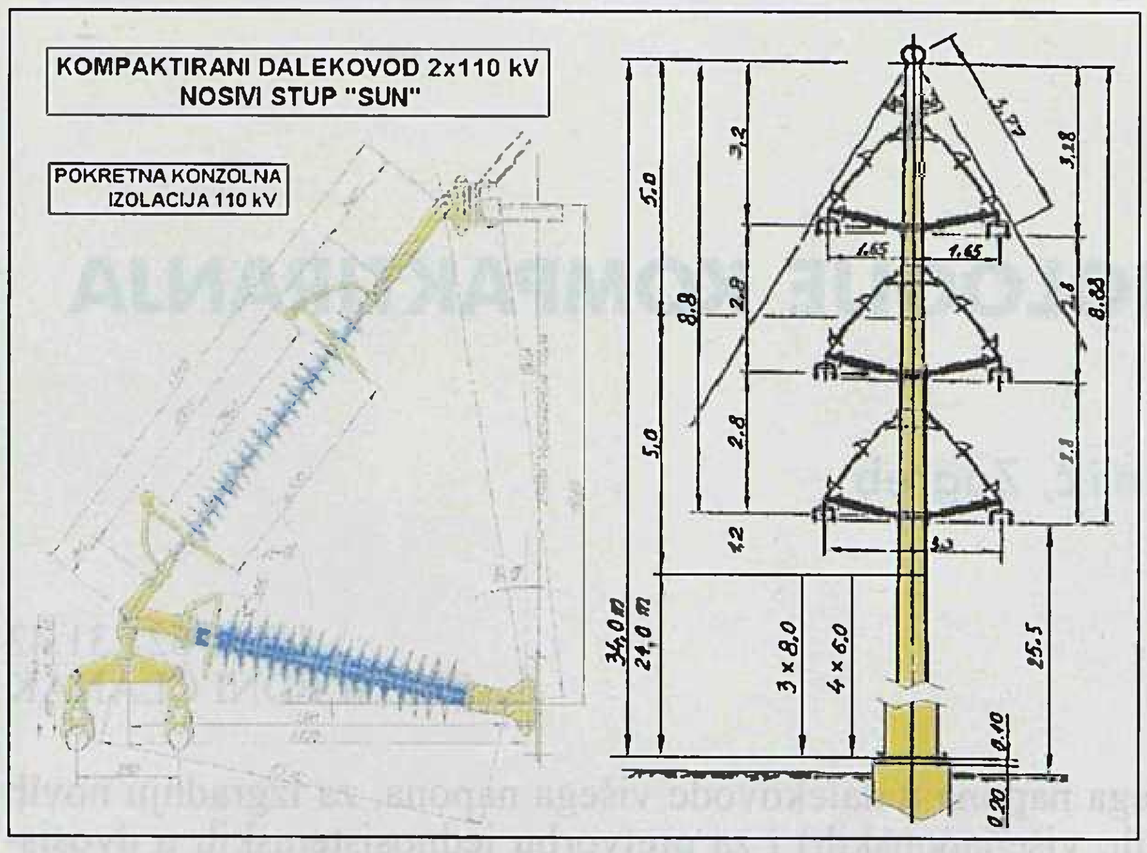
Prema publikaciji Sediver-a iz 1991. [1], kompaktirana rješenja s krutom konzolnom izolacijom prakticirana su do napona 230 kV, a zadržala su se na srednjem naponu (sl. 22 i 23).

Tragalo se za rješenjima konzolne izolacije na nosivim stupovima dalekovoda (≅90%), koja bi omogućavala veća mehanička opterećenja i primjenu kod viših napona. Postignuto je rješenje složene konzolne kompozitne izolacije s 2 hvatišta na stupu i mogućnošću zakretanja, uzdužnog gibanja vodiča (sl.1). Time se eliminirao diferencijalni vlak u vodičima, koji bi dovodio do oštećenja donjega podpornog izolatora na izlazu iz fitinga (spoj metalnog nastavka i fiberglasnog štapa izolatora). Ujedno se, što je još bitnije, utrostručila mehanička sigurnost potpornog (donjeg) izolatora. Stvorena je "**pokretna konzola**", s rezultirajućim vlačnim opterećenjem na gornjem štapu i tlačnim opterećenjem na donjem potpornom štapu. Na korektno projektiranoj pokretnoj konzolnoj izolaciji, osim vlaka na gornjem i tlaka na donjem štapu, druga mehanička opterećenja ne bi se pojavljivala.

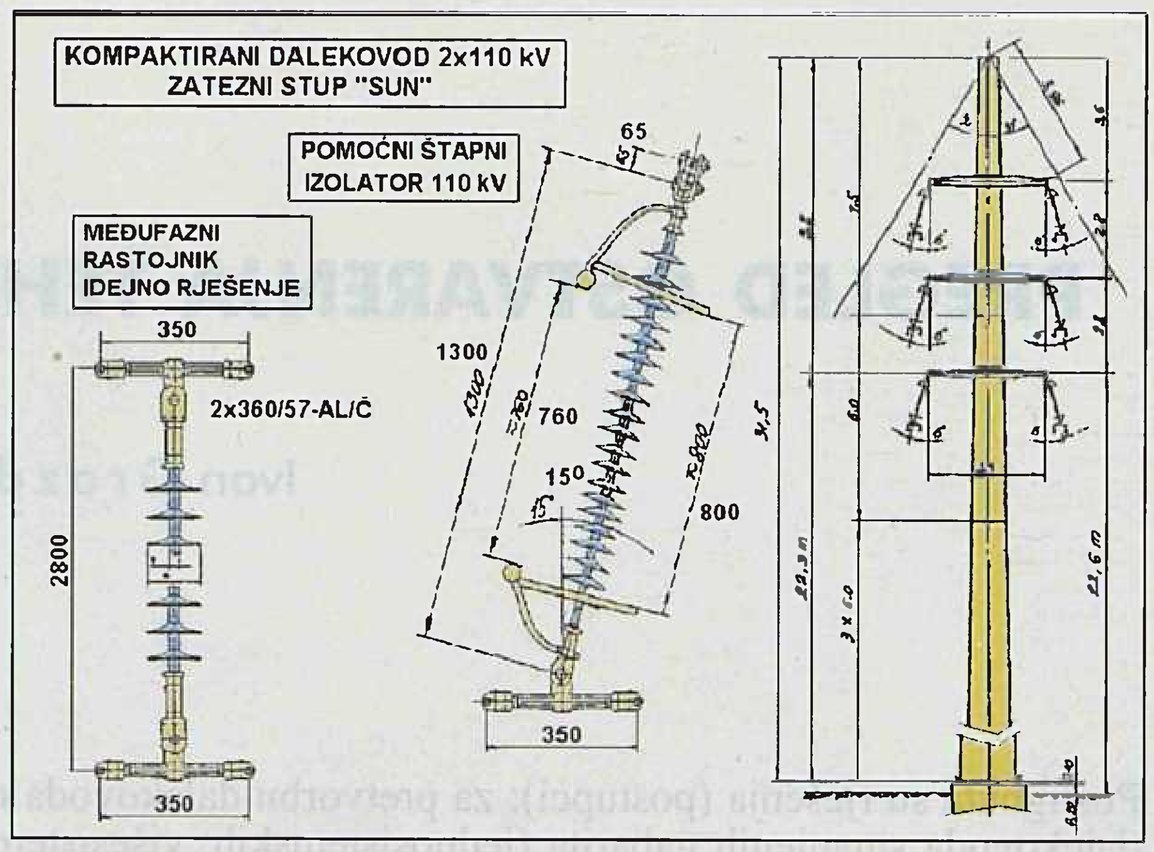
Na priloženim slikama (1 – 23) dan je kratki opis rješenja i postupaka te predvidivih parametara tehnologije kompaktiranja.

Zbog eliminacije visećih izolatorskih lanaca i adekvatnog podizanja ovjesišta vodiča (stvaranja rezervi u elektromontažnim parametrima), postalo je jasno da će se uspješnim rješavanjem donjega potpornog kritičnog tlačnog opterećenja izolacije i adekvatne stabilizacije stupova i temelja omogućiti pretvorba postojećih dalekovoda u dalekovode višega napona, (sl. 9, 10, 19, 20 i 21).

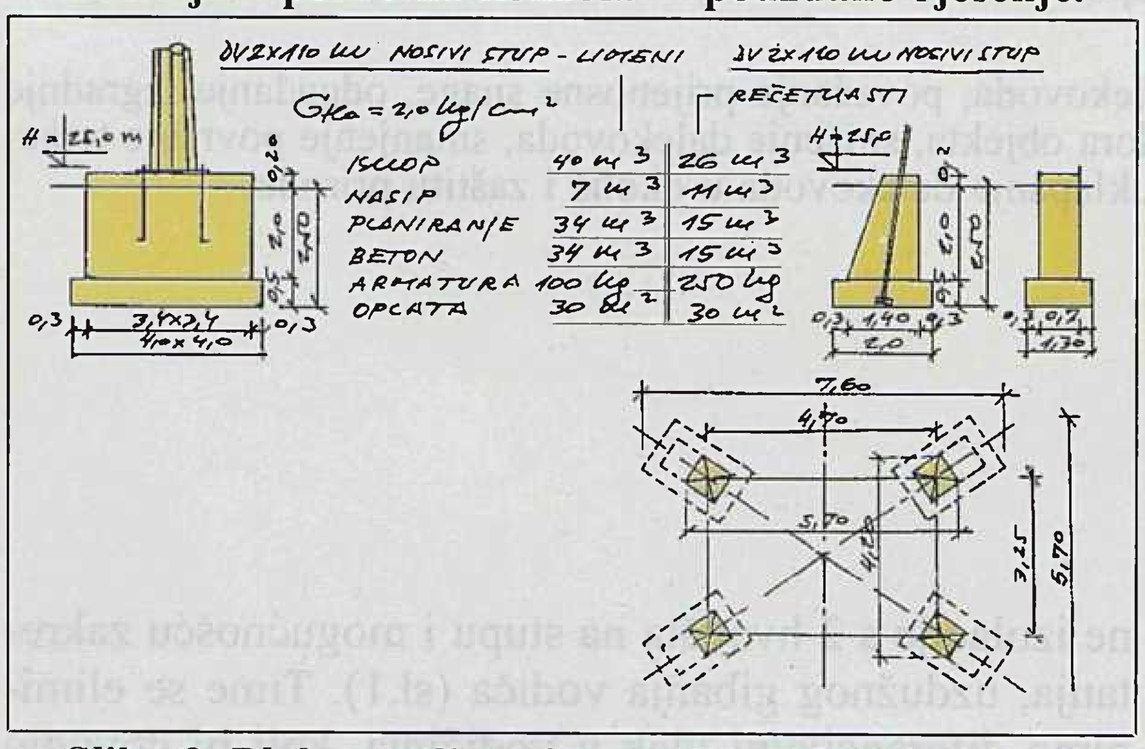
Smanjenjem razmaka između vodiča, koji bi se održavali ugradnjom laganih međufaznih rastojnika, stvoreni su dielektrični uvjeti, uz nužne graditeljske zahvate, za udvostručenje postojećih dalekovoda i bolje korištenje postojećih trasa i koridora dalekovoda (sl. 16 i 17).



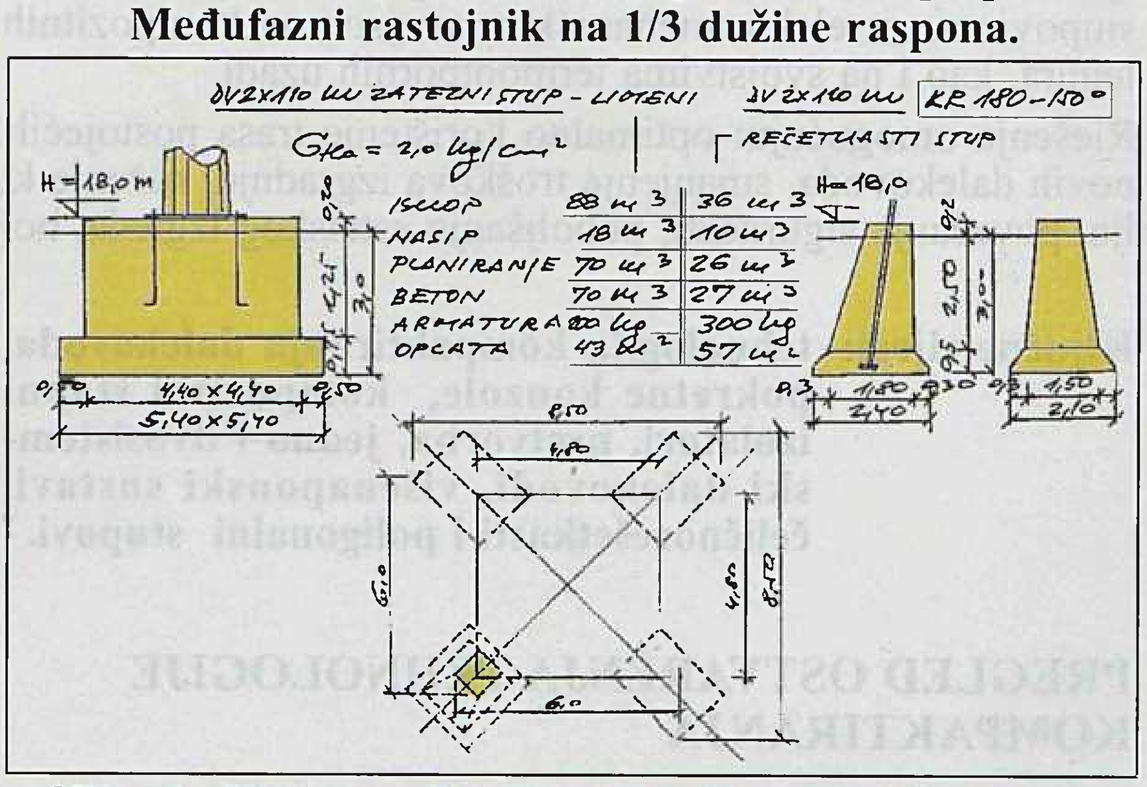
Slika 1. Dvosistemski poligonalni, limeni, uzdužno vareni, usadni stup. Konzolna složena pokretna izolacija -"pokretna konzola" - pouzdano rješenje.



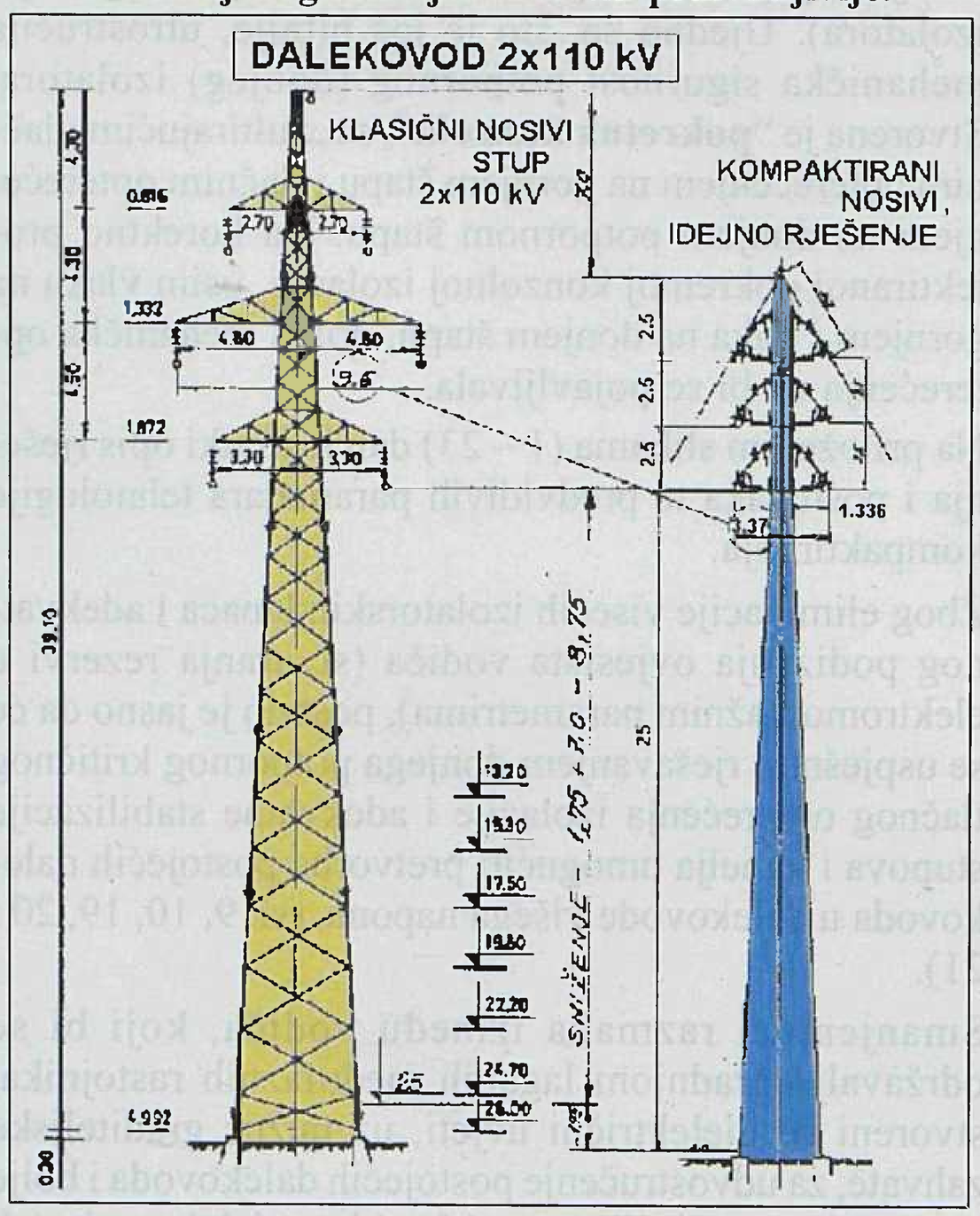
Slika 2. Dvosistemski poligonalni, limeni, uzdužno vareni, usadni stup. Pomoćni štapni izolator po potrebi. Međufazni rastojnik na 1/3 dužine raspona.



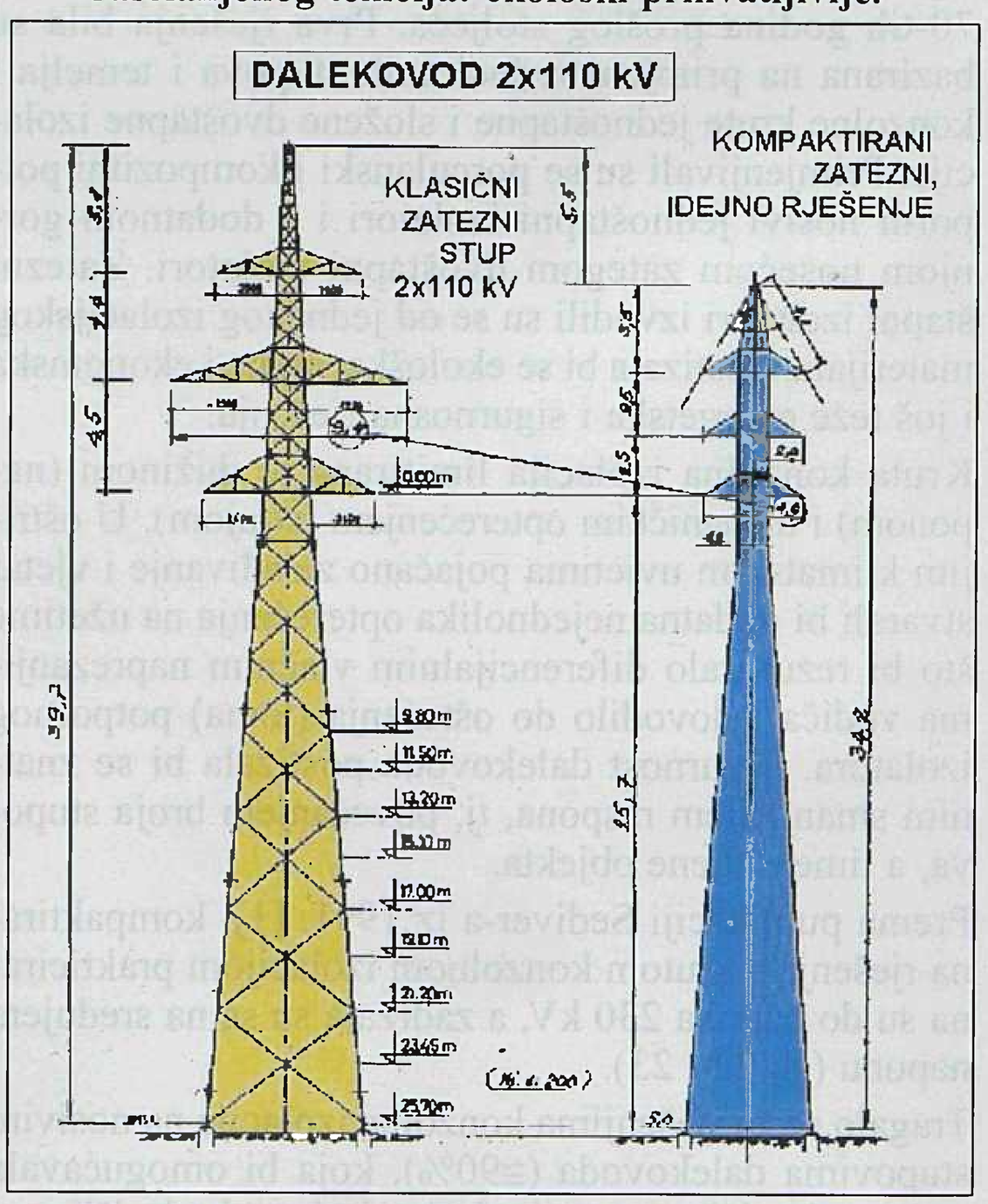
Slika 3. Blok temelj nosivog poligonalnog stupa sa stopom i sidrenim vijcima. 2,7 puta manja površina od raščlanjenog temelja: ekološki prihvatljivije.



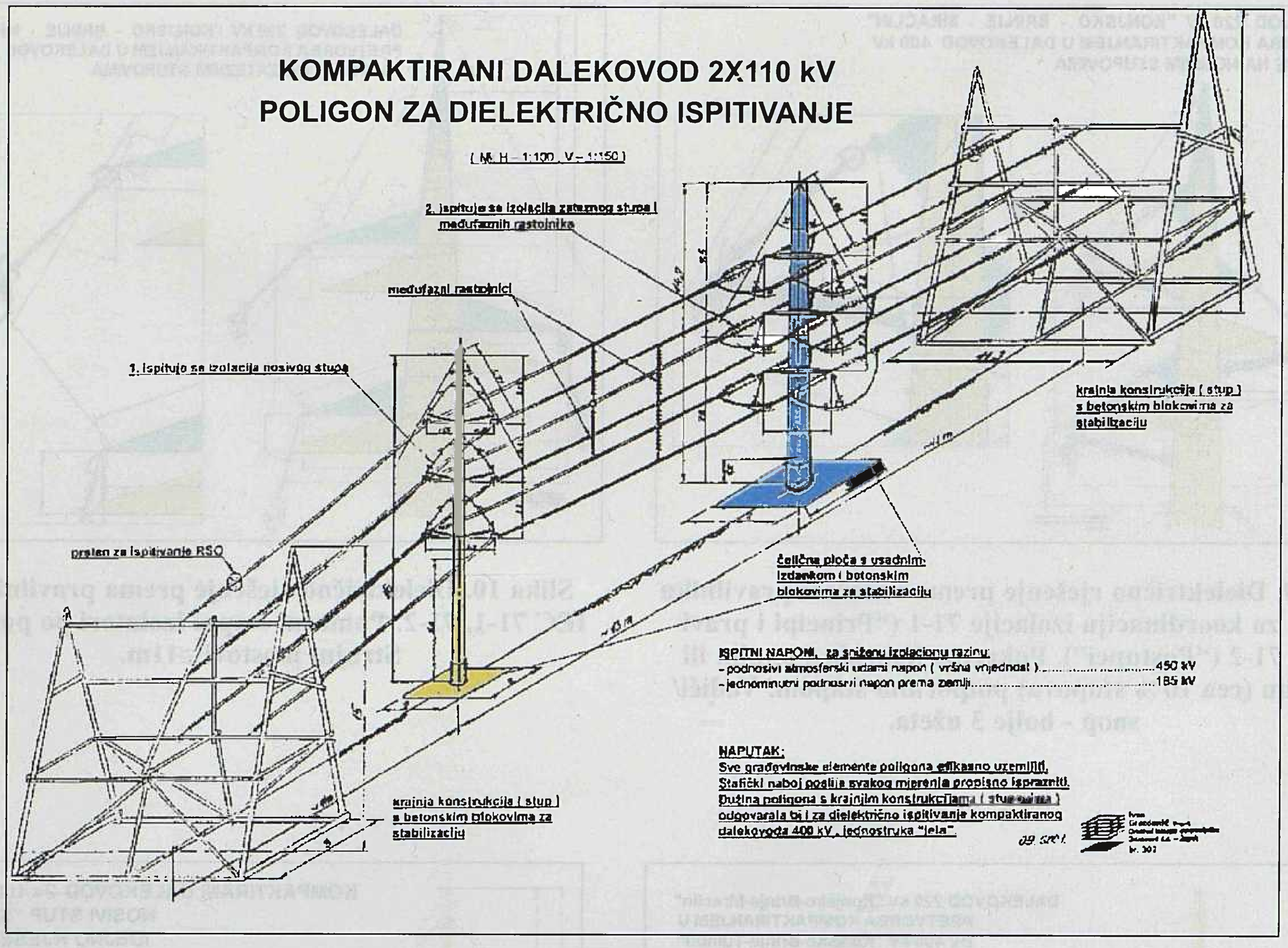
Slika 4. Blok temelj zateznog poligonalnog stupa sa stopom i sidrenim vijcima. 2.5 puta manja površina od raščlanjenog temelja: ekološki prihvatljivije.



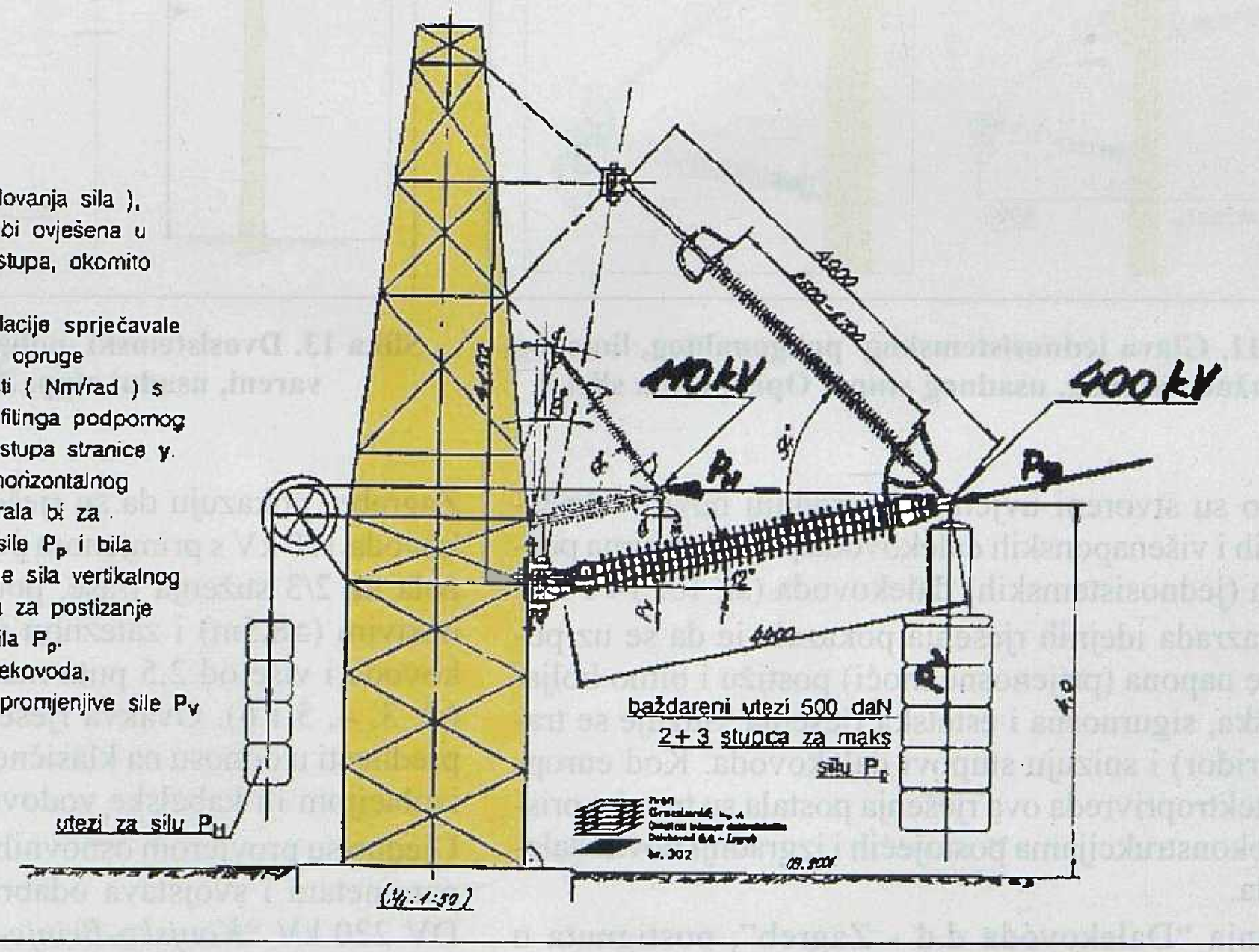
Slika 5. Usporedba "klasično-kompaktirano": za jednaki raspon 8.75m kraći stup, znatno suženje trase



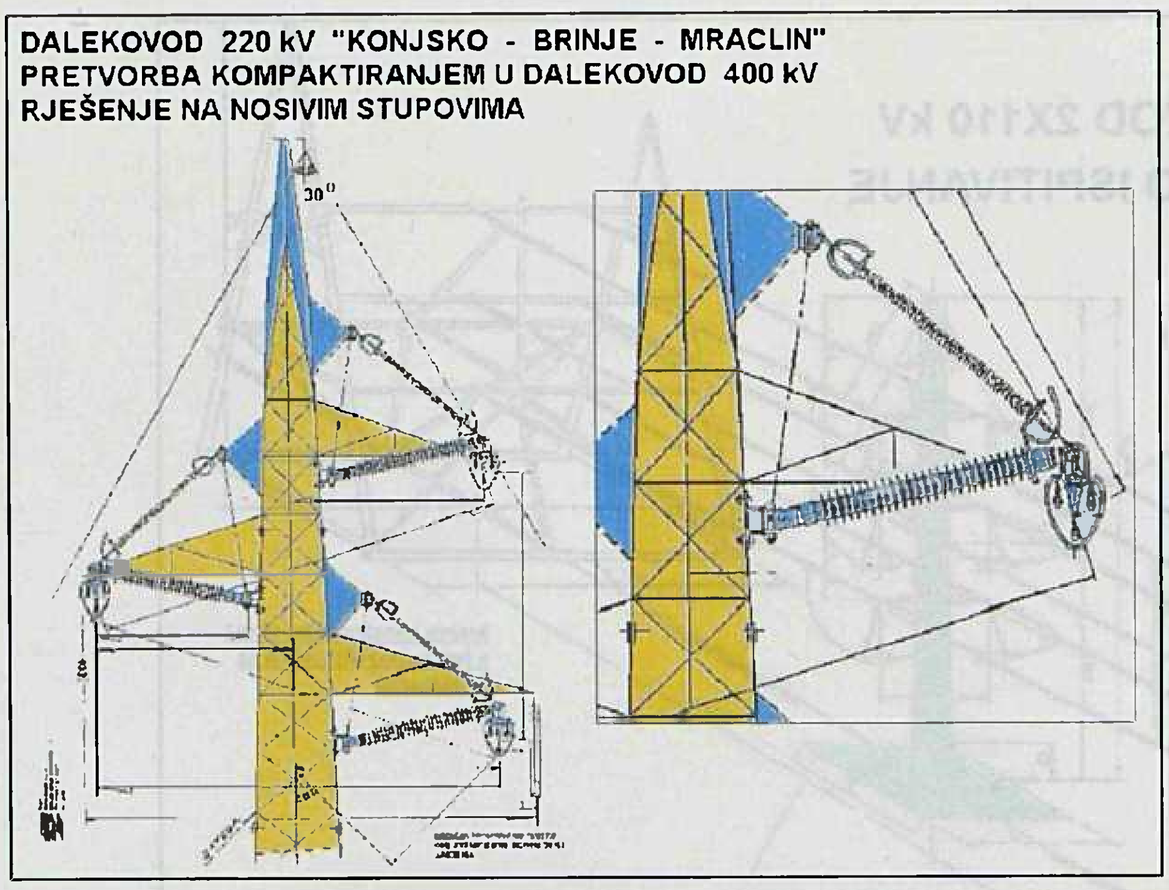
Slika 6. Usporedba "klasično-kompaktirano": za jednaki raspon 5.5m kraći stup, znatno suženje trase



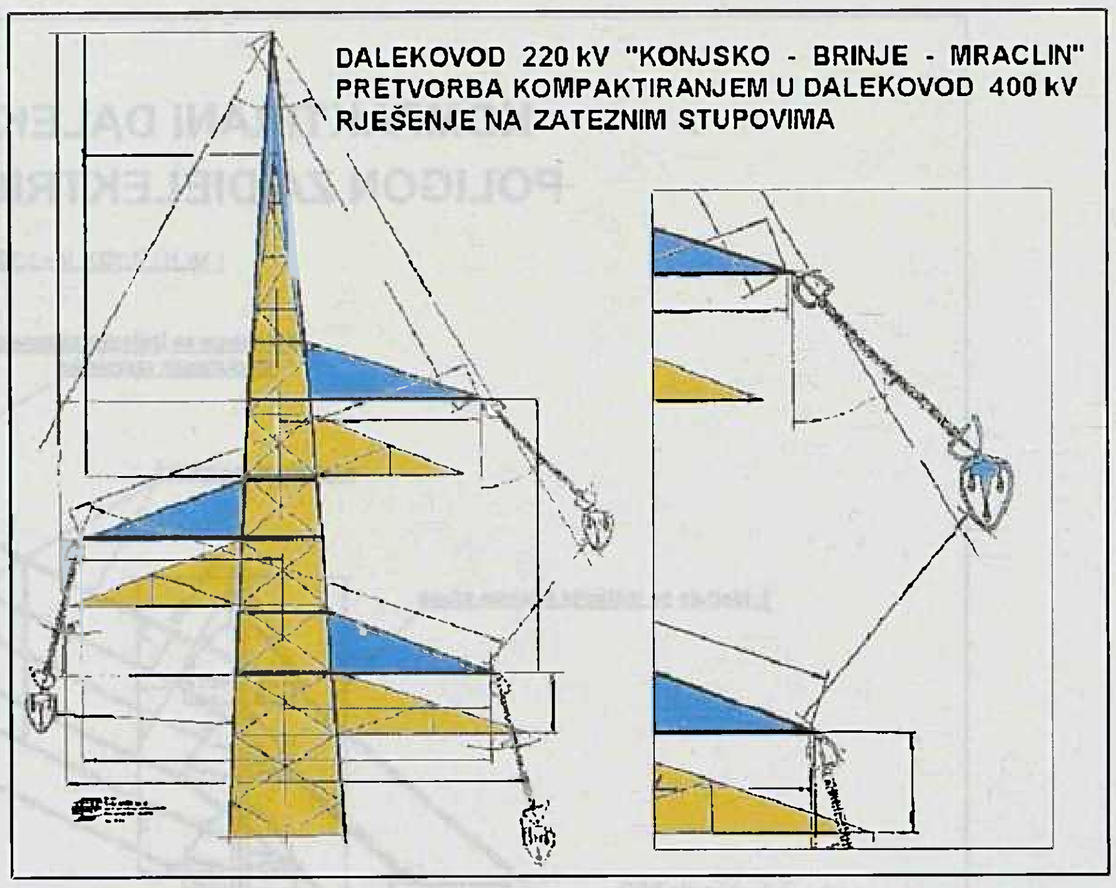
Slika 7. Tipsko ispitivanje stupova, potvrda valjanosti dielektričkih tipskih rješenja stupova i dielektričnih rješenja izolacije. Ispitivanje izolacije na luk snage u Češkoj - Behovice.



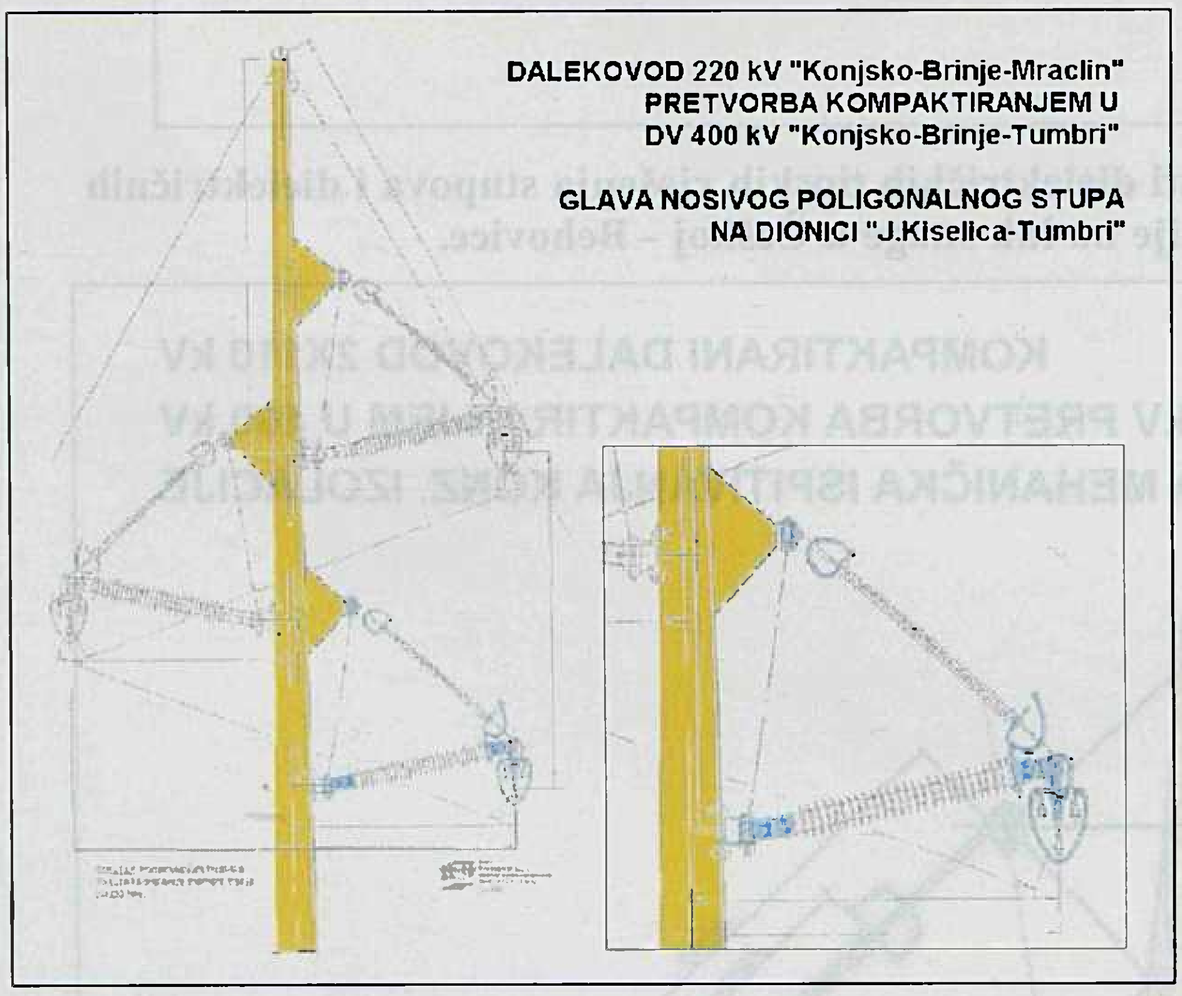
Slika 8. Ispitivanje izolacije na: tlak, vlak, vibracije i precizno mjerenje dužine (Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb). Potvrda valjanosti mehaničkih rješenja izolacije.



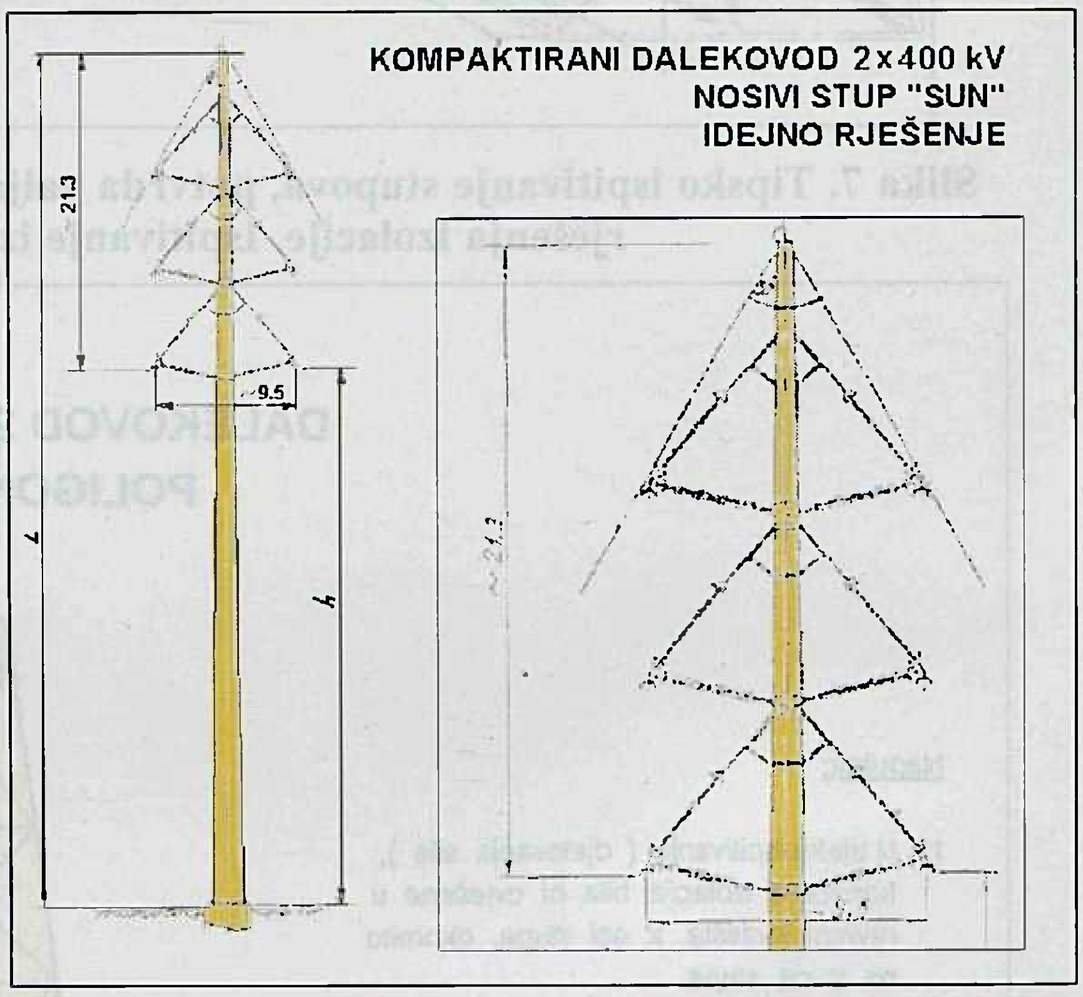
Slika 9. Dielektrično rješenje prema važećem pravilniku i IEC za koordinaciju izolacije 71-1 ("Principi i pravila"), 71-2 ("Postupci"). Pokretna konzola s punim ili šupljim (cca 10% stupova) potpornim štapom. Vodiči/ snop - bolje 3 užeta.



Slika 10. Dielektrično rješenje prema pravilniku i IEC 71-1, 71-2. Pomoćni štapni izolatori po potrebi. Strujni mostovi ≅11m.



Slika 11. Glava jednosistemskog poligonalnog, limenog, uzdužno varenog, usadnog stupa. Opis prema slici 9.

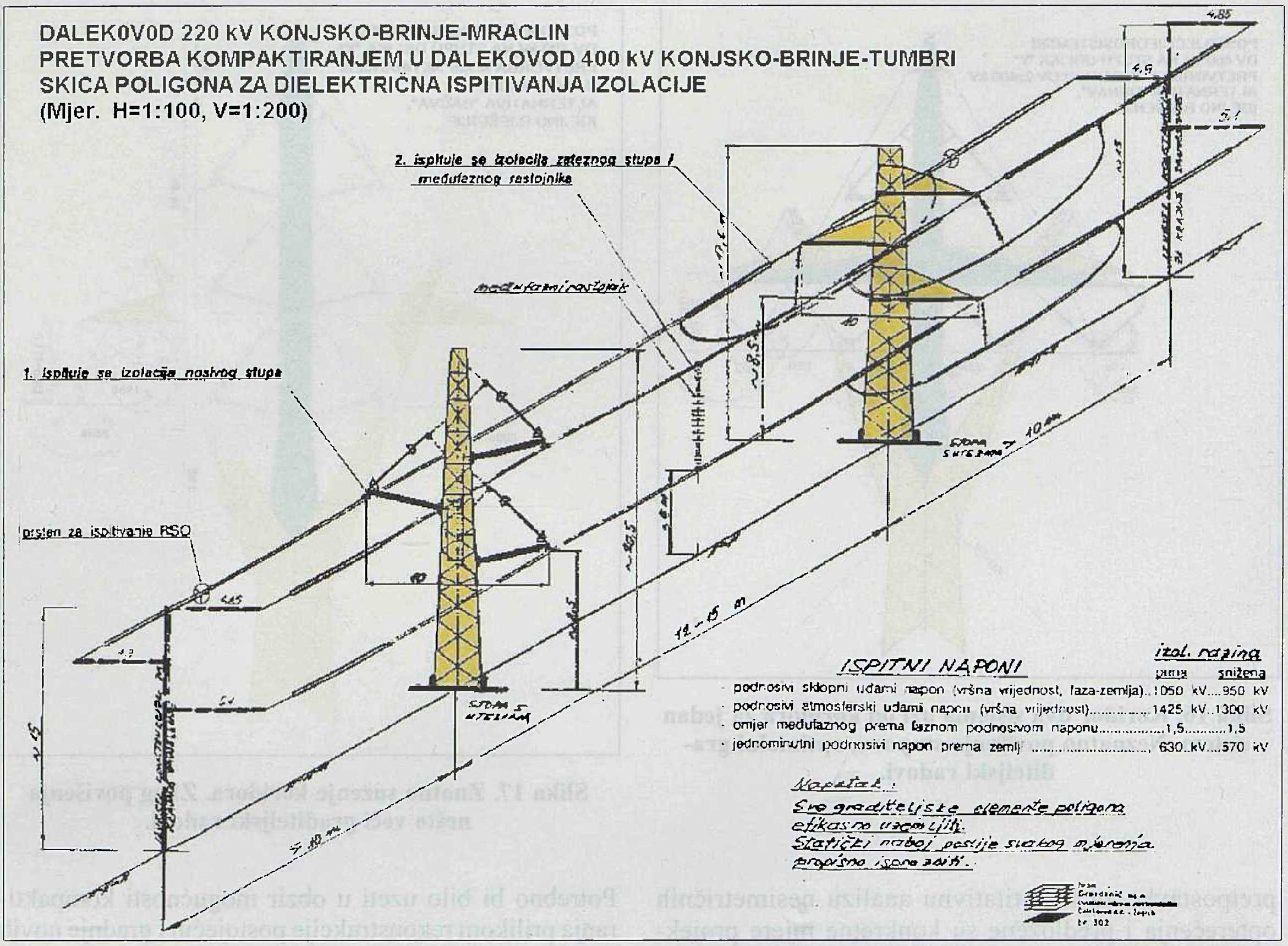


Slika 13. Dvosistemski poligonalni, limeni, uzdužno vareni, usadni stup. Znatno uži koridor.

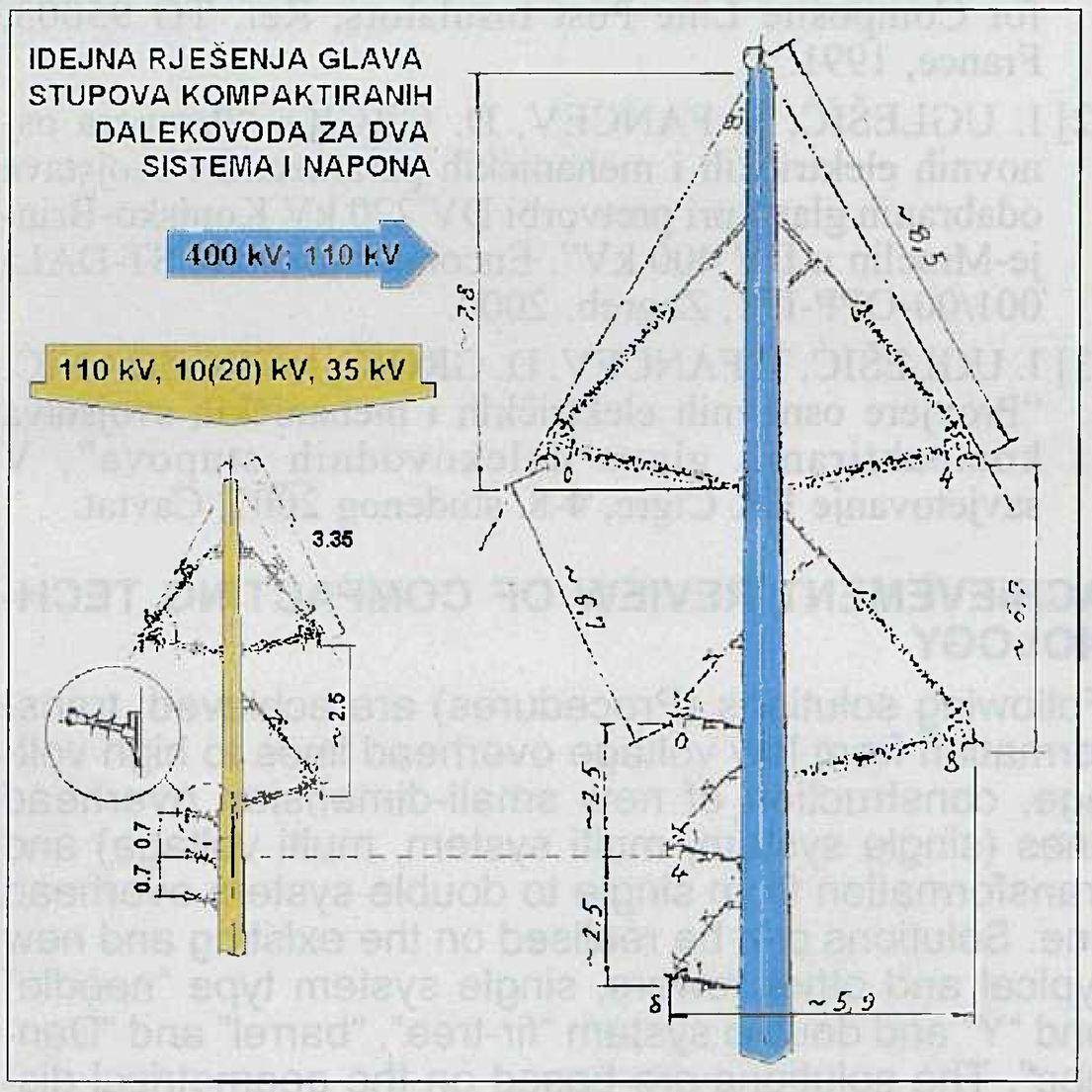
Ujedno su stvoreni uvjeti za izgradnju novih višesistemskih i višenaponskih dalekovoda po koridorima postojećih (jednosistemskih) dalekovoda (sl. 13, 14 i 15). Prva razrada idejnih rješenja pokazala je da se uz povišenje napona (prijenosne moći) postižu i bitno bolja: ekološka, sigurnosna i estetska rješenja. Sužuje se trasa (koridor) i snizuju stupovi dalekovoda. Kod europskih etektroprivreda ova rješenja postala su trend u pristupu rekonstrukcijama postojećih i izgradnji novih dalekovoda.

Saznanja "Dalekovoda d.d - Zagreb", postignuta u suradnji sa Zavodom za visoki napon i energetiku, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu, pokazuju da su rješenja dvosistemskih dalekovoda 110 kV s primjenom pokretnih izolacijskih konzola uz 2/3 suženja trase, pouzdano izvediva s nižim nosivim (≅8,5m) i zateznim (≅5,5m) stupovima dalekovoda i više od 2,5 puta manjom površinom temelja (sl. 3, 4, 5 i 6). Ovakva rješenja bila bi definitivno u prednosti u odnosu na klasične projekte, projekte s "V" izolacijom ili kabelske vodove.

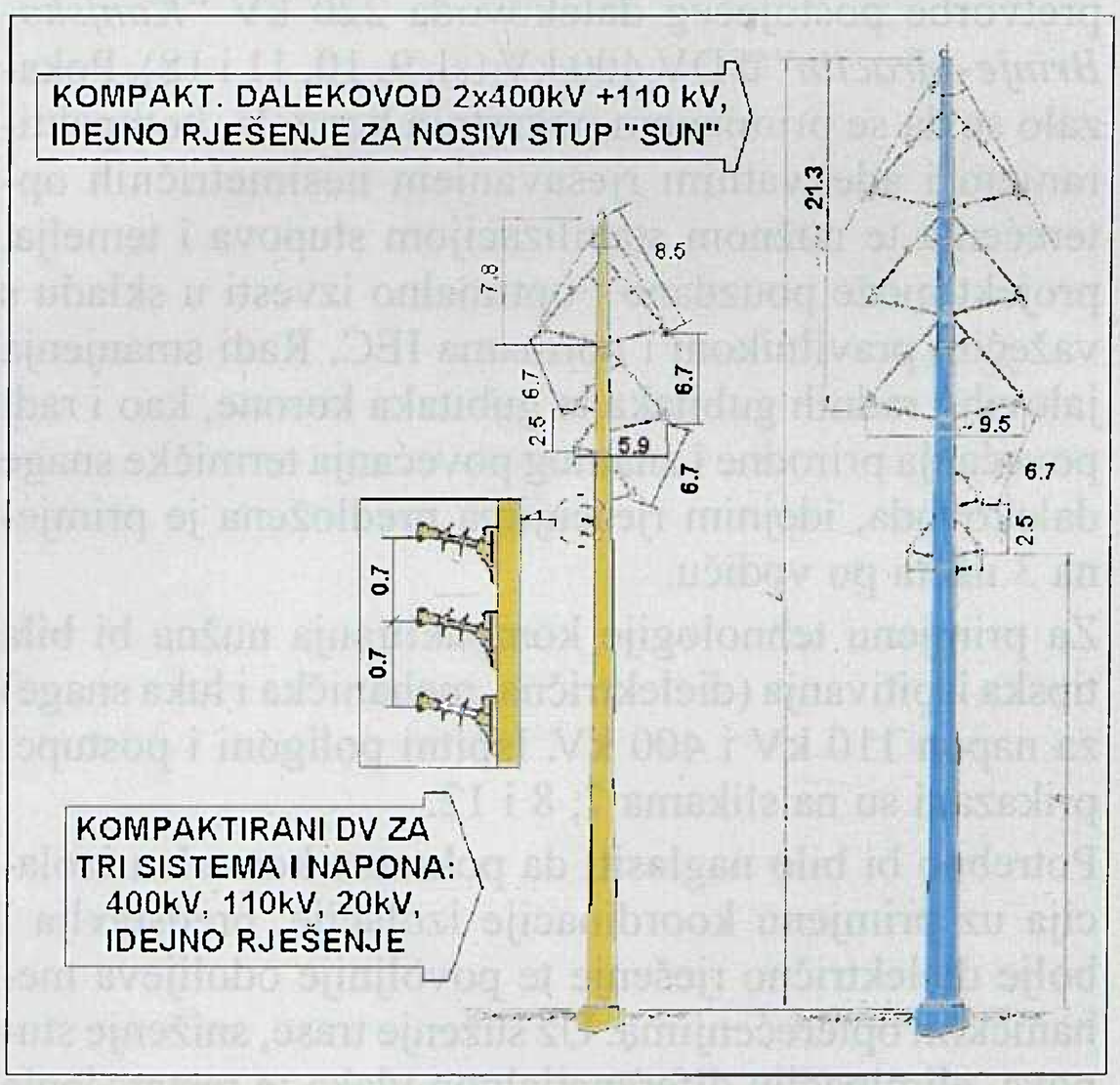
Ujedno su provjerom osnovnih električnih i mehaničkih parametara i svojstava odabranih glava pri pretvorbi DV 220 kV "*Konjsko-Brinje-Mraclin*" u DV 400 kV [2] i razvojem projektantskih alata "PROYAL" [3], na Zavodu za visoki napon i energetiku FER-a, stvorene



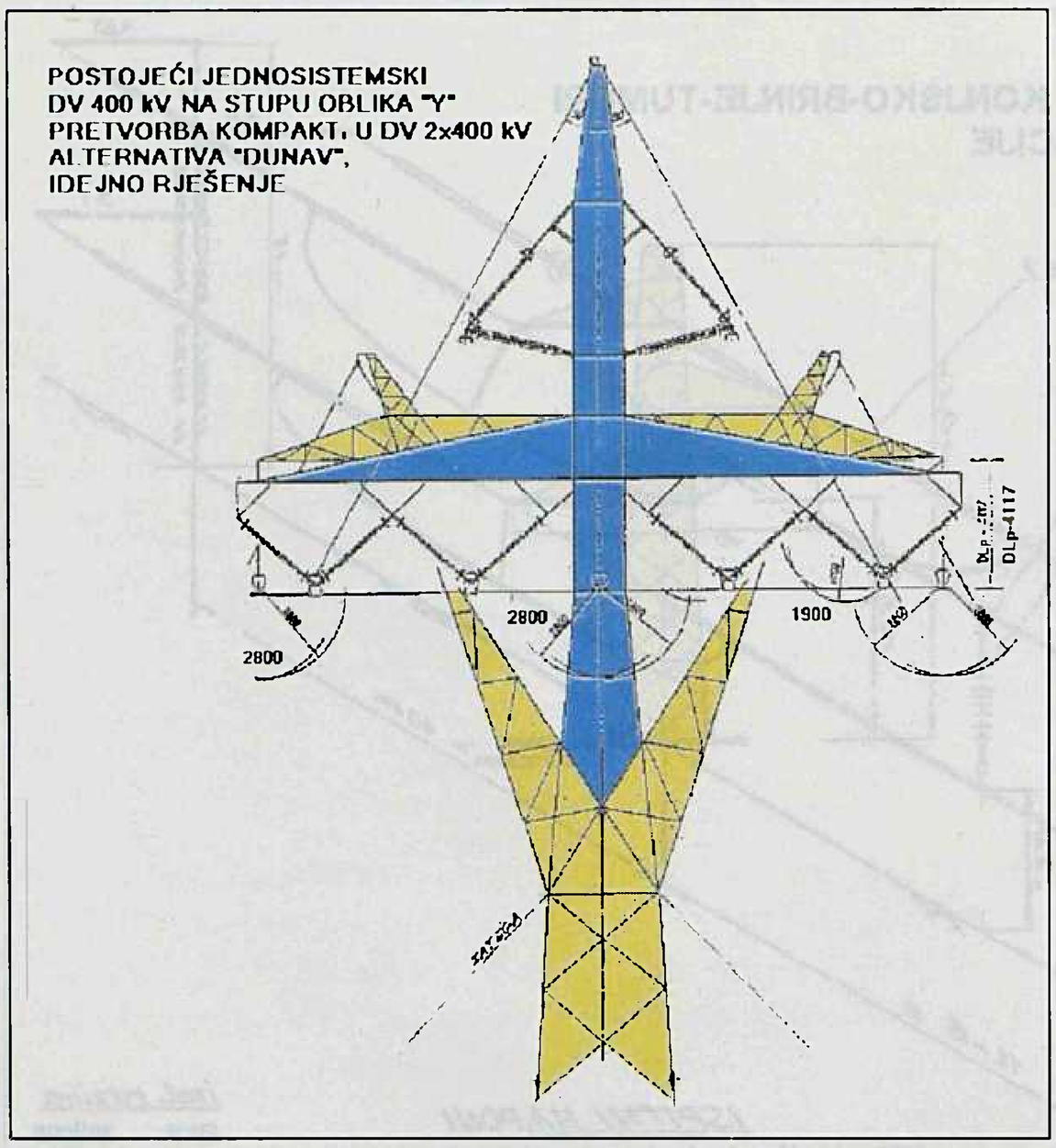
Slika 12. Tipsko ispitivanje stupova prethodi izradi glavnog projekta. Potvrda valjanosti dielektričnih tipskih rješenja stupova i dielektričnih rješenja izolacije. Ispitivanje izolacije na luk snage u Češkoj - Behovice.



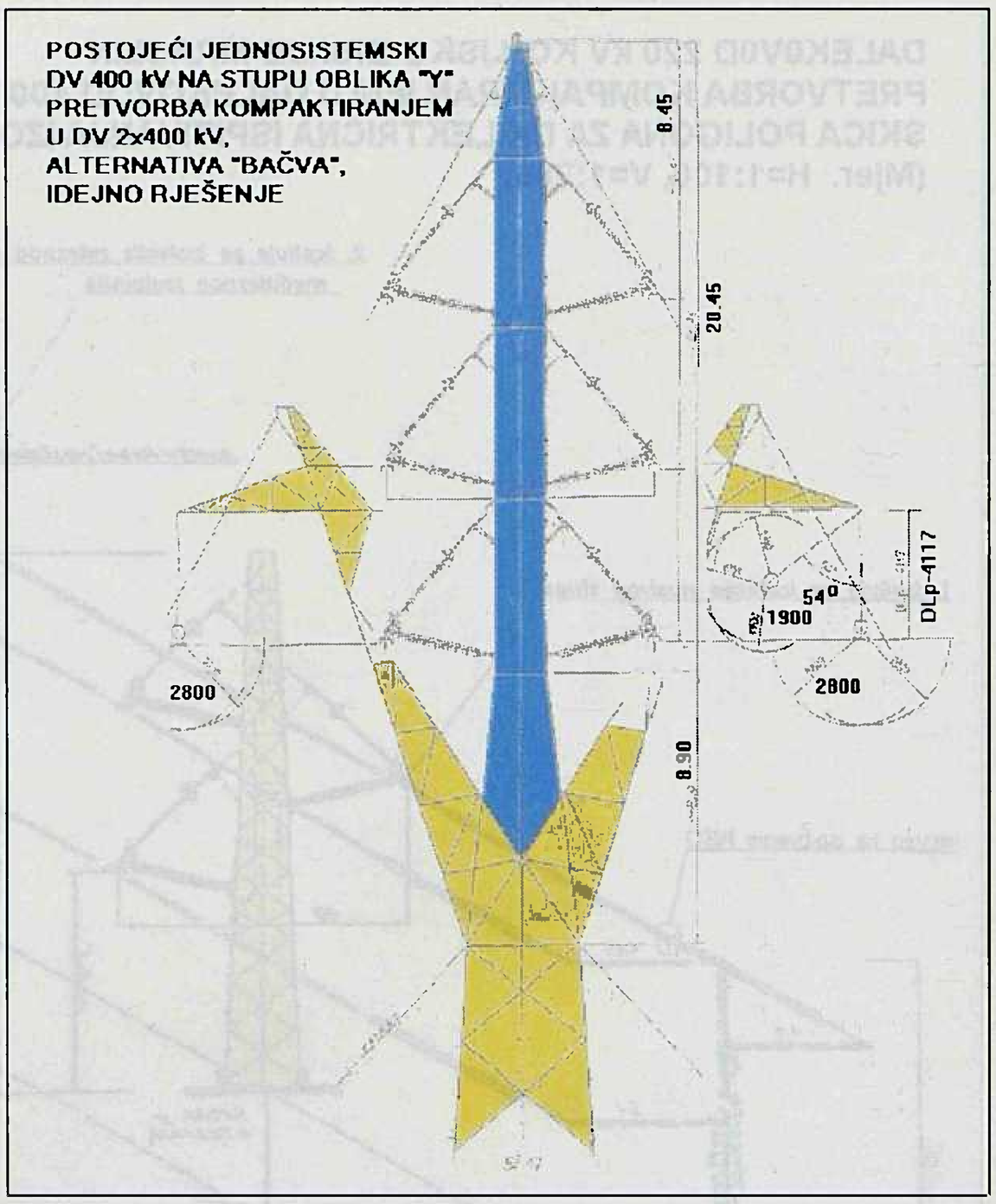
Slika 14.



Slika 15.



Slika 16. Koridor dva sistema uži od koridora za jedan sistem. Neznatno povišenje stupova, optimalni graditeljski radovi.



Slika 17. Znatno suženje koridora. Zbog povišenja nešto veći graditeljski radovi.

pretpostavke za kvantitativnu analizu nesimetričnih opterećenja i predložene su konkretne mjere projektantskih postupaka za otklanjanje posljedica nesimetričnih opterećenja i projektiranje pretvorbe DV 220 kV u DV 400 kV pri najtežim klimatskim uvjetima.

Prošle godine za HEP izrađena su idejna rješenja pretvorbe postojećeg dalekovoda 220 kV "*Konjsko-Brinje-Mraclin*" u DV 400 kV (sl. 9, 10, 11 i 18). Pokazalo se da se primjenom pokretnih konzola, kompaktiranjem i adekvatnim rješavanjem nesimetričnih opterećenja te nužnom stabilizacijom stupova i temelja, projekt može pouzdano i optimalno izvesti u skladu s važećim pravilnikom i normama IEC. Radi smanjenja jalovih i radnih gubitaka te gubitaka korone, kao i radi povećanja prirodne i znatnog povećanja termičke snage dalekovoda, idejnim rješenjima predložena je primjena 3 užeta po vodiču.

Za primjenu tehnologije kompaktiranja nužna bi bila tipska ispitivanja (dielektrična, mehanička i luka snage) za napon 110 kV i 400 kV. Ispitni poligoni i postupci prikazani su na slikama 7, 8 i 12.

Potrebno bi bilo naglasiti da pokretna konzolna izolacija uz primjenu koordinacije izolacije, predstavlja i bolje dielektrično rješenje te povoljnije odolijeva mehaničkim opterećenjima. Uz suženje trase, sniženje stupova, eliminaciju diferencijalnog vlaka te rasterećenje stupova i temelja, kao i ekološke, sigurnosne i estetske prednosti, pokretna konzolna izolacija predstavlja povoljno rješenje za rekonstrukciju i gradnju dalekovoda.

Potrebno bi bilo uzeti u obzir mogućnosti kompaktiranja prilikom rekonstrukcije postojećih i gradnje novih dalekovoda.

LITERATURA

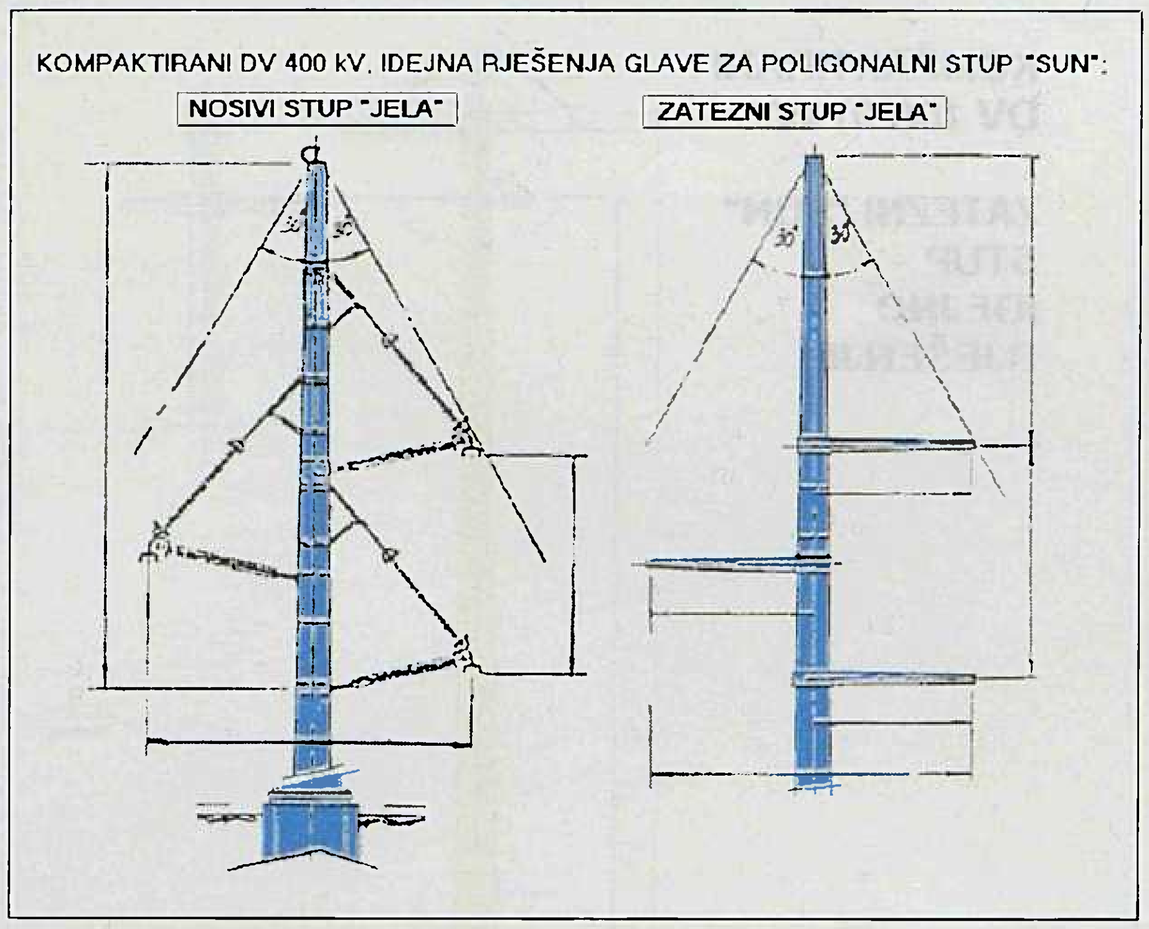
[1] "SEDIVER 60-400kV", Mechanical Application Guide for Composite Line Post Insulators, Ref. TG 95003, France, 1991.

[2] I. UGLEŠIĆ, T. FANCEV, D. GRGIĆ: "Provjera osnovnih električkih i mehaničkih parametara i svojstava odabranih glava pri pretvorbi DV 220 kV Konjsko-Brinje-Mraclin u DV 400 kV", Enconet Int. d.o.o, ST-DAL-001/00-OPP-IP1, Zagreb, 2000.

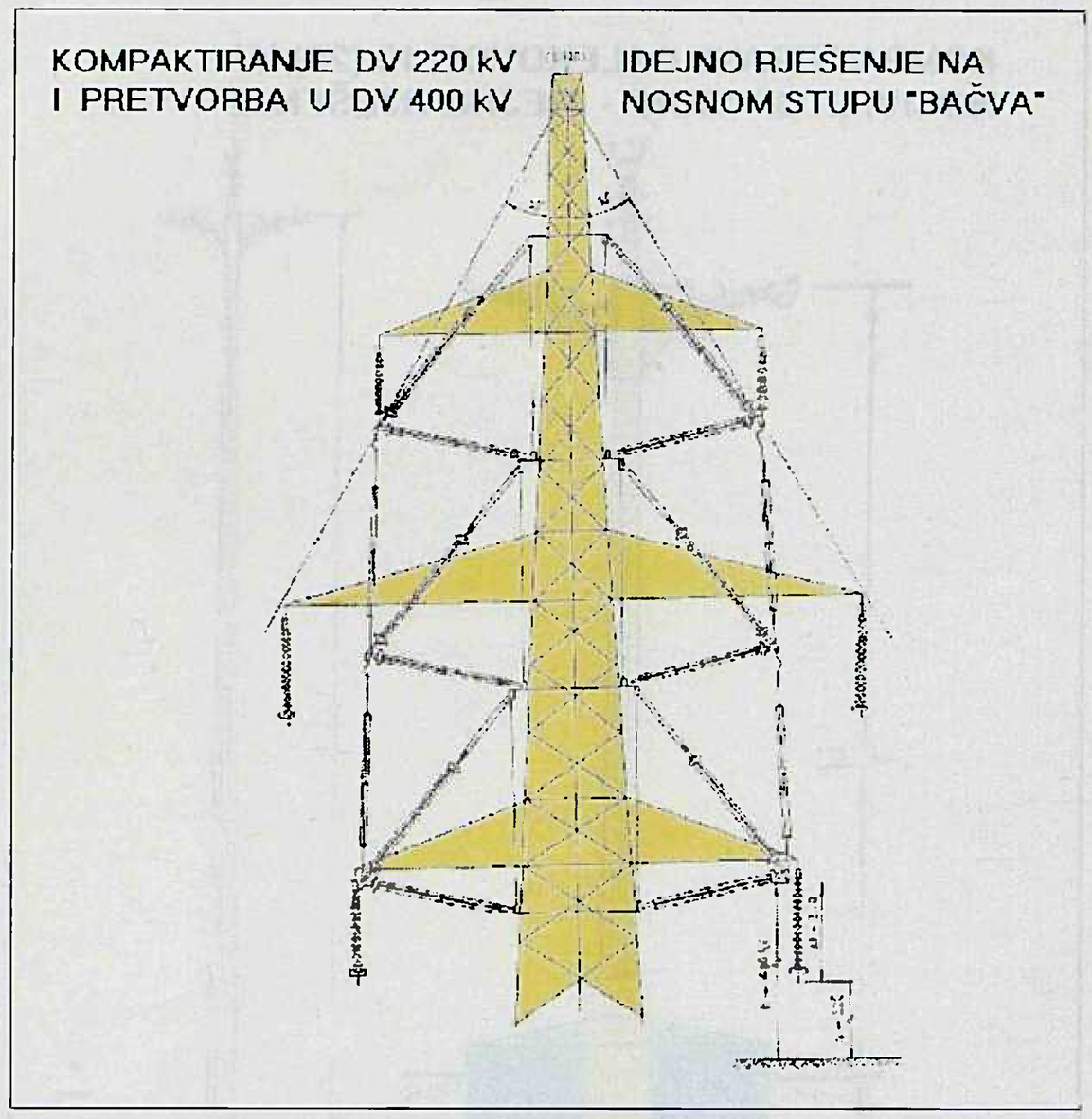
[3] I. UGLEŠIĆ, T. FANCEV, D. GRGIĆ, I. GROZDANIĆ: "Provjere osnovnih električkih i mehaničkih svojstava kompaktiranih glava dalekovodnih stupova", V savjetovanje HK Cigre, 4-8. studenog 2001, Cavtat.

ACHIEVEMENT REVIEW OF COMPACTING TECHNOLOGY

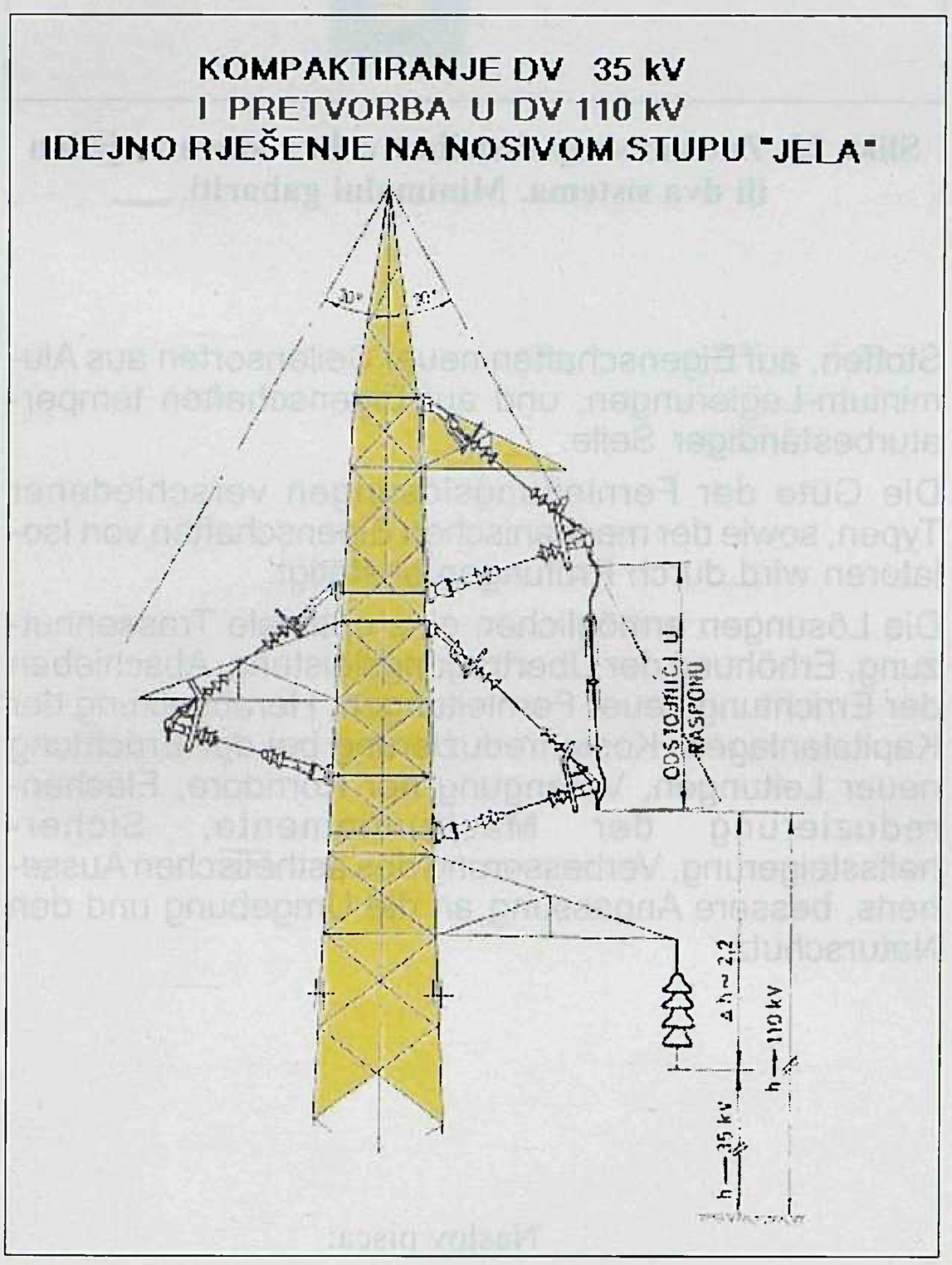
Following solutions (Procedures) are achieved: transformation from low voltage overhead lines to high voltage, construction of new small-dimension overhead lines (single system, multi system, multi voltage) and transformation from single to double system overhead line. Solutions can be realised on the existing and new typical and other towers, single system type "needle" and "Y" and double system "fir-tree", "barrel" and "Danube". The solutions are based on the geometrical disposition of lines on the towers, on electro-mechanical characteristics of composed rod insulators, on the chara-cteristics of new shielding wire from aluminium alloys as well as on the characteristics of thermal resistant shielding wire.



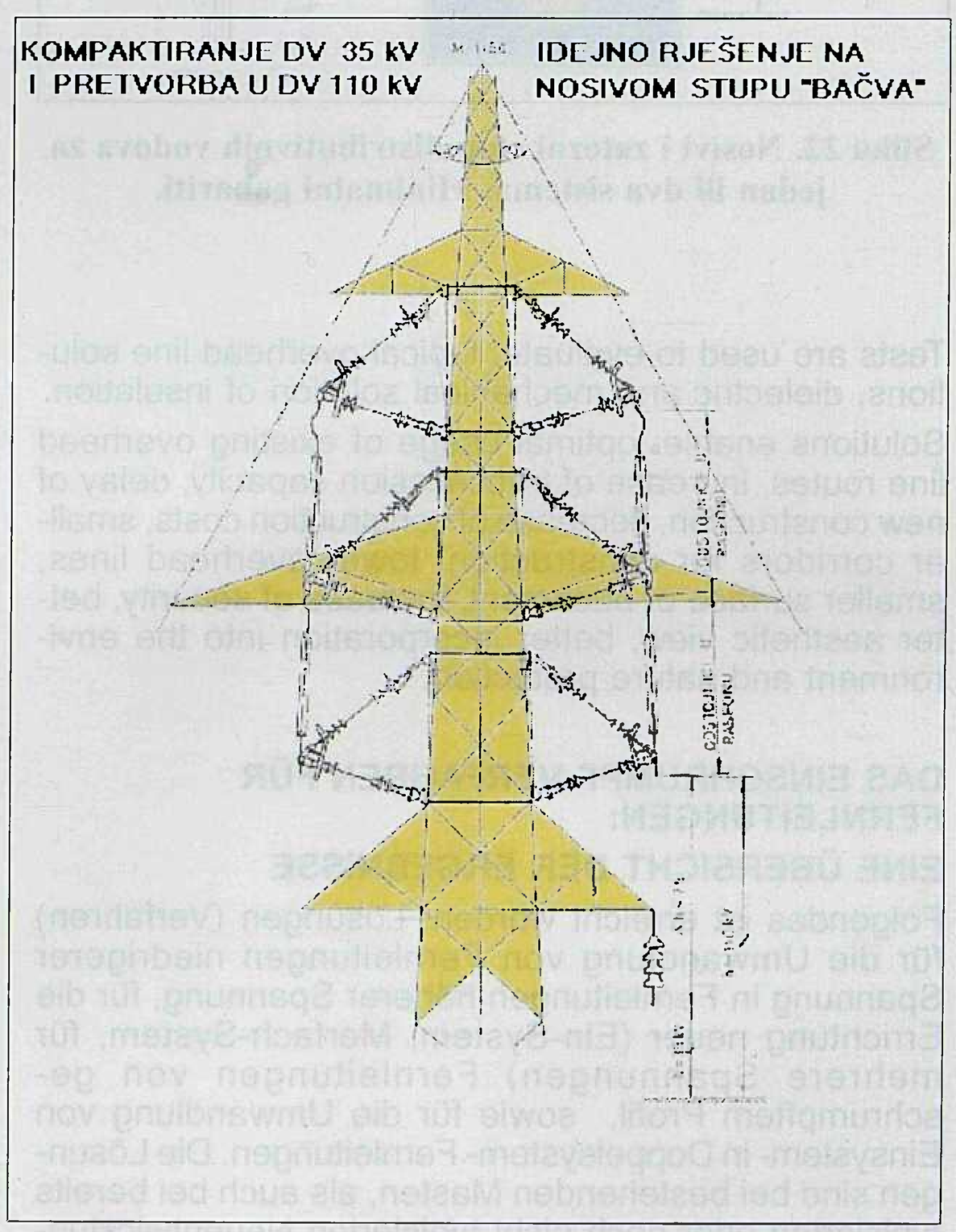
Slika 18. Geometrija glava širine ≈ 9.2m



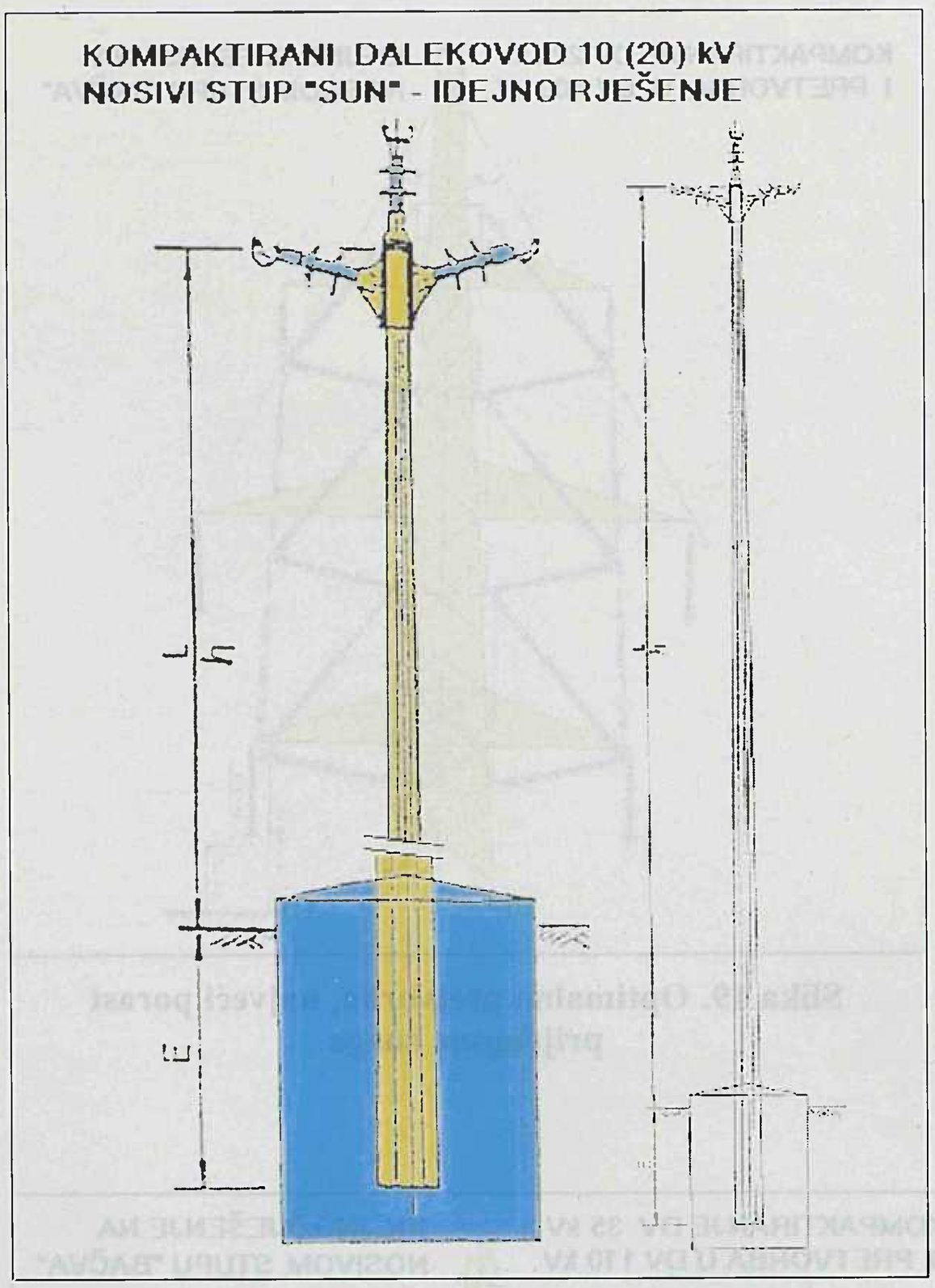
Slika 19. Optimalna pretvorba, najveći porast prijenosne snage



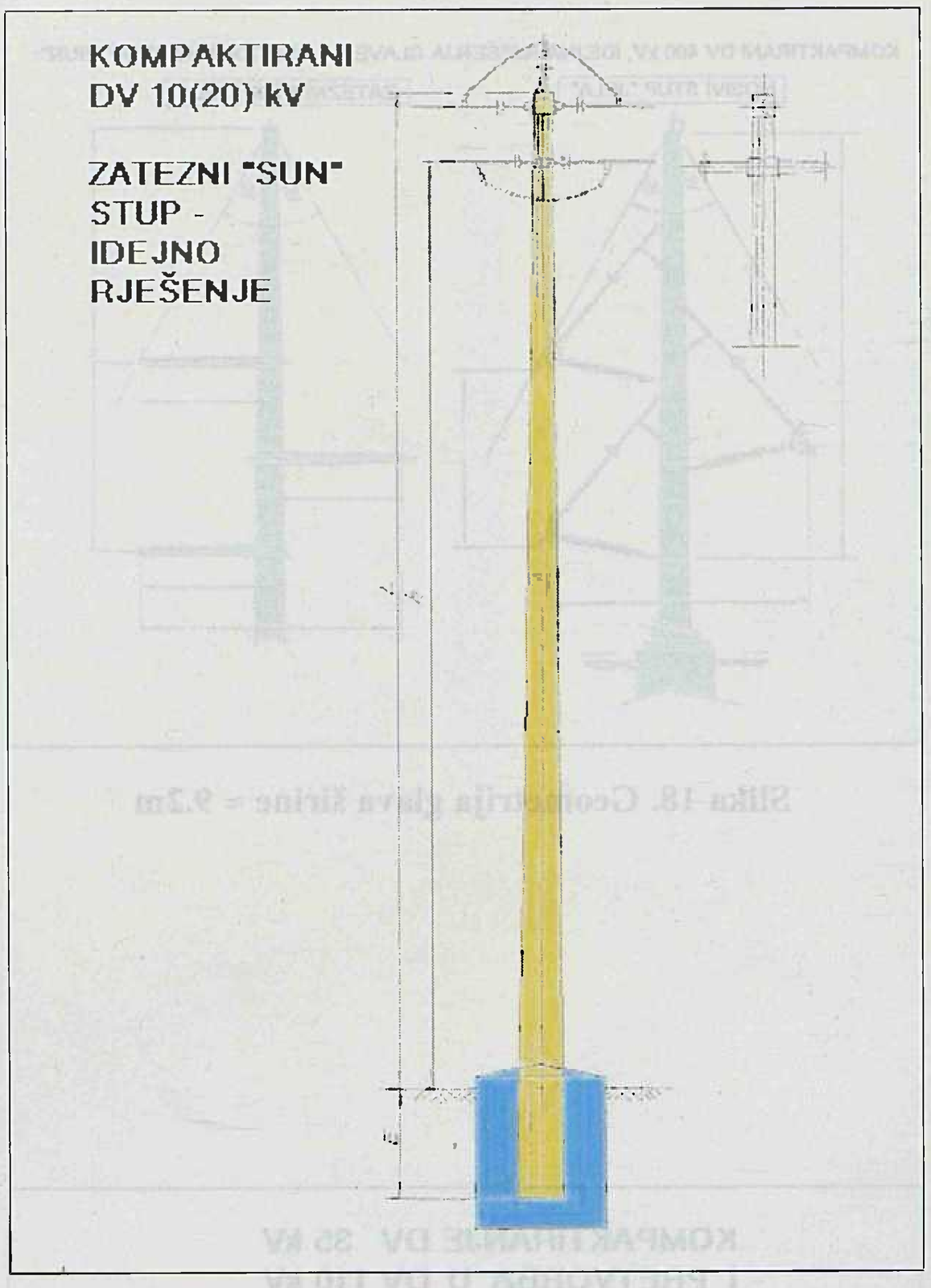
Slika 20. Optimalna pretvorba, najveći relativni porast prijenosne snage



Slika 21. Optimalna pretvorba, najveći relativni porast prijenosne snage



Slika 22. Nosivi i zatezni stup distributivnih vodova za jedan ili dva sistema. Minimalni gabariti.



Slika 23. Zatezni skup distributivnih vodova za jedan ili dva sistema. Minimalni gabariti.

Tests are used to evaluate: typical overhead line solutions, dielectric and mechanical solution of insulation.

Solutions enable: optimal usage of existing overhead line routes, increase of transmission capacity, delay of new construction, decrease of construction costs, smaller corridors for construction, lower overhead lines, smaller surface of basement, increase of security, better aesthetic view, better incorporation into the environment and nature protection.

DAS EINSCHRUMPF-VERFAHREN FÜR FERNLEITUNGEN:

EINE ÜBERSICHT DER ERGEBNISSE

Folgendes ist erreicht worden: Lösungen (Verfahren) für die Umwandlung von Fernleitungen niedrigerer Spannung in Fernleitungen höherer Spannung, für die Errichtung neuer (Ein-System, Merfach-System, für mehrere Spannungen) Fernleitungen von geschrumpftem Profil, sowie für die Umwandlung von Einsystem- in Doppelsystem- Fernleitungen. Die Lösungen sind bei bestehenden Masten, als auch bei bereits typisierten oder noch nicht typisierten Neuentwicklungen durchführbar, und zwar bei Masten für Einzelleitungen vom Typ „Nadel“, und „Y“ und Masten für Doppelleitungen, vom Typ „Tanne“, „Fass“ und „Donau“.

Die Lösungen beruhen auf geometrischer Verteilung von Seilen an den Masten, auf elektromechanischen Eigenschaften stabförmiger Isolatoren aus kompositen Stoffen, auf Eigenschaften neuer Seilensorten aus Aluminium-Legierungen, und auf Eigenschaften temperaturbeständiger Seile.

Die Güte der Fernleitungslösungen verschiedener Typen, sowie der mechanischen Eigenschaften von Isolatoren wird durch Prüfungen bestätigt.

Die Lösungen ermöglichen eine optimale Trassennutzung, Erhöhung der Übertragungsleistung, Abschieben der Errichtung neuer Fernleitungen, Herabsetzung der Kapitalanlagen, Kostenreduzierung bei der Errichtung neuer Leitungen, Verengung der Korridore, Flächenreduzierung der Mastfundamente, Sicherheitssteigerung, Verbesserung des ästhetischen Aussehens, bessere Anpassung an die Umgebung und den Naturschutz

Naslov pisca:

Ivan Grozdanić, dipl. ing.
“Dalekovod” d.d. – Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 06 – 03.

MJERENJE OTPORA UZEMLJENJA KOMPENZACIJSKOM METODOM

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo donio je **Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za mjerila otpora uzemljenja, čije je načelo rada kompenzacijska metoda.** Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 81 od 9. srpnja 2002. godine. Stupanjem na snagu ovog Pravilnika prestaje vrijediti **Pravilnik o metrološkim uslovima za instrumente za mjerenje otpora uzemljenja, čiji se rad temelji na kompenzacijskoj metodi** (Službeni list SFRJ broj 59/82 i Narodne novine broj 53/91).

Pravilnikom se određuju mjeriteljski zahtjevi i s njima povezani tehnički zahtjevi koje moraju zadovoljavati mjerila za mjerenje otpora uzemljenja, čije je načelo rada kompenzacijska metoda.

Pravilnik je podijeljen u šest dijelova: opće odredbe, mjerno-tehničke značajke, konstrukcijski zahtjevi, natpisi i oznake, tipno ispitivanje i završne odredbe.

U prvom dijelu, uopćim odredbama, utvrđena su značenja korištenih izraza (referentna zemlja, otpor uzemljenja, pomoćni uzemljivač, sonda, izlazni napon, fazni napon, struja kratkog spoja, apsolutna pogrješka, dogovorna vrijednost i pogrješka, osnovna pogrješka, uporabna pogrješka i dr.).

U drugom dijelu, u člancima 4 do 8 utvrđene su mjerno-tehničke značajke kao što su izlazni napon, referentni uvjeti mjerenja, granice nazivnih opsega uporabe za utjecajne veličine te uporabna pogrješka mjerila.

U trećem dijelu, u člancima 9. i 10. utvrđeni su konstrukcijski zahtjevi (kućište, samoispitivanje, dodatni vanjski dijelovi).

Četvrti dio, članak 11., utvrđuje natpise i oznake na mjerilu koje se moraju nalaziti na vidljivom mjestu i biti ispisane na hrvatskom jeziku.

Tipno ispitivanje obuhvaćeno je u petom dijelu, u člancima 12. do 14. U članku 12 utvrđena je dokumentacija na temelju koje se provodi tipno ispitivanje (upute za uporabu, tehnička dokumentacija, dokumentacija o programskoj podršci, fotografije, itd.). U članku 13. utvrđeni su podaci koji moraju biti navedeni u uputama za uporabu mjerila pri tipnom ispitivanju. Prema članku 14 tijekom provođenja tipnog ispitivanja provodi se i provjera pripadnih uputa za uporabu.

SBK

MJERENJE OTPORA UZEMLJENJA U-I METODOM

U Narodnim novinama broj 81 od 9. srpnja 2002. godine objavljen je **Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za mjerila otpora uzemljenja, čije je načelo rada mjerenje napona i struje (U-I Metoda) i za visokofrekventna mjerila otpora uzemljenja**. Donošenjem ovog Pravilnika prestaje vrijediti **Pravilnik o metrološkim uslovima za instrumente za mjerenje otpornosti uzemljenja, čiji se rad zasniva na metodi mjerenja napona i struje (U-I metodi) i za visokofrekventne instrumente za mjerenje otpornosti uzemljenja** (Službeni list broj 13/83 i Narodne novine broj 53/91).

Kroz opće odredbe, mjerno-tehničke značajke, konstrukcijske zahtjeve, natpise i oznake te tipsko ispitivanje propisuju se mjeriteljski zahtjevi za mjerila otpora uzemljenja čije je načelo rada mjerenje napona i struje (U-I Metoda) te za visokofrekventna mjerila za mjerenje otpora uzemljenja.

U općim odredbama, u člancima 1. do 3. utvrđeni su izvori napajanja te značenja izraza korištenih u Pravilniku.

U drugom dijelu, u člancima 4. do 9. utvrđene su mjernotehničke značajke (izlazni napon i njegova frekvencija, referentni uvjeti mjerila, granice nazivnih opseg uporabe za utjecajne veličine te uporabna pogrješka mjerila).

Konstrukcijski zahtjevi utvrđeni su u trećem dijelu, u člancima 10. i 11.

Natpisi i oznake utvrđene su u četvrtom dijelu u članku 12.

Peti dio obuhvaća tipno ispitivanje, odnosno opis potrebne dokumentacije prema članku 13. U članku 14 utvrđuje se, da se pri tipnom ispitivanju u uputama za uporabu mjerila moraju navesti: načelna shema mjerila, mjerna shema, granice uporabne pogrješke, granice osnovne pogrješke i granice promjena, upute za mjerenje s objašnjenjima, dijagram, tablica ili drugi oblik objašnjenja te uputa o smanjenju pogrješaka.

SBK

MJERENJE UZEMLJENJA PREKO OTPORA PETLJE

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo donio je **Pravilnik o mjeriteljskim zahtjevima za mjerila kojima se mjeri otpor zamke (petlje)**. Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 81 od 9. srpnja 2002. godine.

Pravilnikom su propisani mjeriteljski zahtjevi za mjerila kojima se mjeri otpor petlje između faznog vodiča i zaštitnog vodiča, ili između faznog vodiča i neutralnog vodiča, ili između dvaju faznih vodiča, uz uporabu mrežnog napona u električnim mrežama s nazivnim naponima do 1000 V.

U općim odredbama, u članku 3. utvrđeno je značenje izraza koji se koriste u Pravilniku (nazivni napon i frekvencija, otpor petlje, ispitni otpornik mjerila, apsolutna pogreška, dogovorna vrijednost i njena pogreška u postocima te uporabna pogreška.

Mjerno-tehničke značajke utvrđene su drugom dijelu, u člancima 3. do 9. Prema člancima 3. i 4. kao ispitni otpornik može se upotrijebiti otpornik s aktivnim, reaktivnim ili kompleksnim otporom u mjerilima, kojima se mjeri otpor određivanjem pada napona na ispitnom otporniku, kojim se opterećuje električna mreža. Kad je ispitni otpornik kompleksnog otpora, mora biti poznat i označen fazni kut. Ako, pak, rezultat mjerenja ovisi o promjenama napona električne mreže, mora se naznačiti njegov utjecaj. Dovoljnim se smatra pokazivanje promjena napona električne mreže ugrađenim mjerilom, ako taj instrument jasno pokazuje promjene napona električne mreže u odnosu prema smanjenju napona zbog opterećivanja električne mreže ispitnim otpornikom. Ako nema mogućnosti, potrebno je u uputi upozoriti na tu pojavu i na način njezina otklanjanja. Članci 5., 6. i 7. govore o rukovanju, priključnim mjestima i referentnim uvjetima mjerila. Članak 8 utvrđuje granice nazivnog područja uporabe za utjecajne veličine. To su:

– 0° C ili 30° C

- ± 30° C od referentnog položaja, ili uspravni položaj površine letvice mjerila kad nije dan referentni položaj
- donja i gornja granica napona mreže za koji je mjerilo predviđeno i koji je označio proizvođač
- cos φ_m = 0,95, za kut impedancije petlje (φ_m) kad mreža nije opterećena i kad je napon mreže stalan pri mjerenju mjerilom s ispitnim otpornikom aktivnog otpora
- $\varphi_m = \varphi_r \pm 15°$ za kut impedancije petlje (φ_m) kad mreža nije opterećena i kad je napon mreže stalan pri mjerenju mjerilom s ispitnim otpornikom kompleksnog otpora, s kutom φ_r.

Prema članku 9 najveća vrijednost uporabne pogrješke koju je odredio proizvođač ne smije biti veća od ±30 %.

U trećem dijelu, u članku 10 utvrđeni su konstrukcijski zahtjevi (kućište i drugo).

Natpisi i oznake obuhvaćeni su u četvrtom dijelu u člancima 11 i 12.

Peti dio, u člancima 13. do 15. sadrži zahtjeve za tipno ispitivanje. Zahtjevi se odnose na potrebnu dokumentaciju (upute za uporabu, tehnička dokumentacija, fotografije i drugi dokumenti).

SBK

PRAVILNIK O MJERITELJSKIM ZAHTJEVIMA ZA MJERILA OTPORA IZOLACIJE

Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama bro 81 od 9. srpnja 2002. godine i nije zamjena za neki postojeći pravilnik.

Ovim se Pravilnikom propisuju mjeriteljski zahtjevi kojima moraju udovoljavati mjerila otpora izolacije uređaja i postrojenja u beznaponskom stanju s naponima do 1000 V (efektivna vrijednost) za izmjeničnu struju i do 1500 V za istosmjernu struju.

U općim odredbama, u članku 3. utvrđena su značenja izraza koji se koriste u Pravilniku (nazivni napon, izlazni napon, napon praznog hoda, struja kratkog spoja, apsolutna pogrješka, dogovorna vrijednost, osnovna i uporabna pogrješka, utjecajna veličina, refrentni uvjeti, nazivno uporabno područje i drugi).

U drugom dijelu navedene su mjerno-tehničke značajke, a odnose se na izlazni napon, napon praznog hoda, nazivnu struju, referentne zahtjeve, granice nazivnog uporabnog područja, uporabnu pogrješku itd.

Konstrukcijski zahtjevi utvrđeni su u trećem dijelu, u članku 13.

Članci 14. i 15. u četvrtom dijelu propisuju natpise i oznake koje moraju biti na hrvatskom jeziku i na vidljivom mjestu.

Članci 16. do 18. u petom dijelu propisuju potrebnu dokumentaciju za tipno ispitivanje.

SBK

PROGRAM POSEBNOG DIJELA DRŽAVNOG STRUČNOG ISPITA ZA ZVANJE ELEKTROENERGETSKOG INSPEKTORA

Državni inspektorat je utvrdio **Program posebnog dijela državnog stručnog ispita za zvanja gospodarskog inspektora, gospodarskog inspektora treće vrste zvanja, inspektora rada, elektroenergetskog inspektora, rudarskog inspektora i inspektora posuda pod tlakom.** Program je objavljen u Narodnim novinama broj 81 od 9. srpnja 2002. godine. Danom stupanja na snagu ovog Programa prestaje vrijediti **Program posebnog dijela državnog stručnog ispita za zvanja gospodarskog inspektora, gospodarskog inspektora treće vrste zvanja, inspektora rada, elektroenergetskog inspektora, rudarskog inspektora i inspektora posuda pod tlakom** (Narodne novine broj 117/99).

Prema točki IV Programa za zvanje elektroenergetskog inspektora obuhvaćeno je sljedeće:

1. *Ustrojstvo i poslovi Državnog inspektorata, način rada i ovlasti elektroenergetskog inspektora, te kazneni postupci elektroenergetskog inspektora u provedbi inspekcijskog nadzora*

PRAVNI IZVORI:

- Zakon o Državnom inspektoratu (»Narodne novine«, br. 76/99.)
- Kazneni zakon (»Narodne novine«, br. 110/97. – članak 127, 263, 264, 265, 266, 268, 269, 303, 317, 318, 323, 324, 337, 339, 345, 348, 349, 351. i br. 27/98, 50/00, 129/00. i 51/01.)
- Zakon o kaznenom postupku (»Narodne novine«, br. 110/97. – članak 171. -175. i br. 27/98, 58/99, 112/99. i 58/02.)
- Zakon o privrednim prijestupima (»Narodne novine«, br. 53/91, 91/92. i 26/93.),
- Zakon o prekršajima (»Narodne novine«, br. 2/73, 5/73, 21/74, 9/80, 25/84, 52/87, 27/88, 43/89, 8/90, 41/90, 59/90, 91/92 i 33/95).

2. *Poznavanje propisa iz područja elektroenergetike, te način postupanja u nadzoru nad primjenom tih propisa*

PRAVNI IZVORI:

- Zakon o normizaciji (»Narodne novine«, br. 55/96.)
- Zakon o energiji (»Narodne novine«, br. 68/01.)
- Zakon o tržištu električne energije (»Narodne novine«, br. 68/01.)
- Pravilnik o tehničkim normativima za niskonaponske električne instalacije (»SL. SFRJ« br. 53/88, čl. 53. Zakona o normizaciji »Narodne novine«, br. 55/96.)
- Pravilnik o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1 kV (»SL. SFRJ« br. 4/74. i 13/78, čl. 53. Zakona o normizaciji »Narodne novine«, br. 55/96.)
- Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV (»SL. SFRJ« br. 51/73. i 65/89, čl. 53. Zakona o normizaciji »Narodne novine« br. 55/96. i »Narodne novine« br. 24/97.)
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadajućih transformatorskih stanica (»SL. SFRJ« br. 13/78, čl. 53. Zakona o normizaciji (»Narodne novine«, br. 55/96.)
- Pravilnik o tehničkim mjerama za pogon i održavanje elektroenergetskih postrojenja (»SL. SFRJ«) br. 19/68, čl. 53. Zakona o normizaciji »Narodne novine«, br. 55/96.)
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu elektroenergetskih postrojenja od prenapona (»SL. SFRJ«, br.7/71. i 44/76, čl. 53. Zakona o normizaciji (»Narodne novine«, br. 55/96.)
- Pravilnik o tehničkom nadzoru električnih postrojenja, instalacija i uređaja namijenjenih za rad u prostorima

ugroženim eksplozivnom atmosferom (»Narodne novine«, br. 2/02.)
- Pravilnik o temeljnim zahtjevima za opremu, zaštitne sustave i komponente namijenjene eksplozivnoj atmosferi plinova, para, maglice i prašine (»Narodne novine«, br. 69/98, 148/99, 4/00. i 1/01.)
- Opći uvjeti isporuke električne energije (»Narodne novine«, br. 8/91, 61/92, 78/93. i 81/97.)
- Pravilnik o izgledu i upotrebi potvrdbenog (certifikacijskog) znaka (»Narodne novine«, br. 88/98.)
- Tehnički propis o gromobranima (»SL. SFRJ«, br. 13/68. i 21/90, čl. 53. Zakona o normizaciji »Narodne novine« br. 55/96.)
- HRN IEC 60449:1998, naponska područja za električne instalacije zgrada
- HRN EN 60529:1998, stupnjevi zaštite električne opreme, kućište
- HRN N.A5.001:1980, klasifikacija elektronskih i električnih uređaja s obzirom na zaštitu od električnog udara
- HRN N.B2.730:1984, električne instalacije u zgradama, Opće karakteristike i klasifikacija
- HRN N.B2.741:1986, električne instalacije u zgradama, Zaštita od električnog udara
- HRN N.B2.743:1986, električne instalacije u zgradama, Nadstrujna zaštita
- HRN N.B2.754:1986, električne instalacije u zgradama, Uzemljenje i zaštitni vodiči
- HRN N.B2.771:1986, električne instalacije u zgradama, Prostorije s kadom ili tušem, Posebni tehnički uvjeti
- HRN IEC 79-14:1997, električni uređaji za eksplozivne plinske atmosfere, Električne instalacije u ugroženim prostorima (osim rudnika)
- HRN N.E5.210:1990, niskonaponski rastalni osigurači, Opći tehnički uvjeti i ispitivanja
- HRN IEC 60364-7-704, električne instalacije zgrada, dio 7: Zahtjevi za posebne instalacije i prostore, odjeljak 704: Instalacije gradilišta i rušilišta.

3. *Poznavanje propisa kojima se uređuju opći uvjeti obavljanja djelatnosti i zaštita potrošača*

PRAVNI IZVORI:

a) Odredbe o općim uvjetima obavljanja djelatnosti (registracija, odobrenje za rad, rješenje, suglasnost, drugo odobrenje nadležnih tijela, sjedište i tvrtka):
   - Zakon o trgovačkim društvima (»Narodne novine«, br. 111/93. i 34/99.)
   - Zakon o sudskom registru (»Narodne novine«, br. 1/95, 57/96, 1/98. i 45/99.)
   - Zakon o trgovini (»Narodne novine«, br. 53/91, 11/96, 75/99,62/01. i 109/01.)
   - Zakon o obrtu (»Narodne novine«, br. 77/93, 82/96 i 90/96.)
   - Zakon o ugostiteljskoj djelatnosti (»Narodne novine«, br. 46/97, – pročišćeni tekst, 68/98, 76/99, 92/01. i 117/01.)
   - Zakon o turističkoj djelatnosti (»Narodne novine«, br. 8/96. ispravak 19/96. i 76/98.)
b) Odredbe o zaštiti potrošača (isticanje cijena proizvoda i usluga, pravilnost naplate za prodanu robu, odnosno obavljenu uslugu, točnost mjerenja roba, pridržavanje propisanog radnog vremena, kupčeva prava, deklariranje, označavanje i obilježavanje proizvoda i dr.):
   - Zakon o trgovini (»Narodne novine«, br. 53/91, 11/96, 75/99,62/01. i 109/01.)
   - Zakon o ugostiteljskoj djelatnosti (»Narodne novine«, br. 46/97, pročišćeni tekst, 68/98, 76/99, 92/01. i 117/01.)
   - Zakon o normizaciji (»Narodne novine«, br. 55/96.)
   - Zakon o turističkoj djelatnosti (»Narodne novine«, br. 8/96. ispravak 19/96. i 76/98.)
   - Posebne uzance u trgovini na malo (»Narodne novine«, br. 16/95.)
   - Posebne uzance u ugostiteljstvu (»Narodne novine«, br. 16/95. i 108/96.).

SBK

PRAVILNIK O NAČINU NA KOJI SE PROVODI TIPNO ISPITIVANJE MJERILA

Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo donio je novi **Pravilnik o načinu na koji se provodi tipno ispitivanje mjerila** umjesto postojećeg pravilnika istog naziva iz 1996. godine (Narodne novine broj 93/96). Novi Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 82 od 12. srpnja 2002. godine.

Kao što mu i naziv kaže, Pravilnikom se, u 18 članaka, propisuje način na koji se provodi tipno ispitivanje mjerila.

Prema članku 2. tipno ispitivanje mjerila obavlja Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo na zahtjev proizvođača ili uvoznika mjerila. Dalje se u članku navode podaci koje mora sadržavati zahtjev za tipno ispitivanje.

U članku 3. utvrđen je sadržaj tehničke dokumentacije o mjerilu. U člancima 4. i 5. utvrđeni su dodatni podaci koje mora sadržati zahtjev za tipno ispitivanje u slučaju preinake mjerila.

Prema članku 6. tipno ispitivanje mjerila obuhvaća ispitivanje tehničke dokumentacije o mjerilu, ispitivanje mjeriteljskih značajki mjerila te ispitivanje prikladnosti mjerila za uporabu.

Članak 7. propisuje sastavljanje izvješća o obavljenom tipnom ispitivanju te sadržaj tog izvješća.

Članci 8. i 9. odnose se na izdavanje tipnog odobrenja i njegov sadržaj. U članku 10. utvrđen je postupak s mjerilom na kojem je obavljeno tipno ispitivanje. U članku 11. propisuje se način izdavanja tipnog odobrenja na temelju tipnog odobrenja inozemne ustanove.

Članci 12. i 13. utvrđuju postupak kada se pri tipno ispitivanju utvrdi da mjerilo ne zadovoljava.

Za slučaj da je mjerilo bilo u uporabi i pri tipnom ispitivanju ne zadovoljava izdaje se adekvatno rješenje sadržaja kako je propisano u člancima 14. i 15.

Članak 16. propisuje postupak s mjerilima koja su tipno ispitana prema starom Pravilniku iz 1996. godine.

SBK

PRAVILNIK O MJERITELJSKIM ZAHTJEVIMA ZA RADNE ETALONE – UREĐAJE KOJIMA SE ISPITUJU BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ovaj Pravilnik objavljen je u Narodnim novinama broj 85 od 18. srpnja 2002. godine. Njegovom primjenom prestaje

vrijediti **Pravilnik o metrološkim uvjetima za radne etalone – uređaje kojima se ispituju brojila električne energije** (Službeni list SFRJ broj 54/89, Narodne novine broj 53/91).

Pravilnikom se, u pet dijelova, odnosno u 31 članku, propisuju mjeriteljski zahtjevi za radne etalone.U općim odredbama, članci 1. do 3., utvrđuju se značenja korištenih izraza.

Mjeriteljski zahtjevi (granice dopuštenih pogrešaka, referentni uvjeti i napajanje uređaja) propisuju se u drugom dijelu, u člancima 4. do 7.

U trećem dijelu u člancima 8. do 26. propisuju se konstrukcijska svojstva (trofazni i jednofazni). Prema članku 9. uređaji se sastoje:

1. regulatora faznog kuta
2. dijelova za ugađanje struje i napona
3. strujnih i naponskih etalonskih mjernih transformatora (preklopnika)
4. etalonskih vatmetara, etalonskih brojila (transfernih instrumenata)
5. ampermetra
6. voltmetara
7. frekvencmetra
8. preklopnika i priključaka za mijenjanje metoda mjerenja strujnih i naponskih mjernih područja
9. priključaka za priključivanje brojila električne energije koja se ispituju
10. dijelova za ugađanje i pokazivanje simtričnosti napona.

U člancima 10. do 26. propisane su karakteristike pojedinih elemenata uređaja kojim se ispituju brojila električne energije.

U četvrtom dijelu, u člancima 27. do 29. propisuju se natpisi i oznake koje moraju biti na hrvatskom jeziku i na vidljivom mjestu.

SBK

KRITERIJI ZA IZBOR I POLAGANJE PODMORSKIH ELEKTROENERGETSKIH KABELA

U Biltenu HEP-a, u broju 100 od 3. srpnja 2002. godine objavljena je nova granska norma Hrvatske elektroprivreda pod nazivom " **Kriteriji za izbor i polaganje podmorskih elektroenergetskih kabela** " .

Ova granska norma propisuje tehničke uvjete i osnovne smjernice za izbor, izvedbu, projektiranje, transport, polaganje, spajanje, završavanje, ispitivanje i održavanje podmorskih energetskih kabela. Obuhvaćeni su kabeli nazivnog izmjeničnog napona 0,6/1 kV, 12/20 kV, 20,8/36 kV, 64/110 kV pogonsk efrekvencije 50 Hz. Djelomično se uvjeti iz ove granske norme primjenjuju i na telekomunikacijske kabele (transport, polaganje, priobalna zaštita).

Tekst je podijeljen u devet dijelova, od kojih deveti dio čine slikovni prilozi.

U drugom dijelu utvrđena je terminilogija koja se koristi u granskoj normi (podmorski kabel, kabelski vod i žila, vodič, nazivni presjek, izolacija, zaštitni sloj, zaslon, kabelski završetak, spojnica, stopica, spojna čahura, dopušteno strujno opterećenje, podmorska trasa, priobalna zaštita, održavanje, i dr.).

Treći dio se odnosi na konstrukciju i odabir podmorskih kabela (označavanje i obilježavanje žila i vanjskih zaštitnih plašteva, vodiči, izolacija, izbor tipskih podmorskih kabela, dopuštene trajne i struje kratkog spoja, pogonski induktivitet i kapacitet te nulta impedancija). Numeričke vrijednosti pojedinih karakteristika prikazane su tabelarno.

Kabelski pribor za podmorske kabele propisan je u četvrtom dijelu.

U petom dijelu propisan je način polaganja, popravak i vađenje podmorskih kabela. Obuhvaćeno je: priprema investicije, geodetski poslovi, istraživanje trase, pakiranje i transport, opremanje broda polagača, polaganje, snimanje izvedenog stanja, utvrđivanje mjesta kvara i popravak te vađenje podmorskog kabela.

Održavanje podmorskih kabela propisano je u šestom dijelu. Tabelarno su prikazane aktivnosti preventivnog održavanja podmorskih kabela i opreme uljnih kabela (tablica 13) te podmorskih kabela i opreme kabela s izolacijom od umreženog polietilena (tablica 14).

U sedmom dijelu propisana je priobalna zaštita podmorskih energetskih kabela, gdje je obuhvaćena priprema potrebne dokumentacije i podataka, projektiranje i izvedba priobalne zaštite, izrada izvedbenog projekta i njegov sadržaj, znakovi sidrenja i periodični pregledi.

Ispitivanje podmorskih kabela i pripadajućeg pribora te dokaz kvalitete opisani su u osmom dijelu. Tabelarno (tablice 15 do 16) prikazane su po naponskim nivoima vrste ispitivanja, zahtjevi i metode ispitivanja kabela. U tablicama 16 do 19 po naponskim nivoima prikazana su tipska ispitivanja kabelskog pribora za podmorske kabele (vrste ispitivanja, zahtjevi za ispitivanje, norme za ispitivanje, spojnice i završnici).

U tablici 20 prikazana su obvezna, a u tablici 21 nadzorna ispitivanja pri preuzimanju kabela. U tablici 22 prikazana su ispitivanja naponom frekvencije 0,1 Hz, a u tablici 23 ispitivanje istosmjernim naponom.

Na kraju teksta navedena je korištena literatura.

SBK

IZ GODIŠNJEG IZVJEŠĆA HEP-a ZA 2001. GODINU

Struktura ukupne potrošnje i proizvodnje električne energije u 2000. i 2001. godini prikazana je u tablici 1 te dijagramima na slikama 1 i 2.

Ukupna potrošnja električne energije u 2001. godini iznosila je 14.455 GWh, što je za 4, 47 više nego u 2000. godini.

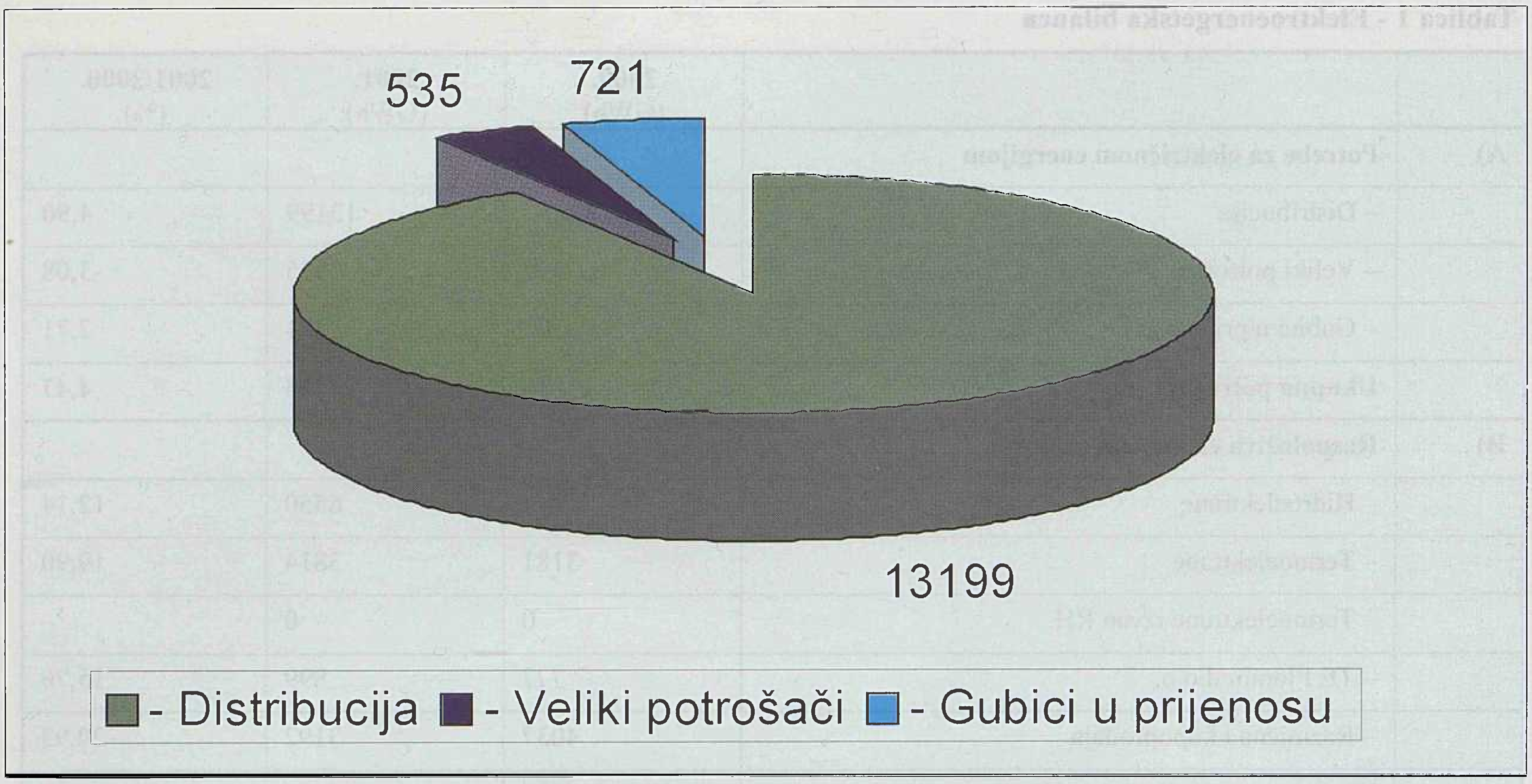
Hidroelektrane su proizvele u 2001. godini 6550 GWh, što je za 12,14 % više nego u 2000. godini. Termoelektrane s 3814 GWh proizvele su 19,90 % više nego u 2000. godini. TE Plomin 2 proizvela je u 2001. godini 899 GWh, što je za 15,70 % više nego u 2000. godini.

Razmjena i kupoprodaja su u 2001. godini pale za 20,93 % u odnosu na 2000. godinu.

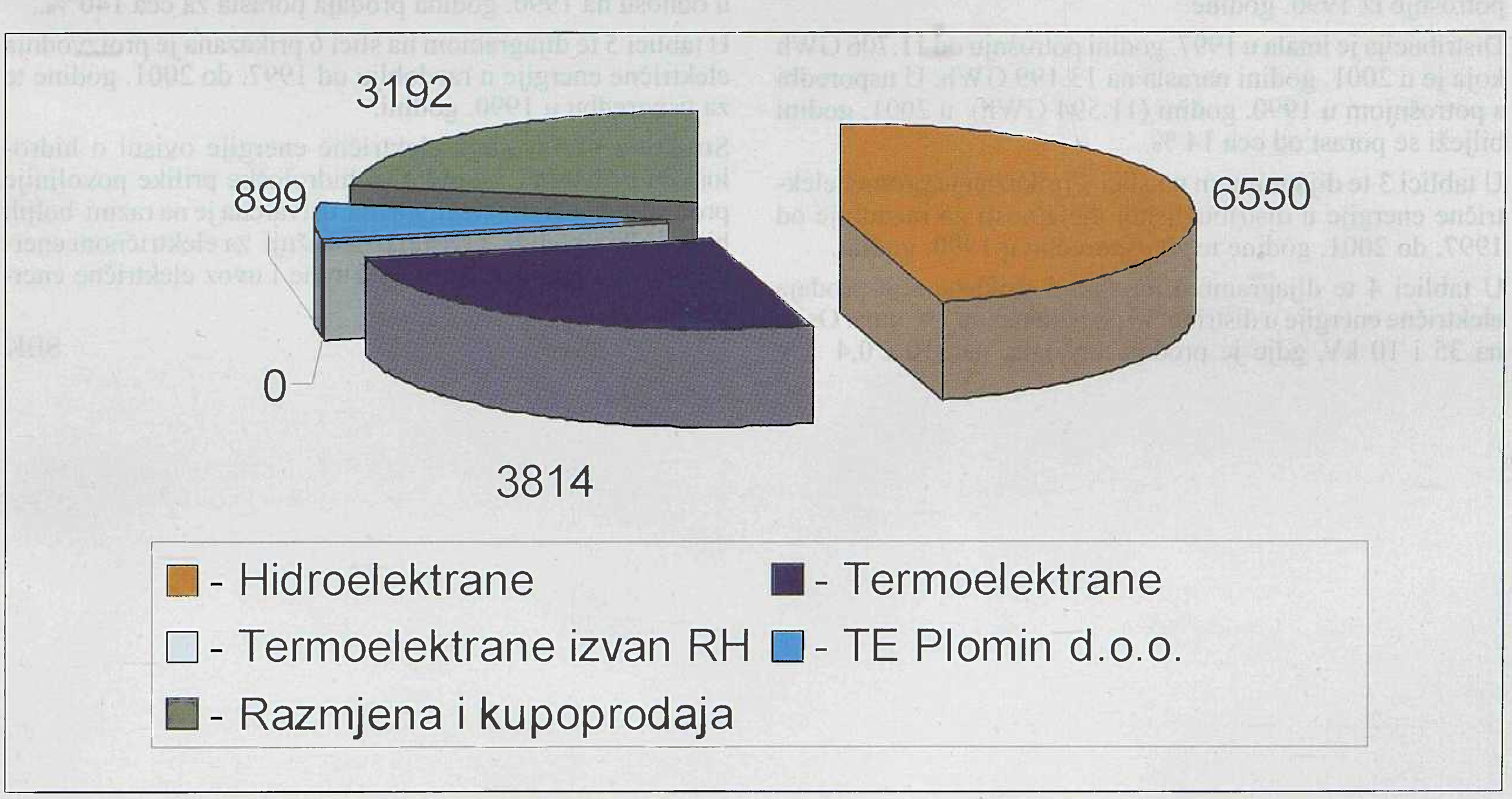
U tablici 2 te dijagramom na slici 3 prikazana je struktura potrošnje električne energije u petogodišnjem razdoblju od 1997. do 2001. godine, a za usporedbu i 1990. godina.

Ukupna potrošnja električne energije u razdoblju 1997. do 2001. godine rasla je od 12.793 GWh u 1997. godini do 14.455 GWh u 2001. godini. Ako se usporedi ukupna potrošnja u 2001. godini i ona u 1990. godini, onda potrošnja u 2001. godini još uvijek nije dostigla onu potrošnju iz 1990. godine (cca 98 %).

Potrošnja električne energije kod velikih potrošača lagano je padala od 643 GWh u 1997. na 535 GWh u 2001. godini. U usporedbi s potrošnjom u 1990. godini (2702 MWh), po-



Slika 1 - Potrebe za električnom energijom u 2001. godini (GWh)



Slika 2 - Struktura raspoloživih izvora električne energije (GWh) u 2001.

Tablica 1 - Elektroenergetska bilanca

		2000. (GWh)	2001. (GWh)	2001/2000. (%)
A)	**Potrebe za električnom energijom**			
	– Distribucija	12582	13199	4,90
	– Veliki potrošači	552	535	-3,08
	– Gubici u prijenosu	702	721	2,71
	Ukupna potrošnja	**13836**	**14455**	**4,47**
B)	**Raspoloživa električna energija**			
	– Hidroelektrane	5841	6550	12,14
	– Termoelektrane	3181	3814	19,90
	– Termoelektrane izvan RH	0	0	–
	– TE Plomin d.o.o.	777	899	15,70
	– Razmjena i kupoprodaja	4037	3192	-20,93
	Ukupno raspoloživa električna energija	**13836**	**14455**	**4,47**
C)	**Manjak (nepodmirene potrebe)**	**0**	**0**	–

trošnja u 2001. godini iznosila je jednu petinu (535 GWh) potrošnje iz 1990. godine.

Distribucija je imala u 1997. godini potrošnju od 11.706 GWh koja je u 2001. godini narasla na 13.199 GWh. U usporedbi s potrošnjom u 1990. godini (11.594 GWh) u 2001. godini bilježi se porast od cca 14 %.

U tablici 3 te dijagramom na slici 4 prikazan je promet električne energije u distribucijskoj djelatnosti za razdoblje od 1997. do 2001. godine te za usporedbu u 1990. godini.

U tablici 4 te dijagramom na slici 5 prikazana je prodaja električne energije u distribuciji po naponskim nivoima. Osim na 35 i 10 kV, gdje je prodaja opadala, na 110 i 0,4 kV prodaja je rasla. Najveći rast je zabilježen na 110 kV gdje je u odnosu na 1990. godina prodaja porasla za cca 140 %.

U tablici 5 te dijagramom na slici 6 prikazana je proizvodnja električne energije u razdoblju od 1997. do 2001. godine te za usporedbu u 1990. godini.

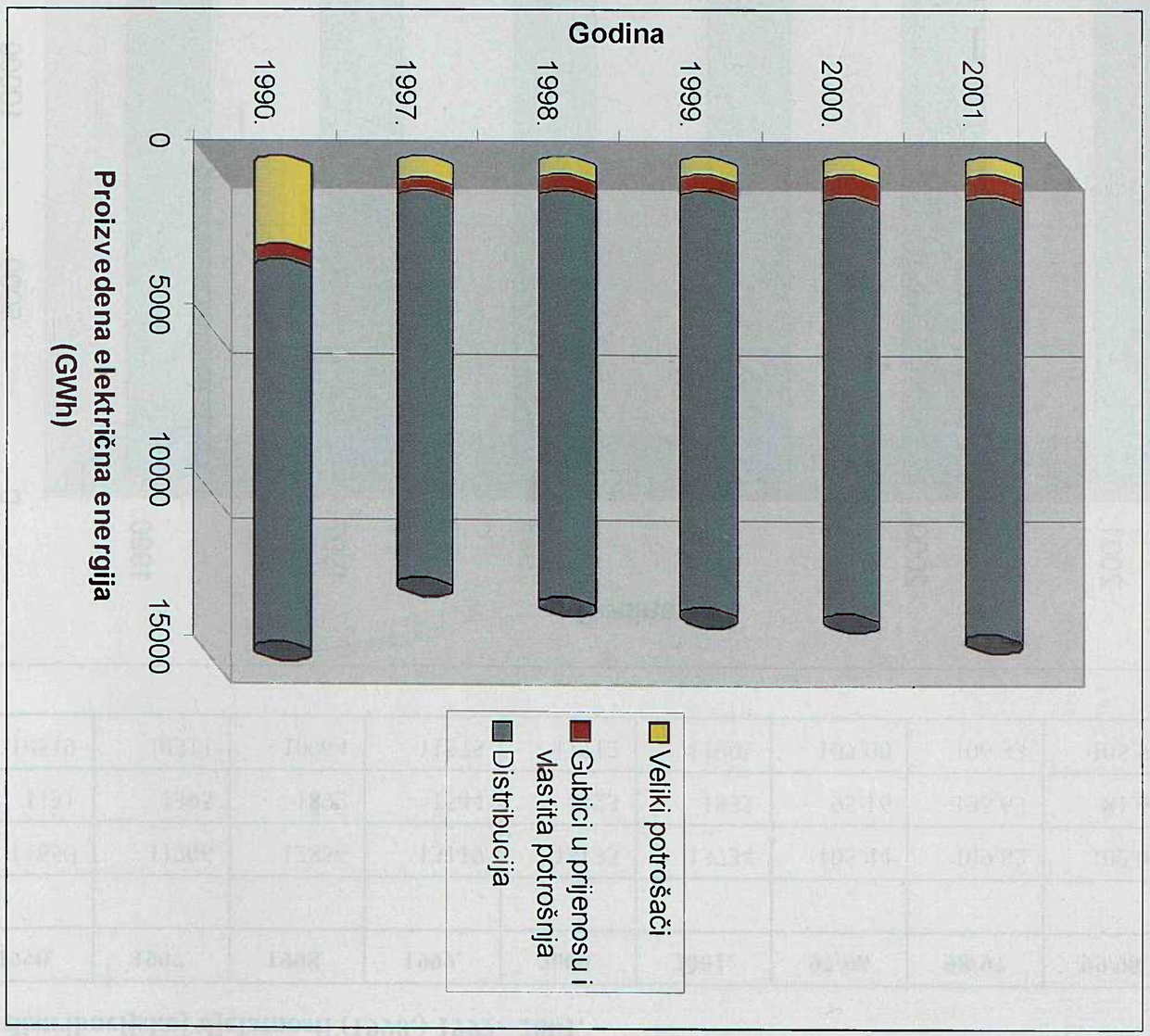
Struktura proizvodnja električne energije ovisni o hidrološkim prilikama. Ukoliko su hidrološke prilike povoljnije proizvodnja u hidroelektranama ostvarena je na razini boljih hidroloških godina. Ovisno o potražnji za električnom energijom angažirane su termoelektrane i uvoz električne energije.

SBK

Tablica 2 - Potrošnja električne energije (1990.) 1997.–2001)

(GWh)

	1990.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	97/96	98/97	99/98	00/99	01/00	01/90
Veliki potrošači	2702	643	550	533	553	535	125,59	85,54	96,91	103,75	96,75	19,80
Gubici u prijenosu i vlastita potrošnja	453	444	498	556	701	721	100,00	112,16	111,65	126,08	102,85	159,16
Distribucija	11594	11706	12306	12586	12582	13199	105,44	105,13	102,28	99,97	104,90	113,84
Ukupno	**14749**	**12793**	**13354**	**13675**	13836	**14485**	**106,10**	**104,39**	**102,40**	**101,18**	**104,47**	**98,21**
Maksimalno opterećenje	2421	2417	2585	2600	2661	2796	97,81	106,95	100,58	102,35	105,07	115,50

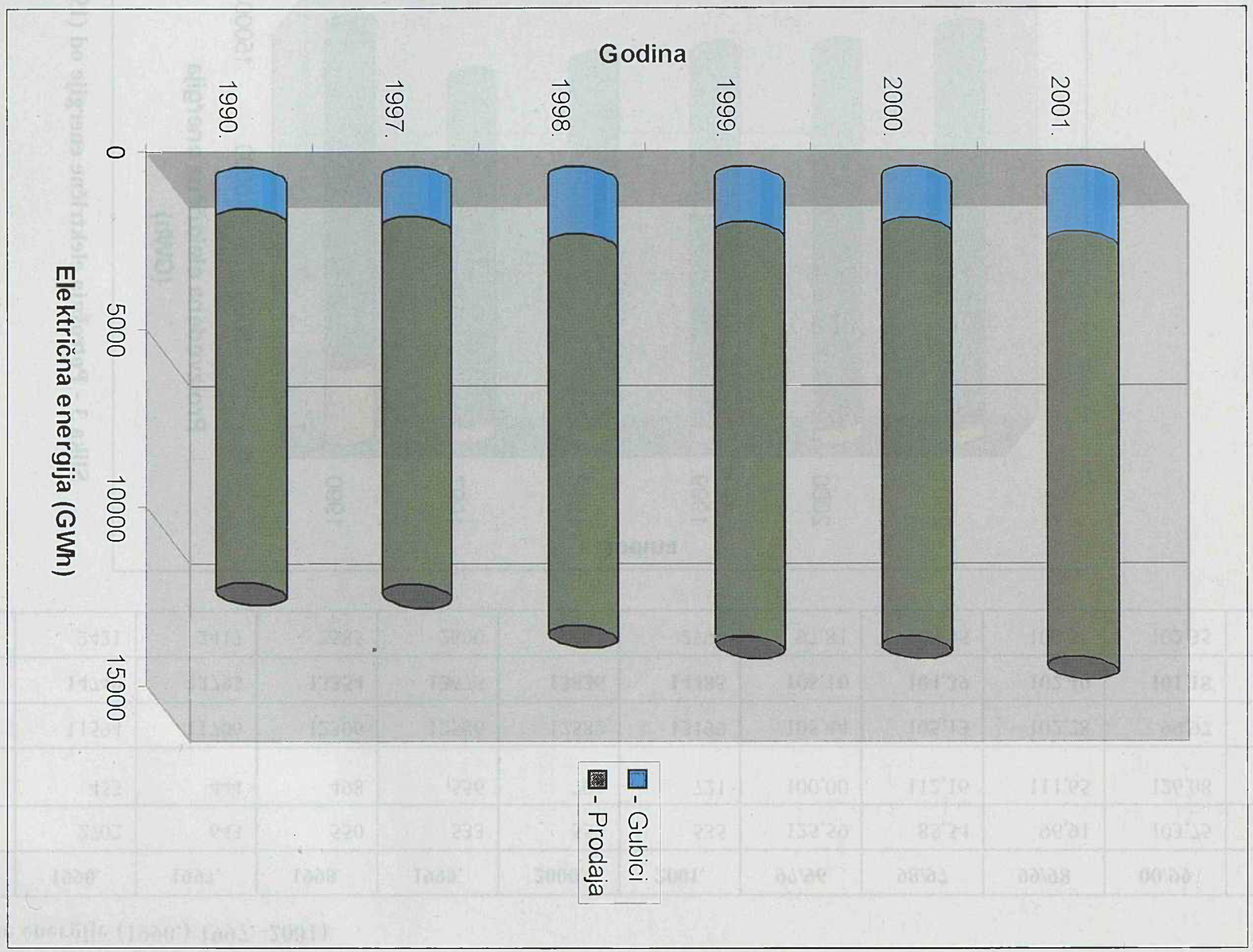


Slika 3 - Potrošnja električne energije od (1990). 1997. do 2001.

Tablica 3 - Promet električne energije u distribucijskoj djelatnosti (1990.) 1997.–2001.

(GWh)

	1990.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	97/96	98/97	99/98	00/99	01/00	01/90
Distribucijska djelatnost												
– Raspoloživo	11650	11706	12856	13119	13135	13734	105,44	109,82	102,05	100,12	104,56	117,89
– Gubici	1131	1395	1892	1544	1423	1833	95,16	135,63	81,61	92,16	128,81	162,00
– Prodaja	10519	10311	10964	11575	11712	11901	107,00	106,33	105,57	101,18	101,61	113,14

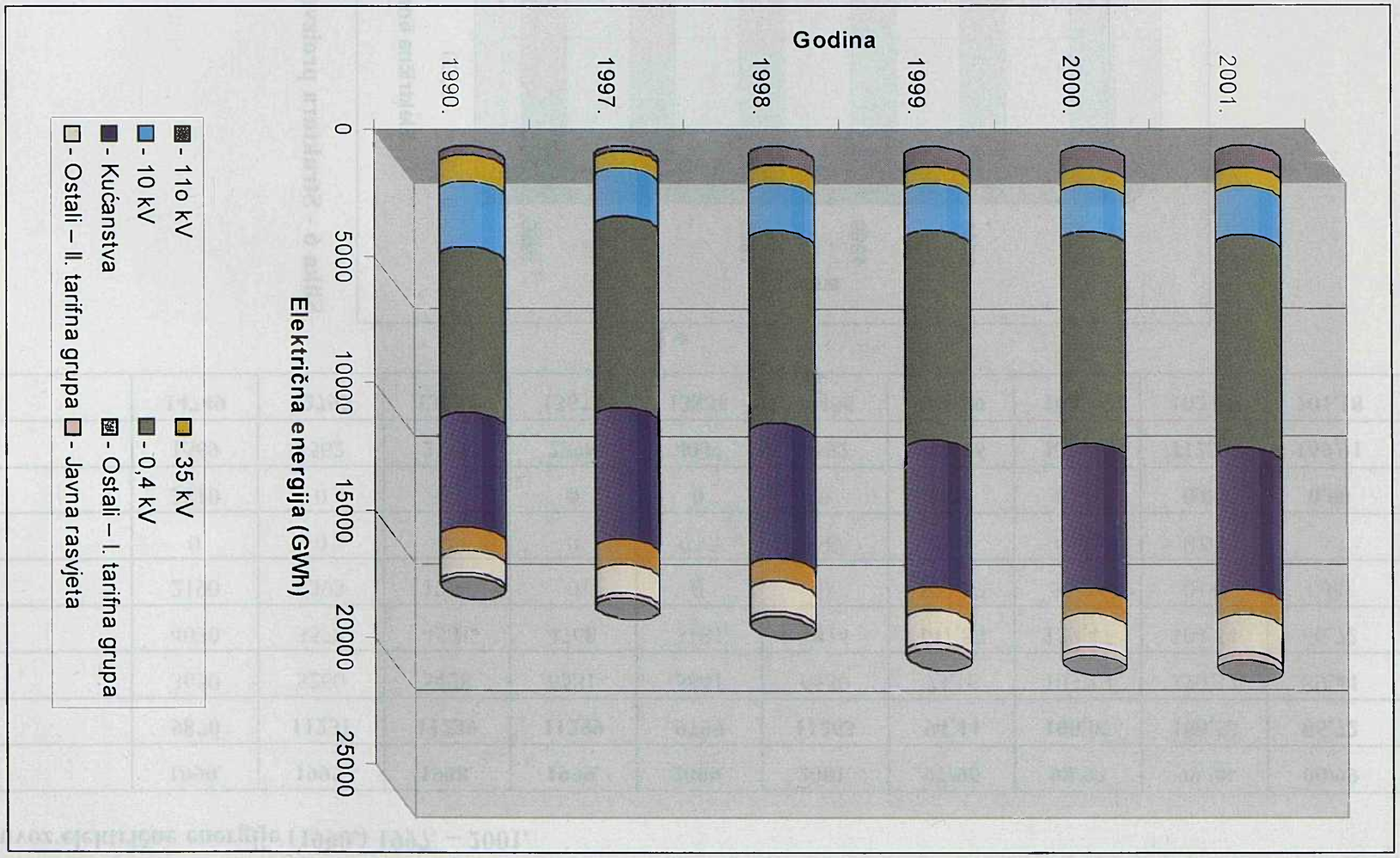


Slika 4 - Promet električne energije u djelatnosti distribucije

Tablica 4 - Prodaja električne energije po naponskim razinama (1990.) 1997. – 2001.

(GWh)

Prodaja na naponu	1990.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	97/96	98/97	99/98	00/99	01/00	01/90
– 11o kV	365	199	754	824	883	877	112,43	378,89	109,28	107,16	99,32	240,27
– 35 kV	1065	708	727	665	649	734	112,74	102,68	91,47	97,59	113,10	68,92
– 10 kV	2583	1882	1881	1868	1867	1937	102,45	99,95	99,31	99,95	103,75	74,99
– 0,4 kV	6506	7522	7602	8218	8313	8353	107,55	101,06	108,10	101,16	100,48	128,39
– Kućanstva	4485	5190	5267	5742	5729	5560	105,96	101,48	109,02	99,77	97,05	123,97
– Ostali – I. tarifna grupa	937	980	932	966	981	1003	111,62	95,10	103,65	101,55	102,24	107,04
– Ostali – II. tarifna grupa	903	1098	1155	1231	1307	1471	110,80	105,19	106,58	106,17	112,55	162,90
– Javna rasvjeta	181	254	248	279	296	319	111,89	97,64	112,50	106,09	107,77	176,24

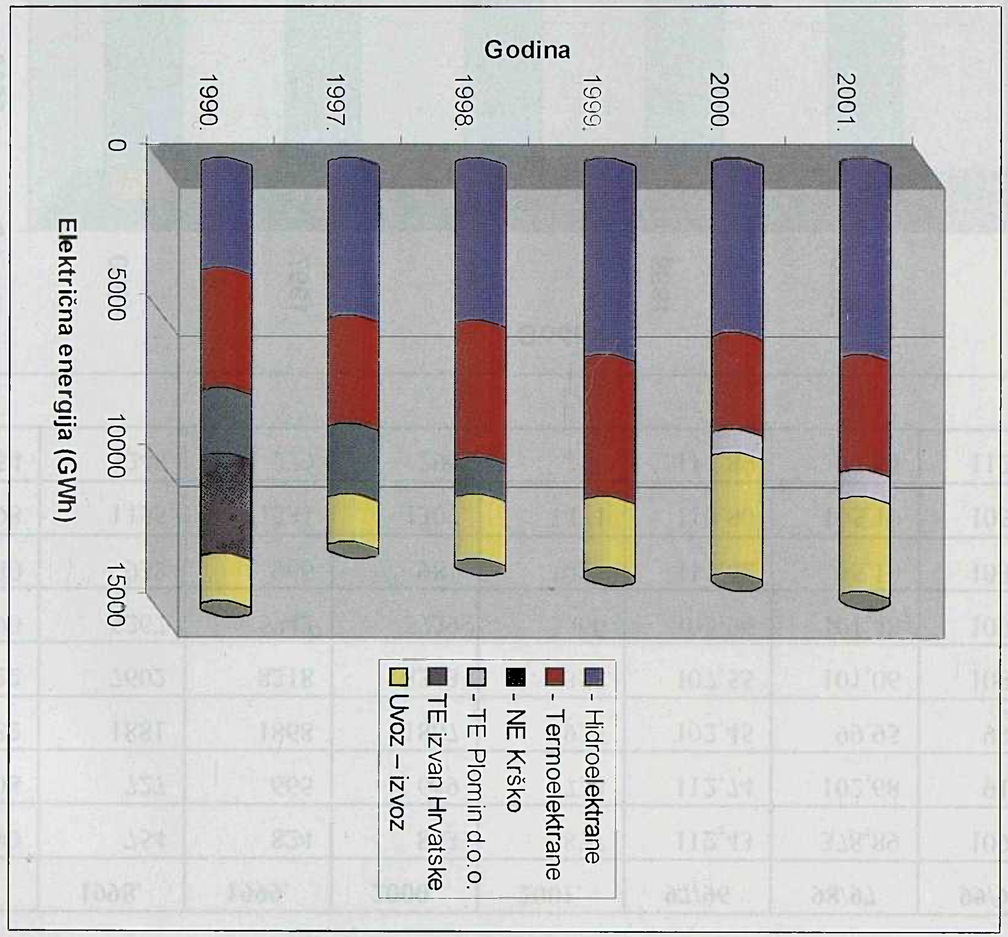


Slika 5 - Prodaja električne energije po naponskim nivoima

Tablica 5 - Proizvodnja i uvoz električne energije (1990.) 1997. – 2001.

(GWh)

	1990.	1997.	1998.	1999.	2000.	2001.	97/96	98/97	99/98	00/99	01/00	01/90
Ukupno u RH	**9870**	**11231**	**11239**	11299	**9799**	**11263**	**94,44**	**100,07**	**100,53**	**86,72**	**114,94**	**114,13**
– Hidroelektrane	3650	5260	5428	6531	5841	6550	73,16	103,19	120,32	89,44	112,14	**179,45**
– Termoelektrane	4030	3578	4561	4768	3181	3814	141,87	127,47	104,54	66,72	119,90	**94,64**
– NE Krško	2190	2393	1250	0	0	0	109,77	52,24	0,00	0,00	0,00	**0,00**
– TE Plomin d.o.o.	0	0	0	0	777	899	0,00	0,00	0,00	-	115,70	-
TE izvan Hrvatske	**3310**	0	**0**	**0**	0	**0**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
Uvoz – izvoz	**1569**	1562	2115	2376	**4037**	3192	940,96	**135,40**	**112,34**	**169,91**	79,07	**203,44**
Raspoloživo	14749	12793	**13354**	**13675**	13836	14455	**104,39**	102,40	102,40	101,18	**104,02**	**98,00**



Slika 6 - Struktura proizvodnje električne energije (1990.) 1997. – 2001.

STRAH NJEMAČKIH GRAĐANA OD BUDUĆIH ENERGETSKIH KOMPLIKACIJA

Prema provedenoj anketi u Njemačkoj 90% građana vjeruje da je opskrba električnom energijom sigurna sljedećih 10 godina. Tek se svaki deseti ispitanik boji komplikacija pri opskrbi električnom energijom. Od toga 79% je uvjereno da će do poteškoća doći u cijelom energetskom sektoru.

Anketa je pokazala vrlo slabu informiranost građana o elektroenergetskom stanju i slobodnom tržištu električne energije.

EW, god. 101 (2002), br. 9

Mrk

PRODOR NA TRŽIŠTE FOTONAPONSKE TEHNIKE

Njemački koncern RWE, Essen i tvrtka Schott-Gla, Mainz, osnovat će tijekom godine zajedničku tvrtku RWE Schott Solar, radi istraživanja i unaprjeđivanja fotonaponske tehnologije. Time oni žele zauzeti vodeće mjesto na tržištu fotonaponskih ćelija, modula i ostalih komponenti potrebnih za fotonaponsku proizvodnju električne energije.

EW, god. 101 (2002), br. 9

Mrk

VJETROELEKTRANE U FRANCUSKOJ

U Francuskoj se planira brzi i veliki porast broja vjetroelektrana, kao glavni i najveći doprinos povećanju korištenja obnovljive energije. Za iskorištenje energije vjetra naročito su pogodne francuske pokrajine uz Atlantik: sjeverozapadna Normandija i Pikardija te jugozapadna Langeudoc-Roussilon. Na tom se prostoru planira izgradnja vjetroelektrana instalirane snage od okruglo 450 MW. Cilj je da udio električne energije iz obnovljivih izvora, do godine 2010., naraste od današnjih 15% na 21%. Izgradnja vjetroelektrana prioritetni je energetski zadatak. Planira se da do godine 2010. bude izgrađeno 10000 do 13000 MW instaliranih u vjetroelektrane.

Da se što uspješnije realiziraju ovakvi planovi, utvrđena je kooperacija s njemačkim poduzećem Harpen AG iz Dortmunda.

EW, god. 101 (2002), br. 9

Mrk

VJETROELEKTRANE U ŠKOTSKOJ

Škotsko elektroprivredno poduzeće, Powergen Renewabes Ltd, Coventry, u okviru programa SPO(Scottich Renewable Obligation), izgradilo je park vjetroelektrana "Bowbeat" u blizini Edinburgh-a. Park ima 24 postrojenja, instalirane snage od po 1,3 MW, na čeličnim stupovima visine 43 m.

Samo postrojenje vjetroelektrane isporučila je tvrtka Nordex AG iz Hamburga, dok su stupovi, temelji i električni priključak na javnu mrežu izvela domaća poduzeća iz V. Britanije.

Prema planu, tijekom 2002. godine park će moći davati električnu energiju u javnu mrežu škotske elektroprivrede Scottish Power.

EW, god. 101 (2002), br. 9

Mrk

NAPREDAK KOD FOTONAPONSKIH ĆELIJA

Stručnjacima Instituta za fotovoltaiku u Jülichu (Njemačka) uspjelo je razviti silicijsku tankoslojnu fotonaponsku ćeliju, korisnosti 11,2%. Ćelija navedenih karakteristika ima površinu tek 1 cm2, ali ravoj ide u smjeru promjene za veće solarne module. Ovaj će tip ćelije postati jeftiniji masovni proizvod ukoliko korisnost od današnjih 6-7% naraste barem na 10% (trajno).

EW, god. 101 (2002), br. 10

Mrk

PAD USPJEŠNOSTI ELEKTROINDUSTRIJE U NJEMAČKOJ

U njemačkoj elektrotehničkoj i elektroničkoj industriji došlo je u drugoj polovici prošle godine do konjuktivnog pada. Sumirajući uspjeh cijele godine, u toj je branši došlo do zaostajanja i do 2%. Tome su razlog političke prilike na Bliskom i Srednjem Istoku, što je dovelo do poskupljenja energije i sirovina. Branšu zabrinjava trgovački sukob SAD i EU, koji bi mogao pogoditi elektroindustriju u cjelini.

EW, god. 101 (2002), br. 10

Mrk

HE PEIXE U BRAZILU

Brazilsko – portugalski koncern "Enerpeixe" gradi u Braziu hidroelektranu "Peixe Angical", snage 450 MW, s tri agregata. Agregati imaju kaplanove turbine, s promjerom rotora od 8,5 m. Turbine se ubrajaju među najveće ove vrste u svijetu.

Dobavu opreme, u vrijednosti od 60 milijardi eura, izvršit će njemačka poduzeća Voith – Siemens Hydro Power Generation.

EW, god. 101 (2002), br. 10

Mrk

ISKORIŠTENJE JAMSKOG PLINA

U Njemačkoj se planira da će biti moguće različitim mjerama, a na temelju zakona o korištenju obnovljive energije, (iz godine 2002.) povećati udio električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora od današnjih 14%, do godine 2010. na 22%. Premda jamski plin ne pripada, strogo uzevši, među regenerativne plinove, njegovo je korištenje obuhvaćeno spomenutim zakonom. Na temelju toga njegovo je iskorištenje ekonomično i isplativo. Jamski plin ne samo da biva energetski neiskorišten, već njegovo puštanje u atmosferu ekološki je štetno, budući da sadrži najviše metana, plina koji je štetniji za promjenu klime od ugljičnog dioksida.

Do sada je samo u Njemačkoj pušteno u atmosferu više od milijardu m3 metana što izlazi iz aktivnih i zatvorenih rudnika. Ponegdje se taj plin spaljuje u bakljama premda bi mogao biti energetski iskorišten.

Tri su njemačka poduzeća osnovala tvrtku "Minegas GmbH", koja bi samo u Ruhru izgradila oko 30 postrojenja za korištenje jamskog plina. Taj decentralizirani park elektrana, svojim bi radom rasteretio atmosferu za više od 2 milijuna tona CO2. Time će sve tri tvrtke osnivači postati vodeće u Njemačkoj u gradnji i pogonu elektrana koje koriste jamski plin.

Kao primjer, tvrtka Minegas izgradila je na području bivšeg rudnika ugljena Gneisenau elektranu-toplanu, ukupne snage 1350 kW. Rudnik, u kojemu je nekad radilo do 6000 radnika, zatvoren je godine 1985. U drugom je primjeru ista tvrtka, izgradila elektranu-toplanu, koristeći jamski plin, ali već kod projektiranja je uzeto u obzir da bi tog jamskog plina moglo ponestati, pa postoji mogućnost da postrojenje nastavi rad zemnim plinom.

Za sada je korištenje jamskog plina primijenjeno samo u Njemačkoj, ali postoje velike mogućnosti da se takva tehnika primijeni i u svijetu, anročito u Istočnoj Europi, SAD i Kini.

EW, god. 101 (2002), br. 10

Mrk

KAMERA DAY-COR II

Tinjava izbijanja (korona), parcijalna izbijanja i elktrični luk često se pojavljuju na visokonaponskim električnim postrojenjima. Takve su pojave često početak većih kvarova, pa ih je potrebno što prije otkloniti, ali su teško vidljiva, osobito u početku, po danu i sumraku. Opažaju se tek u potpunoj tami. Ekipa koja održava postrojenja teško uočava u početku takvu pojavu.

Da bi se riješile navedene poteškoće razvila je američka tvrtka "Giga Energy" specijalnu kameru nazvanu Day-Cor II, koja može snimiti početne pojave tinjavog izbijanja i po danu, na udaljenosti od nekoliko metara, u nekim slučajevima i do 50 m. Kamera se mnogostruko upotrebljava u mnogim državama u svijetu, a sada se prave ispitivanja da se uvede i u Njemačkoj. Mnogo koristi da se otkriju izbijanja na naponskoj strani izolatora od umjetnih smola na elektrovodovima, jer se može snimati iz helikoptera po svakom vremenu.

EW, god. 101 (2002), br. 10

Mrk

PROJEKT LOGO-ŠUMA

Projekt Logo-šuma patentiran je u Njemačkoj i širi se po svijetu. Prema planovima organizacije "Drveće za svijet" (Tree for the World) mnoge će ogoljele površine biti opet pošumljene. Prema tom planu na površini od najmanje 10 km^2 zasadit će se na oko 80% te površine domaće drveće, koje će se razviti u prirodnu šumu, a ostatak od 20% bit će zasađen voćkama.

EW, god. 101 (2002), br. 11

Mrk

PORAST U PODRUČJU VJETROENERGIJE IZNAD OČEKIVANJA

Uoči stručnog sajma opreme za vjetroelektranu u Hamburgu, izašla je studija inicirana od proizvođača opreme za vjetroelektrane "Windenergy – Studie 2002". U studiji su sakupljene prognoze proizvođača vjetroelektrana koje premašuju prognoze energetičara. Ovakav optimistički pogled na razvoj vjetroelektrana osniva se na dosadašnjem vrlo naglom razvoju svugdje u svijetu. U tablici dane su instalirane snage u vjetroelektranama danas (2001) i prema prognozama proizvođača vjetroelektrana, u budućnosti u MWh.

	Europa	Svijet
Stanje 2001.	17833 MW	24969 MW
prognoza 2005.	42141 MW	60485 MW
prognoza 2010.	68707 MW	118585 MW

EW, god. 101 (2002), br. 11

Mrk

ŠTETNI PLINOVI I OBVEZE ZEMALJA EU

Prema protokolu iz Kyota, zemlje EU su obvezne da u vremenskom razdoblju od godine 2008. i 2012. smanje emisiju stakleničkih plinova, prema 1990. godini za 8%. Prema najnovijem inventaru, u godini 2000.ukupna emisija štetnih plinova bila je 3,5% ispod emisije u godini 1990., a emisija samog plina CO2, o,5%. Manje je pozitivna činjenica da se emisija CO2 i ostalih stakleničkih plinova povećala između godina 1999. i 2000. Emisija CO2 čini u zemljama EU 80% sviju štetnih plinova.

Glavni razlog spomenutog porasta ukupne emisije uzrokovan je povećanjem emisije CO2 od 2,4% proizvodnjom električne energije i topline, izgaranjem fosilnih goriva.

Podaci za godinu 2000. pokazuju da još uvijek polovica zemalja EU daleko premašuje emisiju stakleničkih plinova, prema protokolu iz Kyota. U Španjolskoj je emisija prema godini 1990. premašena za 33,7%. Naprotiv, u Njemačkoj je smanjena za 19,1%. To nije daleko od zadanih 21%, koliko Njemačka mora reducirati štetnu emisiju u razdoblju godine 2008. do 2012.

EW, god. 101 (2002), br. 11

Mrk

VAŽNOST PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NUKLEARNIM ELEKTRANAMA

Premda se u mnogim zemljama govori o napuštanju i gašenju nuklearnih elektrana, male su mogućnosti da se to i provede. S jedne se strane veliki dio (17%) električne energije u svijetu proizvede u nuklearkama i teško se može nadomjestiti, a s druge strane ne vidi se mogućnost, da se ostvari redukcija CO2 prema protokolu iz Kyota. Npr. da je samo u Njemačkoj količina električne energije godine 2001., umjesto u nuklearkama, proizvedena u elektranama na ugljen, u atmosferu bi otišla emisija od 180 milijuna tona CO2.

Danas (konac 2001. godine) u svijetu je u pogonu 438 nuklearnih blokova, ukupne snage 375000 MW. Tijekom godine 2001. na električnu je mrežu priključeno još 9 novih, nuklearnih elektrana u Japanu, Rusiji i Kini. U 11 država svijeta u gradnji su 32 nuklearna postrojenja, s instaliranom snagom od okruglo 30000 MW. U SAD ne samo da se grade nove nuklearke, već se nastoji postojećim produljiti radni vijek.

Prema njemačkom zakonu iz studenog godine 2001., zabranjeno je u Njemačkoj graditi nove nuklearne elektrane, ali nije zabranjeno istraživanje, osobito radi sigurnosti na tom području.

EW, god. 101 (2002), br. 11

Mrk

NJEMAČKI UVOZ I IZVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE

Trećina električne energije koje Njemačka uvozi (33% god. 2000.), dolazi iz Francuske. Druga je zemlja iz koje se uvozi Republika Češka, 21%, a treća Austrija s 14% itd.

Izvoz električne energije iz Njemačke, u prvome je redu usmjeren prema Nizozemskoj s udjelom od 39% i Švicarskoj s udjelom od 23%. Treća uvozna zemlja je Austrija s udjelom od 16%, itd.

Njemačka je godine 2000. uvezla ukupno 44 milijarde kWh, a izvezla 43,9 milijardi kWh. Dakle jako izbalansiran uvoz i izvoz električne energije.

EW, god. 101 (2002), br. 12

Mrk

KOLIKI JE MJESEČNI RAČUN ZA ELEKTRIČNU ENERGIJU?

Prema izvješću njemačke elektroprivrede (VDEW) iz mjeseca travnja godine 2002., tročlano njemačko kućanstvo plaća mjesečno za struju prosječno 44,6 eura. Ovaj je račun 7% veći od prosjeka u prethodnoj godini, ali još uvijek povoljniji nego godine 1999. Glavni je razlog porasta računa povećanje eko-poreza, troškova proizvodnje i prijenosa električne energije.

EW, god. 101 (2002), br. 12

Mrk

BUDUĆNOST OPSKRBE EUROPSKIH OTOKA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Europski otoci (razmatraju se samo otoci Sredozemlja i Sjeverne Europe, jadranski otoci nisu obuhvaćeni), na kojima živi oko 5% stanovništva EU, a godišnje posjećuje oko 50 milijuna turista, imaju osjetljivo skuplju električnu energiju od potrošača na kopnu. Otoci ne raspolažu fosilnim gorivima i praktički niti nijedan nije priključen na javnu mrežu na kopnu, ali imaju mogućnost korištenja obnovljivih energetskih izvora.

Već se godinama ponegdje koristi energija vode i geotermička energija, ali budućnost je u energiji vjetra i sunca. Energetske prilike otoka su specifične , a pri planiranju energetske budućnosti svakako treba uzeti u obzir obnovljive energetske izvore.

Geotermička energija, na Azorima, otocima vulkanskog podrijetla i vodne snage skoro na svim otocima, neprekidni su izvori energije za razliku od sunca i vjetra. Sedamdesetih se godina prošlog stoljeća sve više počela koristiti fotonaponska tehnika na otocima. Za napajanje svjetionika, telekomunikacionih uređaja i malih naselja. U osamdesetim godinama već su građeni veliki sustavi na grčkim i talijanskim otocima. U devedesetim godinama počelo je intenzivno korištenje vjetra. Na Kanarima se putem vjetra proizvode velike snage. Zbog nestabilnosti iskorištenja energije vjetra, iz parka vjetroelektrana priključenog na javnu električnu mrežu, tek je garantirano uzimanje 50% energije, pa tako ima i energetskog viška koji se iskorištava u npr. uređajima za odslanjivanje vode. Kanarski bi otoci mogli služiti kao laboratorij za korištenje obnovljive. Upravo učinjeni planovi obuhvaćaju maksimalnu mogućnost korištenja obnovljivih izvora, osobito vjetra. Danas u ukupno proizvedenoj električnoj energiji na Kanarima tek 6% dolazi iz vjetroelektrana. Već postoje uspješno provedeni projekti iskorištavanja vjetra i na drugim otocima. U malom ribarskom mjestu Puertito de la Cruz uspješno radi sustav vjetroelektrana 225 kW i dva diselska agregata po 75 kVA. Ovaj sustav napaja ne samo potrošače u mjestu već i uređaj za odslanjivanje vode.

Na otoku El Hierro, jednom od Kanarskih otoka, planira se izgradnja sustava vjetroelektrana – pumpno-akumulacijska hidroelektrana. Vjetroelektrana bi davala potrebnu energiju pumpi, koja bi bacala vodu u prirodni bazen na visini od 700 m. Voda iz bazena pokretala bi malu hidroelektranu na morskoj obali.

Drugi sustav, vrlo perspektivan za budućnost, je primjena plina vodika, proizvedenog energijom vjetra. Na tom problemu, kao partner velike europske industrije radi Kanarski državni institut (ITC), sudjelujući u projektu RES"H", uz financijsku pomoć Europske komisije. U okviru projekta izugradit će se dva ogledna postrojenja, jedno u Grčkoj, a drugo na Kanarskim otocima, na području ITC.

Također za buduće rješenje korištenja obnovljivih energetskih izvora u obzir dolazi energija morskih valova. Na Azorima, na otoku Pico, već se dobivena neka iskustva s tom vrstom korištenja obnovljive energije. U Škotskoj (Islay), već skoro dvije godine, uspješno radi prvo postrojenje građeno na tom principu, snage 500 W. Institut ITC traži na Kanarima pogodno mjesto, kako bi izgradio slično ogledno postrojenje.

Otoci s malo stanovnika ili malim udaljenim naseljima, kao što je to slučaj na mnogim grčkim otocima, mogu riješiti elektroenergetski problem izgradnjom hibridnih malih elektrosustava napajanih električnom energijom iz vjetroelektrana, fotonaponskih elektrana i pomoćnih dizelskih agregata. U obzir dolaze i gorive ćelije, kojima se, kao decentraliziranu izvoru električne energije, predviđa velika budućnost. Gorivo, tj. plin vodik, proizvodio bi se energijom vjetroelektrana.

EW, god. 101 (2002), br. 12

Mrk

BUDUĆNOST OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U VELIKOJ BRITANIJI

U godinama koje dolaze obnovljivi izvori energije imat će ključnu ulogu u Velikoj Britaniji. Zbog toga je već sada potrebno stvoriti dobar temelj za njihov budući razvoj. Svjesna toga, britanska vlada je obvezala sve dobavljače električne energije da moraju dobaviti određeni postotak električne energije (10 %) iz obnovljivih izvora. Da bi ubrzala razvoj obnovljivih izvora energije osigurala je 260 milijuna funti tijekom tri godine za razvoj obnovljivih izvora energije.

Ove mjere omogućit će industriji da ostvari vladin cilj od 10% do 2010. godine, što je s obzirom na troškove potrošačima prihvatljivo. Proces bi se trebao odvijati u četiri koraka:

- Stvara se zakonska obveza da svi licencirani dobavljači električne energije dobavljaju određeni postotak električne energije iz obnovljivih izvora do kraja 2027. godine. To osigurava britanskoj industriji čvrsti okvir, stabilnost tržišta i pouzdanost za investiranje u obnovljive izvore bržim tempom i u većem opsegu.
- Obnovljivi izvori energije izuzeti su od davanja na ime klimatskih promjena. Procijenjeno je da će se korištenjem 10 % električne energije iz obnovljivih izvora smanjiti doprinos štetnih plinova (ugljik) Velike Britanije za oko 2,5 milijuna tona.
- Postojeći ugovori za nefosilna goriva bit će zaštićeni. Uvodi se veća fleksibilnost na lokacijama da bi se bez teškoća omogućila realizacija projekata. Procjenjuje se da će uz predviđene mjere vrijednosti tržišta obnovljivih

izvora biti oko 1 milijardu funti po godini ili čak i više do 2010. godine.

– U fazi izrade je studija koja treba istražiti regionalne mogućnosti za ostvarenje nacionalnog cilja od 10 % dobave električne energije iz obnovljivih izvora.

Neki od obnovljivih izvora energije već su komercijalno razvijeni (hidroenergija, zemni plin, energija vjetra u priobalju), ali ipak treba poboljšati postojeće tehnologije.

Sredstva od 260 milijuna funti rasporedit će se na:

– R&D programe obnovljivih izvora 55,5 milijuna funti
– industriju za korištenje vjetra u priobalju 74,0 milijuna funti
– razvoj korištenja energije iz biomase u poljoprivredi 78,5 milijuna funti
– za proširenje industrije fotovoltaičkih ćelija 20,0 milijuna funti
– za zajedničke potrebe razvoja 10,0 milijuna funti.

Da bi se mogla koristiti električna energija iz obnovljivih izvora, kao što su vjetroenergija i energija valova, nužno je osposobiti elektrodistribucijski sustav. Tako vlada financira izradu studije kabelskog sustava koji će povezivati Škotsku, sjeverozapadnu Englesku, sjevernu Irsku, zapadni Wales i možda jugozapadnu Englesku. To bi omogućilo preuzimanje električne energije iz vjetroelektrana u priobalju i znatno doprinijelo ostvarenju postavljenih ciljeva zastupljenosti na tržištu električne energije iz obnovljivih izvora.

U prilog ostvarenju postavljenog cilja pokreću se zamjene i rekonstrukcije tridesetak hidroelektrana u što će se investirati oko 250 milijuna funti. S time će se dobiti dodatnih 200 GWh električne energije iz obnovljivih izvora.

Sljedećih 1000 do 1500 MW treba se dobiti iz vjetroelektrana u priobalju (offshore wind). Ova proizvodnja je komercijalno isplativa i s cijenom može konkurirati na tržištu. U Walesu se treba graditi vjetro-farma kapaciteta 58,5 MW, dosada najveća u Velikoj Britaniji, koja će opskrbljivati oko 40.000 domaćinstava.

Power Industry Development, 2002.

SBK

OCJENA LIBERALIZACIJE ENERGETSKOG TRŽIŠTA NA SKUPU U BARCELONI

Prema riječima britanskog premijera Tonya Blaira, skup u Barceloni, održan početkom ove godine, nije se razlikovao od ostalih. U svezi s glavnim pitanjem – liberalizacije elektroenergetskog i tržišta plina – konkretno je malo učinjeno. Ipak, nešto je drugačije.

Nakon Barcelone, lakše je vjerovati da će proces liberalizacije krenuti naprijed. Barcelona je bila prekretnica za gospodarski i socijalni program reforme, dogovoren u Lisabonu u ožujku 2000, čiji je cilj bio učiniti Europu najkonkurentnijim gospodarstvom u svijetu.

Neuspjeh u postizanju bilo kakvog napretka u Barceloni značio bi nekoliko koraka unazad u gospodarskoj reformi. To bi također značilo i korak unazad, osobno za Jose Maria Aznara, španjolskog premijera.

Svjesni posljedica, prisutni su se pozitivno izjasnili o dogovorima postignutim u svezi s energijom kao značajnom koraku prema punoj liberalizaciji. Također i predsjednik Europske Komisije, Romano Prodi, ocijenio je rezultate iz Barcelone izvrsnim.

Bilo je bolje nego što je itko očekivao. U tjednu prije skupa, nade u uspjeh su splasnule. Francuzi su predlagali da budu u opoziciji čak i skromnim zahtjevima za otvaranje energetskog tržišta.

Rezultat u Barceloni stvarno je malo od pune liberalizacije, ali značio je ograničeni napredak. Od 2004., svi komercijalni korisnici u Europi bit će u mogućnosti izabrati svog energetskog dobavljača. Zauzvrat Francuskoj za taj dogovor, Komisija se složila da odloži odluku o liberalizaciji potrošačkog tržišta sve do iduće godine i da da suglasnost u EU zakonu o zaštiti "javnog interesa", za neka udaljena područja i osjetljive grupe. To bi moglo učiniti punu liberalizaciju privlačnijom francuskoj javnosti.

U drugim područjima, predložene reforme su uspješno blokirane. Njemačka je štitila svoj model dobrovoljne regulacije. No, prijedlog da se stvore nacionalni regulatori nije izglasan. Umjesto toga prihvaćeno je da se učvrsti regulatorska funkcija u svakoj državi članici.

Također je bilo dogovoreno da bi svaka država članica trebala biti u mogućnosti prodati 10% svoje energije preko državnih granica do 2005. te da cijenu izgradnje potrebne infrastrukture trebaju platiti kompanije.

No, efekt Barcelone veći je od zbroja dijelova. Bio je korak promjene u politici Europe. Nakon Barcelone, podjele koje su karakterizirale politiku pojedinih europskih država nisu nestale. Stvorio se dojam da su se stvari ubrzale. Prema riječima Aznara korak prema liberalizaciji je nepovratan.

Gotovo svih 15 članica EU žele ili trebaju daljnju liberalizaciju – ali ne iz istih razloga. Na skupu u Barceloni pojavio se i novi predsjednik Europskog Parlamenta Pat Cox. Najvažnije za skup u Barceloni je da je Parlament glasao u omjeru 5:1 za potpisivanje liberalizacije tržišta plina i struje, za otvoreno tržište energije te da se to načini u skladu s dogovorom u Lisabonu.

Cox je apelirao na Europski savjet da nastavi s programom. Također je uputio apel za boljim dijalogom između europskih institucija i naglasio svoju privrženost partnerstvu.

Što je stvarno značio skup u Barceloni vidjet će se u sljedećih dvanaest mjeseci.

Energy Markets, May 2002, Vol. 7 No. 5

SBK

TEHNOLOGIJA KAO ALAT, A NE CILJ

Jedan od faktora koji će dijeliti pobjednike od gubitnika u konkurentnoj industriji energije bit će način na koji kompanije upravljaju informacijama. Informacija, u svim svojim formama, ključna je strateška poslovna prednost i mora biti dostupna svim razinama uspješnog poslovanja poduzeća.

Danas postoji niz različitih proizvoda informacijske tehnologije (IT) za upravljanje informacijama s ciljem postizanja mjerljive produktivnosti i efektivne zarade, osiguranja tržišne prednosti te većim profitima.

Danas su na tržištu dostupna iznenađujuća softwerska rješenja koja se mogu koristiti u svim segmentima poslovanja kompanije, od uredskog poslovanja, projektiranja, proizvodnih operacija, marketinga, prodaje, itd.

Sredstva uložena u implementaciju IT tehnologije sigurno se vraćaju. Kao primjer mogu poslužiti korištenje elektronskih karata koje su smanjile troškove transakcija zračnih linija s 8 na 1 $, bankovne transakcije temeljene na Internetu 99%. Kao bilo koja tehnologija i IT mora služiti definiranom cilju.

Primjena IT tehnologije traži i odgovarajuće obrazovane ljude. To se naročito odnosi na projektante kompleksnih sustava kao što su elektrane, industrijska postrojenja, itd.

Tome se moraju prilagoditi visokoškolske ustanove, koje trebaju obrazovati inženjere, ne za obavljanje rutinskih poslova, već za kvalitetu ulaznih podataka i procjenu dobivenih rezultata.

Power, May/June 2002, Vol 146, No.3

SBK

ZELENI CERTIFIKATI

Poslovni svijet sve više i više shvaća svoju socijalnu odgovornost. Ljudi, Planet i Profit čine jezgru njihove poslovne filozofije.

U većini slučajeva potrošnja električne energije iz obnovljivih izvora dio je toga shvaćanja. Dok za neke ona nije dostupna, za druge je preskupa. Kako su tijekovi električne energije određeni zakonima fizike, potrošači ne mogu uvijek dobiti električnu energiju direktno iz vjetroelektrana ili solarnih elektrana, odnosno iz elektrana koje proizvode električnu energiju iz obnovljivih izvora. Međutim, pojavom tzv. "sustava sa zelenim certifikatom" u različitim dijelovima svijeta ove barijere potrošnji obnovljive energije se otklanjaju.

Zeleni certifikat je zapravo samo komad papira (ili, u većini slučajeva, elektronički zapis u službenim datotekama), u kojem stoji da je 1 MWh električne energije proizveden iz obnovljivih izvora. Budući da je ovaj certifikat unikat, može se koristiti kao službeni dokaz i jamstvo za činjenicu da je jedna jedinica električne energije proizvedena iz obnovljivih izvora. U dijelovima svijeta gdje su vlade implementirale sustav sa zelenim certifikatom, on je jedini službeni dokaz korištenja obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije.

Sustavi sa zelenim certifikatom trenutno postoje u Australiji, Teksasu, Kaliforniji, Nizozemskoj i Austriji. Uskoro će biti uvedeni u Italiji, Belgiji, Velikoj Britaniji i Švedskoj i napokon u cijeloj EU. Također zemlje poput Japana i Kine ozbiljno razmatraju njihovo uvođenje.

Uvođenje sustava sa zelenim certifikatom sastavni je dio vladine politike stimuliranja korištenja obnovljive energije u pojedinim zemljama. U većini slučajeva, na kraju godine, vlade zahtijevaju od kompanija za dobavu energije predaju određenog minimalnog broja zelenih certifikata (Renewable Portfolio Standard).

Zelene certifikate izdaje posebno vladino tijelo, tzv. "Tijelo za izdavanje" (Issuing Body). Nakon izdavanja certifikata, to tijelo ih stavlja na "certifikatni račun" (certificate account) vlasnika pogona za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Proizvođač tada može prodavati te certifikate zajedno ili odvojeno s električnom energijom koju je proizveo. Na taj način certifikat osigurava dodatni izvor prihoda proizvođaču električne energije iz obnovljivih izvora.

U principu nema ograničenja koliko puta zeleni certifikati mogu biti kupljeni ili prodani. Ipak, u nekim sustavima postoji vremensko ograničenje valjanosti zelenih certifikata. Npr. u Teksasu zeleni certifikati vrijede samo tri godine. Ako vlasnik certifikata želi povući taj certifikat s tržišta, prenosi svoj certifikat sa svog vlastitog certifikatnog računa na "račun za povlačenje" (retirement account). To je jedinstveni račun pri "Tijelu za izdavanje" ili nekom drugom službenom tijelu. Certifikat jednom prenesen na taj račun ne može više biti prodan.

Cijene zelenih certifikata razlikuju se na nacionalnim tržištima. Najviše maloprodajne cijene su u Nizozemskoj (US$ 0,07-0,08/kWh, a najniže u Teksasu i Kaliforniji (US$ 0,02-0,04/kWh). Na veleprodajnom tržištu u SAD cijene su čak niže od US$0,005/kWh.

Budući da se zeleni certifikati mogu prodavati odvojeno od električne energije, nema više potrebe za prijenosom električne energije iz obnovljivih izvora na velike udaljenosti. To u principu znači da su potencijalni potrošači zelene struje svugdje u svijetu u mogućnosti kupiti zelenu struju (struja + zeleni certifikat) na tržištu s najnižim cijenama.

Electricity International, May 2002.

SBK

AGENTI NA WEB-u

Što je kompleksnije naše akumulirano znanje, to ga je teže efektivno koristiti. No, uskoro će korisnici personalnih računala dobiti pomoć od tzv "agenta" – robotskog softwera koji će ih predstavljati na Internetu.

Na području softvera to predstavlja pravu revoluciju. To je novi i pametniji softwer koji ne samo da reagira na input s tastature i miša, već i formira svoju vlastitu sliku svijeta, prilagođava se potrebama korisnika i djeluje automatski u njihovu korist.

Ovi virtualni pomagači – ili "agenti" – su moduli čistog softwera. Predstavljaju velik korak na putu do stvarne umjetne inteligencije. Prema začetnicima ovog novog razvoja, agenti će nas osloboditi golemog dijela dnevnih rutina u svijetu koji postaje sve više umrežen. Planirat će naša putovanja, kupovati umjesto nas i upravljati našim bankovnim računima. Funkcionirat će kao digitalni uslužitelji koji nas vode kroz naše dnevne aktivnosti efikasno i bez ikakve grješke. I štitit će nas od prenatrpavanja informacijama. Imat ćemo pristup njima kroz interface s konvencionalnim kompjutorskim programima ili kroz njihovo pojavljivanje u obliku nasmiješenog prijateljskog lica na našem monitoru ili drugom uređaju.

Danas, širom svijeta, istraživači rade na stvaranju softwera koji može vrlo precizno riješiti utvrđen raspon ljudskih problema. Jedan od prvih projekata bio je Osobni Putnički Assistent – agent koji služi kao putnička agencija za svog korisnika (Berger i suradnici u kampusu Siemens u Münchenu). Taj i slični projekti imaju isti cilj: apsolutnu jednostavnost.

Ali agent je mnogo više od funkcije pretraživanja datoteka. On također prepoznaje kompleksne zahtjeve svog korisnika, želje i mogućnosti. Sposoban je dobaviti dodatne informacije iz različitih izvora. To znanje daje razinu razumijevanju koja mu omogućuje da djeluje autonomno.

Ideja za istraživanje je bezbroj, a i potreba za agentima konstantno raste. U MAP projektu (njemačka skraćenica za multimediju budućnosti) njemačkog ministarstva za gospodarstvo, istraživači pokušavaju razviti agente koji će organizirati dogovore i čak pregovarati o ugovorima.

Drugo važno pitanje pri razvoju softwera njegova je sigurnost. Softverski robot morat će biti fleksibilniji i autonomniji od postojećih programa. Mora biti precizno prilagođen svom korisniku i razumjeti njegov govor. Mora biti u mogućnosti pristupiti izvorima podataka, kombinirati ih i inteligentno filtrirati, reagirati na promjene uvjeta, i komunicirati s drugim agentima. Agent može također postati virtualno biće koje govori, smije se i gestikulira s ekrana. Neki istraživači ih pokušavaju opskrbiti emocijama. Napredak je nevjerojatan.

Uskoro će biti riješen još jedan problem, a to je standardizacija agentovih komponenata. Za to su potrebni efikasni softwerski moduli koji se mogu koristiti za stvaranje novih generacija virtualnih pomagača i omogućiti im da komuniciraju bez poteškoća.

Ova standardizacija napreduje, naročito nakon što su se kompanije poput Fujitsu, HP, IBM, Intel, Motorola, NEC, NTT, Sun Toshiba i Siemens dogovorile da uspostave konstrukciju tih elektroničkih pomagača.

New World, 2/2002.

SBK

JEDINSTVENO TRŽIŠTE – VIŠESTRUKI IZBOR

Jedinstveno europsko tržište električne energije neopozivi je cilj Community Directive, tijela EU, koje je osnovano radi ostvarenja toga cilja. Za europsku energetsku industriju, devetnaesti veljače 1999. godine bio je odlučujući dan za početak stvaranja jedinstvenog tržišta. Otada je konkurentnost postala ne izuzetak, već norma za razmjenu i proizvodnju električne energije. Prije toga, nije se obraćala velika pozornost na natjecanje cijena, jer je čvrsto uspostavljena monopolizacija u regiji pružala komfor. Velika Britanija, Njemačka te dijelovi Skandinavije među prvima su uveli tržište električne energije, pa su čak postale i model za zemlje izvan EU.

Zašto je potrebno jedinstveno europsko tržište električne energije vidljivo je iz sljedećeg:

1. da povećamo efikasnost uvođenjem konkurentnosti
2. električna energija u EU skuplja je nego u drugim državama koje su izvan tržišta EU, poput Australije i SAD
3. natjecanje će osigurati zaštitu svim korisnicima (starim i onima bez povlastica), štiteći pri tome i okoliš
4. unutarnje tržište zahtijeva manje rezervnih kapaciteta koji su skupi
5. potrošači imaju pravo izbora
6. energetske kompanije bit će prisiljene učiniti najbolje što mogu da opskrbe dosadašnje potrošače i privuku nove
7. niže cijene električne energije rezultirat će nižim cijenama proizvodnje za europsku industriju, što će zauzvrat biti prevedeno u niže cijene proizvoda.

Iako je u mnogim državama EU koncept jedinstvenog europskog tržišta široko prihvaćen, dvije zemlje – Njemačka i Francuska – imale su različite ideje o samom procesu promjena. Francuska korporacija Electricite de France nastavila je svoju misiju globalne dominacije. Njemačka odbacuje potrebu za nezavisnim regulatorom tržišta električne energije.

Osoblje mjerodavnih europskih ureda zabrinuto je, jer natjecanje s moćnim prijašnjim nacionalnim i regionalnim monopolima može propasti iz razloga što kompanije često imaju kontrolu prijenosnih mreža. Natjecateljska komisija trenutno razmatra da li tražiti daljnju liberalizaciju njemačke čvrsto kontrolirane prijenosne mreže.

Jedinstveno tržište električne energije omogućava potrošačima (od komercijalnih do industrijskih i domaćinstava) da odaberu svog dobavljača električne energije. Rezultat toga je da su cijene električne energije u tim zemljama pale. Najveći pad zabilježen je u Njemačkoj, gdje su računi smanjeni za 40%.

Što se tiče stvarnog izbora dobavljača, potrošači još uvijek nailaze na probleme. Naime, prijašnji monopoli još uvijek vode glavnu riječ na tržištu. Industrija je preispitala ideju jedinstvenog europskog tržišta električne energije iz svih kutova. Uočava se da je jedan od kamena spoticanja kapacitet prijenosnih veza između zemalja.

Tvrdnja da će cijene električne energije biti niže od sadašnjih ne vrijedi, ako se promatra kratkoročna i srednjoročna budućnost jedinstvenog strujnog tržišta u zemljama poput Italije. Predviđa se da će se pet tržišta – Italija, Španjolska, Velika Britanija, Skandinavija i središnja Europa brže integrirati, zbog svoje otvorenosti tržištu.

I dalje ostaje glavno pitanje što s prijenosnim mrežama. Svi se slažu da je potrebno povećanje kapaciteta i da se dalje ne može ukoliko se to pitanje ne riješi. Ali ostaje bez odgovora pitanje tko će to platiti.

Dok neki smatraju da bi proširenje prijenosne mreže trebale platiti energetske kompanije koje će zasigurno od nje profitirati, drugi pak misle da su to neovisne mreže iz svake zemlje.

Ipak, većina se slaže da je rasprava jedini put koji će dovesti do rješenja te da problemi kao što su prijenosne mreže zahtijevaju kompletno sagledavanje prije bilo kakvih ozbiljnih koraka u njihovu proširenju. Među energetskim kompanijama širom svijeta prevladava ozračje određenog povjerenja, ali i nesigurnost u svezi s određivanjem preciznog vremenskog okvira, računajući razdoblje od 5 do 15 godina.

Gledajući u budućnost, ako se uspostavi jedinstveno europsko energetsko tržište i druge regije mogle bi slijediti EU kao primjer. Prema nekim pokazateljima to bi moglo biti južnoazijsko tržište. Ali azijski energetski analitičari odbacuju ideju da će se to zbiti u skoroj budućnosti.

No, ni skeptici u Velikoj Britaniji nisu vjerovali da će se dogoditi jedinstveno europsko tržište električne energije. Neke dnevne nacionalne novine nisu čak ni razmatrale ideju ujedinjenja, tvrdeći da će to rastrzati gospodarstvo i poslovanje. Ipak, teško je uspoređivati zbog previše razlika među zemljama.

Power Engineering International, June 2002.

SBK

NOVOSTI IZ KABELSKE TEHNOLOGIJE

Ekolozi sve više vrše pritisak na elektroenergetske kompanije. U pitanju su također elektroenergetske prijenosne i distribucijske mreže, a ne samo električna i magnetska polja proizvedena zračnim dalekovodima, već i vizualni utjecaj na okoliš. Osim toga i štete nastale zbog oluja dovode elektroenergetske kompanije da se sve više okreću podzemnim instalacijama. To znači veliki zaokret u razvoju prijenosne i distribucijske mreže, s obzirom da je dosadaš-nja mreža uglavnom zračna. Tu nije u pitanju samo kabel, već cijeli kabelski sustav.

U Italiji je razvijena nova tehnologija na bazi polimera, koja je korištena u kabelskom sustavu pod imenom "Air Bag" kabelski sustav. Ovaj sustav pruža daleko bolju zaštitu nego što je kod tradicionalnih kabela. Tehnologija se može primijeniti na jednoslojnim i višeslojnim kabelima. Smanjuje težinu i dimenzije kabela, a povećava dužinu sa smanjenim brojem spojeva i spojnica.

No, jedna od ključnih prednosti je polaganje kabelskog sustava. Polimerna struktura sustava omogućava povećanu mehaničku zaštitu sustava sa standardnim karakteristikama. Polaganje i u vrlo lošim uvjetima okoliša ne zahtijeva dodatnu zaštitnu tehnologiju. Potrebna širina rova je znatno reducirana, a zatrpavanje s pijeskom više nije potrebno. Koristi se samo iskopana zemlja. Sve to smanjuje troškove i vrijeme polaganja kabela, ali i broj potrebnih radnika.

No, "Air Barg" kabelski sustav ima još neke novine vezane uz tehniku polaganja. Pri polaganju nije potrebno koristiti zaštitne cijevi, što znatno smanjuje vrijeme polaganja, a i troškove kabelskog sustava. Sve to povećava njegovu konkurentnost u odnosu na zračne vodove.

Sustav 150 kV instaliran u Italiji pokazao je da je podzemna izvedba jeftinija više nego dva puta u usporedbi s tradicionalnim zračnim linijama.

Talijanski proizvođač kabela, Pirelli sudjeluje s 9% u globalnom svjetskom tržištu energetskih kabela. Preuzeo je od nekoliko kompanija njihove proizvodnje energetskih kabela (Siemens, BICC General i drugi) i konsolidirao ih. Uz odluku da se orijentira na proizvodnju energetskih kabela, odvojivši ih od telekomunikacija, postaje broj jedan na svjetskom tržištu energetskih kabela.

U djelatnosti proizvodnje energetskih kabela Pirelli ima 14000 zaposlenih i 54 pogona u 22 zemlje na svim kontinentima. S ukupno 2000 prodajnih mjesta ostvaruje više od 3100 milijuna eura.

Power Industry Development, 2002.

ŠBK

PRIHVAT, POHRANA I ANALIZA PODATAKA ZA ENERGETSKO TRŽIŠTE

Da bi uspješno funkcioniralo energetsko tržište nužno je pravodobno osigurati veliku količinu točnih podataka iz bezbrojnih izvora podataka (agencije, brokeri, online, web stranice, itd.), kojih je svaki dan sve više. Podaci se moraju prikupiti, a informacije spremiti. Treba omogućiti pristup aplikacijama i korisnicima koji trebaju podatke. Tu može doći do pogrješaka (dupliciranje podataka, ponovnog indeksiranja i sl.).

Rješenje je središnja baza podataka. Možda je najveća korist od središnje baze podataka njena mogućnost priključka na postojeći sustav kompanije (Oracle ili dr.). Trebala bi ju imati svaka kompanija. Podaci se trebaju unositi konstantno, iz minute u minutu, te trebaju biti lako dostupni. Isto tako treba konstantno raditi analize s prognozama tržišta.

Energetske kompanije mogu to povjeriti specijaliziranim kompanijama (Outsourcing data management). Jedna od takvih kompanija je Logical Information Macines, čiji sustav prikuplja informacije od 50-tak izvora, provjerava ih i distribuira korisnicima. Kompanije Dynegy, Duke, El Paso i Cinergy, koristeći ovaj sustav, stekle su znatnu prednost na energetskom tržištu.

Power Industry Development, 2002.

SBK

EUROPSKA KOMISIJA I DUGOROČNA ENERGETSKA STRATEGIJA EU

U svijetu koji ide prema ekonomskoj globalizaciji, očekuje se da će Europska unija igrati važnu ulogu sa svojim vlastitim modelom temeljenim na integriranom tržištu i reguliranoj konkurentnosti, uvažavajući vrijednosti kao što su kohezija, solidarnost i održivost. Isto tako, sa svojih 360 milijuna stanovnika jedna je od glavnih sudionika u svjetskom energetskom tržištu.

Osim dobrih strana, model EU ima i loših. Ne smije se zaboraviti njegov nedostatak – energetska ovisnost. Ako se ništa ne poduzme uvoz će porasti sa sadašnjih 50 na 70% kroz samo 30 godina. Osim porasta ovisnosti o uvozu mora se uzeti u obzir i obveza prema zaštiti okoliša.

Europska komisija je publicirala tzv. zeleni papir koji bi trebao potaknuti raspravu o energetskoj budućnosti Europe.U ovom dokumentu naglašena je potreba ograničavanja rasta potrošnje te promovirani izvori energije koji u određenom dijelu uključuju i obnovljive izvore energije, pa čak i nuklearnu energiju. To su dovoljni razlozi zašto je Europskoj uniji potrebna dugoročna energetska strategija. Nakon proširenja koje će uslijediti uskoro, susrest će se s problemom opskrbe energijom 500 milijuna potrošača i punim rastom gospodarstva. Također će se morati uhvatiti u koštac i s nekim međunarodnim obvezama, kao što je emisija stakleničkih plinova.

No, nema samo Europska unija problema. Treba se usporediti sa SAD, važnim potrošačem energije kao i gospodarstvom Trećeg svijeta, posebno Azijom. Stope gospodarskog rasta u Kini (6-8 %) i porast životnog standarda imat će i dalje utjecaj na njihovu energetsku potrošnju. Glavne svjetske promjene energetskih potreba dogodit će se upravo u Aziji u sljedećim desetljećima. Strogo konkurentna Europa morat će razviti takve instrumente koji će joj omogućiti da osigurava svoje energetske potrebe na najbolji način.

Plin i nafta i dalje će imati ključnu ulogu, bez obzira što proizvode CO_2. Rezerve nafte i plina smještene su na Srednjem istoku i Rusiji, u politički nestabilnom području. To ima za posljedicu, da Europska unija mora voditi računa o zaštiti svog geopolitičkog, a također i geostrateškog interesa.

Zato je potrebno donijeti generalnu strategiju Europe koja će joj jamčiti opskrbu energijom. Prioriteti plana Europske komisije trebali bi biti sljedeći.

- poboljšati suradnju sa svim zemljama proizvođačima kroz stalni dijalog za osiguranje veće stabilnosti i transparentnosti na međunarodnim tržištima, neovisno o cijeni barela
- učvrstiti partnerstvo s glavnim strateškim dobavljačima i velikim regionalnim sudionicima na energetskom tržištu (Rusija, Kavkaz, Kina, Mediteran, Srednji istok, Latinska Amerika)
- tehnički podržati domaće dobavljače pomažući im u reformama energetskog sektora da bi bili interesantni za investiranje od strane europskih kompanija
- održati stalne transatlanske kontakte i suradnju sa SAD.

Power Industry Development, 2002.

SBK

ZBRINJAVANJE PCB TRANSFORMATORA

Trafoulje na bazi poliklorid bifenila (PCB) bilo je u širokoj uporabi sve do kasnih sedamdesetih godina. Tada je postalo očito da se PCB gomila u okolišu i postaje štetan. Naime, on ostaje u okolišu vrlo dugo i može lagano kružiti između tla, vode i zraka. Osim toga može biti prenešen na velike udaljenosti i štetno djelovati na žive organizme daleko od mjesta gdje je ušao u okoliš.

Zato su uslijedile zabrane uporabe.

Europska zajednica zahtijeva da proizvodi, uključujući i transformatore s PCB, čija je koncentracija veća od 50 mg/kg, budu zamijenjeni do 2010. godine. Neke europske zemlje su usvojile kraće vremensko razdoblje. Za zemlje koje graniče sa Sjevernim morem rok je bio 1999. godina. Također to vrijedi i za upravljanje i transport tekućina i otpada zagađenog s PCB.

Slična regulativa postoji i u drugim industrijaliziranim zemljama, kao što su SAD, Kanada i Japan. Mnoge zemlje u fazi su pripreme regulative za rukovanje s PCB, ali jedan dio zemalja još uvijek nije poduzeo potrebne mjere.

Prema Stockholmskoj konvenciji iz 2001. godine, potpuna eliminacija PCB trebala bi biti provedena do 2025. godine. Da bi konvencija postala obvezujuća, potrebno je da ju ratificira 50 zemalja.

Stalni organski zagađivači (POPs–Persistent Organic Pollutants) kemijske su supstance koje su ekstremno stabilne i koje se akumuliraju u biološkom tkivu te time postaju rizik za ljudsko zdravlje i okoliš. PCB je jedan od 12 takvih zagađivača na koje se odnosi konvencija.

U razdoblju od 1929. do 1989. godine, u svijetu se skupilo ukupno 1,5 milijuna tona proizvoda s PCB, odnosno 26.000 tona po godini. Tu nije uključen bivši Sovjetski savez.

Čak i nakon što je SAD zabranila proizvodnju, nakon 1976. godine, svjetska produkcija je iznosila 16.000 tona na godinu u razdoblju od 1980. do 1984. godine, te 10.000 tona na godinu u razdoblju od 1984. do 1989. godine. Iako su mnoge zemlje prestale s proizvodnjom sredinom sedamdesetih godina, i dalje je PCB ostao razlog zabrinutosti, jer je velika količina PCB još uvijek u uporabi, dijelom zbog dugog životnog vijeka transformatora.

Nakon isteka vijeka uporabe električnih uređaja koji sadrže PCB (transformatori, kondenzatori, i dr.) potrebno ih je ukloniti, odnosno zamijeniti. ABB je razvio adekvatnu tehnologiju recikliranja PCB transformatora i pruža uslugu na principu "ključ u ruke". Primjenom ove tehnologije PCB se potpuno razgradi, a 95 % krute mase transformatora ostaje sirovina najviše kvalitete.

U prvoj fazi procesa dekontaminacije tekući PCB se osuši za kasnije razgrađivanje na visokoj temperaturi u specijalnom postrojenju u kemijskoj industriji. Nakon toga transformator se ispire rastvaračem u hermetički zatvorenoj kabini da bi se unutrašnja strana transformatora očistila od PCB. Poslije ispiranja ostaje određena količina u drvu za fiksiranje, u papirnatoj izolaciji te između metalnih dijelova u jezgri transformatora. Jezgra transformatora se čisti vrućim razrjeđivačem u posebnom uređaju. Naon toga bakar se odvaja od papirnate izolacije zavoja. Papir se kompaktira i zatim uništava zajedno s drvetom i preostalim PCB uljem, dok se komadi bakra očišćeni od PCB mogu reciklirati.

ABB Review, 2/2002.

SBK

Roberto Marconato:
ELECTRIC POWER SYSTEMS
Volume 1: Background and Basic Components
Izdavač: CEI – Italian Electrotechnical Committee, 2002
567+XXV stranica
Cijena: 120 EUR-a

Roberto Marconato u ENEL-u je od 1968., pa je bio docentom na Univerzitetu u Paviji (1977-79) i milanskoj Politehnici (do 1985.), da bi se, iako izabran u zvanje izvanrednog profesora, odlučio dalje nastaviti karijeru u ENEL-u do umirovljenja 1999. Tu je radio u odjelima "Istraživanje i razvoj", u kojem vodi jedinicu "Dinamika elektroenergetskog sustava" i "Planiranje strategija", zadužen za razvoj novih modela za analizu velikih interkonektiranih sustava – razvijajući od kasnih 80-tih do sredine 90-tih simulator za istraživanje dinamičkih pojava u elektroenergetskom sustavu koji je u CESI-ju komercijaliziran pod nazivom SICRE. Danas je slobodni konzultant u CESI-ju i GRTN (talijanski nezavisni operator sustava). Kroz sve te godine obogatio je svoje iskustvo neprekinutom suradnjom s univerzitetima (Milano, Genova), mnogim studijama i kursevima koje je vodio za ENEL, te radom i studijama u međunarodnim organizacijama.

Ova je knjiga ažurirani prvi dio drugog izdanja Marconatove monografije o elektroenergetskom sustavu. Prvo, dvodijelno, izdanje objavljeno je 1984.-5. na talijanskom jeziku kao "Sistemi elettrici di potenza" u izdanju CLUP-Cooperativa Libraria Universitaria del Politecnico, Milano, i bilo je vrlo uspješno u univerzitetskim krugovima te kao referentna knjiga u elektroprivrednim poduzećima. Svoja iskustva iz dalje ENEL-ove i međunarodne prakse ugradio je u ovo drugo izdanje.

Spomenemo li uz Marconatovu knjigu još "Transmissione ed Interconessione. Introduzione all'analisi dei sistemi electtrici di potenza" R. Marina i M. Valtorte koja je 1973. doživjela svoje peto izdanje, te "Impianti Elettrici" F. Iliceta iz 1981. (koliko znam, izašao je samo prvi dio), onda su navedene sve "jakostrujaške" knjige naših prekomorskih susjeda zadnjih desetljeća.

Piše Marconato u "Uvodu" svoje knjige:

"Za ispunjenje osnovnih zadataka proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije, za

uravnotežavanje potrošnje u svakom trenutku električnom energijom dobre kvalitete, tj. opskrbe traženom snagom iz varijacije napona i frekvencije u uskim tolerancijama,

osiguravanje besprekidnosti napajanja električnom energijom, čak i u slučajevima većih poremećaja u sustavu (ili u elektranama), ili abnormalnih zahtjeva, potrošnje,

minimiziranje cijene opskrbe električnom energijom,

treba ispitivati mnogostruke aspekte ponašanja sustava u stacionarnim i dinamičkim uvjetima. U oba slučaja, potrebna je analiza sustava i sinteza, u normalnom i poremećenom pogonu, najprikladnije zaštite i upravljačkih akcija.

Kao rezultat, pristup ovom širokom području zasnivan je na razumijevanju pojava u sistemu, njihovom modeliranju, pojedinačnim komponentama i u cjelini sustava, njihovom analizom i regulacijom. Premda knjiga ne pokriva strukturalne i tehnološke aspekte, ili razvitak software za različita područja, ona može koristiti implementiranju algoritama koje zahtijevaju analize suvremenih, sveobuhvatnih interkonekcija."...

"Knjiga je podijeljena u tri dijela. Drugi i treći dio izaći će narednih godina. Njihov je sadržaj kako slijedi.

Prvi dio - **Podloge i temeljne komponente**

Uvod
Pregled linearnih sustava i linearnih krugova
Glavne transformacije varijabli koje se koriste u studijama elektroenergetskog sustava
Prijenosni vodovi izmjenične struje
Energetski transformatori
Visokonaponski istosmjerni prijenos
Sinkroni strojevi
Osnovno predstavljanje tereta

Drugi dio - **Ponašanje u stacionarnom stanju, upravljanje, kratki spojevi i sustavi zaštite**

Tokovi snaga
Regulacija frekvencije i djelatne snage
Regulacija napona i tokova jalove snage
Optimalni tokovi snaga i dispečing
Regulacija u prijenosnom sustavu izmjenične struje i FACT regulatori
Analiza kratkog spoja
Sustavi zaštite

Treći dio - **Dinamičko ponašanje, stabilnost i upravljanje u poremećenim uvjetima**

Dinamičko ponašanje: pregled
Električne pojave ili kratkotrajna dinamika
Srednje/dugotrajna dinamika i stabilnost: uvod
Stacionarna kutna stabilnost
Kutna stabilnost pri velikim poremećajima
Stabilnost napona
Ispadi i planovi ponovne uspostave sustava

Sve su navedene teme vrlo važne u elektroprivredama koje ne obuhvaćaju samo proizvodnju, prijenos i distribuciju, nego također razvitak i pogon interkonektiranog sustava. Tim više zbog uvjeta liberalizacije tržišta električnom energijom, na kojem aspekti pogona i sigurnosti mogu biti nižeg prioriteta od povratka investiranog kapitala.

U svjetlu iznesenog, djelo je namijenjeno stručnjacima, koji vladaju tehničkim aspektima elektroenergetskog sustava i mogu poboljšati njegovo iskorištavanje i sigurnost. Namijenjeno je elektroinžinjerima i općenitije, svim sudionicima tržišta električnom energijom u područjima proizvodnje, pri-

jenosa i distribucije kao i razvitka i pogona sustava u cjelini. Ekonomisti i poslovni rukoviditelji koji žele dobiti uvid u fizikalnost sustava unutar kojeg djeluju jednako tako mogu imati koristi od ovog djela."

Knjiga "Electric Power Systems" posebno je relevantna za djelatnost brojnih IEC-ovih odbora, pa ne čudi da je njen izdavač Talijanski ogranak IEC-a.

Referentna literatura je navedena iza svakog poglavlja, podijeljena je na knjige i članke/referate, i seže do najrecentnijih referenci: knjige Kundurove "Power System Stability and Control" i Taylorove "Power System Voltage Stability" obje iz 1994. a referati do 1999. Jednako tako, i primjeri u knjizi idu do najrecentnijih kao npr. troškovi HVDC veze Grčka – Italija. Sa zadovoljstvom možemo konstatirati da i prikazi interkonekcija uvažavaju aktualnu političku kartu.

"Electric Power Systems" Roberta Marconata, i ostale spomenute knjige, mogu se pogledati u Institutu za elektroprivredu i energetiku.

Z. Ton.

Energija

Godište 51 (2002) Br. 5

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1411

UDK 621.3.078:621.316.7
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/5, 357 – 378

NAČELA I PRAKSA DEREGULACIJE

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.

HEP Telekom d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Daje se pregled osnovnih pojmova i načela na kojima se temelji pokret deregulacije, a zatim se diskutira o nekim praktičnim problemima koji su se dogodili u deregulaciji elektroenergetskog, odnosno telekomunikacijskog sektora.

(Lit. 11, sl. 7 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/357 – 378/2002.

ENERGIJA 1412

UDK 621.311.4
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/5, 379 – 385

ISKUSTVA DESETOGODIŠNJE EKSPLOATACIJE PODZEMNE U MORE URONJENE TS 10(20)/0,4 kV "FORTIN" U TROGIRU

Ivo Santica, dipl. ing.

HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektrodalmacija, Poljička bb, 21000 Split, Hrvatska

Dana su desetogodišnja iskustva eksploatacije TS 10(20)/0,4 kV "FORTIN", podzemne izvedbe u Trogiru. Takav i slični tipovi TS 10(20)/0,4 kV izvode se ondje gdje nema uvjeta za izgradnju klasičnih tipova TS, jer nema prostora ili se često radi o potrebi zaštite objekata i ambijenta povijesno-kulturnog značenja.

(Lit. 3, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/379 – 385/2002.

ENERGIJA 1413

UDK 621.317.7:621.311.42
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/5, 387 – 394

MULTIDIMENZIONALNA DIJAGNOSTIKA I MONITORING KAVITACIJE

Metoda za mali broj lopata radnog kola – Primjena na HE Dubrava

Dr. sc. Branko Bajić, dipl. ing.

Korto Cavitation Services, Luxembourg

Multidimenzionalna metoda vibro-akustičke dijagnostike i monitoringa Korto Cavitation Services, u obliku prilagođenom za mali broj lopata radnog kola, primijenjena je na cijevni agregat. A snage 40 MW HE Dubrava. Identificirana su četiri kavitacijska mehanizma, ocijenjena je kavitacijska kvaliteta lopata radnog kola, ispitana je razdioba intenziteta kavitacije po prostoru unutar turbine i nađena snažna nehomogenost. Ispitan je slučaj s pogrešnim zakretom jedne lopate privodnog kola, te preliminarno i veza kavitacije i njihanje snage. Uz opis rezultata, ilustrira se i način njihova izvođenja.

(Lit. 11, sl. 12 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/387 – 394/2002.

ENERGIJA 1413 UDK 621.317.7:621.311.42

1. Multidimenzionalna dijagnostika i monitoring kavitacije – Metoda za mali broj lopata radnog kola – Primjena na HE Dubrava
I. *Bajić, B.*
II. Korto Cavitation Services, Luxembourg

Kavitacija
HE Dubrava
Multidimenzionalna metoda

ENERGIJA 1412 UDK 621.311.4

1. Iskustva desetogodišnje eksploatacije podzemne u more uronjene TS 10(20)/0,4 kV "Fortin" u Trogiru
I. *Santica, I.*
II. HEP Distribucija d.o.o.– DP Elektrodalmacija, Poljička bb, 21000 Split, Hrvatska

Podzemna vodonepropusna izvedba TS
Povijesna gradska jezgra
Spomenička baština

ENERGIJA 1411 UDK 621.3.078:621.316.7

1. Načela i praksa deregulacije
I. *Sabolić, D.*
II. HEP Telekom d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Deregulacija
Elektroenergetika
Telekomunikacije

Energija

Godište 51 (2002) Br. 5

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1414

UDK 621.311.1:621.3.51.024/025
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/5, 401 – 407

OSNOVNE TEORIJSKE POSTAVKE IZMJENIČNIH I ISTOSMJERNIH PRIJENOSNIH VODOVA

Mr. sc. Filip Mandarić, dipl. ing.

HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog, 21000 Split, Hrvatska

U radu je prikazan naponski i strujni doprinos prijenosu izmjeničnim i istosmjernim vodovima iz teoretskih postavki prijenosa. Istaknuto je polazište ka tehničko-ekonomskim usporedbama snage prijenosa. Dan je primjer usporedbe s grafičkim prikazom.

(Lit. 4, sl. 4 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/401 – 407/2002.

ENERGIJA 1415

UDK 621.13/14:621.315.24
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/5, 395 – 400

ODNOS ANOMALIJA ZRAČNIH RAZMAKA IZMJENIČNOG I ISTOSMJERNOG PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr. sc. Filip Mandarić, dipl. ing.

HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog, 21000 Split, Hrvatska

Pored linearne zavisnosti, kako izmjeničnog tako i istosmjernog napona o razmaku vodiča, iznad 345 kV dolazi do anomalija zračnih razmaka povećanjem napona prijenosa. U radu se na temelju eksperimentalnih grafova zavisnosti podnosivih napona izvode konstante anomalija zračnih razmaka za izmjenični i istosmjerni napon prijenosa. Takvi rezultati omogućavaju planiranje prijenosnih alternativa sa svrhom ekonomičnosti gradnje prijenosa.

(Lit. 4, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/395 – 400/2002.

ENERGIJA 1416

UDK 621.31.42
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/5, 409 – 416

PREGLED OSTVARENJA TEHNOLOGIJE KOMPAKTIRANJA

Ivan Grozdanić, dipl. ing.

Dalekovod, Ulica Marijana Čavića 4, 10000 Zagreb, Hrvatska

Postignuta su rješenja (postupci): za pretvorbu dalekovoda nižeg napona u dalekovode višeg napona, za izgradnju novih dalekovoda smanjenih gabarita (jednosistemskih, višesistemskih, višenaponskih) i za pretvorbu jednosistemskih u dvosistemske dalekovode. Rješenja su izvediva na postojećim i novim tipskim i drugim stupovima, jednosistemskih oblika "igla" i "Y" i dvosistemskih oblika "jela", "bačva" i "Dunav". Rješenja se baziraju: na geometrijskom rasporedu užadi na stupovima, na elektromehaničkim svojstvima kompozitnih štapnih izolatora, na svojstvima novih užadi od aluminijskih legura, kao i na svojstvima termootpornih užadi. Ispitivanjima se potvrđuju valjanosti: tipskih rješenja dalekovoda, dielektričnih i mehaničkih rješenja izolacije.
Rješenja omogućuju: optimalno korištenje trasa postojećih dalekovoda, povećanje prijenosne snage, odgađanje izgradnje novih dalekovoda, smanjenje troškova izgradnje, suženje koridora objekta, sniženje dalekovoda, smanjenje površine temelja, povećanje sigurnosti, poboljšanje estetskog izgleda, bolje uklapanje dalekovoda u okoliš i zaštitu prirode.

(Lit. 3, sl. 23 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/409 – 416/2002.

ENERGIJA 1416 UDK 621.31.42

1. Pregled ostvarenja tehnologije kompaktiranja
I. *Grozdanić, I.*
II. Dalekovod, Ulica Marijana Čavića 4 10000 Zagreb, Hrvatska

Tehnologija kompaktiranja dalekovoda
Pokretne konzole
Kompozitni štapni izolatori
Pretvorba
Jedno i dvosistemski dalekovodi
Višenaponski sustavi
Čelično rešetkasti i poligonalni stupovi

ENERGIJA 1415 UDK 621.13/14:621.315.24

1. Odnos anomalija zračnih razmaka izmjeničnog i istosmjernog prijenosa električne energije
I. *Mandarić, F.*
II. HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog, 21000 Split, Hrvatska

Anomalije zračnih razmaka
Izmjenični napon prijenosa
Istosmjerni napon prijenosa
Razmak vodiča
Naponski odnosi

ENERGIJA 1414 UDK 621.311.1:621.3.51.024/025

1. Osnovne teorijske postavke izmjeničnih i istosmjernih prijenosnih vodova
I. *Mandarić, F.*
II. HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split Ulica kneza Ljudevita Posavskog, 21000 Split, Hrvatska

Prijenos električne energije
Prijenos istosmjernom strujom
Prijenos izmjeničnom strujom

Energija

Volume 51 (2002) № 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1411

UDK 621.3.078:621.316.7
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/5, 357 – 378

DEREGULATION PRINCIPLES AND PRACTICE

Dubravko Sabolić, B. Sc.

HEP Telekom d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

A review is given on basic elements and principles of the deregulation movement. Consequently, some practical problems coming from deregulation of electric energy and telecommunication systems are discussed.

(No. of References: 11, Fig.: 7 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/357 – 378/2002.

ENERGIJA 1412

UDK 621.311.4
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/5, 379 – 385

TEN-YEAR EXPLOITATION EXPERIENCE OF THE UNDERGROUND, SEALAID 10(20)/0.4 kV TS "FORTIN" IN TROGIR

Ivo Santica, B. Sc.

HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektrodalmacija, Poljička bb, 21000 Split, Croatia

Ten year exploitation experience of the underground construction of 10(20)/0.4 kV TS "FORTIN" in Trogir is given. Such a 10(20)/0.4 kV TS is applied whenever there is no possibility to construct a usual type, owing to lack of space or a need to protect buildings or historically or culturally significant environment.

(No. of References: 3, Fig.; 6 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/379 – 385/2002.

ENERGIJA 1413

UDK 621.317.7:621.311.42
ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

ENERGIJA 51/2002/5, 387 – 394

MULTIDIMENSIONAL CAVITATION DIAGNOSTICS AND MONITORING
Method for a small number of turbine runner blades – Applied to HPP Dubrava

Branko Bajić, D. Sc.

Korto Cavitation Services, Luxembourg

The multidimensional method of vibrating-acoustic diagnostics and monitoring, Korto Cavitation Services, formally adopted for a small number of turbine runner blades, has been applied to tube aggregate A of 40MW at HPP Dubrava. Four cavitation mechanisms have been identified, cavitation quality of turbine runner blades has been evaluated, the distribution of cavitation intensity tested and strong non-homogeneity found. Wrong adjustment of an inlet runner blade has been tested as well as preliminary the connection between cavitation and power swinging. Apart from results, the way of its performance is also illustrated.

(No. of References: 11, Fig.; 12 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/387 – 394/2002.

ENERGIJA 1413 UDK 621.317.7:621.311.42

1. Multidimensional Cavitation Diagnostics and Monitoring – Method for a Small Number of Turbine Runner Blades – Applied to HPP Dubrava
I. *Bajić, B.*
II. Korto Cavitation Services, Luxembourg

Cavitation
HPP Dubrava
Multidimensional Method

ENERGIJA 1412 UDK 621.311.4

1. Ten Year Exploitation Experience of the Underground, Sea-Laid 10(20)/0.4 kV TS "Fortin" in Trogir
I. *Santica, I.*
II. HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektrodalmacija, Poljička bb, 21000 Split, Croatia

Underground, waterproof TS construction
Historical Town Centre
Monumental Heritage

ENERGIJA 1411 UDK 621.3.078:621.316.7

1. Deregulation Principles and Practice
I. *Sabolić, D.*
II. HEP Telekom d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Deregulation
Electric Energy Sector
Telecommunication

Energija

Volume 51 (2002) № 5

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1414 UDK 621.311.1:621.3.51.024/025
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/5, 401 – 407

BASIC THEORETICAL FACTS ON A. C. AND D. C. TRANSMISSION LINES

Filip Mandarić, M. Sc.

HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog, 21000 Split, Croatia

In the paper, voltage and current contribution to transmission by a.c. and d.c. lines is given from the theoretical assumption of transmission. Technical-economic comparison of transmission power is stressed. Comparison is given using graphical illustration.

(No. of References: 4, Fig.: 4 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/401 – 407/2002.

ENERGIJA 1415 UDK 621.13/14:621.315.24
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/5, 395 – 400

ANOMALY RELATIONSHIP OF AIR DISTANCE BETWEEN A.C. AND D.C. ELECTRIC ENERGY TRANSMISSION

Filip Mandarić, M. Sc.

HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split, Ulica kneza Ljudevita Posavskog, 21000 Split, Croatia

Beside linear dependency of a.c. and d.c. voltage on distance between lines, above 345 kV there is also an anomaly of air distance caused by transmission voltage increase. In the work, based on experimental graph of dependency on tolerable voltage constants of anomaly air distance are determined for a.c. and d.c. transmission voltage. These results enable transmission alternatives planning in order to lower transmission construction costs.

(No. of References: 4, Fig.: 5 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/395 – 400/2002.

ENERGIJA 1416 UDK 621.31.42
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/5, 409 – 416

ACHIEVEMENT REVIEW OF COMPACTING TECHNOLOGY

Ivan Grozdanić, B. Sc.

Dalekovod, Ulica Marijana Čavića 4, 10000 Zagreb, Croatia

Following solutions (procedures) are achieved: transformation from low voltage overhead lines to high voltage, construction of new small-dimension overhead lines (single system, multi system, multi voltage) and transformation from single to double system overhead line. Solutions can be realised on the existing and new typical and other towers, single system type "needle" and "Y" and double system "fir-tree", "barrel" and "Danube". The solutions are based on the geometrical disposition of lines on the towers, on electro-mechanical characteristics of composed rod insulators, on the characteristics of new shielding wire from aluminium alloys as well as on the characteristics of thermal resistant shielding wire.
Tests are used to evaluate: typical overhead line solutions, dielectric and mechanical solution of insulation.
Solutions enable: optimal usage of existing overhead line routes, increase of transmission capacity, delay of new construction, decrease of construction costs, smaller corridors for construction, lower overhead lines, smaller surface of basement, increase of security, better aesthetic view, better incorporation into the environment and nature protection.

(No. of References: 3, Fig.: 23 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/5/409 – 416/2002.

ENERGIJA 1416 UDK 621.31.42

1. Achievement Review of Compacting Technology
I. *Grozdanić, I.*
II. Dalekovod, Ulica Marijana Čavića 4, 10000 Zagreb, Croatia

Compacting Technology of Overhead Lines
Mobile Crossarm
Composite Rod Insulators
Upgrade
Single and Double System Overhead Lines
Multi-voltage Systems
Steel Latticed and Polygonal Towers

ENERGIJA 1415 UDK 621.13/14:621.315.24

1. Anomaly Relationship of Air Distance Between a.c. and d.c. Electric Energy Transmission
I. *Mandarić, F.*
II. HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split
Ulica kneza Ljudevita Posavskog,
21000 Split, Croatia

Air Distance Anomaly
A. C. Transmission Voltage
D. C. Transmission Voltage
Lines Distance
Voltage Relationship

ENERGIJA 1414 UDK 621.311.1:621.3.51.024/025

1. Basic Theoretical Facts on a. c. and d. c. Transmission Lines
I. *Mandarić, F.*
II. HEP Prijenos d.o.o. – PrP Split
Ulica kneza Ljudevita Posavskog,
21000 Split, Croatia

Electric Energy Transmission
D.C. Transmission
A.C. Transmission

UDK 621.31 ENJAAC 51(1–6) 1 – 536 ISSN 0013 – 7448

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Zagreb, prosinac 2002.

SADRŽAJ ENERGIJE U 2002. GODINI

	str.	br.
Bajić, Branko: Inteligentni monitoring i dijagnostika kavitacije – Metoda za veliki broj lopata radnog kola	195	3
Bajić, Branko: Multidimenzionalna dijagnostika i monitoring kavitacije – Metoda za mali broj lopata radnog kola – Primjena na HE Dubrava	387	5
Bajs, Davor – Majstrović, Goran – Grujić, Vladimir – Rogić, Marinko: Studija regionalnog planiranja prijenosne mreže	483	6
Blažičko, Miroslav: Priključivanje malog termoenergetskog objekta (mTEO) na javni elektroenergetski sustav	137	2
Brandl, Margit – Sabolić, Dubravko: Elektroprivrede kao novi igrači na telekomunikacijskom tržištu	449	6
Brezovec, Miljenko – Kuča, Darko – Bužić, Goran – Slunjski, Mirjana: Komanda lanca Varaždin – Centar daljinskog upravljanja hidroelektranama na Dravi	327	4
Brezovec, Miljenko – Kuča, Darko – Bužić, Goran – Slunjski, Mirjana: Komanda lanca Varaždin – Centar daljinskog nadzora i upravljanja hidroelektranama na rijeci Dravi	143	2
Domac, Julije – Jelavić, Branka – Krička, Tatjana: Energetski i ekonomski aspekti proizvodnje biodizel goriva u Hrvatskoj	31	1
Filko, Pavle: Pouzdanost komponenti i sustava uzemljenja gradske TS 10(20)/04, kV	51	1
Frühwirth, Borko: Utjecaj vlastite frekvencije sabirnice prilikom izračunavanja naprezanja vodiča i sila na izolatore u visokonaponskim postrojenjima prema IEC 60865	497	6
Grozdanić, Ivan: Pregled ostvarenja tehnologije kompaktiranja	409	5
Grujić, Vladimir – Mandić, Niko: Regulacija frekvencije u uvjetima otvorenog tržišta električne energije	123	2
Hebel, Zdravko – Kalea, Marijan: Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede 1995. do 2000. godine	153	2
Jelavić, Branka – Matić, Davor: TRANCRO – Nacionalni program energetske efikasnosti u transportu	223	3
Jurić, Željko – Slipac, Goran: Analiza energetskog sektora sa stajališta emisije stakleničkih plinova	23	1
Klepo, Mićo: Temeljni odnosi i postavke za tarifni sustav prirodnog plina	9	1
Loš, Branimir: Mjere za smanjenje troškova kapitala, pogona i održavanja kod termoelektrana	277	4
Mandarić, Filip: Osnovne teorijske postavke izmjeničnih i istosmjernih prijenosnih vodova	401	5
Mandarić, Filip: Odnos anomalija zračnih razmaka izmjeničnog i istosmjernog prijenosa električne energije	395	5
Mandić, Niko – Grujić, Vladimir – Mandić, Bruno: Model predračuna i praćenja cijena SWEP - Prikaz s primjerom	95	2
Međimorec, Damjan – Brkić, Silvio – Stanić, Zoran: Problematika utjecaja heksafluorida (SF_6) u elektroprivredi	311	4
Meštrović, Krešimir: Stanje i trendovi razvoja visokonaponskih sklopnih aparata u svijetu	319	4
Mikuličić, Vladimir – Šimić, Zdenko – Vrbanić, Ivan: Vjerojatnosna procjena tehničkih rizika	85	2
Petric, Nikola – Pataki, Zlatko – Kosek, Željko: Simulirano upravljanje srednjenaponskim postrojenjima	213	3
Postružin, Željko: Strategija ispitivanja cijevi parogeneratora PWR nuklearnih elektrana	59	1
Protić, Radmilo: Učinkovitost malih i mikrokogeneracija	39	1
Puharić, Milan: Elektromagnetska kompatibilnost u energetskim postrojenjima	201	3
Rajić, Florijan: Kvaliteta toplinske energije – Osnovni uvjet uvođenja sustava individualiziranja troškova grijanja u stambenim zgradama	243	3
Rajić, Florijan: Pilot-projekt individualizacije troškova grijanja Zagreb-1	469	6
Sabolić, Dubravko: O statističkim osobinama uskopojasnog šuma na niskonaponskim električnim instalacijama	229	3
Sabolić, Dubravko: Načela i praksa deregulacije	357	5
Santica, Ivo: Iskustva desetogodišnje eksploatacije podzemne i u more uronjene TS 10(20)/0,4 kV"FORTIN" u Trogiru	379	5
Šander, Miroslav: Kotao na ispušne plinove u kombikogeneracijskom postrojenju TE-TO Zagreb	285	4
Škare, Javor – Lövei, Attila: Nove vrste akumulatorskih baterija za sustave istosmjernog napona u rasklopnim postrojenjima	337	4

	str.	br.
Toljan, Ivica – Bajs, Davor – Majstrović, Goran – Grujić, Vladimir – Rogić, Marinko: Projekt regionalnog razvoja prijenosne mreže	217	3
Uran, Vedran: Projekcija razvoja energetskog sektora u svijetu i Hrvatskoj do 2020. godine	3	1
Uran, Vedran: Iskorištavanje drvnog ostatka za proizvodnju toplinske i električne energije	290	4
Uran, Vedran: Iskorištavanje rasplinjene biomase za proizvodnju električne i toplinske energije	455	6
Višković, Alfredo: Hrvatska elektroprivreda na razmeđi privatizacije i društvene odgovornosti	439	6
Žutobradić, Srđan – Wagmann, Lahorko – Mihalek, Ernest – Radeka, Irena – Šagovac, Goran: Istraživanje karakteristika opterećenja kućanstava na području grada Zagreba	187	3

UDK.621.31

ENJAAC 51(6) – (2002) – 437 – 536

ISSN 0013 – 7448

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

energija

Godište 51 (2002) Zagreb 2002 Br. 6

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Ivo Čović, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

UREĐIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko *Grgić,* dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano *Fišer,* dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan *Kalea*, dipl. ing., HEP Osijek – Damir *Karavidović,* dipl. ing., HEP Osijek – mr. sc. Mladen *Mandić,* dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc. Vladimir *Mikuličić*, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko *Malbaša,* dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko *Cvetković,* dipl. ing.

Urednik – Editor: Zdenka *Jelić,* prof.

Lektor: Šime *Čagalj,* prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo $ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju") broj 30101-604-495

Tisak: VARTEKS d.d. R.J. Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

SADRŽAJ

Višković A.: Hrvatska elektroprivreda na razmeđi privatizacije i društvene odgovornosti (Stručni članak) 439

Brandl M. – Sabolić D.: Elektroprivrede kao novi igrači na telekomunikacijskom tržištu (Pregledni članak) 449

Uran V.: Iskorištavanje rasplinjene biomase za proizvodnju električne i toplinske energije (Stručni članak) 455

Rajić F.: Pilot-projekt individualizacije troškova grijanja Zagreb-1 (Pregledni članak) 469

Bajs D. – Majstrović G. – Grujić V. – Rogić M.: Studija regionalnog planiranja prijenosne mreže (Stručni članak) 483

Frühwirth B.: Utjecaj vlastite frekvencije sabirnice prigodom izračunavanja naprezanja vodiča i sila na izolatore u visokonaponskim postrojenjima prema IEC 60865 (Stručni članak) 497

Vijesti iz elektroprivrede i okruženja 513

Iz strane stručne literature 530

95. godišnjica "Elektre" Zagreb 454

Fotografije na omotu:

DETALJI HIDROELEKTRANA

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Redakcija završena 2002 – 11 – 14

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 stranica. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI.
   Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
   - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
   - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
   - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
   - **literaturu.** Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.
     Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak,dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originaljnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionaljnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA NA RAZMEĐI PRIVATIZACIJE I DRUŠTVENE ODGOVORNOSTI

Dr. sc. Alfredo Višković, Zagreb

UDK 621.311.1.003
STRUČNI ČLANAK

Restrukturiranja elektroenergetskog sektora u pogledu učinaka uvedenih promjena u nacionalnom zakonodavstvu nametnula su potrebu razmatranja budućeg razvoja. U članku se razlikuju dvije kategorije problema; dakle,koje se na specifičan način odnose na razvoj elektroprivrednog sustava i privatizaciju Hrvatske elektroprivrede (HEP-a).

Zakon o elektroprivredi konfigurirao je HEP kao javnu gospodarsku ustanovu sa svrhom obnašanja djelatnosti od javnog interesa, uz naravno poštivanje kriterija ekonomičnosti; od dvaju postavljenih ciljeva prednost je dana prvome. Pretvorbom u dioničko društvo i privatizacijom dolazi do sve jačeg nametanja privatističke logike, s time da je temeljni uvjet ekonomičnost, iako je i dalje riječ o javnoj službi prvorazredne važnosti za Republiku Hrvatsku.

Za aktualno elektroenergetsko stanje Hrvatske, predočen je pristup modeliranju tržišta, s ciljem omogućavanja analiza i predviđanja proizvodnje električne energije radi podržavanja investicijskih odluka (inozemnog kapitala), kao i procjene izvodljivosti.

Opisana su tri modela koja se mogu koristiti za procjenu isplativosti investiranja u proizvodnju unutar dereguliranog tržišta.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, privatizacija, javna služba, razvoj elektroprivrednog sustava, modeliranje tržišta električne energije, procjena investiranja u proizvodnju električne energije.

1. VJEROJATNI BUDUĆI RAZVOJ

Određenje pretvorbe Hrvatske elektroprivrede (HEP-a) u dioničko društvo pretpostavlja u skoroj budućnosti dovođenje dionica na tržište kapitala. Ovo nesumnjivo predstavlja značajan trenutak za HEP i državu u cijelosti, jer privatizacijom se suštinom mijenja ustrojstvo čitavog sektora nakon što je dugi niz godina u državnom vlasništvu i uživa monopol. Štoviše, sve se to događa u jednom kontekstu, europskom, u kojem je sličan zahvat nedavno proveden u svim zemljama Europske unije, kojoj i mi težimo. Nadalje, privatizacija dolazi u jednom trenutku u kojem su u Hrvatskoj elektroprivredi na pomolu duboka restrukturiranja u pogledu učinka nedavno uvedenih promjena u nacionalnom zakonodavstvu (Energetski paket zakona).

Ove činjenice nameću potrebu podrobnijeg razmatranja vjerojatnog budućeg razvoja, uza svu problematiku koja se uz njega povezuje. U tom smislu treba razlikovati dvije kategorije pitanja: ona koja se na specifičan način odnose na razvoj općenite naravi, neovisno o privatizaciji samog HEP-a i privatizaciju elektroprivrednog sustava. Jasno je da takva distinkcija više vrijedi u koncepcijskom nego u konkretnom smislu, jer mnoge strategije koje su predmetom analize mogu se svesti na nužnosti koje nastaju zbog privatizacije, i na jednu općenitiju razvojnu nužnost kojom se odlikuje svaka proizvodna organizacija.

U svezi s prethodno spomenutim treba prije svega imati u vidu strukturu vlasništva. Privatizirati veliko poduzeće koje obnaša javnu djelatnost prvorazrednog značenja i koje je u državnom vlasništvu dugi niz godina zahtijeva i utvrđivanje takvih shema strukture vlasništva koje će biti u stanju pomiriti zahtjeve budućih vlasnika i zahtjeve ostalih subjekata. U svezi s time podsjetit će se da su iskustva u zemljama Europske unije išla u dva pravca. Jedan je podržavao model takozvane *public company*, a drugi model tzv. *tvrde jezgre*. U prvom slučaju riječ je o shemi koja se odlikuje usitnjavanjem dioničarskog kapitala na vrlo velik broj vlasnika. Samim time, otvara se mogućnost da *management* stekne vrlo značajnu moć. U drugom slučaju, kontrolni udjel, takozvana *tvrda jezgra*, ostaje u rukama manjeg broja vlasnika, među kojima postoji sporazum, često popraćen isprepletenim udjelima u raznim poduzećima, glede upravljanja.

Public company se odlikuje difuznom dioničarskom strukturom koja ne bi obnašala funkciju upravljanja poduzećem. Naprotiv, upravni poslovi bi se povjerili *managementu* koji ne posjeduje dionice. U takovom poduzeću trebalo bi doći do odvajanja vlasništva i upravljanja dioničkim društvom. Mali dioničari koji nema-

ju poduzetničkih sposobnosti prepustili bi, dakle, *managementu* vođenje poduzeća i ograničili bi se na "ubiranje" dividendi.

U slučaju usvajanja modela *tvrde jezgre*, došlo bi do stvaranja stabilne vlasničke jezgre koja bi mogla ne samo provoditi kontrolu financijskog poslovanja nego i kontrolu cjelokupnog poslovanja. Naime, u tom bi se slučaju imalo većinski paket dionica koji bi bio u vlasništvu uskog kruga vlasnika koji ujedno imaju i aktivnu ulogu u upravljanju poduzećem u svojstvu *managementa*.

Pobornici modela *tvrde jezgre* ističu kako se primjenom ovog modela može spriječiti nastanak pretjerano velike moći *managementa* kao što je to slučaj u novostvorenim dioničkim društvima.

Smatra se kako je model *public company* u stanju omogućiti približavanje dioničarskom vlasništvu velikom broju malih štediša koji su do sada uglavnom bili orijenitirani na državne (fondovske) dionice. Time bi se ostvario dotok kapitala prema poduzećima, i to upravo u trenutku kada ova više ne mogu računati na zaduživanje, a unatoč tome moraju ulaziti u velike investicije kako bi se suočila s teškom prijelaznom fazom u kojoj se našlo hrvatsko gospodarstvo u cjelini.

Međutim, treba imati u vidu kako je tom modelu, u svrhu sprječavanja mogućnosti zloporabe od strane *managementa*, potreban adekvatan normativni sustav kao i sustav financijskih *posrednika*. Da bi se takvo što dogodilo u Hrvatskoj, najprije treba proći kroz svojevrsnu evoluciju, a ona je tek na svome početku.

Glede privatizacije HEP-a pored alternativa koje se odnose na vlasničku strukturu, treba imati u vidu i druge zahtjeve koji proizlaze upravo iz naravi javne službe. To su institucija "Vijeće za regulaciju energetskog tržišta", tarifno restrukturiranje i uspostava novog ustroja privatiziranog sektora. Od velike je važnosti osnivati nepristrano tijelo koje će istodobno imati potrebne tehničke kompetencije kako bi korisnici dobili puno jamstvo urednog obnašanja funkcija od javnog interesa, a to su u prvom redu sigurnost isporuke po jednakim uvjetima.

Glede strukture koju treba imati privatizirani HEP može se postaviti niz pretpostavki i mogućnosti.

Jedna je mogućnost održavanje jedinstvenosti HEP-a, tako što bi se mogao ubrzati plasman dionica i ostvariti najviša moguća cijena. Druga je mogućnost, sasvim suprotna jer predviđa postojanje brojnih proizvodnih poduzeća, jedinstveno tijelo za upravljanje prijenosnom mrežom i *dispatching* kao i tvrtke za distribuciju električne energije.

Moguće srednje rješenje je da HEP zadržava poslove prijenosa i distribucije dok se djelatnost proizvodnje može prenijeti na novo konstituirana poduzeća koja će djelovati u uvjetima tržišne konkurencije. *Dispatching* bi se trebao provoditi na autonoman način.

Pored ovih problema privatizacija izaziva nastanak još jednog, koji izgleda složen, a sastoji se u pomirenju javnog interesa i ekonomičnosti. **Zakon o elektroprivredi** konfigurirao je HEP kao javnu gospodarsku ustanovu sa svrhom obnašanja djelatnosti od javnog interesa, dakako, uz poštivanje kriterija ekonomičnosti; od dvaju postavljenih ciljeva prednost je dana prvome. Kada nakon privatizacije dođe do pretvorbe u dioničko društvo, doći će do sve jačeg nametanja privatističke logike, s time da je temeljni uvjet, a on je ujedno i okvir za cjelokupnu aktivnost organizacije, uvjet ekonomičnosti. No, unatoč tome, i dalje je riječ o javnoj službi prvorazredne važnosti pa se problem treba prije svega promatrati u tom kontekstu.

Radi boljeg razumijevanja mogu se točnije utvrditi konkretni profili u kojima se pokazuje narav javne službe prvorazredne važnosti kakva je isporuka električne energije.

Prije svega, električna energija predstavlja element od životne važnosti. U tom smislu treba imati u vidu da ona nije samo najlakše prenosivi i najlakše iskoristiv, nego da je ona jednostavno postala jedini i nezamjenjiv oblik energije.

Zbog toga je nedopustivo da onaj koji obnaša djelatnost isporuke tako važne vrijednosti, može slobodno i na temelju nekih svojih proračuna isplativosti određivati gdje će i u kojoj mjeri predmetnu uslugu pružati.

Osim toga, obnašanje takve djelatnosti ima i velik utjecaj na ukupnu bilancu plaćanja, i to uglavnom zbog sljedećih čimbenika: s jedne strane hrvatski je elektroenergetski sustav, kao što je poznato, tijesno povezan s naftom i njezinim derivatima, a oni se velikom većinom uvoze; osim toga uvozi se i električna energija. Ako je prvi aspekt posljedica slabih prirodnih resursa zemlje, drugi spomenuti aspekt ima za posljedicu to što su troškovi proizvodnje relativno viši nego u drugim susjednim zemljama. Zbog toga je često isplativije električnu energiju uvoziti nego ju proizvoditi u zemlji.

Potrebno je stoga da u budućnosti HEP, privatiziran i ustrojen po načelima logike izbjegava primjenu takve prakse, osim u slučajevima kada je to opravdano nedostatnim unutarnjim proizvodnim kapacitetima. On mora ostvariti razvojni plan usredotočen na ciljeve smanjenja troškova proizvodnje kako bi se u konačnici ostvarila konkurentnost na međunarodnoj razini.

Ne smije se zanemariti niti to da ovisnost elektroenergetskog sustava o inozemstvu podrazumijeva i vrlo veliku ranjivost. To je važno kada je riječ o fosilnim gorivima, osobito nafti: ova goriva velikim dijelom dolaze iz zemalja u kojima je politička stabilnost narušena, a to ujedno znači nesigurnost rokova opskrbe i stabilnost cijena.

Daljnji aspekt društvene važnosti promatrane djelatnosti je i ekološki, a to je ono što je tijekom posljednjih godina poprimilo veliku težinu. Razlog tome je porast ekološke osjetljivosti najšireg pučanstva. Djelatnost proizvodnje električne energije u svakom slučaju predstavlja svojevrsno ugrožavanje i narušavanje prirodnog

okoliša; razina utjecaja bitno se razlikuje ovisno o korištenim tehnikama proizvodnje. Zbog toga je potrebno osigurati prioritet za ona rješenja koja bi se u konačnici mogla definirati kao manje štetna za okoliš i čija bi se isplativost dovela na razinu alternativnih rješenja. Ovdje je u prvom redu riječ o iskorištavanju energije vjetra i sunca.

Prijeđe li se na analizu pitanja koja nisu povezana s privatizacijom može se razlikovati vanjske odnose, s jedne strane, i unutarnje probleme pojedinačno promatrane organizacije, s druge strane. Pitanje vanjskih odnosa je pitanje koje se postavlja pred velika poduzeća kao i pred ona koja djeluju u područjima dubokih strukturnih promjena. Riječ je o orijentaciji na one oblike suradnje koje se naziva umrežavanjem poduzeća.

Budući da ne postoji mogućnost skladištenja električne energije, korisno je dublje razmatrati pitanje odnosa među proizvođačima.

Prijeđe li se na unutarnje probleme organizacije uočava se kako su pravci razvoja sljedeći: diverzifikacija područja opskrbe, ravnomjerna raspodjela fosilnih goriva; fleksibilnost proizvodnog parka; redukcija utjecaja na okoliš; istraživanja.

Diverzifikacija područja opskrbe nužna je kako bi se osigurala odgovarajuća razina sigurnosti, u prvom redu zbog već spomenute političke nestabilnosti zemalja iz kojih potječe sirovina, kao i zbog razloga ekonomičnijeg poslovanja. Treba naglasiti kako se ovi problemi ne odnose samo na naftu nego i na metan, čiji bi uvoz trebao biti u značajnom porastu.

S ovim se zahtjevima povezuje i ujednačena raspodjela fosilnih goriva. U tom smislu svakako određenu važnost treba dati i povećanoj uporabi ugljena koji ima relativno stabilnu cijenu, a dobavlja se iz sigurnijih zemalja, dakle uz manji rizik.

Fleksibilnost proizvodnog sustava nužni je element za potpuno iskorištenje svih prednosti koje mogu nastati iz spomenute raspodjele. Naime, fleksibilnost proizvodnog postrojenja omogućuje promjenu pogonskog goriva ovisno o zahtjevima tržišta i raspoloživosti goriva, kako u normalnim tako i u specifičnim uvjetima međunarodne energetske krize. Ona zahtijeva uporabu postrojenja predviđenih za rad s različitim gorivima, postrojenja kombiniranog radnog procesa i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije.

Problem utjecaja na okoliš danas u Hrvatskoj, s obzirom na karakteristike elektroenergetskog sustava, uglavnom se povezuje s radom termoelektrana na fosilna goriva čiji su nus-proizvodi sumporni dioksid, dušični oksidi i prašina, te u jednom slučaju i gips. Smanjenje utjecaja takvih postrojenja na okoliš zahtijeva paralelnu provedbu dviju intervencija: s jedne strane, trebat će primjenjivati tehnike za nadzor i smanjenje onečišćenja, a s druge razvijati proizvodnju električne energije koja ne zagađuje okoliš, kao što su energija vjetra i sunca. Osim toga tamo gdje je to još moguće, trebat će se povećati hidroenergetski kapaciteti. Na temelju rečenog jasno je kako se posebna pozornost treba posvetiti i znanstvenim istraživanjima usmjerenim prema tehničkom unaprjeđenju postrojenja, smanjenju štetnog utjecaja na okoliš, poboljšanju ukupne usluge i racionalnom korištenju energije.

2. ELEKTROENERGETSKO TRŽIŠTE

Prije desetak godina, u čitavoj Europi pojavila se potreba reorganiziranja sektora elektroprivrede, uz privatiziranje, tamo gdje je veća nazočnost javnosti i uvođenjem elemenata natjecanja u jedan sektor poslovanja koji se do sada smatrao svojevrsnim prirodnim monopolom zbog svoje naravi temeljne mrežne društveno korisne usluge. Osim toga brzina i način na koji se taj fenomen očituje bitno se razlikuju od jedne zemlje do druge. Ovo je prije svega posljedica bitno različitih početnih ustrojstava pojedinih elektroprivrednih sustava. Razlike se tiču: razine električne i energetske neovisnosti, javne nazočnosti u vlasničkoj strukturi, dimenzija elektroprivrednih poduzeća i njihove okomite integriranosti itd. Da bi se moglo razumjeti do koje mjere ti elementi mogu biti odlučujući za razvoj pojedinih elektroprivrednih sustava dovoljno je pomisliti koliko je lakše tržišno natjecanje uvesti u zemlju koja je elektroenergetski samodostatna u odnosu na neku zemlju koja ovisi o inozemstvu i stoga je znatno slabija. Zbog upravo izloženog, navode se tri karakteristična slučaja:

- Engleski slučaj, odnosno prvi slučaj provedbe liberalizacije i privatizacije u Europi na području elektroenergetike;
- Švedski slučaj, koji predstavlja najnoviji slučaj liberalizacije na području elektroenergetike i koji je po nekim aspektima daleko radikalniji od navedenog slučaja jer je popraćen i procesom privatizacije *assets-a* (mnoga su poduzeća ostala u javnom odnosno državnom vlasništvu);
- i konačno, Francuski slučaj, gdje je nazočno jedno veliko javno elektroprivredno poduzeće, dobro integrirano po okomici, koje je uspjelo dostići visoke razine učinkovitosti i uspješno se nosi s tržišnim natjecanjem na međunarodnom tržištu (izvozi električnu energiju i usluge). U toj zemlji proces privatizacije i liberalizacije odvija se krajnje sporo što u nekim aspektima može izgledati potpuno neprimjereno.

Elektroenergetsko tržište koje se uvodi novim privatiziranim organizacijskim ustrojstvom, poznatije kao Pool, predstavlja svojevrsno tržište električne energije na veliko. Tržište je organizirano tako da se omogući najveća moguća učinkovitost kao posljedica konkurentskih odnosa i korištenje onih implicitnih prednosti koje proizlaze iz planiranja i središnjeg koordiniranja.

Zbog budućih simulacija djelovanja hrvatskog elektroprivrednog sustava u elektroenergetskom tržištu ilustrira se Pool čiji su najveći proizvođači danas:

- National Power, Power Gen i Nuclear Eletric (Engleska i Walles);
- Scottish Power i Scottish Hydro Electric (Škotska);
- Electricite' di France (Francuska);
- ostali privatni subjekti (Tecside, Enron, ICI).

Subjekte dobavljača predstavlja dvanaest **Regional Electricity Companies (REC-s)**.

U konvergentnoj točki u kojoj se susreću, s jedne strane potražnja dobavljača a s druge ponuda proizvođača, odnosno Pool, tehničke operacije među pojedinim subjektima koordinira National Grid Company, poduzeće koje na nacionalnoj razini upravlja sveukupnim prijenosom električne energije.

National Grid Company u Pool-u ima ulogu središnjeg *dispatchera* ("*central dispatcher*"). S obzirom da je u elektroenergetskom sustavu uvijek nužno uspostaviti ravnotežu ponude i potražnje, moraju, dakako, postojati i mehanizmi koji će takvu ravnotežu u svakom trenutku osigurati.

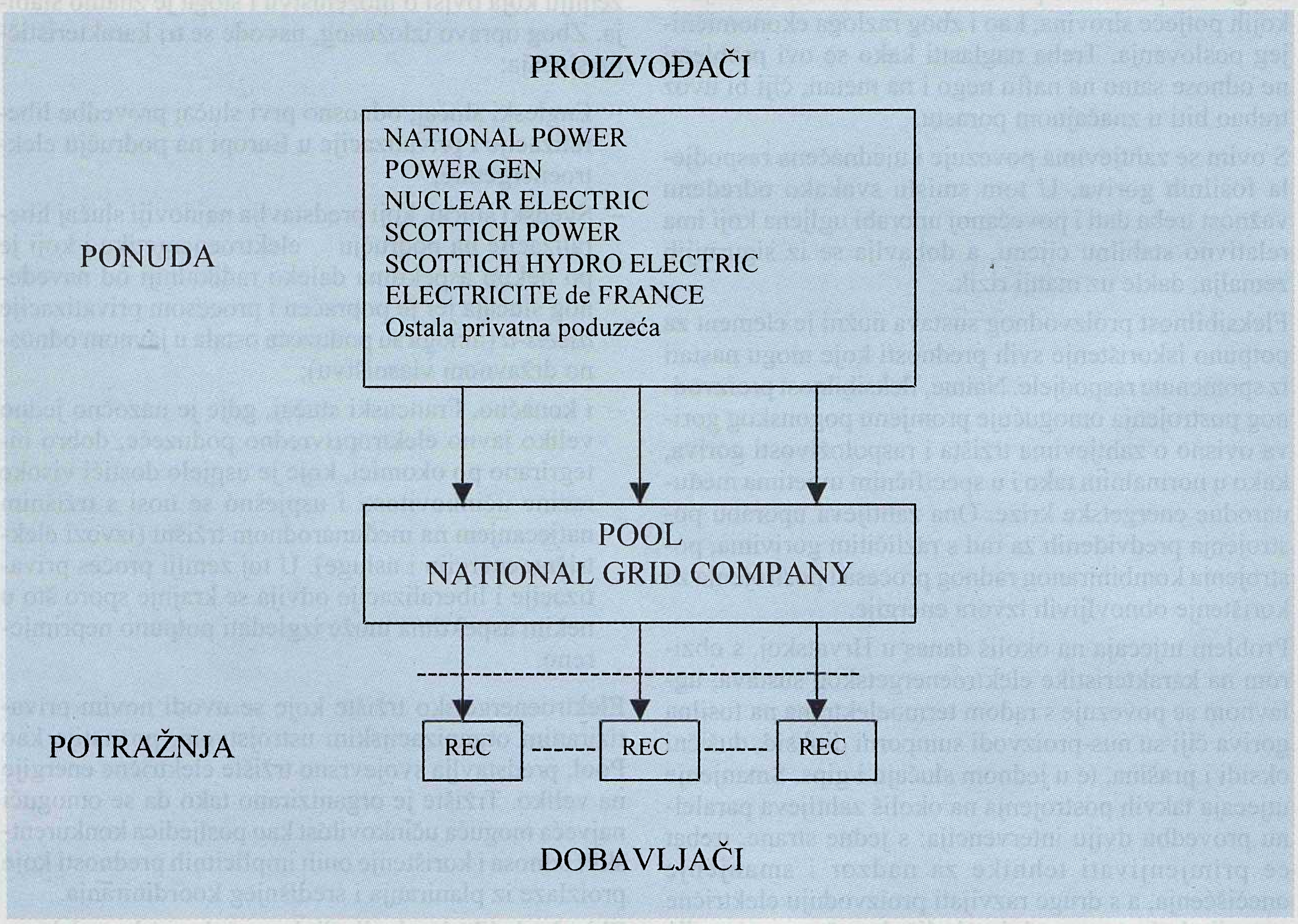
Dobavljači i proizvođači koji žele djelovati unutar Poola moraju se, dakle, u njega učlaniti.

Članovi Poola moraju djelovati sukladno **Pooling and Settlement Agreement-u** koji sadrži pravila funkcioniranja Pool-a, dok je kontrola njegova funkcioniranja povjerena tijelu **Pool Executive Committee**. Ovaj se specifični odbor sastoji od deset članova od kojih je polovica iz redova proizvođača, a polovica iz redova distributera.

Energy Settlement and Information Services, podružnica tvrtke **National Grid Compani (NGC)**, utvrđuje ugovornu cijenu **(Settlement System)**. Danas su svi licencirani subjekti obvezno i članovi Pool-a. Osim toga izričito se navodi u licencama da su subjekti koji se namjeravaju služiti mrežom dužni potpisati specifični ugovor **(Connection Agreement)**. Taj ih ugovor obvezuje u tehničkom smislu i propisuje naročiti **Grid Code**.

U pravilu Pool-u moraju pristupiti oni proizvođači čiji proizvodni kapaciteti po bloku premašuju 10MW te dobavljači koji raspolažu snagom većom od 500 kW. Nikakav element navedenih sporazuma ne obvezuje proizvođača na jamstvo fizičkog opsega isporuke električne energije koja je predmet ugovaranja.

Na slici 1 predočen je skup subjekata koji djeluju u okviru Pool-a.



Slika 1. Skup subjekata koji djeluju u okviru Pool-a

2.1. Međusobna povezanost različitih subjekata unutar Pool-a

Kako globalno funkcionira cjelokupni sustav razmjene električne energije?

Proizvođači deklariraju, do deset sati ujutro svakoga dana, cijenu svog proizvoda koji su spremni predati distribucijskoj mreži, izraženu u euro/kWh, i to po polusatnim intervalima za sljedećih 24 sata, za određena postrojenja koja u tu svrhu namjeravaju angažirati.

NGC, sukladno jednom *merit orderu*, odnosno počevši od jeftine i fleksibilnije, kada je riječ o elastičnosti troškova eksploatacije po jedinici snage, izrađuje redoslijed prispjelih ponuda, koje se objavljuju sutradan u jednom gospodarskom dnevnom listu, a osim toga, provodi usklađenje prispjelih ponuda i prognoze potražnje za sljedeći dan.

U tom kontekstu apsolutna se prednost daje električnoj energiji nuklearnog podrijetla *("base load")*; slijedi ugljen, plin i nafta. To uglavnom odgovara zahtjevima strateške naravi i sukladno je energetskoj politici EU.

U Pool-u se cijena povisuje s porastom potražnje, a to je zbog toga što se u odabiru postrojenja poštuje odabir zasluge.

Na osnovi rečenog može se razlučiti način utvrđivanja nabavne cijene unutar Pool-a koji se još naziva **Pool Input Price (PIP)** ili **Pool Purchase Price (PPP)** (cijena isporuke Pool-u), odnosno:

$$PIP = SMP + (VOLL\text{-}SMP)\ LOLP \qquad (2.1.1)$$

pri čemu je: **SMP** skraćenica **System Marginal Price** koja predstavlja ponudbenu cijenu za najmanje učinkovito postrojenje pozvano na proizvodnju, utvrđenu za razdoblje od pola sata. Ona odgovara marginalnoj ponudi za predviđenu marginalnu potražnju za tih 30 minuta; **VOLL (Value of Lost Load)** je cijena koja se plaća kako bi se izbjegla mogućnost prekida; **LOLP (Loss of Load Probability)** predstavlja vjerojatnost da će se dogoditi prekid u proizvodnji i ovisi o razini deklariranog kapaciteta u odnosu na maksimalni kapacitet čitavog sustava.

SMP se utvrđuje na različite načine ovisno o tome da li se odnosi na razdoblje koje se naziva **Table A** ili razdoblje **Table B**. Tijekom razdoblja **Table A** proizvode sva postrojenja od onih najfleksibilnijih pa sve do onih koji imaju najveće troškove proizvodnje. Riječ je, naime, o satima u danu ili danima u godini kada je na tržištu najveća potražnja. U razdobljima **Table B** postrojenja s najmanjom fleksibilnošću koriste se u manjem opsegu od stvarnog njihovog proizvodnog kapaciteta. Riječ je, naime, o intervalima u kojima je potražnja slabija. Cijena koja se plaća u razdobljima **Table B** predstavlja, dakle, protuvrijednost za rezervnu snagu. Uostalom, pokazalo se kako je tehnički isplativije održavati neka postrojenja u pogonu na nižoj razini kapaciteta nego ih zaustavljati i ponovno pokretati kada se potražnja poveća. Suprotno upravo razmotrenoj hipotezi, u razdobljima **Table A** nema prekapacitiranosti i u tom slučaju opasnost je u činjenici da nema rezervne snage pa prijeti mogućnost raspada sustava (*black out*). Takvo stanje može biti posljedica kvara ili drugih poremećaja. U takvim je razdobljima cijena najviša, odnosno jednaka najvišoj ponudbenoj cijeni izraženoj na temelju *merit order-a*, neovisno o tehničkim ograničenjima.

Kada je potražnja za električnom energijom povećana, u određenim vremenskim intervalima, a to mogu biti određeni sati tijekom dana ili određeni dani u godini, i premaši ponudu, cijeni izraženoj na temelju SMP-a koji se utvrđuje upravo razmotrenom metodom, dodaje se još jedan element, takozvani **Capacity Element (CE)** koji se sastoji od:

$$CE = LOLP\ (VOLL - SMP) \qquad (2.1.2)$$

Prema ovom izrazu rezultira veća vrijednost CE što je manja rezerva raspoloživog kapaciteta.

CE pokazuje, kako kratkoročno tako i na dugi rok, je li proizvodni kapacitet adekvatan, dok SMP održava samo kratkoročne troškove, poput onih s naslova goriva koje se koristi za pogon postrojenja i drugih pogonskih troškova. Praćenjem vrijednosti u periodima duljim od godine dana, moguće je otkriti eventualne strukturalne tendencije prema zasićenju proizvodnog kapaciteta, koje, dakako, sugeriraju potrebu njegova povećanja.

U razdobljima **Table A** vrijednosti PIP mogao bi se pridodati element UPLIFT koji pokriva: troškove prijenosa zbog specifične dislokacije elektrana, gubitke u mreži, eventualne greške, raspoloživi i rezervni proizvodni kapaciteti te druge pomoćne usluge (*ancillary services*) kao što su isporuka jalove energije i kontrola frekvencije.

Cijena koja proizlazi iz zbroja PIP i UPLIFT naziva se **POP (Pool Output Price)** ili **PSP (Pool Selling Price),** i predstavlja iznos koji plaćaju kupci koji kupuju od Poola (Poolova prodajna cijena).

Razliku između **Pool Input Price-a** i **Pool Output Price-a** određuju raspoloživi kapaciteti, kretanje ponude i potražnje i ograničenja glede prijenosa.

Zaključno se još mora podsjetiti kako postoje dvije definicije vrijednosti POP ovisno o tome da li se koristi ili ne koristi određena ponderacija po zonama potrošnje. Prvi slučaj je **Time Average Weighted** i predstavlja "vremenski ponderirani prosjek" odnosno srednju cijenu koja se dobiva tako da se cijeni svakih pola sata propisuje ista težina neovisno o tome o kojem je satu tijekom dana riječ. Ta prosječna vrijednost primjerena je korisnicima (potrošačima) koji su sastavni dio osnovnog opterećenja; drugi je slučaj **Demanded Weighted Average** i predstavlja prosječnu cijenu za svakih pola sata, ponderiranu za ukupnu vrijednost potražnje, za istih pola sata. Ova je vrijednost primjerenija potrošačima koji električnu energiju koriste drukčije nego li prosječni potrošači.

Za aktualno elektroenergetsko stanje Hrvatske, cilj je predočiti pristup modeliranju tržišta, kako bi se omogućila analiza i predviđanje proizvodnje električne ener-

gije radi podržavanja investicijskih odluka (inozemnog kapitala), te s ciljem procjene izvedbe. Opisat će se tri modela koja se mogu koristiti za procjenu isplativosti investiranja u proizvodnju i prijenos unutar *deregu-liranog* tržišta, kao i interakcija tvrtki. Posebice će se provesti simulacija troškova proizvodnje i razmotriti glavna svojstva modeliranja.

3. MODELIRANJE TRŽIŠTA

Osnovni cilj integriranog poduzeća jest smanjenje ukupnih troškova koji se sastoje od kapitalnih opterećenja i operativnih troškova. U dereguliranom okružju stopa prihoda nije vezana za troškove već ovisi o tržišnoj razmjeni s drugim sudionicima, a nije utvrđena dogovornim određivanjem cijena i korištenjem sistemskih troškova. Varijable problema uključuju očekivanu potražnju, kretanja cijene goriva, kamatnu stopu, kašnjenja pri izgradnji kao i utjecaj djelovanja drugih sudionika na tržištu na podjelu dobiti ili određivanje prodajnih cijena. Cilj svakog sudionika trebao bi biti maksimalno povećanje profita te stvaranje snažne strategije razvoja, uzimajući u obzir i sve nepoznanice. Ovo je razmatranje usmjereno na razvojne metodologije za postizanje dohotka i povrata investicija te predviđanja djelovanja i postupaka drugih tržišnih sudionika.

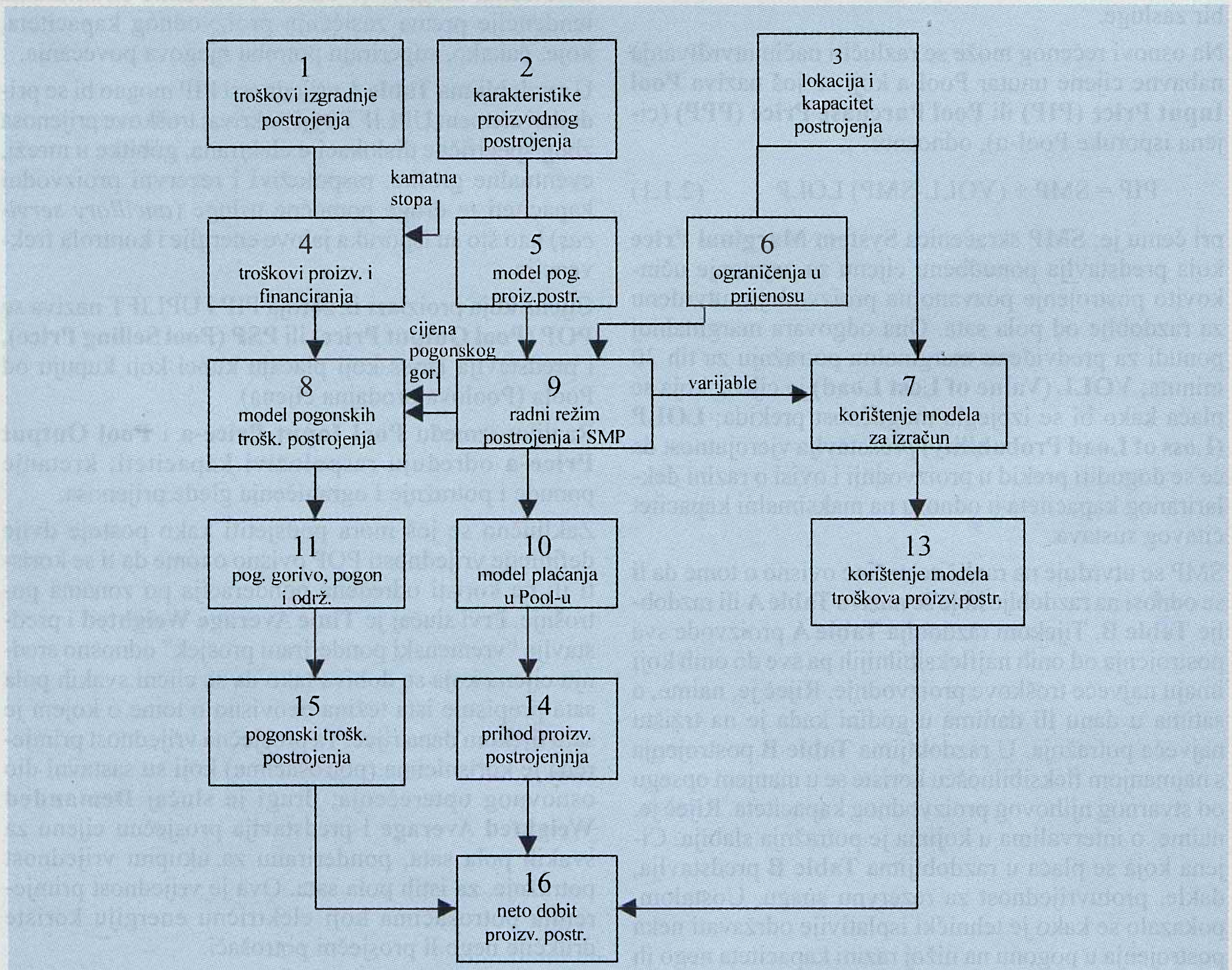
3.1. Proces rješavanja problema

Ovaj se problem smatra suviše složenim da bi se mogao formulirati kao samo jedan univerzalni model, stoga se predlažu tri međusobno povezana modela kako bi se problem podijelio na manje dijelove kojima je lakše pristupiti. Ova je podjela slična onoj koja se odvija na stvarnom tržištu putem tržišnih mehanizama, kao u stvarnome svijetu. Ono obuhvaća:

- procjenu investicija u proizvodnju,
- procjenu investicija u prijenosu i
- interakciju poduzeća.

Model 1 - Proizvodnja

Model namijenjen proizvodnji predočen je na slici 2. i sastoji se od tri mogućnosti.



Slika 2. Model 1 - Procjena investicija u proizvodnju

Prva obuhvaća troškove izgradnje i operativne troškove proizvodnje uključujući i troškove financiranja.

Srednja se bavi planiranjem prihoda simuliranjem postupaka zajedničkog određivanja cijena i izračunavanja marginalnih troškova. Na desnoj strani predočena je interakcija s prijenosom i njeni troškovi.

Glavno svojstvo jest centralna operativna simulacija koja bi trebala replicirati procese dogovornog određivanja cijena koji određuju radne režime generatora i njihovo plaćanje.

Model 2 - Prijenos

Prihodi dolaze iz triju osnovnih izvora: priključivanje, infrastruktura i međusobno povezivanje, predočeno na slici 3.

Naknade za priključivanje su unaprijed određene i smatraju se izvorom povrata sredstava utrošenih za priključivanje novih kupaca. Naknade za infrastrukturu pokrivene su korištenjem sistemskih naknada, a dodatna plaćanja za izgradnju zbog ograničenja prijenosa, pokrivaju se *shemom* za poticanje učinkovitog rada. Plaćanja za međusobno povezivanje predmet su bilateralnih ugovora koji se temelje na opipljivoj koristi.

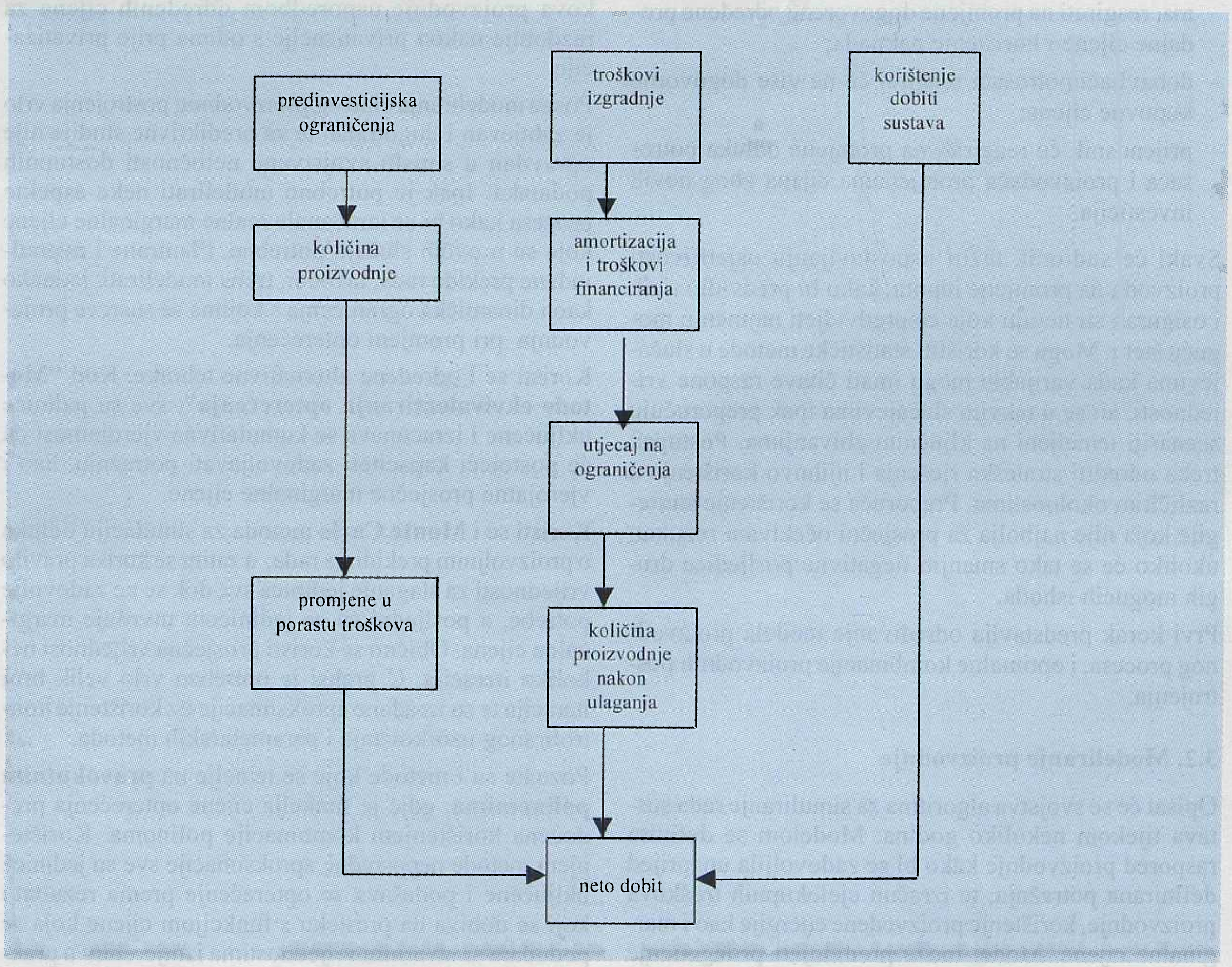
Glavni problem u tom novom okružju jest predviđanje budućih potreba prijenosa električne energije u usporedbi s troškovima koji su povezani s aktivnim ograničenjima. Nepoznanice su: buduća potražnja, proizvodnja i cijene, prekidi rada u proizvodnji i prijenosu. Postavlja se zahtjev da se oblikuje utjecaj dodatnih elemenata prijenosa na troškove rada, kao što je predočeno na slici 3.

Model 3 - Međudjelovanje

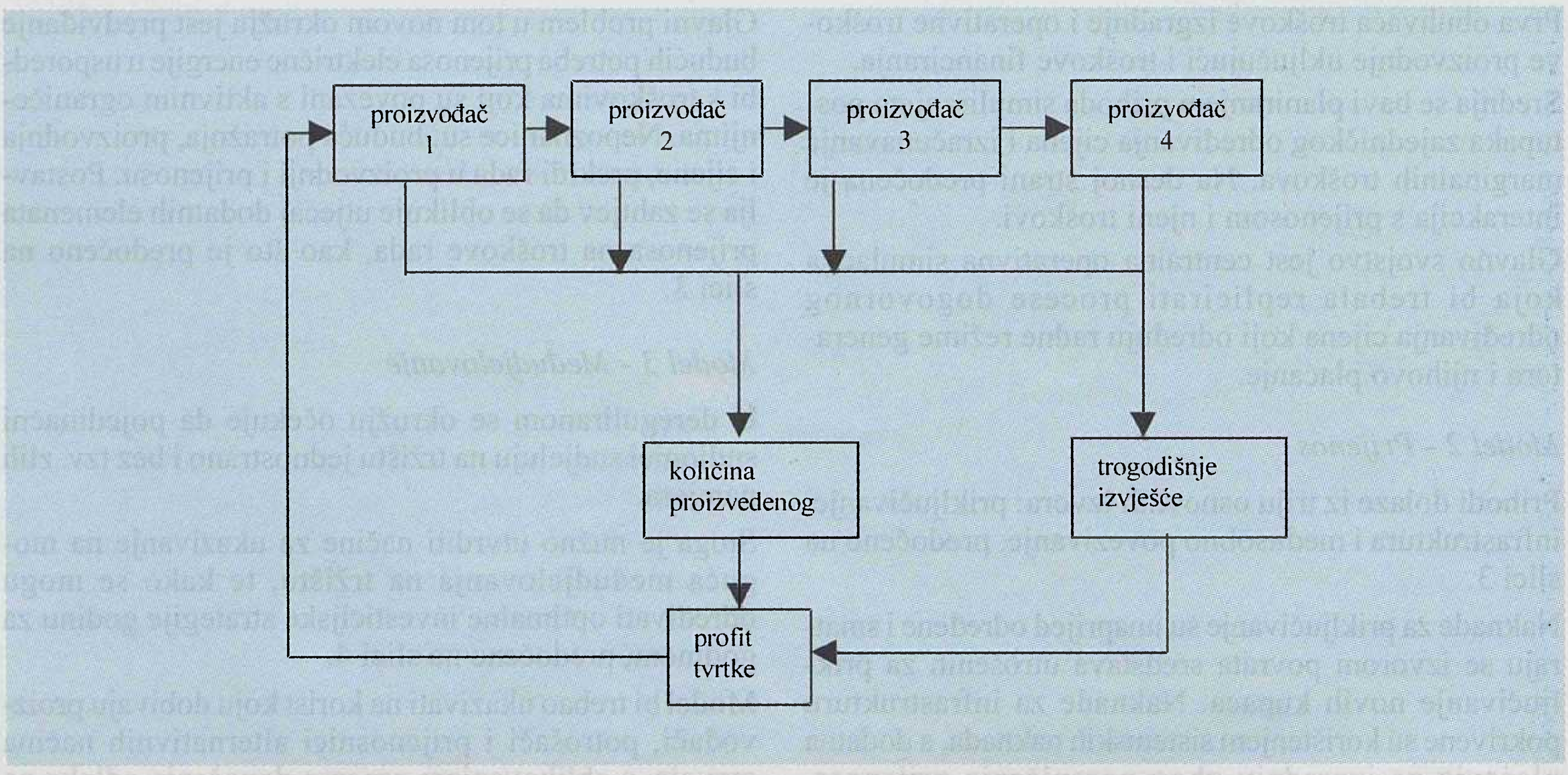
U dereguliranom se okružju očekuje da pojedinačni sudionici sudjeluju na tržištu jednostrano i bez tzv. zlih namjera.

Stoga je nužno utvrditi načine za ukazivanje na moguća međudjelovanja na tržištu, te kako se mogu određivati optimalne investicijske strategije godinu za godinom, predočene na slici 4.

Model bi trebao ukazivati na korist koju dobivaju proizvođači, potrošači i prijenosnici alternativnih načina razvoja, s oblikovanjem procesa donošenja odluka na svakom stupnju. Očekuje se da će interakcije na tržištu biti temeljene uglavnom na sljedećim teorijskim načelima:



Slika 3. Razvoj prijenosne infrastrukture



Slika 4. Model 3 – Međudjelovanje tvrtki

- proizvođači će pri donošenju odluka o investicijama, reagirati na promjene dogovorene određene prodajne cijene i korištenje naknada;
- dobavljači/potrošači reagirat će na više dogovorne kupovne cijene;
- prijenosnik će reagirati na promjene odluka potrošača i proizvođača promjenama cijena zbog novih investicija.

Svaki će sudionik težiti uspostavljanju osjetljivosti proizvoda na promjene inputa, kako bi predvidio rizik i osigurao strategiju koja će predvidjeti najmanju moguću štetu. Mogu se koristiti statističke metode u slučajevima kada varijable mogu imati čitave raspone vrijednosti, ali se u takvim slučajevima ipak preporučuju scenariji temeljeni na ključnim zbivanjima. Postupak treba odrediti strateška rješenja i njihovo korištenje u različitim okolnostima. Preporuča se korištenje strategije koja nije najbolja za prosječni očekivani rezultat, ukoliko će se tako smanjiti negativne posljedice drugih mogućih ishoda.

Prvi korak predstavlja određivanje modela proizvodnog procesa, i optimalne kombinacije proizvodnih postrojenja.

3.2. Modeliranje proizvodnje

Opisat će se svojstva algoritma za simuliranje rada sustava tijekom nekoliko godina. Modelom se definira raspored proizvodnje kako bi se zadovoljila unaprijed definirana potražnja, te izračun cjelokupnih troškova proizvodnje, korištenje proizvedene energije kao i marginalne cijene. Model može predvidjeti prilagođenje toplinske vrijednosti i cijene goriva koji se koriste prije privatizacije, kao i ponudu cijena nakon privatizacije. Može se koristiti i za uspoređivanje relativnih troškova proizvodnje usporedbom određenih cijena za razdoblje nakon privatizacije s onima prije privatizacije.

Posao modeliranja čitavog proizvodnog postrojenja vrlo je zahtjevan i dugotrajan te za prediktivne studije nije opravdan u smislu svojstvene netočnosti dostupnih podataka. Ipak je potrebno modelirati neke aspekte procesa kako bi se izračunale realne marginalne cijene koje su u ovom slučaju potrebne. Planirane i nepredviđene prekide rada, također, treba modelirati, jednako kao i dinamička ograničenja s kojima se susreće proizvodnja pri promjeni opterećenja.

Koristi se i određene alternativne tehnike. Kod **"Metode ekvivalentiranja opterećenja"**, sve su jedinice uključene i izračunava se kumulativna vjerojatnost da će postojeći kapaciteti zadovoljavati potražnju, kao i vjerojatne prosječne marginalne cijene.

Koristi se i **Monte Carlo** metoda za simulaciju odluka o proizvoljnim prekidima rada, a zatim se koristi pravilo vrijednosti za slaganje jedinica sve dok se ne zadovolje potrebe, a posljednjom se jedinicom utvrđuje marginalna cijena. Obično se koristi prosječna vrijednost nekoliko iteracija. U praksi je potreban vrlo velik broj iteracija te su izrađene aproksimacije uz korištenje kontroliranog uzorkovanja i parametarskih metoda.

Poznate su i metode koje se temelje na **pravokutnim polinomima**, gdje je funkcija cijene opterećenja predočena korištenjem kombinacije polinoma. Korištenjem metode neposredne aproksimacije sve su jedinice uključene i podešava se opterećenje prema rezultatu koji se dobiva na presjeku s funkcijom cijene koja se podudara sa stvarnim vrijednostima izmjerenim u praksi. Zatim koriste se metode **interpolacije**, kao što je **Chebysheva**, za utvrđivanje konačne funkcije.

Svi ovi pristupi korišteni za različite oblike modeliranja ne održavaju praktičnost prekida rada pri niskoj potražnji i neravnomjernoj raspodjeli. Također nerealno je ispisati sve mogućnosti generatora, jer se ne može obuhvatiti raspon promjena koje se događaju u praksi, zbog slučajnih nepredviđenih prekida rada. Neke metode pokušavaju modelirati dinamiku, dok u praksi dinamička ograničenja mogu dovesti do produženog rada pod opterećenjem i neravnoteže u korist fleksibilnijih jedinica. Također, postoje zahtjevi da se modeliraju pojedinačni generatori kako bi se procijenila njihova učinkovitost. Zbog toga model treba koristiti podatke o prekidima rada temeljenim na registriranim planovima za jednogodišnje razdoblje, te uključivati dinamičke parametre s kronološkom simulacijom. Interval između pojedinih programa može biti do dva sata, što je još uvijek dovoljno za "hvatanje" dinamičkih zbivanja koja se odnose na minimalni broj uključivanja i isključivanja, a da ne predstavlja teži problem.

U literaturi [3] je obrađen tipičan model koji je i u praksi primjenjiv i dostupan. Model koji je u stanju upravljati s oko 250 zasebnih generatora i izračunavati njihov poredak na osnovi tipičnih troškova. Također, može modelirati ograničenja prijenosa i faktore gubitaka povezane s ulogom generatora u sustavu.

Model je dinamički prema tome što raspoređuje proizvodnju uzastopno za svako dvosatno razdoblje, uzimajući u obzir ograničenja generatora povezana s minimalnim vremenom rada, minimalnim vremenom isključenja te nefleksibilnosti. Pomoću ovog procesa akumuliraju se troškovi puštanja u rad, kao i broj hladnih i toplih puštanja u rad. Točka prekida između toplih i hladnih puštanja u rad može varirati, a obično iznosi oko 26 sati. Model ima mogućnost ručne simulacije unesenih vanjskih transfera. Reverzibilna elektrana se simulira odvojeno, a zatim poveže s modelom. Također, modelirana je sposobnost vremenske promjene uključenja generatora.

Ulazni podaci

Unos podataka realizira se s pomoću datoteka koje se mogu interaktivno uređivati za svaki generator i uključuju: naziv, pogonsko gorivo, minimalni broj uključivanja i isključivanja, minimalnu proizvodnju, oznake fleksibilnosti, toplinsku snagu, toplinske gubitke, faktor gubitaka prijenosa.

U posebnoj se datoteci utvrđuje potražnja za svako šestomjesečno razdoblje te za svaki dvosatni interval. Program omogućava selekciju podataka prema njihovoj vrijednosti te izračunavanje poretka po vrijednosti na osnovi izmjena osnovnih podataka. Vanjski transferi interaktivno su definirani za svaki period iz prethodno definirane grupe. Definirana je spremnost za rad svakog generatora za svaki period, omogućujući simulaciju prekida rada.

4. ZAKLJUČAK

Privatizacija Hrvatske elektroprivrede bitno mijenja ustrojstvo čitavog elektorenergetskog sektora. Duboka restrukturiranja u pogledu učinaka nedavno uvedenih promjena u nacionalnom zakonodavstvu nameću potrebu razmatranja budućeg razvoja. Pretvorbom u dioničko društvo, dolazi do intenzivnog nametanja privatističke logike, s temeljnim uvjetom ekonomičnosti, iako je i dalje riječ o javnoj službi prvorazredne važnosti, kakva je isporuka električne energije. Razvojni plan treba se usredotočiti na ciljeve smanjenja troškova proizvodnje. S toga se kroz ovaj rad zaključuje da je moguće konstruirati radni model koji daje rezultate po vladanju dovoljno slične stvarnome i koje se može koristiti za analizu tržišnog vladanja i izračunavanje profita proizvodnih jedinica ukoliko je poznat prihod temeljen na zajedničkim plaćanjima i troškovima izračunatim iz tipičnih podataka o toplinskoj snazi proizvodne jedinice i cijeni goriva.

LITERATURA

[1] M. WILKINSON, "Power Monopolies and the Challenge of the Market", Cambridge (USA), 1989.

[2] Electricity supply industry. Structure, ownership and regulation in oecd countries" OECD, IEA, 1994.

[3] B. MURRAY, J. WILEY, "Electricity markets, Investment Performance and Analysis", 1998.

"HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA" ON THE TURN OF PRIVATISATION AND SOCIAL RESPONSIBILITY

Electricity sector restructuring in terms of the effects of changes in the national legislation imposed the necessity to consider future development. Two categories of the problem are distinguished in the paper, namely those that specifically refer to the development of the electric power system and to the privatisation of the Croatian Electricity Utility Company (HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA - HEP).

Under the Energy Act HEP is a public industrial organisation responsible for the operations of special public concern taking into account the cost efficiency criteria. Preference has been given to the first one of the two objectives. With the transition into a joint-stock company and privatisation, the personalised logic is increasingly emphasised although cost efficiency is a fundamental condition in spite of the fact that it still involves a public service of vital importance.

The approach to the market modelling for current energy situation in Croatia has been presented to allow analyses and forecasts of electricity generation, to support the investment decisions (foreign capital), and with an aim of feasibility assessment.

Three models are described that could be used for assessment of investment profitability in generation on a deregulated market. The simulation of production costs and basic characteristics of modelling are shown.

DIE KROATISCHE ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT AN DER GRENZSCHEIDE ZWISCHEN PRIVATISATION UND SOZIALER VERANTWORTUNG

Bezüglich der Einwirkungen eingeführter Änderungen in der nationalen Gesetzgebung hat die Umstrukturierung im Sachgebiet Elektroenergetik die Notwendigkeit der Überlegung künftiger Entwicklung aufgezwungen. Im Artikel unterschiedet man zwei Gattungen von Problemen, welche auf spezifische Weisen sich auf die Entwicklung der Gliederund der Kroatischen Elektrizitätswirtschaft ("HEP") und auf deren Privatisation beziehen.

Das Elektrizitätswirtschaftsgesetz hat die HEP als öffentliche Wirtschaftsvereinigung, mit den Zielen der Ausübung einer Tätigkeit vom öffentlichen Interesse, und der anstandslosen Beachtung einschlägiger Wirtschaftssachverhalte gestaltet, wobei der Vorzug dem ersten dieser Ziele gegeben ist. Durch die Umwandlung in eine Aktiengesellschaft und durch die Privatisation drängen sich -Wirtschaftlichkeit als Grundbedingung beachtend- immer mehr eigennützige Überlegungen auf, obwohl auch weiterhin von einem öffentlichen Dienst mit hervorragender Bedeutung für die Republik Kroatien die Rede ist.

Zu dem vorliegenden elektroenergetischen Zustand Kroatiens wird, zwecks Untersuchungen und Vorhersagen von Stromerzeugung, eine Einführung in die Marktmodellierung, mit der Absicht den Anlageentscheidungen (des fremden Kapitals) und der Abschätzung der Aushführbarkeit beizustehen, vorgezeigt. Drei Modelle zum Abschätzen der Einträglichkeit der Anlagen in die Erzeugung innerhalb des deregulierten Marktes sind vorgestellt worden.

Naslov pisca:

Dr. sc. Alfredo Višković, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 06 – 06.

ELEKTROPRIVREDE KAO NOVI IGRAČI NA TELEKOMUNIKACIJSKOM TRŽIŠTU

Dr. sc. Margit Brandl, Wien – mr. sc. Dubravko Sabolić, Zagreb

UDK 621.39:621.311.1
PREGLEDNI ČLANAK

Daje se kratak pregled utjecaja procesa deregulacije i liberalizacije na razvoj tržišta telekomunikacija, s osvrtom na elektroprivrede kao nove igrače na tržištu. Rad je baziran na austrijskim iskustvima iz posljednjih godina. U tom kontekstu dan je i prikaz novog mehanizma regulacije tržišta telekomunikacija u Hrvatskoj.

Ključne riječi: elektroprivréda, deregulacija, liberalizacija, telekomunikacijsko tržište.

1. UVOD – DEREGULACIJA, PRIVATIZACIJA, LIBERALIZACIJA

Deregulacija i privatizacija su, u općem smislu, u proteklih desetak godina postali međunarodnim fenomenom i svjetskim trendom. Javna i državna poduzeća, preko kojih se odvijao velik dio ekonomskih aktivnosti, patila su od nedostatka fleksibilnosti i prilagodljivosti uvjetima slobodnog tržišta. Čak i u razvijenim zemljama, veliki gospodarski sektori, poput energetike i telekomunikacija, vođeni su u potpunosti preko državnih kompanija, čime su stvoreni i učvršćeni državni monopoli koji su sprječavali razvoj tržišta, pa su time kočili čak i tehnološki razvoj, pod izgovorom da su ovi sustavi od prevelikog javnog značenja, da bi bili prepušteni privatnim vlasnicima.

U području telekomunikacija, do prije petnaestak godina gotovo ni u jednoj zemlji svijeta nije postojala praktički nikakva konkurencija. Državne PTT kompanije ne samo da su bile jedini pružatelji telefonskih usluga, nego su također imale moć propisivanja tehničkih i drugih standarda, izdavanja dozvola za uporabu komunikacijkih uređaja, i, na kraju, određivale su čak i koju terminalnu opremu mogu kupovati korisnici njihovih mreža. Često su one same i proizvodile tu opremu.

Prekretnicu u takvom stanju označio je jedan antitrustovski proces u SAD-u [1]. Telekomunikacijskim sustavom SAD-a monopolistički je upravljao kompleks poduzeća Atlantic Telephone and Telegraph (AT&T), često zvan i Bell Systems, koji je posjedovao Bell Telephone Labs (istraživanje), Western Electric Co. (proizvodnja opreme), i 23 poduzeća u okviru Bell-a. Suština tužbe koju je protiv AT&T-a 1974. pokrenulo američko Ministarsvo pravde bila je da je on sprječavao konkurenciju u long-distance prometu i da je sprječavao konkurenciju na tržištu terminalne opreme. U to vrijeme, sustav AT&T-a imao je tržišni udjel veći od 95% čitavog sektora na razini SAD-a.

U svojoj obrani, Bell Systems je tvrdio da je američki telekomunikacijski sustav upravo zato najbolji na svijetu, jer ga vodi jedna tako velika i moćna kompanija, te da je veličina sustava ključni faktor koji potiče tehnološki razvoj.

1984. AT&T je izgubio spor i silom zakona je restrukturiran tako da je AT&T zadržao samo svoje long-distance usluge, Bell Labs i Western Electric Co. Preostali dio sustava organiziran je u sedam velikih područnih holding kompanija, Bell Operating Companies. Tako je Bell Systems izložen žestokoj konkurenciji, najprije u području long-distance prometa i proizvodnje i prodaje telekomunikacijke opreme. Razbijanje trusta Bellovih kompanija, odnosno ukidanje monopola na telekomunikacijskom tržištu najrazvijenije zemlje svijeta, naglo je dovelo do nevjerojatnog napretka u tehnologiji telekomunikacija i telekomunikacijskim uslugama, kojemu smo svjedoci još i danas. Povećana konkurencija dovela je do povećanja zahtjeva za novim uslugama, a one su za sobom nužno povukle tehnološki razvoj. Padom jediničnih cijena usluga otvoren je prostor za količinski veću konzumaciju postojećih, i uvođenje novih. Osobito veliki napredak ostvaren je u području širokopojasnih usluga fiksne mreže, odnosno usluga u mobilnim mrežama. Pokazalo se da nije točno da monopol pogoduje kvaliteti usluga i tehnološkom razvoju.

Svatko će se lako prisjetiti da je ne tako davno kod nas fiksni priključak na telefonsku mrežu stajao u stotinama ili tisućama €, a da se na ostvarenje priključka čekalo mjesecima i godinama. Mobilni priključak u prvim danima pokretne mreže stajao je oko tadašnjih 14.000 DEM. Danas se on može dobiti za 1 kunu. Jedina usluga u mobilnim mrežama, prije pojave konkurencije na našem

tržištu, bila je govorna telefonija, a u kasnijoj fazi i SMS. Danas, kada postoje samo dva operatera, sve vrvi tarifnim modelima i dodatnim proizvodima, a razina cijena snižena je dovoljno da 43% stanovnika Hrvatske, unatoč skromnom bruto nacionalnom dohotku od ispod 5.000 € po glavi, koristi mobilne telefone.

Ishodište liberalizacije i privatizacije telekomunikacija u Europi nalazi se u ranim odredbama ugovora o osnivanju Europske ekonomske zajednice, u kojima su sankcionirana načela slobodne cirkulacije ljudi, roba i usluga unutar zajednice, kasnije preoblikovane u Europsku uniju, nediskriminacije poslovnih subjekata iz drugih zemalja Unije, transparencije i troškovne utemeljenosti cijena, te poticanja slobodne trgovine. U praksi, prve tendencije u telekomunikacijskom sektoru javljaju se u ranim osamdesetim godinama, slično kao u SAD-u. Prva država koja je zakoračila u to bila je Velika Britanija. Danas je na čitavom teritoriju Unije, uključujući i njene najslabije razvijene zemlje, telekomunikacijsko tržište potpuno liberalizirano i regulirano s ciljem sprječavanja zlouporabe velike tržišne snage. Do sada se ni u jednom slučaju liberalizacije tržišta telekomunikacija nije dogodio nikakav poremećaj, koji bi doveo do pomišljanja na ponovnu etatizaciju sektora, odnosno, državni intervencionizam kroz regulacijske mehanizme pokazao se dovoljnim u osiguranju poštenih uvjeta na tržištu.

Naprotiv, u elektroenergetskom sektoru, u nekim zemljama su se dogodili ozbiljni strukturni poremećaji tržišta, zbog kojih su države bile na kraju prisiljene snažno intervenirati, a one koje još nisu provele restrukturiranje i liberalizaciju sektora, zbog mjestimice loših iskustava, oklijevaju s time. Najpoznatiji je svježi primjer kalifornijske elektroenergetske krize.

U osnovi, cilj liberalizacije telekomunikacija je postavljanje tradicionalnih državnih operatera na zdrave noge, kako bi oni postali efikasni ekonomski subjekti koji će moći opstati u uvjetima konkurencije, te proširenje količine i kvalitete usluga dostupnih što većem broju korisnika. Glavna opasnost za državne operatere nije dolazila od novih igrača na nacionalnim tržištima, nego od moćnih stranih državnih operatera iz drugih zemalja Unije. Radi održanja poštenih uvjeta na tržištu uspostavljeni su regulacijski mehanizmi neovisni od tržišnih operatera, a ponegdje i od države, barem u određenoj mjeri.

Regulacijski mehanizmi osiguravaju provedbu regulacijskih pravila, postavljenih zakonima, od kojih su najvažnija: sprječavanje zlouporabe jakog tržišnog položaja, liberalizacija usluga, proizvodnje i prodaje opreme, harmonizacija i otvoreni pristup mreži, zaštita potrošivih resursa i prostora, te liberalizacija naslijeđene infrastrukture i prava prolaska. U potonjem smislu, radi se o tome da se tradicionalni državni operateri tretiraju kao upravljači naslijeđene infrastrukture, a ne kao vlasnici u užem smislu, jer su oni u posjed tih vrijednih sustava stigli zajedničkim naporom države i većine njenih stanovnika. Stoga je tu infrastrukturu potrebno dati svim zainteresiranim operaterima i korisnicima pod istim komercijalnim uvjetima, na temelju stvarnih troškova. Razumije se da tradicionalni operateri istu cijenu te infrastrukture moraju zaračunavati i u kalkulaciji cijena svojih usluga.

2. KONSOLIDACIJA REGULATIVE

Deregulacija telekomunikacijskih tržišta je proces koji će i u sljedećim godinama donositi nove događaje, unatoč činjenici da su telekomunikacijski sektori u zemljama Unije već u potpunosti liberalizirani.

Umjesto dvadesetak direktiva Europske komisije, donijet će se jedan pravilnik, pet direktiva i jedna odluka, a taj paket će činiti tzv. "novo regulacijsko okruženje" (engl. "New Regulatory Framework").

Novi paket regulacijskih odredbi postavit će osnovna pravila za one stvari koje se mogu regulirati na nadnacionalnoj razini. Zakonsko okruženje će se pojednostavniti, a načelo tehnološke neutralnosti promovirat će se na široj osnovi. Set novih direktiva sadržavat će jednu opću, i četiri posebne, kojima će se regulirati redom: načela izdavanja licenci i odobrenja za rad operatera; pristup mreži i interkonekciju; univerzalne (osnovne) usluge; te potrošačka i korisnička prava i zaštita podataka u telekomunikiacijskim sustavima.

3. BUDUĆI ZAKONSKI OKVIRI U EUROPSKOJ UNIJI

Sama regulacija mora biti maksimalno harmonizirana unutar nacionalnih zakonodavstava Unije, kako bi djelovanje regulacijskih mehanizama bilo stabilno, sigurno i predvidivo za igrače na tržištu. Potrebno je i nadalje osigurati poštene uvjete natjecanja na tržištu, jer jedino otvorena konkurencija može osigurati dostatan izbor krajnjim korisnicima, odnosno omogućiti razvoj novih operatera.

Dobrobit korisnika važna je iz više razloga. U prvom redu, mora se osigurati maksimalna mogućnost izbora među davateljima usluga, kao i razumna cijena i kvaliteta usluga prema krajnjim korisnicima. To je moguće ostvariti jedino u okolišu koji garantira transparentne i nediskriminirajuće uvjete za davatelje usluga i mrežnih kapaciteta.

4. PRIMJER AUSTRIJE

Postavši članicom Europske unije 1995. godine, Austrija je morala brzo preuzeti regulativni okvir za telekomunikacije definiran skupom direktiva Europske komisije, i liberalizirati svoje telekomunikacijsko tržište. Tako je u kratkom roku obavljen proces koji je u starijim članicama Unije kontinuirano trajao desetak godina.

Zakonsko okruženje stvoreno je Zakonom o telekomunikacijama od 1. kolovoza 1997. Njegov cilj je bilo uvođenje poštenih, transparentnih i nediskriminirajućih uvjeta. Ustanovljena su dva regulacijska tijela: Telekom Kontrol Komission (TKK), i Rundfunk und Telekom Regulierungs GmbH (RTR). Prvi je pandan našemu Vijeću za telekomunikacije, a drugi Hrvatskom zavodu za telekomunikacije. TKK donosi odluke iz područja regulacije, poglavito u svezi s arbitražom u sporovima i dodjelom licenci operaterima, dočim RTR odrađuje stručnu pripremu odluka za TKK, monitoring tržišta, regulaciju spektra, i ostale brojne aktivnosti. Ovaj sustav podešen je slično našemu. U stvari, čini se kao da je hrvatski regulacijski sustav formiran prema uzoru austrijskog.

4.1. Razvoj telekomunikacija u Austriji

Od samog početka liberalizacije, telekomunikacijsko tržište u Austriji pokazalo se vrlo dinamičnim. TKK je izdao 137 licenci za usluge u fiksnim mrežama (67 za govornu uslugu i 70 za najam vodova). Postoje četiri operatera GSM mreža, dva operatera paging sustava, te šest licenci za UMTS mobilne mreže. 56 vlasnika licenci ne koriste se njima zbog poslovne propasti, a 21 licenca je zbog toga ukinuta. Međutim, niti jedna nije prisilno poništena zbog ugrožavanja pravila igre na reguliranom tržištu. Austrijski regulacijski sustav krasi visoka razina transparentnosti i vrlo liberalan režim stjecanja i korištenja licenci. Trenutno su zamjetne tendencije konsolidacije u sektoru, praćene nekolicinom propasti poduzeća, odnosno preuzimanja.

Za licencirane davatelje usluga govorne telefonije od velike je važnosti mogućnost pristupa krajnjim korisnicima. Zbog toga je regulator posvetio veliku pažnju ključnim pitanjima interkonekcije i unbundlinga lokalne petlje. Nadalje, prilagodba sustava numeracije, dodjele ograničenog resursa brojeva novim operaterima, prenosivost brojeva i predodabir, odnosno odabir, operatera, još uvijek su važni problemi kojima se regulacijski mehanizam intenzivno bavi.

4.2. Novi igrači na tržištu

Različiti tipovi novih igrača na telekomunikacijskim tržištima svijeta čine strukturu tržišta sofisticiranom i složenom. Alternativni operateri mogu se u osnovi podijeliti u tri grupe:

- Strani bivši državni operateri (npr. Deutsche Telekom, KPN, Telekom Italia, ...), koji ulaze na tržišta drugih država.
- Domaće kompanije koje posjeduju velike infrastrukturne sustave, ili uživaju pravo prolaza, poput elektroprivreda, željeznica, naftovoda, toplinskih mreža i sl.
- Radio i televizijski operateri, i operateri širokopojasnih mreža kabelskih televizija.

Prvi korak za novu kompaniju može biti npr. pružanje podatkovnih usluga za poslovne korisnike. Takvu vrstu posla često je moguće započeti i prije potpune liberalizacije tržišta, ovisno o zakonodavstvu svake pojedine države. U Hrvatskoj je npr. to moguće.

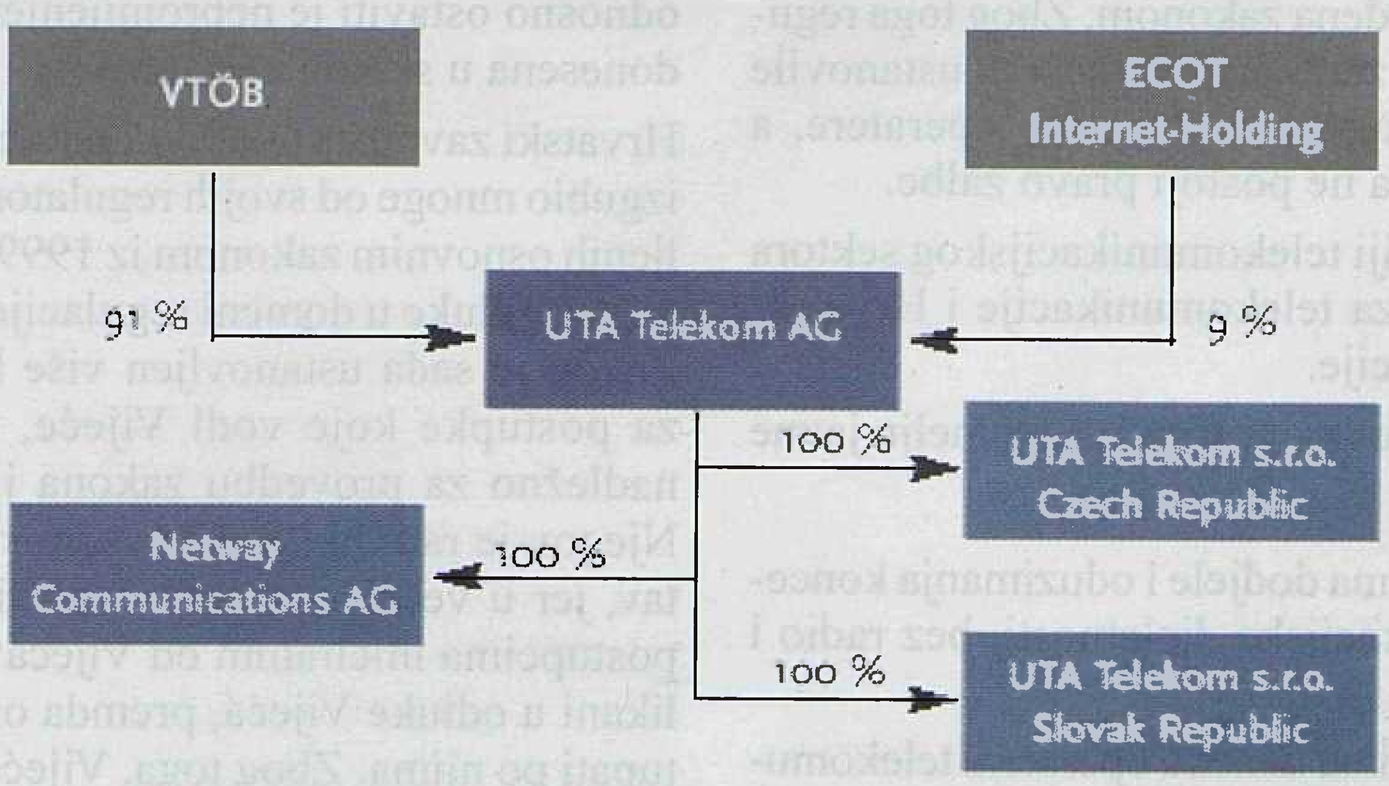
Nastupanjem potpune liberalizacije, takvi operateri mogu u određenom vremenu proširiti poslovanje i postati potpuni davatelji usluga, ili pak specijalizirani, kao npr. davatelji usluga temeljne transmisijske mreže, davatelji usluga mreže drugim davateljima usluga, itd.

4.3. Elektroprivrede kao telekomunikacijski operateri u Austriji

UTA

UTA (United Telecom Austria) dobar je primjer telekomunikacijske kompanije izrasle iz elektroprivrede. Većinski vlasnik UTA-e je Vereinigte Telekom Österreich Beteiligungs GMBH (VTÖB) s 91 % udjela. VTÖB je u vlasništvu osam austrijskih dobavljača električne energije (BEWAG, EVN, KELAG, ENERGIE AG, STEWEAG, TIWAG, VKW and STW). Preostalih 9 % udjela posjeduje ECOT Internet-Holding, kompanija u vlasništvu banaka i osiguravajućih društava (RZB, RLB Niederösterreich-Wien i Uniqa).

Vlasnička struktura UTA-e prikazana je na slici 1.



Slika 1. Struktura UTA-e

(izvor: http://www.uta.at/2/txt/6/pdf/uta_basics_april2002_englisch_060502_high.pdf)

UTA je potpuni davatelj usluga, koje obuhvaćaju usluge fiksne telefonije, kompanijskih mreža, Interneta, mobilnih mreža i elektroničkog poslovanja.

UTA ima 640 radnika, više od 8.000 km optičkih kabela, nacionalno proširenu temeljnu mrežu kapaciteta 10 Gbit/s, zasićenu širokopojasnu mutiuslužnu mrežu, kao i regionalne telekomunikacijske mreže. Poduzeće ima 413.000 telefonskih pretplatnika, 305.000 korisnika Interneta, oko 80 domaćih i stranih Internet operatera i međunarodnih operatera kao svojih korisnika, te 25.900 drugih poslovnih korisnika, a prerađuje do 5 milijuna minuta poziva dnevno.

tele.ring

Tele.ring je osnovalo poduzeće Verbund (Austrijska elektroprivreda) zajedno s Austrijskom željeznicom, ÖBB (Österreichische Bundesbahnen). 1998. prodan je Mannesmannu. 2001. Mannesmann je prodao sve dionice poduzeću Western Wireeless International Corporation, podružnici Western Wireless-a, jednog od vodećih američkih operatera, osnovanoj 1994. godine. Tele.ring je također potpuni pružatelj usluga, a posjeduje licence za fiksnu telefoniju, najam vodova, GSM i UMTS. On ima 4.000 km optičke mreže s pravom prolaza na sljedećih 18.000 km, kao i nacionalno razvijenu GSM mrežu. Danas je GSM mreža tele.ring-a u velikim poslovnim problemima.

5. REGULACIJA U HRVATSKOJ

Regulacija telekomunikacijskog sektora u Hrvatskoj, u današnjem obliku, može se smatrati novim procesom. Zadnje izmjene i dopune osnovnog Zakona o telekomunikacijama iz 1999. [2], učinjene dvaput tijekom druge polovice 2001. [3, 4], ustanovile su regulacijski mehanizam na nov način, slično onome kako je postavljen npr. u Austriji. Ukratko ćemo opisati kako je zamišljen njegov rad.

Kao prvo, regulator, koga god u ovom trenutku tako nazvali, ne regulira tržište. Ono je regulirano zakonom. Zadatak regulatora je da osigura da operateri na tržištu poštuju pravila igre utvrđena zakonom. Zbog toga regulatorna tijela svugdje u zemljama koje su ih ustanovile imaju izvršne ovlasti koje obvezuju sve operatere, a protiv odluka regulatora ne postoji pravo žalbe.

Ključna tijela u regulaciji telekomunikacijskog sektora u Hrvatskoj su Vijeće za telekomunikacije i Hrvatski zavod za telekomunikacije.

Osnovne funkcije koje obavlja Vijeće na temelju javne ovlasti su:

- Odlučivanje u pitanjima dodjele i oduzimanja koncesija uza telekomunikacijske djelatnosti, bez radio i televizijske difuzije.
- Arbitriranje u sporovima između operatera telekomunikacijskih usluga na tržištu.
- Obnašanje funkcije neovisnog regulatora na tržištu.

Od tri izvora financiranja Vijeća, niti jedan ne ovisi o državnom proračunu. Ti izvori su:

- ne manje od 10% od naknada za frekvencije
- naknade za adrese i brojeve
- 0,2% godišnjeg bruto prihoda svih telekomunikacijskih operatera na tržištu.

Novac se dijeli u skladu s odgovarajućom Vladinom odlukom između Vijeća i Zavoda. Nema financiranja iz proračuna. Sredstva koja Vijeće i Zavod dobiju iz navedenih izvora, a ne potroše li ih, transferiraju se u državni proračun, ili eventualno u fond za telekomunikacijske usluge, koji služi kompenzaciji ekstra troškova operatera osnovnih usluga na područjima gdje njihovo pružanje po ustanovljenim cijenama nije ekonomski isplativo.

Samo ćemo ukratko nabrojiti koje glavne regulacijske funkcije, pored već spomenutih, obavlja Vijeće: odobravanje plana numeracije, odobravanje tarifa za govornu telefoniju, najam vodova i monopolne usluge, cijene interkonekcije, kada ih operateri ne mogu samostalno ugovoriti, određivanje obvezujućih parametara kvalitete usluga i drugih obveza operatera za vrijeme korištenja koncesija. Pojedine su funkcije detaljnije elaborirane u člancima zakona iz srpnja 2001. [3] koji se bave transferom funkcija između Zavoda, Vijeća i Ministarstva pomorstva, prometa i veza, no i one se sve mogu podvesti pod jednu od nabrojenih kategorija.

Protiv odluke Vijeća nema mogućnosti žalbe. Operater koji je nezadovoljan odlukom može tužiti Vijeće Upravnom sudu Republike Hrvatske, smatra li da je odluka neutemeljena na zakonu ili proceduralno krivo donesena. U praksi, postupak na sudu traje godinama, tako da to teško može biti od velike koristi nezadovoljnoj strani. Tako je, praktički, odluka Vijeća konačna, jer nijedna komercijalna aktivnost ne može čekati godinama na rješavanje predmeta. Zbog toga Vijeće mora vrlo pažljivo odvagnuti svoje odluke, i donositi ih isključivo na temelju zakona. Upravni sud ne može ulaziti u meritum odluke; on je jedino može poništiti ako je protuzakonita ili ako je donesena u pogrješnoj proceduri, odnosno ostaviti je nepromijenjenom, ako nalazi da je donesena u skladu s propisima.

Hrvatski zavod za telekomunikacije je, uvjetno rečeno, izgubio mnoge od svojih regulatornih funkcija ustanovljenih osnovnim zakonom iz 1999. Ukratko, nadležnost za sve odluke u domeni regulacije preseljena je Vijeću. Zavod je sada ustanovljen više kao tehnička potpora za postupke koje vodi Vijeće, te kao tijelo koje je nadležno za provedbu zakona i inspekcijski nadzor. Njegov je rad od ključne važnosti za regulacijski sustav, jer u većini slučajeva nalazi Zavoda u različitim postupcima iniciranim od Vijeća bivaju direktno preslikani u odluke Vijeća, premda ono nema obvezu postupati po njima. Zbog toga, Vijeće i Zavod dva su dijela mehanizma regulacije koji nužno moraju tijesno surađivati i obavljati svaki svoju ulogu.

Prema zakonu iz srpnja 2001. [3], Zavod priprema prijedloge odluka za Vijeće, te radi ostale poslove definirane važećim zakonskim tekstom. Ukratko, Zavod je među inim nadležan za tehničke norme, dodjele frekvencija i upravljanje spektrom, tipska odobrenja opreme, nadgledanje kvalitete usluge i provođenje zakona. Kazano jednostavnim riječima, Vijeće se može zamisliti kao sud, a Zavod kao policija.

Naglasimo još jednom da, kao u Austriji, Vijeće nije dužno donijeti odluku u skladu s preporukom Zavoda, već može po svome nahođenju poduzimati istražne radnje i donositi odluke u skladu s njima.

Zakon iz 1999. predvidio je osnivanje Telekomunikacijskog vijeća korisnika unutar hrvatskog zavoda za telekomunikacije, ali ne u smislu njegove organizacijske jedinice. Članove ovoga vijeća imenuje diskrecijskom odlukom Ministar pomorstva, prometa i veza, a zakon čak ne određuje niti broj članova, kao ni bilo koje druge detalje. Svrha ovoga tijela je zaštita krajnjih korisnika. Do trenutka pisanja ovoga teksta ono još nije osnovano.

5.1. Djelomično produženje isključivih prava HT-a

Srpanjski zakon iz 2001. produžava određena isključiva prava Hrvatskih telekomunikacija za još dvije godine nakon nastupanja "dana D", 1. siječnja iduće godine. Dakle, HT, koji je sada u većinskom vlasništvu Deutsche Telekom-a, do 1. siječnja 2005. NEĆE morati:

- dozvoliti pristup krajnjim korisnicima preko naslijeđene bakrene infrastrukture pod jednakim komercijalnim uvjetima,
- dozvoliti prenosivost brojeva,
- dozvoliti predodabir operatera.

Dakle, datum potpune liberalizacije u Hrvatskoj je odgođen za 1. siječanj 2005. On je značajna prekretnica za potpune davatelje usluga. Međutim, za specijalizirane operatere, poput npr. davatelja usluga temeljnih mreža, istinski trenutak liberalizacije nastupa vrlo brzo, 1. siječnja 2003.

LITERATURA

[1] P. A. SAMUELSON, W. D. NORDHAUS, "Economics, Chapter 18", 15th Edition, Mc Graw Hill, Inc. 1995.

[2] Zakon o telekomunikacijama, NN 76/99.

[3] Zakon o izmjenama i dopunama zakona o telekomunikacijama, NN 68/01

[4] Zakon o dopuni zakona o telekomunikacijama, NN 109/01.

POWER UTILITIES AS NEW PLAYERS ON THE TELECOMMUNICATION MARKET

A brief review is given of the deregulation and liberalisation impact on the telecommunication market development, with respect to power utilities as new market players. The presentation is based on recent Austrian experiences in the field. In this context, the new regulation mechanism in Croatia is also described.

EV-UNTERNEHMEN ALS NEUE MAKLER AM FERNMELDEMARKT

Die Unternehmen der Elektrizitätsversorgung als neue Makler am Fernmeldemarkt berücksichtigend, ist hier eine kurze Übersicht der Einflüsse von Deregulierungs- und Liberalisierungsprozessen auf die Entwicklung dieses Marktes, gegeben. Der Artikel stützt sich auf österreichische Erfahrungen aus den letzten Jahren. Damit im Zusammenhang ist der neue Mechanismus der Marktregelung im Fernmeldewesen dargestellt.

Naslov pisaca:

Margit Brandl, PhD
Siemens AG Österreich
Siemensstrasse 90 – 92
A-1211 Wien, Österreich

mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
HEP Prijenos d.o.o.
Ul. grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:

2002 – 09 – 08.

PRIJE 95 GODINA ZAGREB JE VELEGRADOM POSTAO

"Sada je Zagreb velegrad", pisale su u studenome 1907. godine tadašnje novine, izvješćujući o puštanju u pogon prve javne električne rasvjete u gradu. Prve su žarulje zasjale 5. studenoga 1907. g. u 18,30 sati, kada je proradila Gradska električna centrala, a dva dana kasnije, 7. studenoga, proradila je sva ostala priključena javna rasvjeta. Stoga je taj dan označen početkom javne elektrifikacije u gradu Zagrebu, i danom Elektre Zagreb.

Točno 95 godina poslije tog događaja, 07.11.2002., održana je svečanost u Hrvatskom narodnom kazalištu kojoj su prisustvovali brojni visoki uzvanici i poslovni partneri DP Elektre Zagreb. U uvodnoj riječi direktor Elektre Zagreb, dipl. ing. Mladen Ježić ukratko je podsjetio na aktualno stanje opskrbe hrvatske metropole električnom energijom kao i razvojnim pravcima zagrebačke elektrodistribucije. Pozdravnu riječ uputili su i predsjednik Uprave HEP d.d. dipl. ing. Ivo Čović kao i dogradonačelnik grada Zagreba gosp. Stipe Tojčić. U okviru svečanosti prikazan je video film, a gosti i uzvanici mogli su razgledati prigodnu izložbu.



Direktor DP Elektra Zagreb, Mladen Ježić, dip. ing. govorio je o prošlosti, ali i budućnosti Elektre Zagreb

Spomenimo, da je grad Zagreb, metropola Republike Hrvatske, dobio razmjerno kasno svoju gradsku javnu elektranu, premda je pitanje električne rasvjete pokrenuto u isto vrijeme kao i u drugim europskim gradovima. Mnogo prije uvođenja javne elektrifikacije neke veće zgrade i industrijska poduzeća izgrađuju vlastite elektrane, npr: Dom Streljačkog društva (danas kino Tuškanac) 1891., Staro kazalište na Gornjem gradu 1893. Već postojeća plinska rasvjeta (od 1863. godine) bitno je usporavala donošenje odluke o uvođenju električne rasvjete.

Od tog vremena, 07.11.1907., "kada je Zagreb velegradom postao" prošlo je gotovo stoljeće, a od prvih devet transformatorskih stanica 5000/500/50 V i dvadesetak kilometara niskonaponske mreže, danas smo došli do zagrebačke električne mreže koja se sastoji od 1901 transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV i 5 410 kilometara priključnih niskonaponskih vodova na užem gradskom području. Na cijelom distribucijskom području Elektre Zagreb ima 3 041 kom. TS 10(20)/0,4 kV, te čak 10 312 km nadzemnih i podzemnih niskonaponskih vodova.

Osnovne pojne točke današnje zagrebačke mreže su dvije velike transformatorske stanice 400/110 kV Tumbri i 220/110 kV Mraclin te dvije zagrebačke elektrane: Elektrana – Toplana i Termoelektrana – Toplana Žitnjak kao i 11 transformatorskih stanica 110/30 kV, odnosno 110/10(20) kV i 110/20 kV. Osnovni razdjelni napon je 110 kV, 30 kV napon se napušta, dok je na srednjenaponskoj razini počeo prijelaz s 10 kV na 20 kV napon.

Pripremio: **V. Shek**

ISKORIŠTAVANJE RASPLINJENE BIOMASE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

Vedran U r a n, Rijeka

UDK 621.9:62/843.3
STRUČNI ČLANAK

Tehnoekonomski su opisani osnovni sustavi za rasplinjavanje biomase te energetsko postrojenje na plin proizveden iz biomase. Dva su osnovna sustava za rasplinjavanje biomase: visokotlačni i niskotlačni sustav čije su kvantitativne usporedbe prikazane u priloženim tablicama. Također su navedeni primjeri razvoja demonstracijskih sustava za rasplinjavanje biomase u svijetu kao i mogućnosti primjene takvih sustava u Hrvatskoj.

Ključne riječi: sustavi, rasplinjavanje biomase, energetsko postrojenje, visokotlačni sustav, niskotlačni sustav, demonstracijski sustavi.

1. UVOD

Biomasa je potencijalni energetski izvor jer je u njoj uskladišten dio sunčeve energije koju je moguće iskoristiti. Biomasu najvećim dijelom čine različiti produkti iz biljnog svijeta (npr. šumski i drvni ostaci, ostaci iz poljoprivrede, brzorastuće drveče, biomasa dobivena uzgojem uljarica, algi i trava)[1]. Od početka čovječanstva pa do danas ogrjevno drvo spada u najrađirenije oblike koriđtenja biomase kao izvora toplinske energije. Spaljivanje biomase jest prvi tehnolođki proces za proizvodnju toplinske i električne energije, bilo odvojeno, bilo u spojnom procesu. Energetska postrojenja ložena različitim tipovima biomase (najčešće ostacima iz šuma i drvnih industrija) tehnološki su slična energetskim postrojenjima na ugljen, tako da se danas sve više razvija tehnologija zajedničkog izgaranja ovih obaju nosioca energije.

Proces rasplinjavanja biomase jest drugi i noviji tehnološki proces za proizvodnju toplinske i električne energije. To je proces pretvorbe (krute) biomase u plin srednje ili niske ogrjevne moći uštrcavanjem pare i uspuhivanjem zraka u rasplinjač biomase. Takav se proizvedeni plin koristi u klasičnom plinskom procesu za proizvodnju električne energije dok se toplinske energije plinova izgaranja iz plinske turbine mogu putem generatora pare-utilizatora iskoristiti u parnom ciklusu za proizvodnju električne i toplinske energije. To su tzv. BIGCC sustavi (*BIGCC*, od engl. *Biomass-Based Gasification Combined-Cycle Power Systems*).

Nekoliko je tipova sustava za rasplinjavanje biomase. Takvi sustavi nisu još u potpunosti komercijalizirani već se radi o eksperimentalnim i demonstracijskim sustavima. U radu će se opisati dva osnovna tipa sustava: visokotlačni sustav za rasplinjavanje biomase i niskotlačni sustav za rasplinjavanje biomase. Kvantitativne usporedbe ovih dvaju različitih sustava prikazane su u tablicama 2 – 5.

2. OSNOVNO O SUSTAVU ZA RASPLINJAVANJE BIOMASE

Svaki se sustav integriranog rasplinjavanja biomase i kombiniranog ciklusa za proizvodnju električne i toplinske energije sastoji od sljedećih podsustava:

- Doprema, mjerenje, priprema i sušenje biomase
  - iskrcavanje vlažne biomase iz kamiona
  - skladištenje vlažne biomase
  - sustav mjerenja i prenošenja vlažne biomase do sušare
  - sustav za sušenje biomase (do 11% od njegove ukupne težine)
  - skladište za osušenu biomasu.
- Sustav za rasplinjavanje biomase te čišćenje dobivenog plina
  - jedinica za dopremu osušene biomase u rasplinjač
  - rasplinjač
  - sustav za izgaranje drvenog ugljena i zagrijač zraka
  - sustav za otklanjanje pepela
  - sustav za spaljivanje katrana (ili drvnog ulja)
  - sustav za hlađenje dobivenog plina
  - sustav za otklanjanje letećih čestica.

[1] Manjim dijelom se odnosi i na biomasu životinjskog podrijetla (npr. iz životinjskog ekstremiteta) ali to će se u ovom radu izuzeti i govoriti o plinu dobivenom rasplinjavanjem biomase isključivo biljnog podrijetla.

- Kombinirani plinsko-parni sustav za proizvodnju električne i toplinske energije
  - plinska turbina i generator električne energije
  - generator pare-utilizator
  - parna turbina (kondenzacijska ili kondenzacijsko-oduzimana) i generator električne energije
  - kondenzator, rashladni toranj, crpka napojne vode.

Sustav dopreme, mjerenja, pripreme, sušenja te skladištenja biomase jedinstven je kod svih tipova sustava za rasplinjavanje biomase. Na osnovi potreba za električnom i toplinskom energijom određuje se količina plina koja diktira određivanje količine vlažne biomase za sušenje te zatim njeno rasplinjavanje. No, prije toga potrebno je izvršiti kemijsku analizu biomase koja će se izvrgnuti procesu rasplinjavanja. Tu se ubraja: kemijski sastav biomase, njena gornja ogrjevna moć, stupanj vlažnosti prije njenog podvrgavanja procesu sušenja, te njena donja ogrjevna moć. Rezultati jedne takve analize prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Primjer analize osušene biomase potrebne za rasplinjavanje

	javor	mješavina topole
Konačna analiza (težina %, suha baza)		
Ugljik	49,54	50,88
Kisik	43,73	41,90
Vodik	6,11	6,04
Dušik	0,10	0,17
Sumpor	0,02	0,09
Klor	0,00	0,00
Pepeo	0,50	0,92
Gornja ogrjevna moć osušene biomase, kJ/kg	19 715	20 287
Vlažnost biomase prije podvrgavanja procesu sušenja	38%	50%

Plinovi izgaranja iz generatora pare-utilizatora glavni su energetski izvori kod procesa sušenja vlažne biomase ako se radi o izravnom zagrijavanju biomase u rasplinjaču. Kod rasplinjača s neizravnim zagrijavanjem biomase za sušenje vlažne biomase kao energetski izvor koristi se mješavina okolnog zraka i plinovi dobiveni nakon izgaranja drvenog ugljena. Kod oba slučaja dovoljna količina okolnog zraka miješa se s produktima izgaranja plinova kako bi se snizila temperatura plina na 204°C prije njegova ulaska u sustav za sušenje vlažne biomase. Takvo miješanje rezultira stvaranjem nove mješavine plinova s relativno visokim udjelom kisika (oko 16%), ali nedovoljnom temperaturom da dođe do samozapaljivanja biomase u sušari. Plin napušta sušaru s izlaznom temperaturom od 80°C ulazeći u vrećasti filtar radi pročišćavanje tog plina od letećih čestica. Temperatura u takvom sustavu mora biti takva da ne prouzrokuje samozapaljivanje plina. Osušena biomasa izlazi iz sušare s temperaturom od 68°C i postupno se hladi do ulaza u rasplinjač.

2.1. Visokotlačni sustav za rasplinjavanje biomase

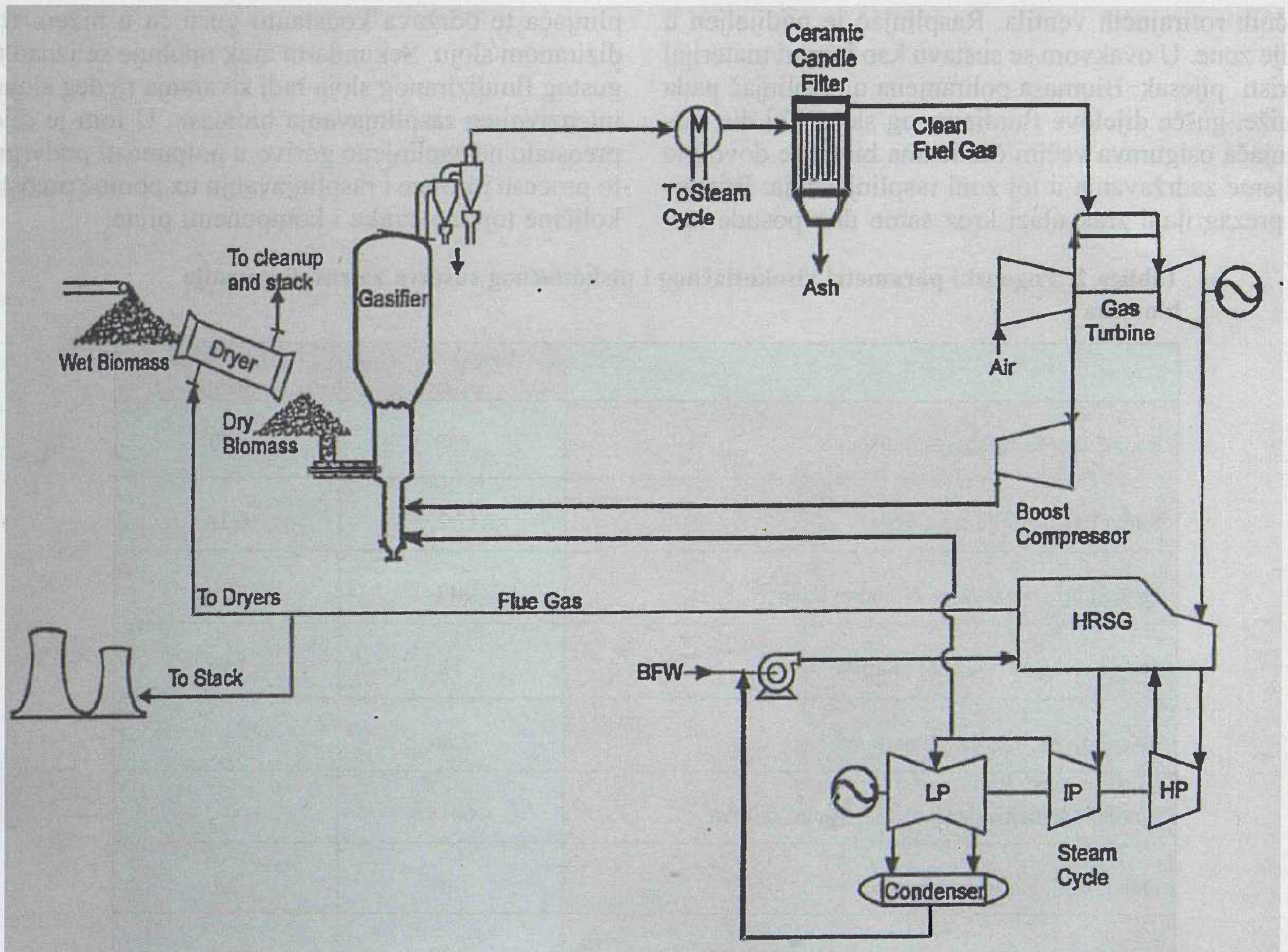
Osnovni princip rada ovog tipa sustava za rasplinjavanje biomase sastoji se od pretvaranja osušene biomase u plinovito stanje kroz jednostupanjski rasplinjač u fluidiziranom sloju. Inertni materijal za taj sloj jest glina (zemlja) koja s biomasom nastoji stvoriti što potpuniji površinski dodir u fluidiziranom sloju.

Rasplinjač biomase može funkcionirati pri različitim radnim temperaturama i tlakovima. U rasplinjač se upuhuje komprimirani zrak dovedenog iz kompresora-utilizatora i uštrcava manja količina pare oduzeta iz niskotlačnog bloka parne turbine (slika 1.). Miješanjem komprimiranog zraka i osušene biomase stvara se egzotermna reakcija radi pretvorbe osušene biomase u plin. Umjesto komprimiranog zraka također je moguće u rasplinjač upuhnuti i određeni sadržaj čistog kisika zbog učinkovitijeg miješanja s osušenom biomasom. No, proizvodnja kisika zahtijeva dodatne troškove što bi imalo za posljedicu skuplji sustav za rasplinjavanje biomase.

Rasplinjač biomase je oblika posude unutarnjeg promjera fluidiziranog sloja od 2,86 metara i vanjskog okvirnog dijela posude s vatrootpornim zidovima, promjera 4,26 metara.

Glavni faktori koji utječu na učinkovitost izgaranja jesu temperatura rasplinjavanja biomase u rasplinjaču, pretičak zraka te vrijeme zadržavanja u zoni rasplinjavanja. Rasplinjavanje biomase se pod visokim tlakom praktički posve završava u samom sloju, odnosno dogorijevanje je iznad njega zanemarivo.

Zagrijani plinovi na izlazu iz rasplinjača hlade se do temperature od 538°C radi kondenziranja alkalnih spojeva koji se skupljaju u keramičkom filtru oblika svijeće te se potom odstranjuju iz sustava. Emisija alkalnih spojeva koja se nalazi u sadržaju rasplinjene biomase vrlo je važna zbog njihova utjecaja na visokotemperaturnu koroziju na lopaticama plinske turbine. Pojava korozije takvog tipa nastaje kada alkalne soli reagiraju sa sumpor (IV)-oksidom (SO_2) i kisikom (O_2). Keramički filtri za pročišćavanje plina također su se pokazali učinkovitim i kod odstranjivanja letećih čestica.



Slika 1. Shema visokotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase [1]

(*wet biomass* – vlažna biomasa, *dryer* – sušilo biomase (sušara), *dry biomass* – suha biomasa, *gasifier* – rasplinjač, *to steam cycle* – prema parnom ciklusu, *ceramic candle filter* – keramički filtar oblika svijeće, *ash* – pepeo, *clean fuel gas* – očišćeni plin, *air* – zrak, *gas turbine* – plinska turbina, *boost compressor* – kompresor-utilizator, *HRSG* – generator pare-utilizator, *steam cycle* – parni ciklus, *HP* – visokotlačni blok parne turbine, *IP* – srednjetlačni blok parne turbine, *LP* – niskotlačni blok parne turbine, *condenser* – kondenzator, *BFW* – dodatna napojna voda, *flue gas* – dimni plinovi, *to dryers* – prema sušilu biomase, *to stack* – prema dimnjaku)

Prigodom rasplinjavanja osušene biomase u fluidiziranom sloju na dnu se posebne posude sustava taloži neizgorivi dio biomase ili drveni ugljen koji izgara kod temperature od 843°C i pretičkom zraka od 20%. Cijevi položene unutar sustava za izgaranje drvenog ugljena služe za cirkuliranje pare iz generatora pare-utilizatora koja se zbog izgaranja drvenog ugljena zagrijava te zatim tako zagrijana odvodi do ulaska u parnu turbinu. Jasno je da sustav za izgaranje drvenog ugljena treba funkcionirati pod visokim tlakom. Sustav za izgaranje drvenog ugljena također treba biti zagrijan kontinuiranim upuhivanjem komprimiranog zraka. Stupanj potpunog izgaranja veća je od 99%. Što se povećava udio hlapivosti dobivenog plina iz biomase to je postotak ugljena u drvenom ugljenu veća (do 87% od ukupne težine drvenog ugljena) a samim time i njegova ogrjevna moć. Plin dobiven izgaranjem drvenog ugljena također podliježe proceduri postupnog hlađenja i čišćenja od štetnih emisija i partikularnih čestica.

Istraživanja su pokazala da tlak u fluidiziranom sloju iznad 1 MPa ne utječe više bitno na koeficijent izmjene topline. Zato je stupanj rasplinjavanja biomase veći jer je dodir između inertnog materijala i osušene biomase potpuniji.

2.2. Niskotlačni sustav za rasplinjavanje biomase

Značajka ovog tipa sustava jesu niži tlakovi pod kojima se vrši proces rasplinjavanja biomase (0,14 MPa). U rasplinjač se umjesto komprimiranog zraka upuhuje ekspandirani zrak prethodno zagrijan putem plina u izmjenjivaču topline te se ne koristi toplina pare iz parnog ciklusa već uparene kapljice oslobođene iz biomase koja u rasplinjač ulazi s većim stupnjem vlažnosti (i do 20%). Te uparene kapljice predstavljaju izvor pare, ali s nižom toplinskom vrijednošću. Zbog postizanja učinkovitijeg izgaranja odnos između količine zraka i biomase iznosi 2,1. Niskotlačni sustav za rasplinjavanje biomase prikazan je na slici 2.

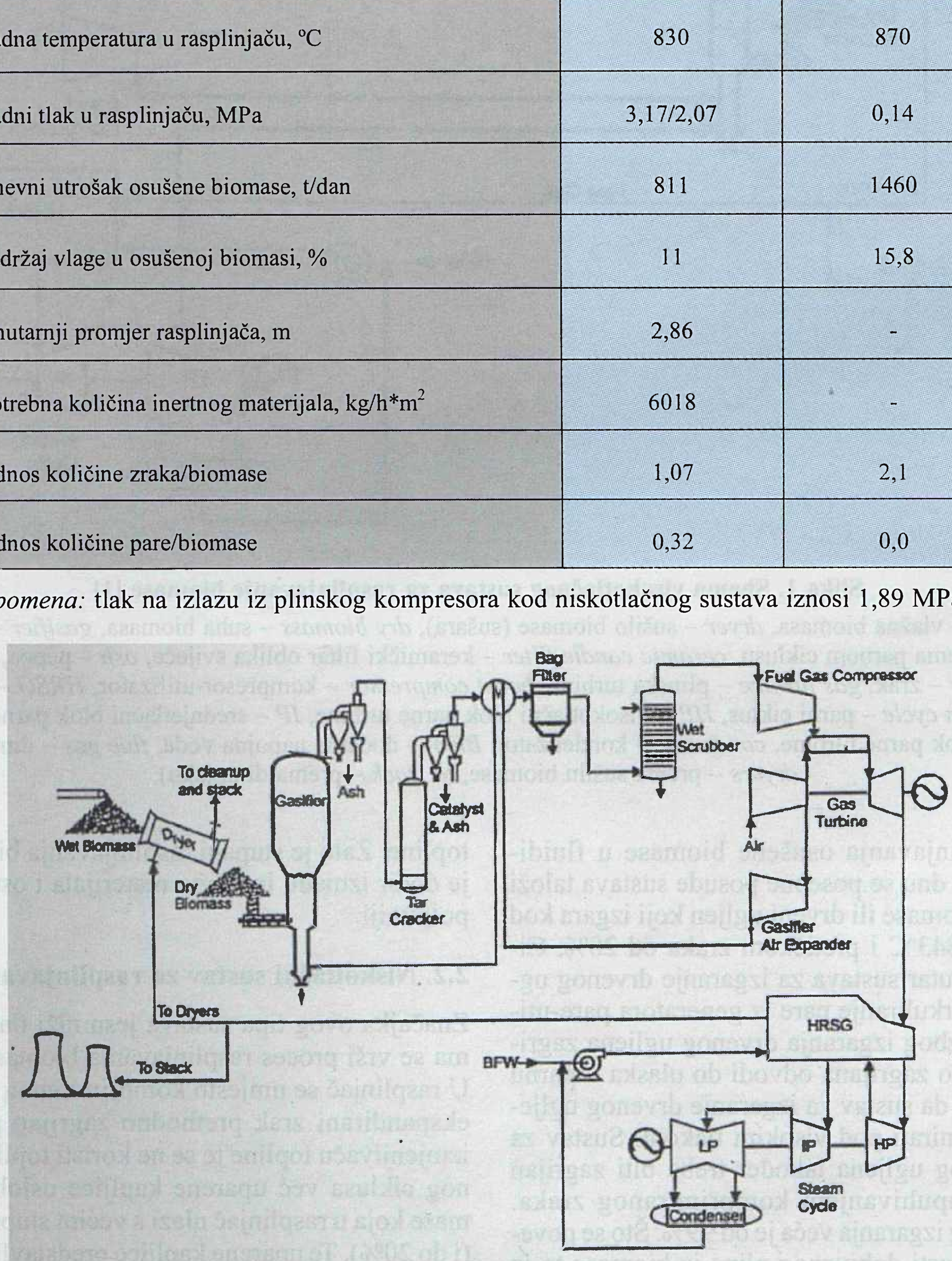
Kod ovog se sustava djelomično osušena biomasa doprema u rasplinjač putem dvaju vijčano-valjkastih dozatora izoliranih od uzvodnih komponenti pomoću

tlačnih rotirajućih ventila. Rasplinjač je podijeljen u dvije zone. U ovakvom se sustavu kao inertni materijal koristi pijesak. Biomasa pohranjena u rasplinjač pada u niže, gušće dijelove fluidiziranog sloja. Taj dio rasplinjača osigurava većim česticama biomase dovoljno vrijeme zadržavanja u toj zoni rasplinjavanja. Primarni prezagrijani zrak ulazi kroz samo dno posude rasplinjača te održava konstantu gustoću u nižem fluidiziranom sloju. Sekundarni zrak upuhuje se iznad tog gustog fluidiziranog sloja radi stvaranja rjeđeg sloja te intenzivnijeg rasplinjavanja biomase. U tom je dijelu preostalo nerasplinjeno gorivo u potpunosti podvrgnuto procesu pirolize i rasplinjavanju uz pomoć preostale količine topline, zraka i komponenti plina.

Tablica 2. Pogonski parametri visokotlačnog i niskotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase

	Visokotlačni sustav	**Niskotlačni sustav**
Radna temperatura u rasplinjaču, °C	830	870
Radni tlak u rasplinjaču, MPa	3,17/2,07	0,14
Dnevni utrošak osušene biomase, t/dan	811	1460
Sadržaj vlage u osušenoj biomasi, %	11	15,8
Unutarnji promjer rasplinjača, m	2,86	-
Potrebna količina inertnog materijala, kg/h*m^2	6018	-
Odnos količine zraka/biomase	1,07	2,1
Odnos količine pare/biomase	0,32	0,0

Napomena: tlak na izlazu iz plinskog kompresora kod niskotlačnog sustava iznosi 1,89 MPa



Slika 2. Shema niskotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase [1]

(*wet biomass* – vlažna biomasa, *dryer* – sušilo biomase (sušara), *dry biomass* – suha biomasa, *gasifier* – rasplinjač, *ash* – pepeo, *tar cracker* – spalionica katrana, *catalyst & ash* – katalizator i pepeo, *bag filter* – vrećasti filtar, *wet scrubber* – vlažni skupljač štetnih čestica, *fuel gas compressor* – kompresor očišćenog plina, *air* – zrak, *gas turbine* – plinska turbina, *gasifier air expander* – zračni ekspander, *HRSG* – generator pare-utilizator, *steam cycle* – parni ciklus, *HP* – visokotlačni blok parne turbine, *IP* – srednjetlačni blok parne turbine, *LP* – niskotlačni blok parne turbine, *condenser* – kondenzator, *BFW* – dodatna napojna voda, *to dryers* – prema sušilu biomase, *to stack* – prema dimnjaku)

Iz rasplinjača proizvedeni plin iz biomase izlazi s nečistoćama, kao što je npr. katran ili drvno ulje. Takav plin u sebi sadrži veliki udio ugljikovodika kojeg je moguće smanjiti u spalionici katrana. U toj se spalionici katran zadržava uz pomoć sorbentnih materijala kao što je dolomit. Temperatura koja je potrebna za spaljivanje katrana iznosi 920°C.

Djelomično pročišćeni plin iz spalionice katrana ulazi u hladnjak. Toplina takvog plina prenosi se na primarni zrak potreban za rasplinjavanje biomase. Nakon prezagrijavanja primarnog zraka, djelomično pročišćeni plin napušta hladnjak s temperaturom od 288°C.

Djelomično pročišćeni plin znači da su u njegovom sadržaju nalaze još čestice koje se učinkovito mogu izdvojiti putem vrećastog filtra. To se prvenstveno odnosi na kondenzirane alkalne spojeve. Iz vrećastog filtra plin se potpuno pročišćava u skupljaču vode, vodenih kapljica i tragova viših ugljikovodika. U skupljaču se također izdvajaju i značajne količine dušika (N2). To se postiže pranjem plina s razrjeđenom sulfatnom kiselinom (H2SO4). Produkt pranja dušika se zatim iz skupljačkih tornjeva odvodi u naknadnu kemijsku obradu vodom.

Tablica 3. Kemijski sastav plina dobiven asplinjavanjem biomase u visokotlačnom i niskotlačnom rasplinjaču

	Visokotlačni sustav	Niskotlačni sustav
Komponente plina	Volumni udio, %	Volumni udio, %
H2 (vodik)	8,91	18,87
CO (ugljik-monoksid)	6,71	23,66
CO2 (ugljik-dioksid)	13,45	8,29
H2O (voda)	39,91	4,85
N2 (dušik)	24,18	44,22
CH4 (metan)	6,51	0,11
C2H4 (etilen)	0,01	-
C6H6 (benzol)	0,07	-
Katran ili drveno ulje	0,16	-
H2S (sumpor-vodik)	0,005	-
NH3 (amonijak)	0,06	-
Donja ogrjevna moć plina, kJ/kg	4300	4800

Potpuno pročišćeni plin dovodi se kompresoru kako bi mu se tlak povećao na razinu potrebnu za uspješno izgaranje sa zrakom. Premda je kompresijski omjer relativno mali (14,9), tlak plina na ulazu u komoru izgaranja iznosi 1,89 MPa. Kompresija plina postiže se u više-stupanjskom centrifugalnom kompresoru sa međuhlađenjem.

3. OPIS ENERGETSKOG POSTROJENJA NA PLIN DOBIVENOG RASPLINJAVANJEM BIOMASE

Najveći stupanj iskoristivosti danas mogu ostvariti energetska postrojenja na bazi kombiniranog plinsko-parnog procesa (skraćeno *kombinirano postrojenje*). Naj-

zastupljeniji energent koji pokreće takvo postrojenje jest prirodni plin. Odgovarajućim tehničko-tehnološkim preinakama glavnih komponenti postrojenja moguće je koristiti i plin dobiven rasplinjavanjem biomase. Takav plin je prema svojoj ogrjevnoj moći sedam puta slabiji od prirodnog plina. Prilagođene komponente kombiniranog postrojenja na plin dobiven rasplinjavanjem biomasom su: plinske turbine, generator pare-utilizator i parne turbine.

Tablica 4. Pogonski parametri visokotlačnog i niskotlačnog energetskog sustava BIGCC

	Visokotlačni sustav	Niskotlačni sustav
Potrebne količine za pogon rasplinjača		
Maseni protok biomase, kg/s	8,9	16,9
Maseni protok zraka, kg/s	9,2	29,7
Maseni protok pare, kg/s	2,5	0,0
Karakteristike proizvedenog plina		
Maseni protok plina, kg/s	23,0	43,8
Donja ogrjevna moć plina, kJ/kg	4,3	4,8
Pogonski parametri energetskog postrojenja		
Tip plinske turbine (*General Electric*)	GE LM-5000PC	GE MS-6101FA
Ekspanzijski omjer plinske turbine (ulazni tlak/izlazni tlak plinova izgaranja)	24,8	14,9
Temperatura plina na ulazu u plinsku turbinu, °C	1154	1288
Pogonski parametri parnog ciklusa:		
Tlak svježe pare, MPa	5,3	10
Temperatura svježe pare, °C	395	538
Izlazne snage plinsko-parnog postrojenja		
Izlazna električna snaga plinske turbine, MW	50,3	72,9
Izlazna električna snaga parne turbine, MW	8,95	47,6
Potrebna snaga za pogon postrojenje, MW	3,79	15,1
Ukupna izlazna električna snaga postrojenja,MW	55,5	105,4
Ukupna učinkovitost plinsko-parnog postrojenja, % (na bazi gornje ogrjevne moći goriva)	36,7	37,9

Napomena: kod niskotlačnog sustava *BIGCC* u parnom se ciklusu para ponovno zagrijava na početnu temperaturu svježe pare od 538°C

a) plinske turbine

Plinske turbine prilagođene za rad s tako niskokaloričnim plinom trebaju imati sposobnost ekspandiranja velike količine plinova izgaranja. Ako se radi o visokotlačnom sustavu za rasplinjavanje biomase onda plinske turbine trebaju imati i sposobnost održavanja balansa snage s kompresorom kada se iz kompresora oduzima zrak koji se odvodi u rasplinjač. Ukoliko se radi pak o niskotlačnom sustavu za rasplinjavanje biomase, onda plinska turbina treba biti prilagođena za rad s mješavinom komprimiranog zraka i prethodno komprimiranim plinom.

b) generator pare-utilizator

Generator pare-utilizator sastoji se od niza određenih cjevovoda kao što su zagrijač vode, ekonomajzer, isparivač te prezagrijač pare s popratnim niskotlačnim i visokotlačnim parnim bubnjevima. Ti cjevovodi zagrijani su strujama plinova izgaranja nastalih ekspanzijom u plinskoj turbini određenog tlaka i temperature. Njihovom toplinom se voda koja cirkulira u cjevovodima generatora pare-utilizatora pretvara u paru određenog tlaka i temperature. Ovako opisani generator pare-utilizator predviđen je za visokotlačni sustav za rasplinjavanje biomase.

Kod niskotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase generator pare-utilizator je isti kao i kod visokotlačnog sustava osim što pored niza spomenutih elemenata ima i mogućnost ponovnog zagrijavanja pare.

Kod oba sustava se u generatorima pare-utilizatorima napojna voda prethodno demineralizira, a zatim u otplinjaču rješava štetnih plinova (kisik, ugljik-dioksid). Izlazna temperatura plinova izgaranja iznosi 140°C, pri čemu je onemogućeno pojavljivanje niskotemperaturne korozije.

c) parne turbine

Parni ciklus je također prilagođen pogonskim parametrima plinskih turbina. U slučaju visokotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase odabir je plinske turbine s većim ekspanzijski omjerom (24,8) pa su pogonski parametri parne turbine, tlak/temperatura, niži (5,3 MPa/394°C). Ekspandirana para iz viskotlačnog bloka turbine miješa se s dodatnom parom iz niskotlačnog parnog bubnja. Takva mješavina pare ulazi u niskotlačni blok turbine i ekspandira do tlaka kondenzacije (6,9 kPa).

Kod niskotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase plinska turbina je manjeg tlačnog ekspanzijskog omjera (14,9) dok su pogonski parametri parne turbine, tlak/temperatura, viši (10 MPa/538°C). U tom se slučaju jedan dio visokotlačne pare oduzima iz visokotlačnog bloka parne turbine i odvodi u rasplinjač biomase. Drugi se dio pare miješa s parom iz niskotlačnog parnog bubnja te nakon toga ulazi u srednjotlačni blok parne turbine. Iz tog bloka para izlazi s manjim tlakom te u konačnici ekspandira u niskotlačnom bloku parne turbine do tlaka kondenzacije (6,9 kPa).

4. EKONOMSKA ANALIZA SUSTAVA *BIGCC*

BIGCC ili integrirani sustav rasplinjavanja biomase i plinske turbine u zajedničkom procesu s parnim ciklusom i parnom turbinom za proizvodnju električne energije ekonomski još uvijek ne može konkurirati kombiniranom plinsko-parnom postrojenju na prirodni plin. Razlog tomu su dodatne investicije za sami sustav rasplinjavanja, čišćenje i hlađenje dobivenog plina. Različiti su troškovi investicija između tipova sustava *BIGCC*-a (tablica 5.).

Tablica 5. Sumirani troškovi i cijene koštanja visokotlačnog i niskotlačnog energetskog sustava BIGCC

	Visokotlačni sustav	Niskotlačni sustav
Izlazna električna snaga postrojenja, MW	56	105
Učinkovitost postrojenja, % (na bazi gornje ogrjevne moći goriva)	36,01	37,9
Troškovi kapitala, USD/kW	1588	1350
Troškovi pogona i goriva, 1000*USD/god	13 433	23 442
Cijena električne energije, centi/kWh (prema tekućem dolaru)	7,91	7,03
Cijena električne energije, centi/kWh (prema konstantnom dolaru)	6,1	5,43

Napomena: energetsko postrojenje na plin dobiven rasplinjavanjem ugljena postiže približnu jednaku cijenu električne energije kao i energetski sustav *BIGCC;* energetsko postrojenje na prirodni plin postiže do dva puta nižu cijenu električne energije od energetskog sustava *BIGCC*

Troškovi tipični za sustav *BIGCC* su:

1. troškovi opreme za pripremu vlažne biomase i njegovog sušenja obuhvaćaju – troškove iskrcavanja i spremanja biomase u različita skladišta, upravljanje biomasom, silos za svakodnevnu uporabu, odmjeravanje i odvajanje različitih vrsti biomase (npr. sječki, piljevine, komadnih otpadaka) u posebnom spremištu, crpni podizač/konvejer biomase, magnetski separator za odvajanje metalnih čestica iz biomase, rotirajuće sušilo biomase u obliku bubnja, vrećasti filtar i vijčani dozator biomase;
2. troškove opreme za rasplinjavanje biomase obuhvaćaju – rasplinjač, sustav za izgaranje drvenog ugljena (uključujući i ciklonalni sustav izgaranja), spremnik inertnog materijala u gibajućem stanju, ciklon pepela, lijevak za stvaranje inertnog materijala, gorionik te upuhivač zraka i parni ventil;
3. troškovi opreme sustava za čišćenje plina – spalionica katrana ili drvnog ulja, visokotemperaturni hladnjak plina, visokotemperaturni uređaj za odstranjivanje letećih čestica;
4. troškovi za komprimiranje plina kod niskotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase obuhvaćaju troškove za kompresor koji se koristi za podizanje ili reguliranje tlaka zraka koji se potom upuhuje u rasplinjač radi kvalitetnije uspostave dodira između biomase i inertnog materijala (potrebo je naći optimum između fiksnih i varijabilnih troškova kompresora te njegovu potrebnu snagu za komprimiranje zraka);
5. troškovi za sustav izgaranja drvenog ugljena kod visokotlačnog sustava za rasplinjavanje biomase obuhvaćaju – troškove za doziranje drvenog ugljena, za upuhivanje primarnog zraka, za isparivanje i odstranjivanje letećih čestica (troškovi ovise o dimenzijama sustava za izgaranje drvenog ugljena i toplini koju taj sustav treba proizvesti);
6. troškovi za kombinirano plinsko-parno postrojenje obuhvaćaju – troškove za kompresor, plinsku turbinu, generator pare-utilizator te parnu turbinu, kondenzator, napojne crpke i ostalu opreme (troškovi bilo za plinsku bilo za parnu turbinu ovisi o tome da li je sustav za rasplinjavanje visokotlačni ili niskotlačni po kojem se biraju modeli plinske, tj. parne turbine i popratna oprema);
7. troškovi pogona i održavanja sustava *BIGCC* uključujući i troškove za gorivo (biomasu), vodu, kemikalije i dr.

5. PRIMJERI SUSTAVA *BIGCC* U SVIJETU

Demonstracijski projekti energetskih sustava na bazi plina dobivenog rasplinjavanjem biomase otvoreni su od različitih međunarodnih i državnih institucija (SAD, Finska, Brazil, Švedska, konzultantske kuće, Svjetske Banke) iz razloga mogućnosti rješavanja što većeg biootpada iz poljoprivredne, šumske i drvne industrije koji se ne može iskoristiti za ništa drugo osim za proizvodnju električne energije. Premda nekonkurentna naspram konvencionalnih energetskih postrojenja, *BIGCC* postrojenja su jeftinija ako dnevno troše što više bio-otpada i ako su što većih izlaznih snaga. To je moguće ostvariti ako u okolini od najviše 100 km radijusa ima dovoljno biootpada za zadovoljavanje ekonomskih, ekoloških i energetskih uvjeta za učinkoviti rad *BIGCC* energetskog postrojenja. Sve se više razvija i plantažni uzgoj biomase (brzorastuće biljke!), no to zahtijeva goleme površine koje trebaju biti ili slobodne ili iznajmljene od vlasnika zemlje.

Primjer 1. IGT/Tampella

Američki institut za razvoj plinske tehnologije *IGT* (*Institute for Gas Technology*) razvio je visokotlačni sustav za rasplinjavanje biomase pod registriranim imenom RENUGAS®. Takav sustav već je opisan u poglavlju 2.1 ovog rada, a svoju je razvojnu i demonstracijsku primjenu našao u energetskom sustavu jedne tvornice sladora na Havajima u SAD-u (*Sugar Company's Paia*) te u jednom pilot-postrojenju u Tamperi u Finskoj čiji je vlasnik *Tampella Power Corporation*.

Na Havajima je u prvoj fazi sustav funkcionirao s rasplinjačem biomase bez pročistača toplih plinova oko 100 sati za dnevnim doziranjem biomase od 50 tona pod tlakom od 1 MPa. U Tamperi u Finskoj pilot-postrojenje je već nekoliko godina u funkciji s dnevnim doziranjem biomase od preko 80 tona.

Primjer 2. Ahlstrom (Foster Wheeler)

Finski proizvođač generatora pare *Ahlstrom* razvio je visokotlačni sustav za rasplinjavanje biomase u cirkulirajućem fluidiziranom sloju. Prvi takav sustav primijenjen je na demonstracijskoj kombi-kogeneracijskoj elektrani *Värnamo* u Švedskoj. Sustav je opremljen keramičkim filtrom za čišćenje plina, a u rasplinjač dnevno ulazi 90 tona biomase. Pročišćeni plin ulazi u plinski ciklus u kojem se nalazi plinska turbina (*European Gas Turbine Typhoon*) izlazne snage od 4 MW a u parnom ciklusu parna turbina izlazne snage 2 MW. Jedan dio pare oduzima se iz parne turbine za potrebe područnog grijanja okolnih naselja. Toplinska snaga koja se dobiva iz tople vode za grijanje iznosi 9 MW. Rasplinjač je pušten u pogon 1993. godine, a energetsko postrojenje s kombiniranim plinsko-parnim procesom 1995. godine.

Primjer 3. Thermiska processer TPS

Niskotlačni sustav za rasplinjavanje biomase s TPS rasplinjačem kakav je opisan u poglavlju 2.3. komercijalno je izgrađen u talijanskoj tvornici cementa *Ansaldo Aeroimpianti SpA* s dvoslojnim fluidiziranim slojem još 1992. godine. U rasplinjač se najvećim dijelom dovodi peletizirani otpad različitog podrijetla, uključujući drvni ostatak iz šuma, pilana te poljoprivredni ostatak. Toplinska snaga od 30 MW razvijena u rasplinjaču koristi se za proizvodnju plina koji je potreban za proizvodnju pare u generatoru pare. Ta se para zatim koristi za

proizvodnju električne energije te za potrebe sušenja vapna.

Sustav s TPS rasplinjačem ugrađen je i na demonstracijskom postrojenju s kombiniranim plinsko-parnim ciklusom za proizvodnju električne energije u Brazilu. Budući da je to zemlja koja obiluje velikim šumskim površinama tu je moguće računati na konkurentno korištenje biomase naspram korištenja fosilnih goriva. (Brazil inače ne raspolaže izvorima fosilnih goriva, pa npr. za potrebe transporta sve više iz šećerne trske proizvodi alkohol etanol.) TPS rasplinjač funkcionira na bazi eukaliptusa koji se dobiva s plantažnih nasada za potrebe energetskog postrojenja ukupne izlazne električne snage od 30 MW. Nositelji projekta su Svjetska Banka (*Global Enviromental Facility*), Shell International Petroleum Co, te razne brazilske državne i znanstveno-stručne institucije. Koordinator projekta je brazilsko elektroprivredno poduzeće *Eletrobas*.
Demonstracijska postrojenja s TPS rasplinjačem nalaze se još u Yorkshiru, Ujedinjenom Kraljevstvu izlazne snage od 5 MW.

Primjer 4. Battelle Memorial Laboratory

Američki laboratorij u Ohio-ju *Battelle Memorial Laboratory* je kroz dugogodišnja istraživanja razvio niskotlačni sustav za rasplinjavanje biomase s neizravnim zagrijavanjem fluidiziranog sloja. Prvi rasplinjač takvog sustava u funkciji je još od 1980. godine. Dnevna potrošnja biomase iznosi oko 10 tona. Uloga rasplinjača jest da proizvodi srednje-kalorični plin bez dodatnog upuhivanja zraka ili kisika tijekom rasplinjavanja biomase. Sustav rasplinjavanja biomase sastoji iz dva odvojena reaktora. U prvom se reaktoru biomasa pretvara jednim dijelom u plin, a drugim dijelom u drveni ugljen koji u drugom reaktoru potpuno izgara. Toplina razvijena izgaranjem drvenog ugljena koristi se za zagrijavanje pijeska (inertnog materijala u rasplinjaču) za učinkovitiji dodir s biomasom u fluidiziranom sloju.
Proces rasplinjavanja biomase s neizravnim zagrijavanjem fluidiziranog sloja u rasplinjaču demonstracijski se primjenjuje u drvnim ostatkom loženoj elektrani u Vermontu u Americi (*McNeil Power Generating Station*). Nositelj tog projekta je agencija za energetiku američke vlade USDOE (*United States Department of Energy*). Izlazna snaga postojeće elektrane s parnim ciklusom bez procesa za rasplinjavanje iznosi 50 MW. Kasne 1997. godine toj je elektrani dodan integrirani sustav za rasplinjavanje drvnih sječki u količini od 200 tona po danu s plinskim ciklusom izlazne snage plinske turbine od 15 MW.

6. MOGUĆNOST PRIMJENE RASPLINJENE BIOMASE U ENERGETSKOM SUSTAVU HRVATSKE

Biomasa u ukupnoj opskrbi energijom u Hrvatskoj je zastupljena s oko 4%. To se najvećim dijelom odnosi na tradicionalno korištenje ogrjevnog drva u ruralnim, brdskim i planinskim dijelovima Hrvatske te na opskrbu toplinskom energijom u drvno-prerađivačkim tvrtkama putem vlastitih kotlovnica (jedino DIK Đurđenovac ima vlastitu opskrbu, i toplinske, i električne energije putem spojnog procesa). Godišnja potrošnja biomase u Hrvatskoj iznosi oko 16 PJ, dok su potencijali korištenja procijenjeni na 40 PJ. U te potencijale uključuje se biootpad iz šuma, drvne industrije, poljoprivredni biootpad (ostaci žitarica, uljarica i leguminoza, koštice iz prerade voća) te bioplin iz stočarstva.

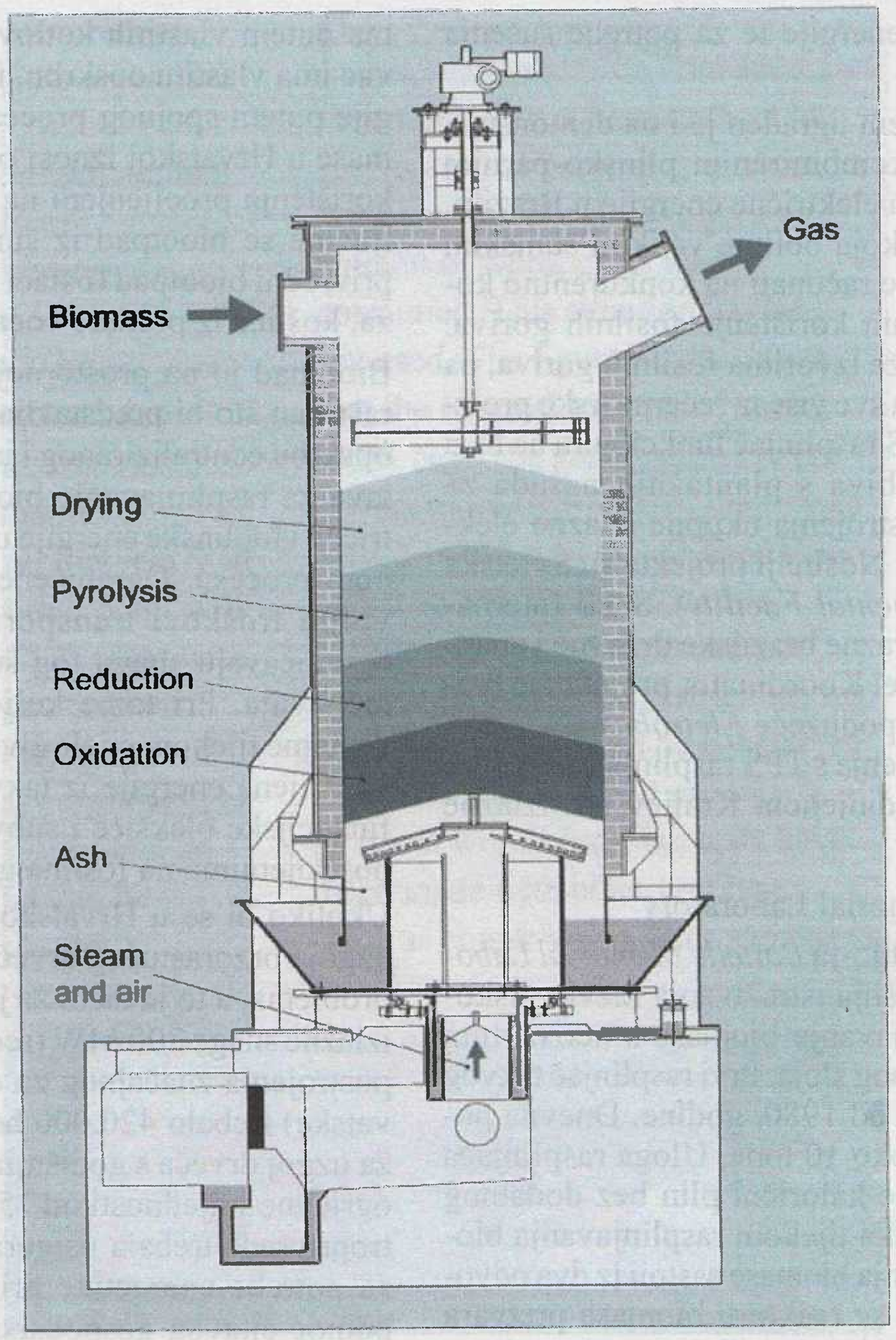
Biootpad je na prostornoj površini Hrvatske prilično raštrkan što bi predstavljalo problem za svakodnevnu opskrbu centraliziranog i integriranog energetskog sustava za rasplinjavanje biomase i suproizvodnju električne i toplinske energije u kombiniranom plinsko-parnom procesu. Ograničene količine biootpada i nepovoljni troškovi transporta do energetskog sustava ograničavaju snagu tog sustava na nekoliko desetina megavata. Pri tome količine biootpada trebaju biti dostatne tijekom cijele životne dobi energetskog sustava. Cijena energije iz takvih postrojenja ni uz znatne financijske olakšice i subvencije ne mogu konkurirati postrojenjima na fosilna goriva.

Ukoliko bi se u Hrvatskoj išlo na princip plantažnog uzgoja brzorastućeg drveća također bi se naišlo na niz problema, a to je da bi za jedno energetsko postrojenje izlazne snage 300 MW (red veličine snage energetskog postrojenja značajnog za elektroenergetski sustav Hrvatske) trebalo 420.000 hektara (4.200 km^2) zemljišta za uzgoj drveća s godišnjim prirastom od 3 t/ha i donje ogrjevne vrijednosti od 15 GJ/t. U tom bi slučaju elektroprivreda trebala osigurati toliku obradivu površinu za potrebe energetike pri čemu bi joj trebala velika pomoć čitavog gospodarstva, posebice sektora poljoprivrede, šumarstva i transporta.

Zbog raštrkanosti biootpada, u Hrvatskoj bi bilo poželjno projektirati energetske sustave manjih izlaznih snaga za potrebe opskrbljivanja energijom industrije i okolna naselja, kao što je to učinjeno u malom danskom gradiću Harboóre. Projekt datira još od 1993. godine kada je na temelju pilotrasplinjača na slamu iz Kyndby-a u pogon pušten rasplinjač na drvnu sječku prikupljenu u okolnoj šumi. Drvna sječka je obično veće vlažnosti (i do 50%) od ostalih tipova drvnih ostataka. Ona se u rasplinjač dozira s gornje strane dok se s donje strane upuhuje zrak i para (slika 3.). U rasplinjaču se odvija nekoliko izravnih procesa, kao đto je proces suđenja biomase, proces pirolize[2], redukcije i oksidacije. Na dnu se rasplinjača sakuplja pepeo.

Najveća prednost rasplinjača jest njegova jednostavnost, sposobnost rasplinjavanja relativno vlažnog goriva, visoka pretvorba drvenog ugljena i unutarnja izmjena topline, relativno niska izlazna temperatura plina te visoka učinkovitost rasplinjavanja biomase.

[2] Piroliza – proces pri kojem se drvo zagrijava do visokih temperatura uz ograničen pristup zraka pri čemu nastaje drveni ugljen (25%), drveni plin (15%), pirolignozna kiselina (45%) te katran ili drvno ulje (15%).



Slika 3. Sustav za rasplinjavanje biomase kao dio energetskog sustava u danskom gradiću Harboøre [3]
biomass – biomasa (drvna sječka), *gas* – plin, *drying* – proces sušenja biomase, *pyrolysis* – proces pirolize biomase, *reduction* – proces redukcije, *oxidation* – proces oksidacije, *ash* – pepeo, *steam and air* – para i zrak)

Glavni nedostatak je relativno velika proizvodnja katrana ili drvnog ulja, ukoliko se dobiveni plin pored proizvodnje toplinske energije koristi i za proizvodnju električne energije putem plinskih turbina ili plinskih motora. Pri tome plin treba biti brižljivo pročišćen.

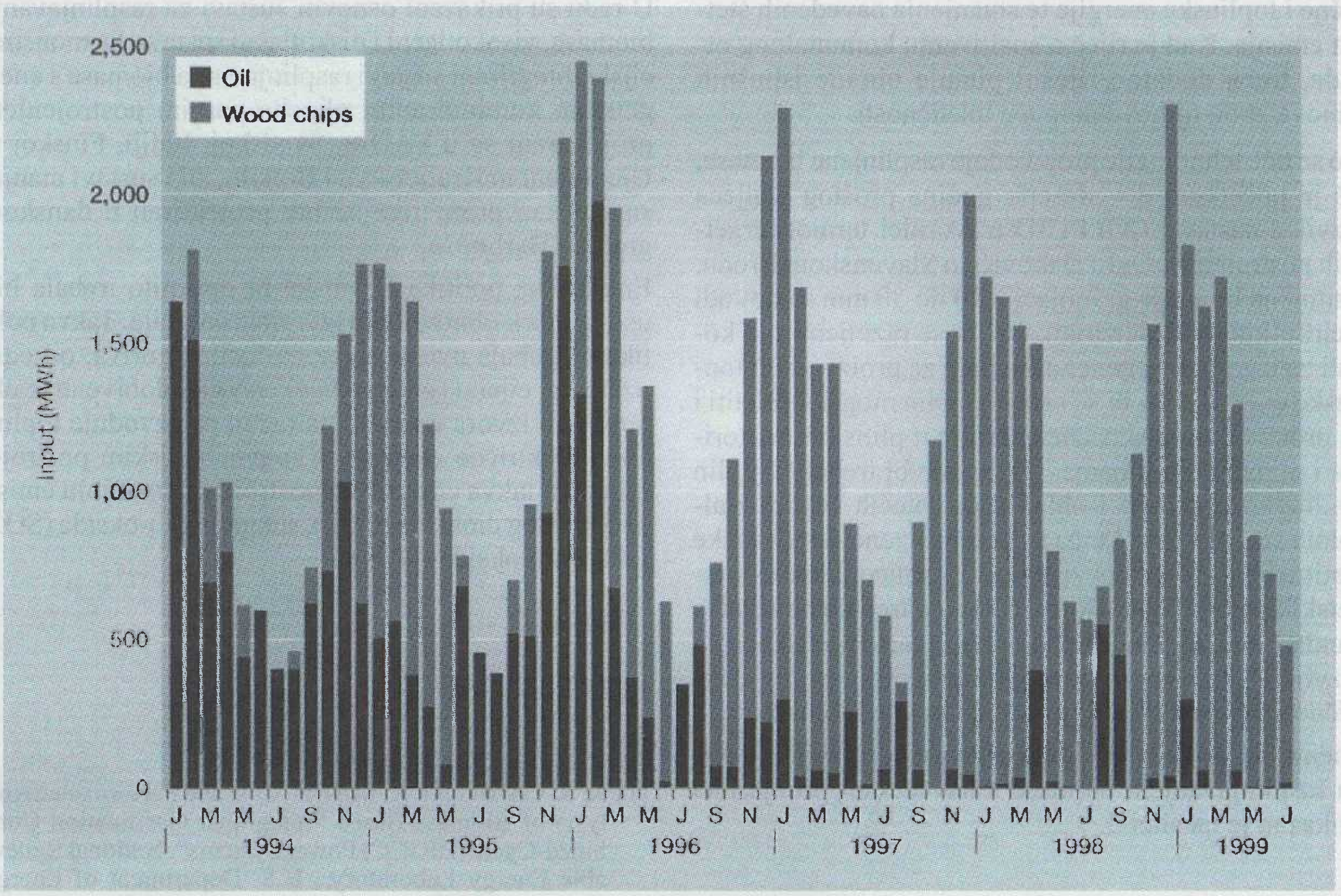
Za potrebe grijanja plin izgara u gorioniku i pri tome proizvodi toplu vodu izlazne toplinske snage od 4 MW. Ta snaga može varirati od 10 do 100% od njegove ukupne snage, ovisno o potrebama za toplinskom energijom. Ovo postrojenje s rasplinjačem opskrbljuje oko 560 kuća i javnih zgrada u spomenutom danskom gradiću.

Početkom 1997. godine danska energetska organizacija je pod programom *The Danish Energy Research Programme* razvila projekt kako postojeće energetsko postrojenje obogatiti sustavom za čišćenje plina te sustavom za proizvodnju električne energije iz plinskih motora. Rezultat tog programa jest:

1. kompleksni sustav koji uključuje pročistivač plina, toplinski izmjenjivač i elektrostatičke filtre;
2. rasplinjač je u potpunosti automatiziran i održava svjetski rekord sati rada u godini (8.000 sati godišnje u potpunosti automatiziran uz korištenje drvnog ostatka isključivo iz okolnih šuma);
3. za proizvodnju električne energije koriste se dva plinska motora, svaki izlazne snage po 648 kW;
4. izlazna toplinska snaga iz motora je 2,1 MW, a iz generatora pare loženog plinom 2 MW.

Alternativni biootpad za ovakvo energetsko postrojenje može biti kora, komadno drvo te drvni ostatak iz drvno-prerađivačkih tvrtki. Generator pare na plin ima i svoju toplinsku rezervu, a to je dodatni generator pare na lož-ulje. Na slici 4. prikazan je odnos potrošnje drvne sječke i lož-ulja u razdoblju od 1994. do 1999. godine.

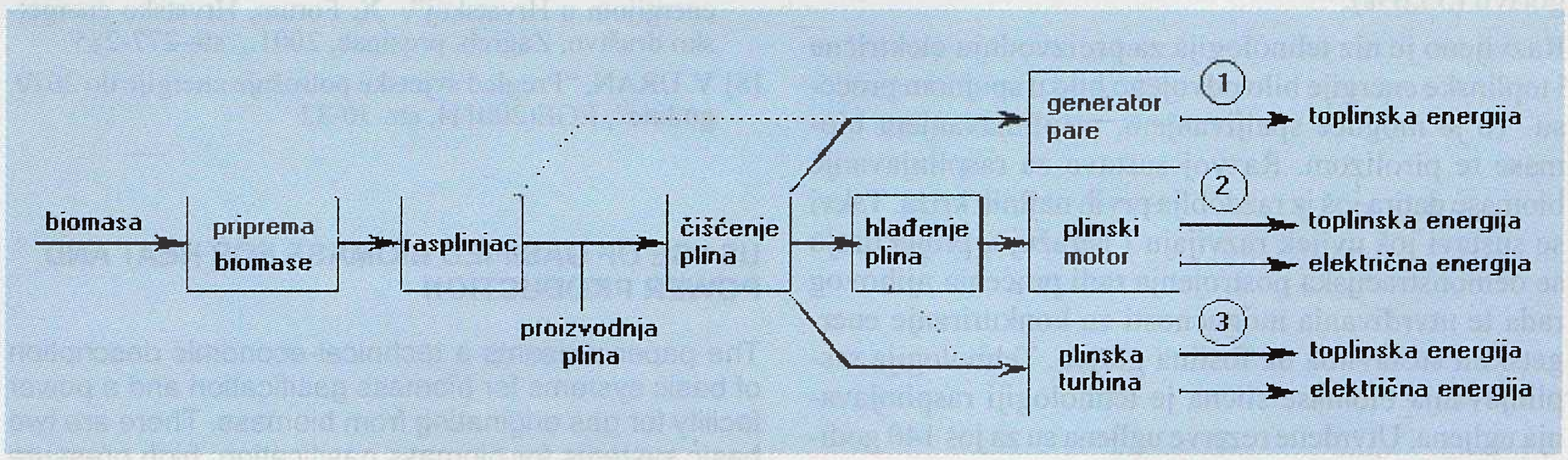
Ukupne troškovi investicija za ovakvo postrojenje iznose oko 40 milijuna kuna s vremenskim povratom od oko osam godina. U ekološkom pogledu, ovakvo energetsko postrojenje je CO2 neutralno. U odnosu na postrojenje na fosilna goriva s istom izlaznom snagom, korištenjem postrojenja na biomasu godišnje se uštedi i do 4000 tona ugljičnog-dioksida (CO2).



Slika 4. Odnos potrošnje drvne sječke (wood chips) i lož-ulja (oil) u razdoblju od 1994. do 1999. godine za energetski sustav u danskom gradiću Harboǿre -u [3]

Opisano energetsko postrojenje koje je smješteno u malom gradiću u Danskoj moglo bi poslužiti kao model za projektiranje sličnih postrojenja u Hrvatskoj. Premda je u Hrvatskoj izrađeno niz studija izvodljivosti po kojima bi se biomasa mogla učinkovito koristiti na različitim lokacijama za opskrbu toplinskom i električnom energijom, još nijedan glavni projekt nije ostvaren. Razlog su različiti interesi uskih krugova ljudi, nezainteresiranost i nedovoljna saznanja o prednostima (ali i nedostacima) iskorištavanja biomase kao izvora energije. Zatim se kroz državne institucije ne provodi ohrabrujući stimulans za olakšani put k projektiranju energetskih postrojenja na biomasu.

U Hrvatskoj bi od primarnog interesa trebalo biti rješavanje biootpada i komunalnog otpada kroz procese spaljivanja, rasplinjavanja i pirolize radi rasterećenja deponija otpadnog materijala, proizvodnje dodatne elek-



Slika 5. Shematski prikaz proizvodnje plina iz biomase u različitim sustavima
(1) – primjer sustava ECOFLUID "Đuro Đaković" u Slavonskom Brodu
(2) – primjer energetskog postrojenja u danskom gradiću Harbo?re
(3) – primjeri sustava RENUGAS®, Ahlstrom, TPS, Battle

trične i toplinske energije te smanjenja navedenih štetnih emisija. Kad je riječ o spaljivanju komunalnog otpada, treba dodatno riješiti pitanje obrade ispušnih plinova zbog njihove moguće toksičnosti.

Što se tiče tehnologije proizvodnje rasplinjene biomase, još je početkom devedesetih godina prošlog stoljeća razvijen sustav ECOFLUID u tvornici termoenergetskih postrojenja »Đuro Đaković« u Slavonskom Brodu. Usitnjena biomasa granulacije 20 do 50 mm se dovodi u cirkulirajući fluidizirani sloj, te se razvijeni plin koristi za izgaranje u generatoru pare za proizvodnju toplinske energije. Da bi se razvijeni plin mogao koristiti i za proizvodnju električne energije u plinskim motorima i plinskim turbinama, prethodno bi trebalo taj plin kvalitetno pročistiti i ohladiti od letećih čestica i alkalnih spojeva. Zbog toga bi se znanstveno-istraživačke institucije u Hrvatskoj zajedno s tvornicom termoenergetskih postrojenja «Đuro Đaković» trebale povezati s pandan institucijama i tvrtkama izvan Hrvatske koje razvijaju i demonstriraju tehnologiju proizvodnje električne i toplinske energije iz rasplinjene biomase.

Shematski prikaz različitih sustava za proizvodnju plina rasplinjavanjem biomase s navedenim primjerima prikazan je na slici 5.

7. ZAKLJUČAK

Procijenjeno je da biomasa u različitim oblicima pokriva oko 14% svjetske potrošnje primarne energije, a u zemljama u razvoju i do 35%. U Europi biomasa je kao energent najviše zastupljena u Danskoj (7,9% ili 1,6 milijuna ekvivalentnog tekućeg goriva), Švedskoj (16,7% ili 8 milijuna ekvivalentnog tekućeg goriva), Austriji (11,3% ili 3 milijuna ekvivalentnog tekućeg goriva) i Finskoj (19,4% ili 7 milijuna ekvivalentnog tekućeg goriva). U SAD-u je instalirano 8,5 GW električne snage povezane na elektroenergetski sustav iz biomase u čijoj količini je najviše zastupljeno drvo kao gorivo (55,6%).

Razvijeno je niz tehnologija za proizvodnju električne i toplinske energije bilo odvojeno bilo u spojnom procesu. To je moguće spaljivanjem, rasplinjavanjem biomase te pirolizom. Razvoj sustava za rasplinjavanje biomase datira još iz razdoblja prvih naftnih kriza. Takvi se sustavi još uvijek razvijaju i istražuju, projektiraju se demonstracijska postrojenja radi praćenja njihovog rada te utvrđivanja mogućnosti za konkuriranje energetskim sustavima na fosilna goriva. Tehnologija rasplinjavanja biomase slična je tehnologiji rasplinjavanja ugljena. Utvrđene rezerve ugljena su za još 140 godina, a biomase mnogostruko više, ukoliko većina zemalja usvoji strože ekološke norme. Procijenjene rezerve plina su još za 60 godina, a i mnogim je zemljama u interesu biti što manje ovisnima o uvoznim fosilnim gorivima.

U radu su prikazani osnovni sustavi za rasplinjavanje biomase, visokotlačni i niskotlačni sustavi. Demonstracijski integrirani sustavi rasplinjavanja biomase s energetskim kombiniranim plinsko-parnim postrojenjem projektirani su u SAD-u, Švedskoj, Italiji, Finskoj te Ujedinjenom Kraljevstvu i Brazilu, ali i sustavi manjih snaga, kao primjerice sustav projektiran u danskom gradiću Harboóre.

Energetska politika Hrvatske bi općenito trebala biti usmjerena k obnovljivim izvorima energije. Takva politika bi trebala uvesti porez na fosilna goriva, odrediti «zelenu» cijenu (*green price*) energije dobivene iz obnovljivih izvora energije na račun proizvodnje toplinske i električne energije u kogeneracijskim postrojenjima jer takva energetska postrojenja smanjuju emisije ugljičnog dioksida (CO2), sumpor (IV)-oksida (SO2) i dušičnih oksida (NOx).

LITERATURA

[1] K. R. CRAIG, M. K. MANN, Cost and Performance Analysis of Biomass-Based "Integrated Gasification Combined-Cycle (BIGCC) Power Systems", National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy, October 1996.

[2] R. L. BAIN, R. P. OVEREND, K. R. CRAIG, "Biomass-fired Power Generation", Conference Center, Snowbird, UT, April 29 – May 3, 1996, pp 1-14

[3] Wood Chip Gasifier Supplies Heat to Small Comunity, CADDET Renewable Energy, IEA/OECD, March 2001, Technical Brochure No. 116

[4] L. SJUNNESSON, "IGCC Biomass Demonstration Plant in Värnamo, Sweden", World Energy Council, 16th Congress, Tokyo, 1995.

[5] D. FERETIĆ et. al., "Elektrane i okoliš", Sveučilište u Zagrebu, 2000., str. 154-165

[6] J. DOMAC et. al., "BIOEN – program korištenja biomase i otpada", Energetski institut «Hrvoje Požar», Zagreb, 1998.

[7] V. POTOČNIK, "Liberalizacija tržišta i sigurnost opskrbe energijom u Hrvatskoj", X. Forum, Hrvatsko energetsko društvo, Zagreb, prosinac, 2001., str. 277-285

[8] V. URAN, "Pregled svjetske potrošnje energije do 2020. godine", EGE(2001)4, str. 30-32

USAGE OF GASIFIED BIOMASS FOR HEAT AND POWER PRODUCTION

The paper presents a technical-economic description of basic systems for biomass gasification and a power facility for gas originating from biomass. There are two basic systems for biomass gasification: high pressure and low-pressure systems that are quantitatively compared and shown in enclosed tables. Examples of demonstration plants for biomass gasification in the world are also given as well as possibilities of its usage in Croatia.

DIE NUTZUNG VERGASTER ORGANISCHER REST-STOFFE FÜR DIE ERZEUGUNG VON STROM UND WÄRME

Vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt werden Grundlagen der Vergasungsysteme organischer Reststoffe, sowie die mit dem aus entsprechenden Anlagen erzeugten Gas betriebenen Energieanlagen, beschrieben. Es bestehen zwei Vergasungssysteme organischer Reststoffe: das Hoch- und Niederdruckverfahren. Deren quantitative Vergleiche sind in den beigelegten Tafeln dargestellt. Ebenfalls angeführt sind Entwurfsbeispiele dementsprechender Musteranlagen, sowie die Anwendungsmöglichkeiten solcher Anlagen in Kroatien.

Naslov pisca:

Vedran Uran, dipl. ing.
CASE d.o.o.
Šetalište XIII divizije 28
51000 Rijeka, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 10 – 11.

PETI SIMPOZIJ O SUSTAVU VOĐENJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA HK CIGRE

U Cavtatu je od 20. do 23. listopada 2002. g. održan V. Simpozij o sustavu vođenja EES-a u organizaciji sljedećih Studijskih komiteta (STK):

STK 34 Relejna zaštita i lokalno upravljanje

STK 35 Telekomunikacije i daljinsko upravljanje

STK 37 Planiranje i razvoj EES-a

STK 39 Pogon i vođenje EES-a.

Na Simpoziju su obrađene četiri preferencijalne teme:

Tema 1 Model vođenja EES-a u okruženju otvorenog tržišta električne energije

Tema 2 Revitalizacija centara vođenja

Tema 3 Telekomunikacije u svjetlu restrukturiranja i privatizacije

Tema 4 Revitalizacija sustava relejne zaštite, lokalnog upravljanja i mjerenja u elektroenergetskim postrojenjima.

Svaka tema je obrađena u pozitivnom referatu, a uz to je bilo prezentirano još 43 redovnih referata.

U pozivnim referatima opisan je prikaz modela tržišta i modela vođenja EES-a u skladu s našim energetskim zakonima, novi pristup oblikovanju i izvedbi arhitekture SCADA sustava, opisana je okolina u kojoj se nalaze telekomunikacije HEP-a nakon početka deregulacije na elektroenergetskom tržištu, početka restrukturiranja HEP-a, najavljene privatizacije HEP-a i već uvelike zahuktale deregulacije na telekomunikacijskom tržištu. Analizirani su razlozi i strategija revitalizacije u sustavu relejne zaštite, lokalnog upravljanja i mjerenja u elektroenergetskim postrojenjima.

U diskusijama koje su vođene o pojedinim temama dane su dodatne informacije, ali je bilo i kritičkih tonova vezanih za neka usvojena rješenja i energetske zakone, kao i na tempo kojim se odvijaju pojedini procesi.

Tijekom simpozija stručnjaci domaćih i stranih firma održali su zanimljiva predavanja, a organizirana je i izložba njihovih proizvoda i usluga.

PILOT-PROJEKT INDIVIDUALIZACIJE TROŠKOVA GRIJANJA ZAGREB-1

Florijan R a j i ć, Zagreb

UDK 697.34:658.8.03
PREGLEDNI ČLANAK

U usporedbi s ostalim državama Europe, Hrvatska ima preveliku potrošnju energenata i energije grijanja. Smanjivanje njihove potrošnje postiže se uporabom odgovarajuće mjerne opreme i novim načinom obračuna troškova grijanja. Najveći učinci štednje, i najsnažnija motivacija korisnika, postiže se uvođenjem suvremenih i pravednih sustava individualizacije troškova grijanja i tople vode.

U tu je svrhu, u proljeće 1997. dogovorom predstavnika Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske (Odjel Energetike i rudarstva), Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva (GSKG) Zagreba, tvrtke Techem A.G. iz Frankfurta i tvrtke Danfoss d.o.o. iz Zagreba, stambena zgrada u Gospodskoj ul. 84-86, određena za prvi Pilot-projekt individualizacije troškova grijanja u Hrvatskoj.

Ključne riječi: grijanja Zagreb-1, pilot-projekt, individualizacija, troškovi.

1. UVOD

Promicanje racionalne uporabe i štednje energije u zemljama zapadne Europe višegodišnja je, i postojana praksa. Izvodi se na više načina. Jedan način je zasnovan na pravednom mjerenju i individualiziranju troškova uporabe i potrošnje energenata i energije grijanja, pomoću *sustava individualizacije(SI), sustava individualizacije troškova grijanja (SITG), ili zajedničkih sustava individualizacije troškova grijanja i troškova priprave tople vode (SITGTV).* Sustavi sadrže opremu mjerenja i regu-liranja potrošnje topline u zgradama, u stanovima, i na ogrijevnim tijelima i mjestima potrošnje tople vode. Rabe nekoliko osnovnih vrsta opreme. Grade se u više tehničkih i organizacijskih oblika. Sustavi imaju i posebne postupke obračuna ukupnih i pojedinačnih, ili individualiziranih troškova grijanja (ITG), tople vode (ITTV) i dr. Korisnici ovakvih sustava ne plaćaju tuđu, nego samo onu toplinu koju su sami potrošili!

Svi *SI moraju biti učinkoviti, jeftini i brzo isplativi.* Ovi su uvjeti odlučujući, i o njima ovise odluke o vrsti primijenjene opreme, načinu obračuna troškova i općoj uporabi sustava individualizacije. Pri uvođenju ovih sustava u nas, kao uzor mogu nam poslužiti njihove suvremene europske i najčešće primjenjivane vrste. Usprkos bitno boljim materijalnim mogućnostima, *građani zapadne Europe najčešće primjenjuju sustave individualizacije s učinkovitim i jeftinim isparničkim ili jednostavnim elektroničkim razdjelnicima.* Oni odluke za jednostavne sustave tumače vjerodostojno, jer za njih imaju brojne i opravdane razloge. Potrebe za primjenu SI-e promatraju razborito, pa u okviru ukupne gospodarske isplativosti, donose i njima primjerene odluke. Uz to zadovoljavaju i sve ekološke uvjete i standarde.

2. ZADAĆA PILOT-PROJEKTA

Osnovna zadaća Pilot-projekta Zagreb 1 je pokusno uvođenje sustava individualiziranih mjerenja, obračunavanja i naplate troškova grijanja i pripreme tople vode u našim stanovima s centralnim grijanjem. Zadaća sustava je i snažno poticanje korisnika grijanja na racionalnu uporabu i štednju topline. Rezultati Pilot-projekta moraju biti potpuni i vjerodostojni. Oni će se rabiti u raspravama o energetskoj strategiji Hrvatske, i za donošenju zakonske regulative u području opskrbe i potrošnje topline. Zadaća Pilot-projekta je i priprema korisnika skupno grijanih stanova, te komunalnih službi i poduzeća, za ispravan izbor i primjenu racionalnih i učinkovitih sustava individualiziranja troškova grijanja i tople vode u cijeloj Hrvatskoj.

Zadano je da odabrana oprema Pilot-projekta mora biti suvremena, točna, pouzdana, sigurna, i jeftina. Stoga je odlučeno, da se u Pilot-projektu uporabe jednostavni, točni, pouzdani, sigurni i jeftini isparnički razdjelnici topline. Takvi se razdjelnici, iz već spomentih razloga, primjenjuju najčešće i u SITG-a u zemljama zapadne Europe.

Pregled donatora, suorganizatora, poslova i vodećih suradnika na Pilot-projektu

Suorganizatori i donatori	Poslovi	Zadužene osobe
Ministarstvo gospodarstva RH, Odjel za energetiku i rudarstvo, Zagreb, Avenija grada Vukovara 68	Odabir koncepcije, suorganizatora i donatora Pilot-projekta	Miroslav Kamenski Dipl. inž., načelnik Odjela za energetiku
Gradsko stambeno komunalno gospodarstvo Zagreb, Zagreb, Savska ul. 1	Odabir zgrade, suradnika, izvođača radova, nadstojnika i suradnika u zgradi Pilot-projekta	Matijašić Josip Dipl. Inž. Direktor Gradskog stambeno komunalnog gospodarstva Zagreb, Josip Čičak, voditelj Područnog odjela GSKG, Zagreb, Susedgrad Mužak Zvonimir, nadstojnik zgrade Gospodska 84-86, Zagreb, Krunoslav Žulj, dipl. tehn.
TECHEM A.G., Saonestrasse 1, Frankfurt, SRNJ	Donacija isparničkih razdjelnika topline V93, inventarizacija opreme grijanja, montaža razdjelnika, očitavanje potrošnje i obračun troškova grijanja i tople vode	Gunter Hutten Dipl. Ing. Savjetnik, TECHEM A.G. Frankfurt, SRNJ, R.Eichinger Dipl. Ing. voditelj službe, TECHEM A.G. Wien, Austria, Florian Angerer Ing. voditelj službe, TECHEM A.G. Wien, Austria, Heinz Kranzelbinder Ing. voditelj TECHEM A.G. , Graz, Austria, Walter Oman,voditelj, TECHEM A.G. Slovenija, Ljubljana
Danfoss d.o.o., Zagreb, Heinzelova 4	Donacija radijatorskih RTD, i usponskih regulacijskih ventila ORV u zgradi Gospodska 86.	Saša Stranić Dipl. Ing. direktor, Danfoss d.o.o., Zagreb Dino Puček Dipl. oecc., komercijalist, Danfoss d.o.o., Zagreb

3. USPOSTAVA PILOT-PROJEKTA

Tijekom svibnja 1997., odmah nakon dogovora suorganizatora Pilot-projekta, djelatnici donatora iz tvrtke Techem su, zajedno s djelatnicima područnog ureda Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva Općine Susedgrad, pregledali zgradu i sustav grijanja Gospodske 84-86, te potvrdili mogućnost individualizacije troškova grijanja u njoj putem Pilot-projekta.

Prvo je izrađen točan popis vlasnika, te provjera iskazanih površina grijanih stanova i lokala (tablica 2). Utvrđeno je da su promjene vlasnika bile rijetke, a nije bilo ni posebnih, ni većih pregradnji zgrade, ni rekonstrukcija stanova i poslovnih prostora. Nisu bitno rekonstruirani ili mijenjani ni dijelovi kućne ogrijevne mreže.

Potom su, u krajem kolovoza i u rujnu 1997., djelatnici tvrtke Techem pripremili snimanje stanja, i inventarizaciju opreme grijanja u stanovima, u kućnoj ogrijevnoj mreži i toplinskoj stanici. Krajem rujna 1997. izvršeno je snimanje stanja i prikupljanje podataka o ogrijev-nim tijelima (radijatorima), zadnja provjera podataka i tehničke dokumentacije, te snimanje stanja toplinske stanice i razvodne mreže u oba dijela zgrade Gospodske 84-86. Tako su prikupljeni svi potrebiti tehnički podaci o cjelokupnom sustavu grijanja. Potom je tvrka Techem dimenzionirala, isporučila, i usklađeno s drugim poslovima uspostave Pilot-projekta, na sva ogrijevna tijela u 67 od ukupno 69 stanova, montirala isparničke razdjelnike, kao dio sustava individualizacije troškova (tablica 1).

Tvrtka Danfoss d.o.o. iz Zagreba donirala je termostatske ventile za radijatore, i usponske regulatore za pola zgrade Pilot projekta, odnosno za stanove u Gospodskoj ul. 86.

Djelatnici Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva Zagreba, su tijekom svih radova, pripremali i obavještavali stanare o programima i planovima radova na montaži donirane opreme. Montažu termostatskih ventila i usponskih regulatora tlaka, organizirali su i obavili također djelatnici područnog ureda GSKG-a iz Općine Susedgrad. Svi radovi su obavljeni tijekom rujna i, uz kraće zastoje grijanja, završeni tijekom listopada 1997.

Samo u dva stana, s neuvjerljivim razlozima, vlasnici nisu dopustili ugradnju opreme sustava individualizacije. To nije umanjilo ukupnu vrijednost i vjerodostojnost Pilot-projekta.

Ugrađena oprema sustava je u proteklim sezonama grijanja redovno pregledana, servisirana i djelomično dograđena. Sustav grijanja spreman je i za dogradnju još nedostajućih dijelova SI-e, a nakon stupanja na snagu pripadnih zakona i uredbi, može se staviti u potpuni pogon. Za cjelovitu uporabu SITGTV-e, treba dovršiti dogovore s GSKG i s Gradskom plinarom Zagreb, pa

Tablica 1. Tehnički podaci o sustavu grijanja zgrade Gospodska 84-86

Adresa	**Zagreb, Gospodska ulica 84-86**
Godina izgradnje	1985
Broj stanova	68 stanova, 5 lokala, od kojih je samo dio priključen na toplinsku stanicu
Broj stanova/stanara	69/189
Vlasnici	Etažni vlasnici stanova i poslovnih prostorija
Izvedba zgrade	Prizemlje i 4 kata, bez podruma
Toplinska stanica	Centralna toplinska stanica za grijanje i pripremu tople, sanitarne vode
Snaga toplinske stanice	441 KW
Snaga pripreme tople vode	264 KW
Kotao za vodu	Hidrotherm 325, 2 komada
Polazne i povratna temperatura vode	90/70 °C
Razvodna mreža	Horizontalni razdjelnici s 83 vertikale odvojene u prizemlju, od prizemlja do potkrovlja zgrade
Sustav razvoda	Dvocijevni
Ogrijevna tijela, radijatori	310 komada Utenzilija-Hidroterm, i drugih vrsta radijatora
Reguliranje temperature grijanja	Prema vanjskoj temperaturi, kombinirano s temperaturama zona u zgradi – istočna zona – zapadna zona – zona lokala Centralna priprema i reguliranje količine i temperature vode za grijanje izvodi se termostatima i na crpkama
Oprema individualiziranja troškova	310 komada isparničkih razdjelnika Techem V93, 132 komada termostatskih ventila RTD, i 13 komada usponskih regulacijskih, balansnih, ventila ASV Danfoss.

napokon *započeti pravednu i individualiziranu naplatu svih troškova grijanja.*

4. STANJE POSTROJENJA TOPLINSKE STANICE I SUSTAVA GRIJANJA ZGRADE

Zgrada Gospodske 84-86 je u zapadnom dijelu Zagreba, na području Općine Susedgrad. Izgradena je tijekom 1985. godine. Suvremena je, ima uredeno okolno zemljište, i dobro je održavana. Postrojenje toplinske stanice je u pogonu vec 18 godina, velikim je dijelom amortizirano, nije dograđivano ni modernizirano, a održava se relativno uredno. Ogrijevna mreža nema cjelovite opreme automatskog hidrauličkog uravnotežavanja. Ogrijevna tijela su jednim dijelom zamijenjena, pa je sada korisnička oprema grijanja raznovrsna i neunificirana.

5. OBRADA REZULTATA PILOT-PROJEKTA

Zadaća Pilot-projekta je i utvrđivanje ukupne potrošnje energije grijanja, energije za pripremu tople vode, pojedinačne potrošnje energije po stanovima, te utvrđivanje ukupne efikasnosti sustava grijanja zgrade Gospodska 84-86. Za tu su svrhu prikupljeni i podatci iz sezona grijanja 1995./96. i 1996./97. Oni sadrže potrošnje energenata za grijanje i toplu vodu, meteorološke podatke, podatke o troškovima pogona i održavanja sustava grijanja, te podatke o troškovima dobave, pripreme, potrošnje i naplate tople vode.

Svi su prikupljeni podaci, zajedno s podacima o potrošnji energenata i vode u sezonama 1997./1998., 1998./1999., dio podataka o sezoni 1999./2000., te podaci očitani na razdjelnicima topline iz prvih dviju sezona grijanja, obrađeni cjelovito, računalski i statistički.

Obrađeni podaci o očitanoj i ukupnoj potrošnji energije po sezonama grijanja pokazani su tablicama i pripadnim dijagramima (tablica i dijagram 3). Rezultati obrade podataka, i njihove usporedbe u 1996./1997., 1997./1998., 1998./1999. te sezonama 1999./2000., pokazuju bitno smanjenje potrošnje toplinske energije u sezoni grijanja 1997./1998., u kojoj su prvi puta očitavani individualizirani troškovi grijanja U toj su sezoni stanari očekivali i pozitivne rezultate vlastite racionalne uporabe i štednje, pa je u njoj, spram sezone 1996./1997., ukupno smanjenje potrošnje topline iznosilo značajnih 18,5%. Tako je, u mjesecu prosincu 1997., uz nešto lošije meteorološke uvjete, temeljem snažno motivirane štednje, potrošeno 28% topline manje, nego u prosincu 1996.!

Tablica 2. Popis stanova, korisnika i površina stanova zgrade Gospodska 84-86

Gospodska 84				Gospodska 86			
Redni broj	površina stana [m^2]	Redni Broj	površina stana [m^2]	Redni Broj	površina stana [m^2]	redni broj	površina stana [m^2]
1	62,68	17	62,37	1	68,47	18	63,52
2	62,77	18	63,10	2	63,21	19	47,78
3	47,87	19	63,01	3	47,53	20	38,86
4	38,86	20	62,67	4	38,51	21	63,45
5	48,09	21	48,38	5	62,28	22	47,88
6	33,32	22	38,84	6	48,20	23	38,10
7	32,86	23	47,92	7	37,68	24	60,15
8	38,66	24	33,57	8	60,07	25	59,80
9	68,49	25	59,8	9	59,95	26	38,32
10	69,31	26	38,32	10	38,05	27	48,34
11	38,53	27	48,34	11	48,20	28	63,60
12	33,08	28	63,6	12	62,73	29	38,69
13	32,87	29	38,69	13	38,74	30	48,26
14	47,70	30	48,26	14	47,30	31	63,08
15	38,71	31	63,08	15	63,49	32	69,52
16	47,93	32	69,52	16	69,23		
		33	178,1	17	69,14		
UKUPNO			1890,23	UKUPNO			1712,13

Tablica 3. Potrošnja energije za grijanje i toplu vodu u sezonama 1995.-2000.

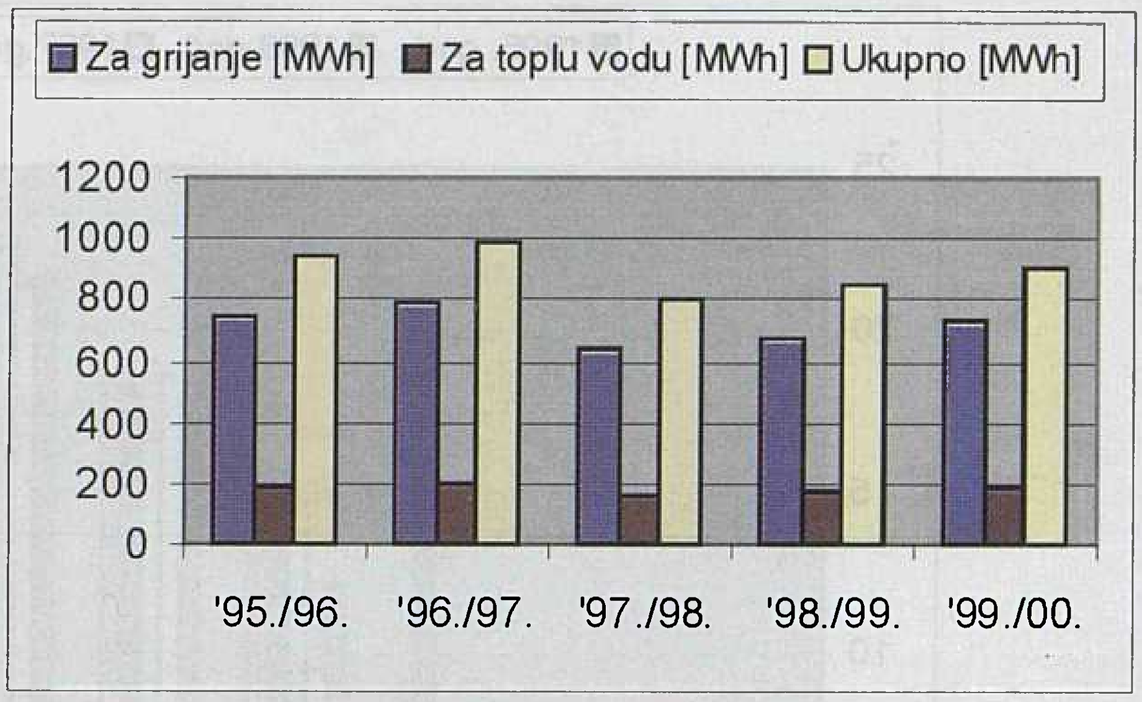
Sezona	Za grijanje [MWh]	Za toplu vodu [MWh]	Ukupno [MWh]
'95./96.	750,4	187,69	938,090
'96./97.	787,2	197,16	984,516
'97./98.	642,4	160,95	803,353
'98./99.	676,1	169,253	845,373
'99./00.	729,6	182,86	912,457

Prvi individualizirani obračun uzeo je u obzir i činjenicu, da je sezona grijanja 1997./1998., zbog boljih klimatskih uvjeta, bila u cjelini energetski povoljnija. To pokazuju i podaci, o potrošenoj energiji (tablica i dijagram 3), prosječnim mjesečnim temperaturama (tablice i dijagrami 4), broju stupanj-dana (tablica i dijagram 5), te podaci (iz tablice 7), o ukupnoj potrošnji energije u promatranim sezonama.

Racionalnija i manja potrošnja rezultat su spomenute, snažne, početne motivacije stanara, koji su se, nakon upoznavanja s ciljevima Pilot-projekta i novog načina obračuna troškova, odlučili na pažljiviju potrošnju i štednju topline. Mnogi su s pravom očekivali i nove, manje, račune. Očekivali su i povrat preplaćenih iznosa, nastalih nepravednim obračunom i naplatom troškova grijanja prema površini stanova. To im je u prvo vrijeme, poglavito u zadnjim mjesecima 1997. godine, bila i najveća motivacija. Podaci u tablicama i dijagramima pokazuju, da je i ta snažna, i vrlo pozitivna, motivacija za racionalnu uporabu i štednju topline, zbog nastavka starog načina naplate troškova, u kasnijim mjesecima bitno umanjena.

To je pokazala i ukupna potrošnja energije, i njezina naplata od strane Gradske plinare Zagreb (GPZ). Naime, do 1999. godine GPZ je mjesečne potrošnje plina naplaćivala od Kućnog savjeta Gospodske 84-86, koji je

troškove grijanja od stanara naplaćivao po površini stanova, a toplu vodu po broju članova domaćinstava. Nakon toga je GPZ prešla na mjesečni, na svoj način "individualizirani", obračun i neposrednu naplatu troškova grijanja od stanara. Tada je i troškove tople vode GPZ počela naplaćivati po površini stanova. Iako je u skladu s važećim propisima, novi je, i još nepravedniji, način obračuna i naplate troškova tople vode, dodatno demotivirao stanare za štednju topline.



Dijagram 3. Potrošnja energije za grijanje i toplu vodu u sezonama 1995.-2000.

a. Opća nepravedna naplata energije tople vode

Ranije je, u zgradi Pilot-projekta, energija za pripremu tople vode i u ogrijevnoj sezoni, u količini od 3000 m^3 plina mjesečno, obračunavana i naplaćivana po broju članova domaćinstva, i putem Kućnog savjeta. Ovakva količina, je kao prosječna, obračunavana i u mjesecima u ogrijevnoj sezoni. I iz tih razloga je, u zgradi Pilot-projekta, prosječna potrošnja energije za toplu vodu i sada iznosi previsokih 23% ukupne energije grijanja (tablica i dijagram 3). To je još jedan uvjerljiv razlog, da toplinu za grijanje i toplinu za potrošnu vodu, posebice u ovom Pilot-projektu, treba zasebno mjeriti i naplaćivati po stvarnoj potrošnji.

Problematika naplate energije tople vode u nas je u cjelini zanemarena. Usprkos očiglednoj nepravednosti, ona se, svugdje u Hrvatskoj, naplaćuje prema kvadraturi stanova. Razlozi, koji se navode za takve načine naplate, su vrlo neuvjerljivi, nerazboriti, neopravdani, pa ponekad i smiješni. U tome su, primjerice, najviše oštećeni samci, koji rabe prosječno veće stambene površine, i zasigurno troše manje tople, pa i hladne vode, nego što je plaćaju. Čak i službene statistike i procjene potrošnje iznose nevjerodostojan podatak, da, primjerice u gradu Zagrebu, samci troše četiri puta više tople vode od prosječnih stanara?!

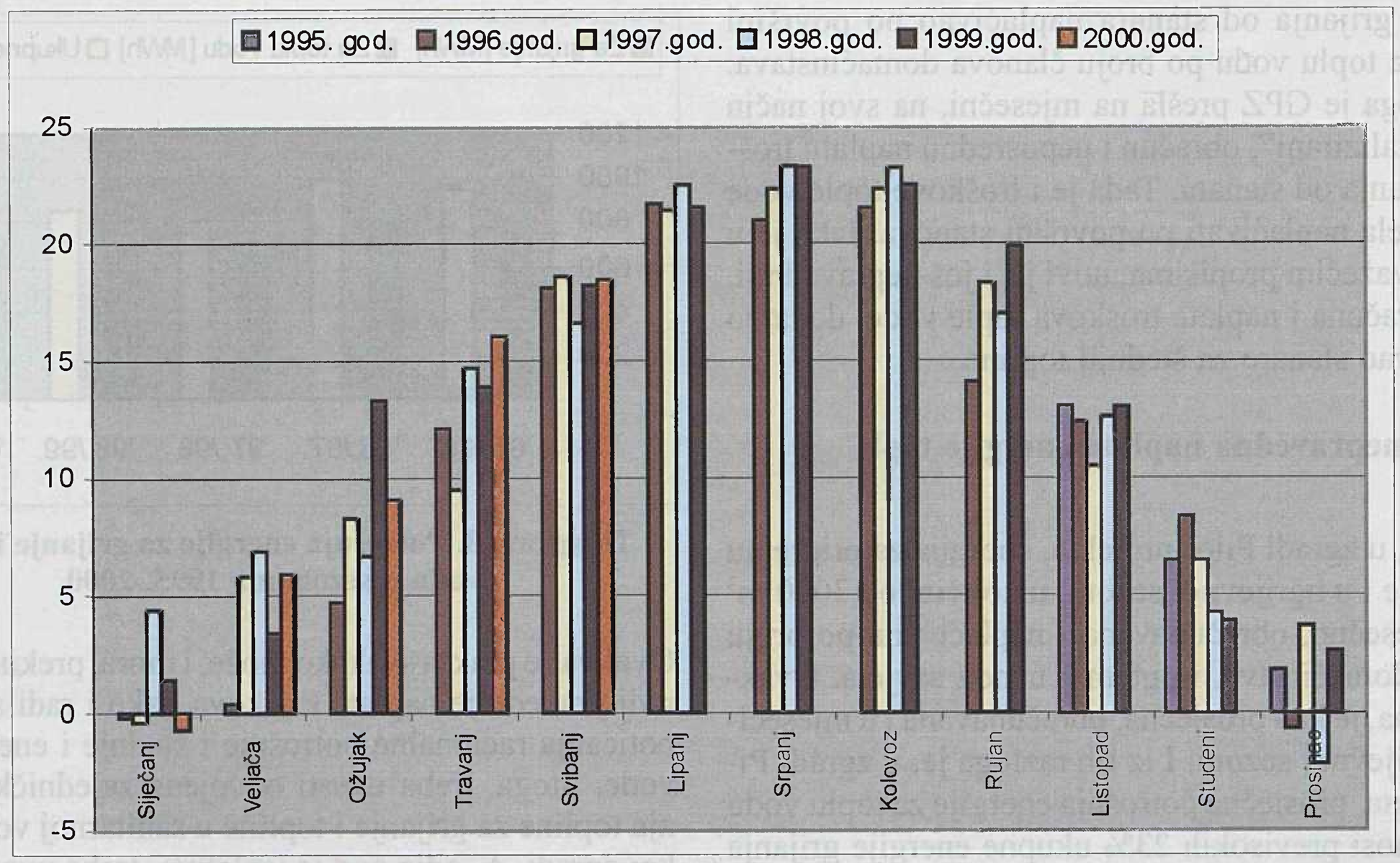
Ovakva se praksa svakako može, i mora, prekinuti, kako radi pravednije naplate troškova, tako i radi snažnijeg poticanja racionalne potrošnje i štednje i energenata i vode. Stoga, treba uvesti odvojena zajednička mjerenja topline za grijanje i topline u sanitarnoj vodi u svakoj zgradi. A, gdje god je isplativo, treba uvesti i individualizirana mjerenja po stanovima.

b. Ukupna potrošnja i uštede energije grijanja

Ukupne uštede topline vidljive su u tablici i dijagramu 5. Podaci pokazuju da je potrošnja topline u sezoni grijanja 1997./98. *niža za cca 18%*, ali je ona i dalje, dakle i u sezoni 1998./99. bitno niža nego u sezonama 1995./1996. i 1996./1997., odnosno prije uvođenja SITG-a. Uzrokom su: djelovanje termostatskih ventila, te snažna i vrlo motivirajuća očekivanja (stalno odgađanih) točnih obračuna, i manjih troškova grijanja kod velike većine stanara zgrade Pilot-projekta. Taj optimizam nije bio siguran i dugotrajan, pa je, najvjerojatnije i zbog razočaranja stanara, u sezonama 1998./99. i 1999./00. ukupna potrošnja topline ponovno rasla.

Tablica 4. Prosječne mjesečne temperature u sezonama grijanja 1995.-2000.

Mjesec	1995. god.	1996.god.	1997.god.	1998.god.	1999.god.	2000.god.
Siječanj		-0,2	-0,4	4,4	1,4	-0,72
Veljača		0,4	5,8	6,9	3,4	5,93
Ožujak		4,7	8,3	6,7	13,3	9,07
Travanj		12,1	9,5	14,7	13,9	16,06
Svibanj		18,1	18,6	16,6	18,2	18,45
Lipanj		21,7	21,4	22,5	21,53	
Srpanj		21	22,3	23,3	23,25	
Kolovoz		21,5	22,3	23,2	22,49	
Rujan		14,1	18,3	17	19,89	
Listopad	13,1	12,4	10,5	12,6	13,01	
Studeni	6,5	8,4	6,5	4,3	3,93	
Prosinac	1,8	-0,7	3,7	-2,2	2,6	



Dijagram 4. Prosječne mjesečne temperature 1995.-2000. god.

c. Utjecaj termostatskih ventila i razdjelnika topline na potrošnju energije grijanja

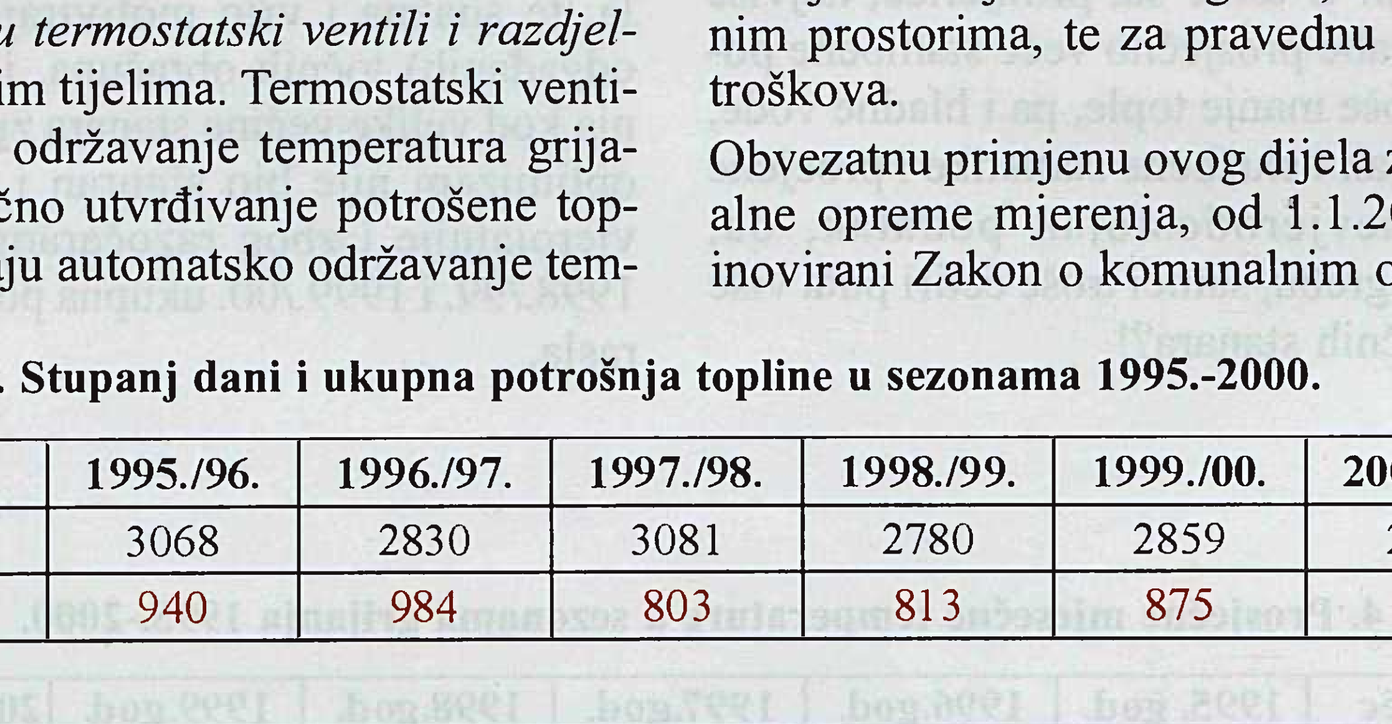
Pokazalo se, da u zgradi Pilot-projekta, i sami termostatski ventili donose značajne uštede topline. Njezina ukupna potrošnja je i u posljednjim nadziranim sezonama grijanja niža za značajnih 5-7%. Naime, *korisnički, obvezatni, dio opreme sustava individualizira-nja troškova grijanja su termostatski ventili i razdjelnici topline* na ogrijevnim tijelima. Termostatski ventili služe za automatsko održavanje temperatura grijanja, a razdjelnici za točno utvrđivanje potrošene topline. Ventili omogućavaju automatsko održavanje temperature stanova, a razdjelnici nadzor potrošnje, te racionalnu uporabu i štednju ogrijevne topline.

Ventili i razdjelnici zajedno, i snažno, motiviraju korisničku štednju topline. Ostala, zajednička oprema mjerila i regulatori u toplinskim stanicama i u kućnoj ogrijevnoj mreži, služe za točno utvrđivanje potrošene topline grijanja ili tople vode u fizički ili obračunski odvojenim dijelovima zgrada, u stanovima ili poslovnim prostorima, te za pravednu raspodjelu i naplatu troškova.

Obvezatnu primjenu ovog dijela zajedničke i individualne opreme mjerenja, od 1.1.2000., propisuje i naš inovirani Zakon o komunalnim odnosima.

Tablica 5. Stupanj dani i ukupna potrošnja topline u sezonama 1995.-2000.

Godina	1995./96.	1996./97.	1997./98.	1998./99.	1999./00.	2000./01.
[°d]	3068	2830	3081	2780	2859	2915
[MWh]	940	984	803	813	875	912



Dijagram 5. Stupanj dani i potrošnja topline u sezonama 1995.–2000.

Tablica 6. Utjecaj termoregulacijskih ventila na potrošnju energije

	up.ventila	potr. [EJ]x10^{-1}	potr.[%]	spec.potr. [EJ/m^2]x10^2
Gospodska 84	bez ventila	87,88	53	50
Gospodska 86	sa ventilima	75,32	46,2	45

Analiza Pilot projekta Zagreb 1, je dokazala, da i sama uporaba termostatskih ventila značajno utječe na racionalnu uporabu i štednju energije grijanja. Stoga je pri definiranju opreme Pilot-projekta, i predložena zamjena zapornih, i ugradnja termostatskih ventila samo na radijatorima stanova Gospodske 86. Njih je donirala tvrtka Danfoss d.o.o. iz Zagreba. Nažalost, ta je odluka, i njezina dosljedna realizacija od strane donatora, imala i svoju negativnu stranu, pa je pomutila međusobne odnose stanara Gospodske 84 i Gospodske 86. Ti su se odnosi tijekom 2000. godine, nabavom i ugradnjom termostatskih ventila tvrtke Armal i u dijelu zgrade Gospodska 84, pokušali ponovno uskladiti. To, nažalost, nije potpuno uspjelo, zgrada je gospodarski podijeljena i sada posluje s dva nova Kućna savjeta.

Od početka djelovanja Pilot-projekta, ugradnja termoregulacijskih ventila je, u dijelu zgrade Gospodska 86, djelovala kao snažan komforni i motivacijski čimbenik. Ventili su omogućili automatsko održavanje temperatura i udobnije stanovanje, te bitno racionalniju uporabu i štednju topline. Njihov je utjecaj na potrošnju i štednju topline pokazan tablicom i dijagramom 6. Tako su pozitivni rezultati primjene termostatskih ventila u Gospodskoj 86, motivirali i stanare Gospodske 84, da ih, na trošak pričuve, ugrade i na svoje radijatore.

d. Loša kvaliteta topline u zgradi Pilot-projekta

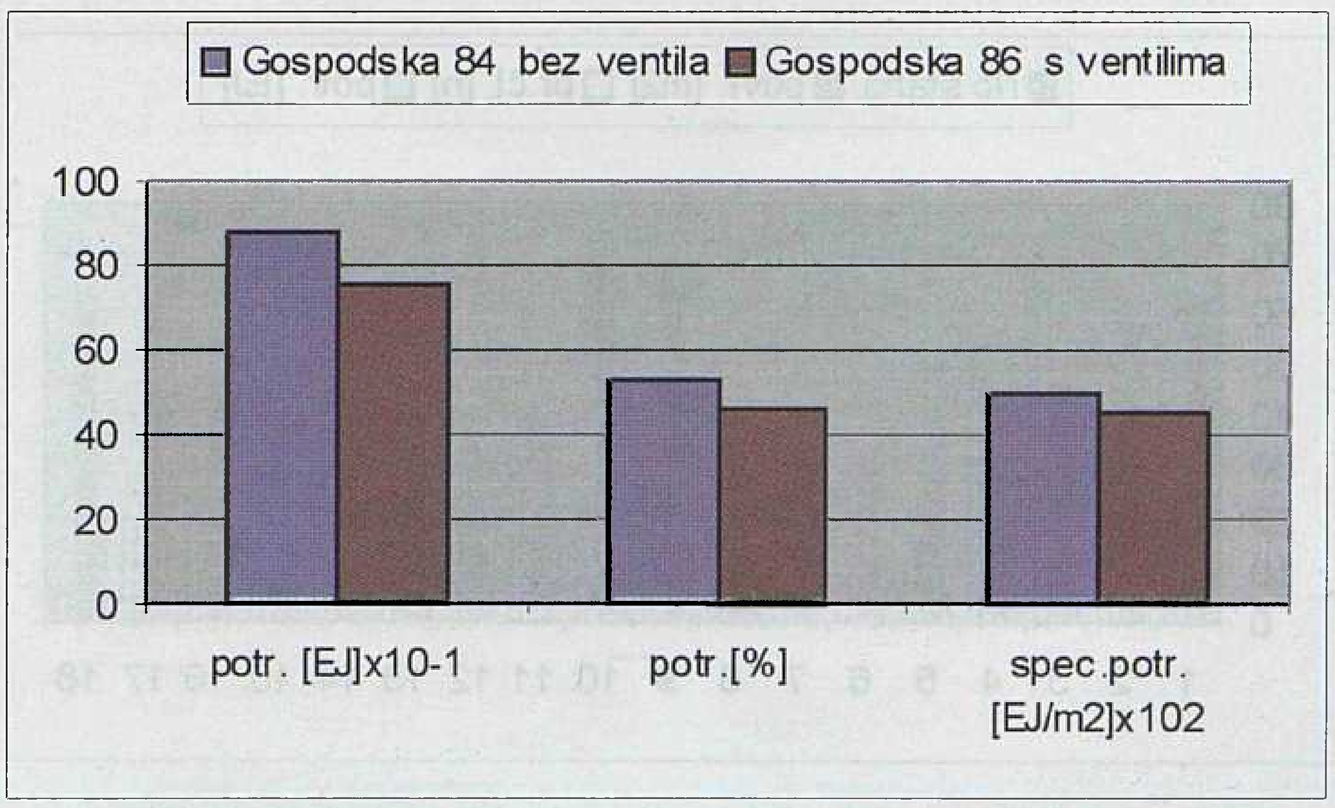
Bitan uvjet točne i pravedne individualizacije troškova grijanja, i troškova tople vode, je održavanje kvalitete topline. Ona podrazumijeva održavanje točnih i propisanih vrijednosti tlaka i temperatura, odnosno specifičnog sadržaja topline ogrijevne vode. Podaci pokazuju, da je kvaliteta topline u zgradi Pilot projekta neujednačena, i da je prijeko potrebito osigurati je svakom korisniku, odnosno svakom ogrijevnom tijelu u zgradi. U tu svrhu treba ugraditi i opremu automatskog reguliranja razlika tlaka vode u horizontalnim i usponskim vodovima.

Loša kvaliteta topline dokazana je davno, i u najvećem dijelu sustava grijanja zgrada i stanova u Hrvatskoj. To je veliki gospodarski i socijalni problem stanovanja, a njegovo je rješavanje jedan od osnovnih uvjeta uspješnog uvođenja sustava individauliziranja troškova grijanja. Za njegovo rješavanje treba i nova relativno skupa oprema, odnosno dosta novaca.

e. Pojedinačne potrošnje energije grijanja u stanovima zgrade Pilot-projekta

Pilot-projektom su utvrđene pojedinačne potrošnje energije svih stanova. Ovdje su pokazane djelomično, i za manji dio stanova. Podaci o potrošnji topline u stanovima ostalih dijelova zgrade su vrlo slični. Potrošnja topline u njima ovisi o više čimbenika, pa i o njihovim topološkim položajima. Utvrđeno je, i da stanovi, koji troše najviše topline, imaju najčešće i najslabije grijanje. U takvim stanovima se stanari neprekidno žale na hladnoću. Razlozi za to su objektivni. Posljedice su loših toplinskih značajki zgrade i prevelikih toplinskih gubitaka. Takvi stanovi djeluju kao pravi, i vrlo štetni, *ponori topline*.

Saniranje ovih nedostataka naših zgrada stajat će puno rada i novaca, čiji su nam troškovi nezaobilazni u neposrednoj budućnosti. Već sada treba na njih ozbiljno misliti, odnosno treba ih predvidjeti, programirati i planirati. U našoj zemlji treba napraviti i posebnu, svestrano energetski obrađenu, inventarizaciju i kategorizaciju zgrada i stanova, na kojima se mora temeljiti i naša ukupna energetska strategija.



Dijagram 6. Utjecaj termoregulacijskih ventila na potrošnju energije

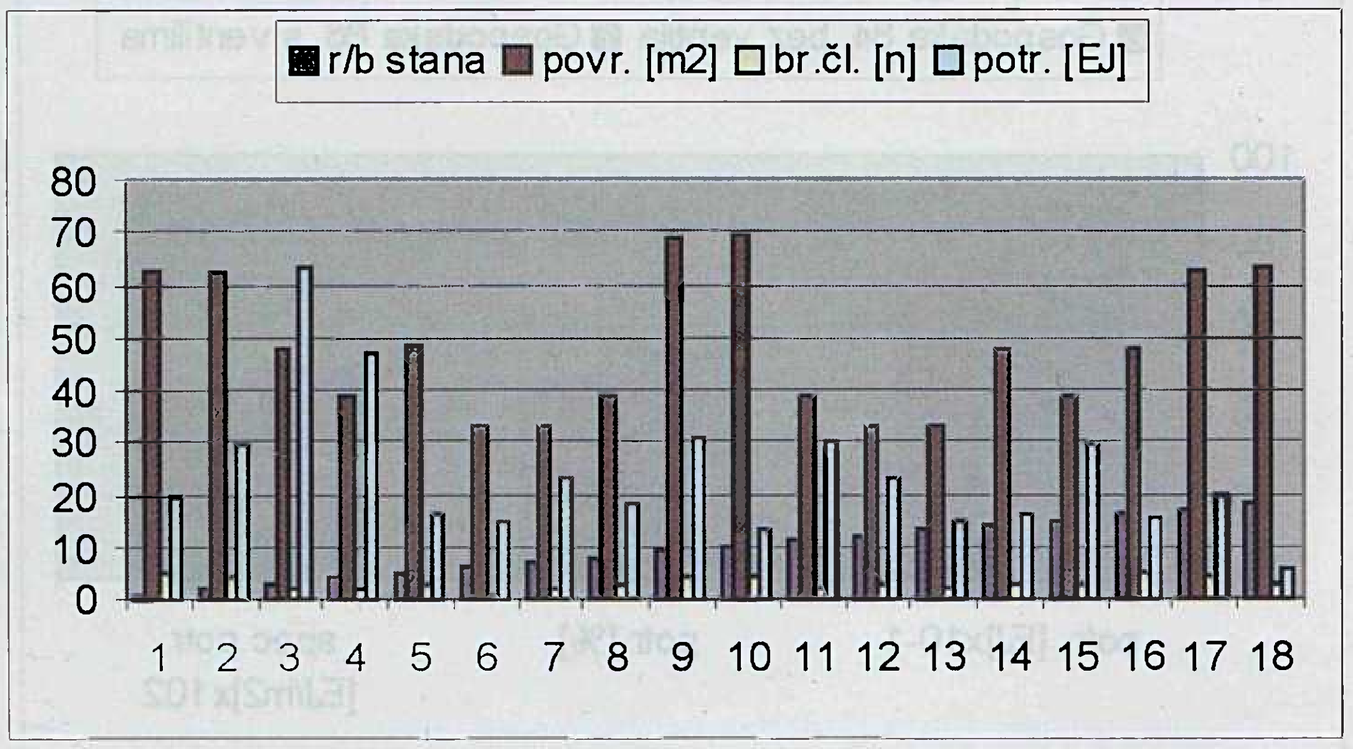
Tablica 7. Gospodska 84, opći podaci i potrošnja energije u sezoni 1998./99.

Gospodska 84							
r/b stana	povr. [m^2]	br.čl. [n]	potr. [EJ]	r/b stana	povr. [m^2]	br.čl. [n]	potr. [EJ]
1	62,68	5	19,5	19	63,01	4	27,5
2	62,77	4	29,5	20	62,67	3	20,2
3	47,87	2	63,2	21	48,38	3	17
4	38,86	2	46,8	22	38,84	3	10,5
5	48,09	3	16	23	47,92	3	31
6	33,32	1	15	24	33,57	2	24
7	32,86	2	23,1	25	32,68	2	23
8	38,66	3	18,5	26	38,27	1	13,5
9	68,49	4	31	27	68,25	2	34,2
10	69,31	4	13,5	28	67,46	4	22,9
11	38,53	2	30,1	29	38,26	2	21
12	33,08	3	23,5	30	33,01	6	17,7
13	32,87	2	14,5	31	47,78	2	30
14	47,7	3	16,4	32	33,25	2	29,5
15	38,71	3	29,5	33	38,9	1	28,2
16	47,93	5	15,7	34	48,75	3	24,3
17	62,37	4	19,6	35	62,4	4	31,9
18	63,1	3	5,8	36	63,28	4	22,9

Za pobližu ilustraciju ove problematike mogu poslužiti i rezultati ovog Pilot-projekta. Podatci za dio stanova zgrade Gospodske 84 i 86, o kojima ovisi potrošnja topline, pokazani su detaljnije u tablicama i dijagramima 7 i 8. Podaci za ostale dijelove zgrade i stanove su vrlo su slični i znakoviti. Korisno je prezentirati ih širem krugu stručnjaka za sustave grijanja, i kreatorima pripadnih zakona, uredbi i propisa.

Tablica 7. pokazuje podatke od 38 stanova južnog dijela zgrade, odnosno stanova Gospodske 84. Navedeni su, i rednim brojevima označeni, stanovi ili njihovi vlasnici (*r/b*), površine stanova [m^2], broj članova domaćinstava [*n*], te očitane, i stvarno potrošene, količine topline u sezoni grijanja 1998./1999, izražene brojem energetskih jedinica [*EJ*].

Detaljnija analiza ovih podataka pokazuje velike nesrazmjernosti između površina stanova, i plaćenih, odnosno stvarno potrošenih količina topline. Ni u jednom stanu stvarno potrošena toplina nije jednaka plaćenoj toplini. Primjerice, stanovi br. 1 i 2 imaju jednake površine, ali stan br. 2 troši 50% više topline nego stan br.1. Stan br.3., ima bitno manju površinu, ali tro-



Dijagram 7. Gospodska 84, opći podaci i potrošnja topline u sezoni 1998./99.

ši trostruko više topline od gotovo jednakog stana br.1, a stan br. 15. s upola manjom površinom troši toplinu jednaku stanu br.2.!? Stanovi br.15. i 26. imaju jednake površine, ali stan br. 26 troši stvarno upola manje topline od stana br. 15.!?

Uvid u topološke položaje stanova potvrđuje, da su stanovi koji troše najviše topline smješteni u prizemlju ili potkrovlju sjevernih dijelova zgrade, i da imaju najmanje dvije plohe otvorene prema okolini. Stanovi smješteni u sredini zgrada, i između drugih stanova, a samo jednom plohom otvoreni prema okolini, troše najmanje topline. Griju li se ovi stanovi i na račun susjeda?

Tako, prekomjerna potrošnja topline u većini stanova ima i druge objektivne razloge. To su: loša toplinska izolacija vanjskih i unutranjih zidova, stropova i prozora, te usmjerenost na struje hladnog zraka i dr. Podaci prvih 18 stanova iz tablice 7. pokazani su i pripadnim dijagramom. Na njemu se još zornije mogu usporediti toplinski, i drugi, vrlo zanimljivi, podaci o energetskoj kvaliteti ovog dijela zgrade i stanova.

Tablica i dijagram 8, pokazuju detaljnije podatke o potrošnji, obračunu i naplati troškova grijanja u prvih 18 stanova Gospodske 86. I ovdje su navedeni redni brojevi stanova i stanara (*r/b*), površine [m^2], potrošnje energije izražene energetskim jedinicama [*EJ*], troškovi obračunati i plaćeni po površini stanova *P*[*kn*], troškovi grijanja obračunati prema stvarnoj potrošnji *S*[*kn*], te njihove razlike *P-S*[*kn*]. Obračun je izveden uz "standardni", europski, omjer stalnih (*ST=30%*) i promjenjivih troškova (*PT=70%*), odnosno, *ST/PT=30/70 [%]*.

Zanimljivi su i podaci o potrošnji topline u većini promatranih stanova, a posebice usporedbe njihovih stvarnih i plaćenih troškova grijanja. Tako su, primjerice, u stanu br. 3. po m^2 plaćeni troškovi topline (S[kn]), za 47% manji od stvarnih troškova obračunatih temeljem potrošenih EJ. Ima li ovaj stan zaista socijalizirano plaćanje grijanja? Manje od stvarnih troškova grijanja platili su i korisnici stanova br.9, 11, i 15. Njihove veće troškove grijanja su "solidarno", u različitim iznosima, sigurno platili stanari analiziranih 14, a i stanari ostalih stanova zgrade Gospodske 84 i 86. Očigledan je primjer i dio podataka iz tablice i dijagrama br. 8, koji pokazuju bitno veću potrošnju topline u stanovima br. 3 i 9. U jednom od tih stanova je namjerno spriječena i ugradnja opreme individualiziranja troškova. U cijeloj zgradi Pilot-projekta, takvih stanova, ipak, ima samo nekoliko.

Očigledno je da, u ovoj zgradi, treba uvesti više pravednosti u naplatu troškova grijanja. Temeljem očiglednih činjenica, može se ponovno potvrditi i prijeka potreba poboljšanja ukupne energetske kvalitete zgrade i stanova Pilot-projekta. Za uvođenje cjelovite i pravedne naplate troškova, potrebita je i dorada cijele zgrade i sustava grijanja.

6. ODNOS STANARA PREMA INDIVIDUALIZIRANJU TROŠKOVA GRIJANJA I VODE

Već u vrijeme pripremnih radova, a posebice u vrijeme snimanja stanja opreme u zgradi Pilot-projekta, zapažen je vrlo pozitivan odnos djelatnika GSKG-a Zagreb i stanara prema ugradnji i primjeni sustava individualiziranja troškova grijanja. Stanari su opravdano očekivali i bitno smanjenje ukupnih troškova grijanja. Takav je odnos svih sudionika bio i tijekom ugradnje i održavanja opreme, te za vrijeme redovitih očitavanja i obrade podataka individualiziranih troškova. Očekivana, i često postavljana, pitanja stanara odnosila su se uglavnom na rokove donošenja Zakona i njegovog stupanja na snagu, početak novog obračuna i naplate troškova grijanja, načine plaćanja opreme, te na opće uvjete uspostave, uporabe i održavanja sustava.

Usprkos nepotrebno dugom čekanju na definitivnu primjenu individualiziranih obračuna i naplatu troškova grijanja, odnos je većine stanara prema uspostavi i uporabi sustava i sada izrazito pozitivan. Nezadovoljan je samo mali, i zanemarljivi, broj korisnika stanova.Dio njih su oni korisnici stanova, koji svjesno troše više topline. Neki od njih su u svojim stanovima, umjesto slabih, ugradili ogrijevna tijela s bitno većom toplinskom snagom od one predviđene osnovnim projektom. Individualiziranim očitavanjem i obračunom podataka, je dokazano, da ti stanovi troše i natprosječne i prevelike količine topline.

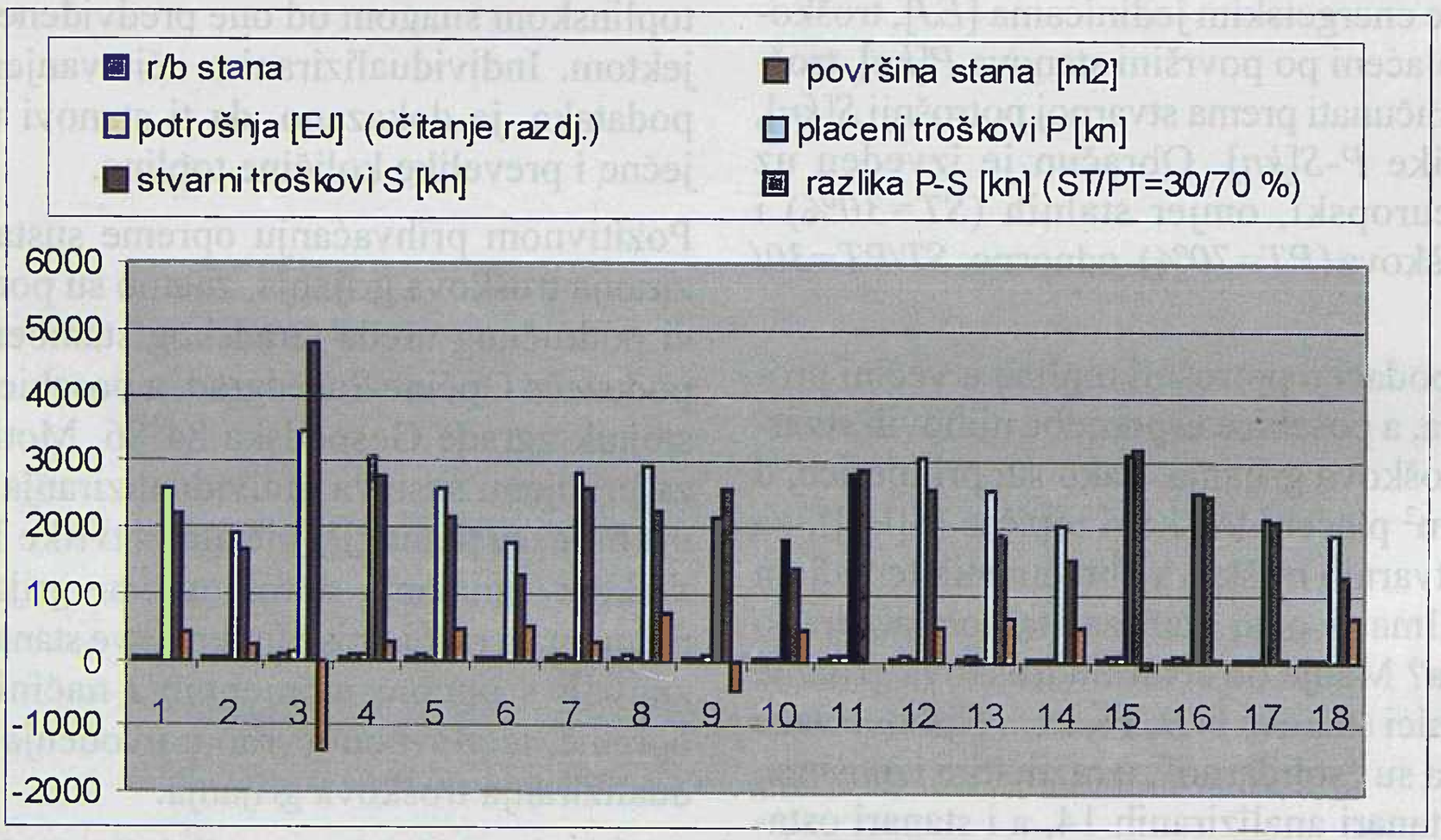
Pozitivnom prihvaćanju opreme sustava individualiziranja troškova grijanja, znatno su pomogli i djelatnici područnog ureda Gradskog stambeno komunalnog poduzeća Općine Susedgrad, a posebice tadašnji predstojnik zgrade Gospodska 84-86. Motiviranju stanara za primjenu sustava individualiziranja troškova grijanja bitno su pomogli i djelatnici tvrtke Techem. Oni su, tijekom snimanja stanja opreme grijanja a posebice pri montaži razdjelnika topline, sve stanare detaljno upoznavali s općom namjenom i načinima djelovanja opreme, te glavnom svrhom uvođenja sustava individualiziranja troškova grijanja.

Očitavanja podataka s razdjelnika topline u sezonama grijanja 1997./1998. i 1998./99., te prikupljanje ostalih podataka o troškovima, izvršeno je bez bitnih poteškoća, uvijek vrlo cjelovito i u vrlo kratkom vremenu. Temeljito i sveobuhvatno, uz veliku pomoć predstojnika zgrade i djelatnika GSKG-a, prikupljani su i drugi podaci o troškovima grijanja.

Djelomični rezultati ovog Pilot-projekta su u jesen 1999., u Ministarstvu gospodarstava RH, prezentirani većoj grupi stručnjaka i djelatnika s područja projektiranja, gradnje i održavanja sustava centralnih grijanja zgrada i stanova. Sudionici prezentacije su izrazili veliko zadovoljstvo cjelokupnim Pilot-projektom i njegovom dotadašnjom realizacijom.

Tablica 8. Plaćene i stvarno potrošene topline u 18 stanova zgrade Gospodska 86

r/b stana	Površina [m^2]	potrošnja [EJ] (očitanje razdj.)	plaćeni troškovi P [kn]	stvarni troškovi S [kn]	razlika P-S [kn] (ST/PT=30/70 %)
1	47,53	39,20	2.561,96	2.172,53	389,43
2	38,51	29,50	1.901,75	1.669,58	232,17
3	68,47	98,00	3.444,20	4.795,16	- 1.350,96
4	62,28	50,00	3.042,32	2.792,00	250,32
5	48,20	38,20	2.592,45	2.140,90	451,55
6	37,68	20,00	1.762,67	1.278,11	484,56
7	60,07	45,00	2.807,68	2.563,56	244,12
8	63,21	36,20	2.939,44	2.250,32	689,12
9	47,30	49,70	2.128,32	2.590,72	- 462,40
10	38,74	21,80	1.807,21	1.363,68	443,53
11	69,23	49,10	2.839,83	2.843,71	- 3,88
12	62,73	44,00	3.080,02	2.557,07	522,95
13	48,20	32,80	2.592,45	1.924,34	668,11
14	38,05	25,30	2.024,17	1.495,32	528,85
15	59,95	61,00	3.086,20	3.203,69	- 117,49
16	63,49	42,30	2.514,02	2.498,49	15,53
17	47,78	37,60	2.148,49	2.111,53	36,96
18	38,86	19,50	1.916,45	1.272,96	643,49



Dijagram 8. Plaćena i potrošena toplina u 18 stanova zgrade Gospodske 86

7. RAZLOZI PRIMJENE JEDNOSTAVNE OPREME SUSTAVA INDIVIDUALIZIRANJA TROŠKOVA GRIJANJA

Vrste opreme Pilot-projekta određene su nakon iscrpnog analiziranja sadašnjeg stupnja razvitka, a posebice cijena pojedinih vrsta opreme sustava individualiziranja troškova grijanja, te naših dugoročnih potreba i mogućnosti investiranja u takve sustave. Odabrana oprema je višestruko provjerena, vrlo je jednostavna, točna i učinkovita. Uporaba i održavanje ove opreme je također vrlo jednostavno i jeftino. Konačno, iz spomenutih se razloga ovakva oprema i najčešće rabi u zemljama zapadne Europe.

Isplativost različitih vrsta sustava ovisi o mnogo čimbenika. Najvažniji su: optimalna ili najveća moguća smanjenja troškova topline, najkraći rokovi isplate investicija, mogućnosti finaciranja samorazvoja SI-e iz ušteda, ekologičnost sustava i dr. Spomenute uvjete zadovoljava samo primjena tehnički i gospodarski optimalnih SI-a. U razvijenoj Europi postoji jednostavan kriterij: *troškovi uspostave sustava individualiziranja troškova grijanja moraju se isplatiti najdulje za četiri godine.*

Tablica 9. Cijene korisničke opreme sustava individualiziranja troškova grijanja

	Ventili i isparnički razdjelnici [EUR-a]	Ventili i elektronički razdjelnici [EUR-a]	Ventili i radijski razdjelnici [EUR-a]
Pojedinačne cijene (po stanu)	60-65,00	110-120,00	385,00-400,00
Cijene za Zagreb (ca 150.000 stanova)	9.750.000	18.000.000	60.000.000
Cijene za Hrvatsku (ca 650.000 stanova)	42.250.000	78.000.000	260.000.000
Rokovi isplate [godina]	1,5-2	3,5-4	10-12

Taj je kriterij vrlo učinkovit, a optimalno ga zadovoljavaju samo sustavi s isparničkim ili jednostavnim elektroničkim razdjelnicima topline (tablica 9). I po kriteriju samorazvojnosti su najbolji isparnički sustavi (6-7 godina), a zbog gotovo dvostruko veće cijene, slabo ga zadovoljavaju i jednostavni elektronički sustavi (10-12 godina). Zajednički, u cjelini manje bitan i općenito prihvatljiv, nedostatak isparničkih i jednostavnih elektroničkih sustava je potreba neposrednog očitavanja podataka. Ali, pozitivna osobitost jednostavnih sustava je i, očitavanju podataka usputni, godišnji pregledi i eventulni popravci korisničke opreme sustava individualiziranja, te besplatni savjeti stanarima. To zahtijeva dobro oraganizirane ulaske u stanove, koje sustavi s radijskim prijenosom podataka doduše ne trebaju. Ali, radijski sustavi su višestruko, i neprihvatljivo, skuplji. Imaju i predugačke rokove isplate, a samorazvoj im je praktično nemoguć. Ozbiljne gospodarske računice pokazuju, da *skupi radijski sustavi individualizacije troškova grijanja više koštaju nego što vrijede*. Zbog toga ih, usprkos velikoj promidžbi i ponudi, racionalni i štedljivi korisnici centralnih grijanja u zapadnoj Europi i vrlo rijetko primjenjuju.

Za donošenje ispravnih odluka, u Europi postoji još jedan jednostavan kriterij, po kojemu godišnja cijena djelovanja i održavanja sustava individualiziranja ne smije iznositi više od 8-10% cijene uštođene topline, odnosno energenata. Po tome bi, primjerice u Zagrebu, prosječne godišnje novčane uštede (s 10 do 20% uštede topline!), mogle iznositi između 75 i 150, a u Hrvatskoj između 300 i 600 milijuna kuna. "Norma" za broj djelatnika na poslovima uporabe i održavanja ovih sustava, je 2 za svakih 5000 stanova. U Zagrebu za to treba 60, a u cijeloj Hrvatskoj 260 djelatnika. Za općenito vrlo male troškove očitavanja i obnavljanja isparničkih i jednostavnih elektroničkih razdjelnika, u Zagrebu bi se godišnje, iz ušteda, moglo dobiti 7,5, odnosno 15, a u Hrvatskoj najmanje 30, odnosno 60 milijuna kuna. To, na ovim finim i jeftinim poslovima, po djelatniku iznosi značajnih, a za sve troškove sasvim dostatnih, 125.000 do 250.000 kuna godišnje. Ovakva su radna mjesta, dakle, vrlo jeftina i vrlo profitabilna. Uz to, u ukupni pozitivni doprinos racionalnom gospodarenju energijom, treba uračunati i velika investicijska sredstva, koja bi se uštedjela nabavom i uporabom jednostavnih i jeftinih sustava individualizacije troškova grijanja (tablica 9)!

Mora se napomenuti, da i u nas postoje Pilot-projekti, te, vrlo aktivni i snažno lobirani pokušaji uvođenja SITG-a, sa skupim radijskim razdjelnicima topline. *Nasuprot takvim nastojanjima, jednostavne računice pokazuju da su i najjednostavniji elektronički razdjelnici najmanje četiri puta (400%), a radijski trideset puta (3000%!) skuplji od jednako točnih i učinkovitih isparničkih razdjelnika*. Ove razlike, naravno, rezultiraju i golemim razlikama ukupnih cijena njihovog masovnijeg uvođenja. Tako bi, samo u Zagrebu, uvođenje SITG-a u stanove priključene na centralne toplinske sustave HEP-e, i plinske mreže GPZ-a, s *isparničkim radjelnicima koštalo 9,75, s jednostavnim elektroničkim 18, a s radijskim razdjelnicima 60 milijuna eura*. Za cijelu Hrvatsku su iznosi višestruko veći i odnosi cijena još neprihvatljiviji. To znači da bi se samo u Zagrebu, nabavom sustava s isparničkim umjesto jednostavnih elektroničkih razdjelnika uštedjelo 8,25, a umjesto sustava s radijskim razdjelnicima 50 milijuna eura. Ovakve usporedbe se mogu nabrajati još više, i svaka od njih, kategorično ukazuje na, jedinu razboritu i brzo isplativu, nabavu i uporabu samo jednostavnih sustava individualizacije troškova grijanja.

8. STANJE SUSTAVA INDIVIDUALIZACIJE PILOT-PROJEKTA ZAGREB 1

Cjelokupna problematika, zasnivanje i način izvedbe Pilot-projekta Zagreb 1, promatrani su s opisanih stajališta. Tako je donesena i odluka o primjeni isparničkih razdjelnika. Odluka se pokazala razboritom, primjerenom, učinkovitom, vrlo jeftinom i potpuno

opravdanom. I zaista, po uzoru na racionalna gospodarstva zapadne Europe, nije se htjelo trošiti novce ni u jeftinije elektroničke, a pogotovo u potpuno neracionalne elektroničko-radijske SITG-a.

Opisani Pilot-projekt je sada u "fazi mirovanja", odnosno, sustav individualizacije troškova grijanja zgrade Gospodska 84-86 nije u cjelovitoj uporabi. Dio opreme je ipak u funkciji. To su termostatski ventili u cijeloj zgradi, i automatski regulatori tlaka u usponskim vodovima zgrade Gospodske 86. Sustav i u ovoj formi, ipak, djeluje pozitivno. Računice pokazuju, da je u zgradi Pilot-projekta, uz prvu sezonu s 18% ušteda, tijekom proteklih sezona grijanja uštođeno najmanje 7-8% topline. To iznosi ca 400-450 MWh, ili ukupnu uštedu 160-180 tisuća kuna. Tako je, u pet proteklih sezona grijanja, uštođeno ukupno po ca 2600, ili 520 kuna/godišnje/stanu. Oprema sustava individualizacije koštala je otprilike 900 kuna/stanu, pa je isplaćena za manje od dvije godine. Uz to što je besplatna, oprema SI-e korisnicima, kao oblik kolektivne štednje, već pet godina donosi i vrijedne (i neevidentirane!) novčane uštede.

Mogle su se, a nažalost nisu, zasigurno postizati i dvostruko veće uštede. Trebalo je samo više poslovnosti GSKG-a za prihvaćanje ponude obračuna tvrtke TECHEM, te pristanak na naplatu stvarnih troškova grijanja od strane GPZ-a. Ponuda se odnosila na sezone *1999./2000.* i *2000./2001.*, po kojoj bi, uz cijeni od 1,5 DM po radijatoru, tvrtka TECHEM izvodila godišnje očitavanja i obračun, a GPZ cjelovitu individualiziranu naplatu troškova grijanja. Odustajanje od takvog obračuna i naplate, zasigurno je rezultiralo 10%-no većom potrošnjom topline, i barem za 40.000 m^3 većim godišnjim utroščima plina. Tako je "ušteda" na neprihvaćanju ponude tvrke TECHEM od cca 465,00 DM, stanare zgrade Pilot-projekta, zapravo koštala više od 4.000 DM godišnje!

Za bolji uvid u cjelokupnu problematiku potrošnje, i racionalne uporabe, topline za grijanje u stanovima Hrvatske, iznos od 4.000 DM, može se, sasvim uvjerljivo i vjerodostojno, pomnožiti s oko 15.000 takvih prosječnih i centralno grijanih zgrada. Tako se mogu odrediti, pa i potvrditi ranije procijenjeni, naši, ukupni godišnji gubici zbog prekomjerne potrošnje topline u ostalih oko 650.000 stanova. Ozbiljne procjene pokazuju, da *gubitci zbog prekomjerne potrošnje energije grijanja u Hrvatskoj iznose od 900 do 1100 milijuna kuna godišnje.*

Ovi su gubici golemi. Iznosom jednogodišnje uštede, moglo bi se, sve raspoložive stanove u Hrvatskoj, opremiti jednostavnim sustavima individualizacije! Na opću i nacionalnu štetu, u nas se potrošnja i moguća štednja energije tako ne promišljaju? Stoga ovu skupu problematiku i ne rješavamo racionalno. Zapravo se ponašamo tako kao da ne poznajemo i ne vidimo velike mogućnosti štednje i dugoročnog smanjivanja troškova grijanja! Ili, netko, možda neki "prepametan" lobi, ovo naše stanje rabi za vlastitu korist i veliko bogaćenje?

9. ZAKLJUČCI

Temeljem praćenja Pilot-projekta, očitavanja podataka, individualiziranog obračuna troškova grijanja, te energetskom analizom sustava grijanja i kvalitete zgrade može se nedvojbeno zaključiti sljedeće:

- *Rezultati Pilot-projekta Zagreb 1 potvrđuju potpuno opravdanu primjena sustava individualiziranja troškova grijanja i priprave tople vode,*
- *Vlasnici stanova i zgrade su Pilot-projekt dobro prihvatili i pomogli njegovu uspješnu sprovedbu,-odabrana oprema sustava individualiziranja je jednostavna, jeftina, točna i potpuno učinkovita,*
- *Očitavanje i obrada podataka s razdjelnika, obračun troškova grijanja i ispostava individualiziranih računa je vrlo jednostavna,*
- *Podaci o potrošnji energije u stanovima su pokazali nedostatke sustava grijanja, i brojne energetske nedostatke zgrade,*
- *Otklanjanje nedostataka u sustavu grijanja i građevinsko-energetskih nedostataka zgrade osnovni su uvjeti osiguranja kvalitete i racionalne uporabe i štednje energije grijanja,*
- *Postojeće stanje opreme sustava individualiziranja troškova grijanja je dobro,*
- *Sustav treba uredno rabiti, odnosno treba individualno očitavati, obračunavati i naplaćivati troškove grijanja,*
- *Rezultati Pilot-projekta Zagreb 1 se moraju iskoristiti svestrano i potpuno. To moraju učiniti i odgovarajuće službe Ministarstva gospodarstva RH i Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva Zagreba,*
- *S rezultatima Pilot-projekta moraju se, putem odgovarajuće kampanje, upoznati i svi korisnici centralno grijanih stambenih zgrada s područja Zagreba, te stambenih naselja s centralno grijanim stanovima u svim gradovima Hrvatske,*
- *Rezultate treba rabiti i u raspravama o unaprjeđenju našeg cijelog energetsko-gospodarskog područja. Treba ih koristiti i pri upoznavanju, uvođenju i uporabi drugih oblika racionalne uporabe i štednje ener-genata i energije u centralno grijanim stanovima i prostorima,*
- *Rezultate Pilot-projekta moraju upoznati i sudionici izrade prijedloga i donošenja odgovarajućih zakona, uredbi i propisa,*
- *Rezultate Pilot-projekta moraju upoznati predlagači i donosioci zakona, uredbi i propisa za emisije štetnih plinova u proizvodnji topline, i predlagači i donosioci odgovarajućih zakona i uredbi o zaštiti okoline,*
- *Izrada, prijeko potrebitih, zakona je u nas, na opću žalost i štetu, vrlo spora i bez uvjerljivih razloga potpuno zapostavljena.*

LITERATURA

[1] Tvrka TECHEM: "Podaci o Pilot-projektu individualizacije troškova grijanja" Zagreb 1, Frankfurt-Ljubljana, 2001.

[2] "Energija u razvitku grada Zagreba", Poglavarstvo grada Zagreba, Zagreb 1992.

[3] "Energija u Hrvatskoj 1990.-1994.", Ministarstvo gospodarstva RH, Zagreb 1998.

[4] M. MATIĆ: "Energija i arhitektura", Školska knjiga, Zagreb 1988.

[5] F. RAJIĆ: "Sustavi racionaliziranja potrošnje energije individualiziranjem troškova grijanja i uporabe vode", Energija 6/98, Zagreb 1998.

[6] F. RAJIĆ: "Tehničke i gospodarske značajke različitih sustava individualiziranja troškova grijanja", Časopis energija No6, Zagreb 2000.

[7] M. KAMENSKI: "Individualizacija troškova grijanja, zašto i kako", Simpozij EPP, Dubrovnik 2002.

[8] Statistički ljetopis Republike Hrvatske 1999., Zagreb 2000.

PILOT PROJECT OF INDIVIDUAL HEAT ING ACCOUNTS ZAGREB-1

Compared to other European countries Croatia has too large a consumption of fuels and heating energy. Lowering of consumption is possible if measurement equipment and new way of heating account are applied. Best saving results and best user motivation are obtained if new and justified systems of individual heating and hot water costs are applied.

To demonstrate that, in the spring of 1997, based on the agreement concluded by the Ministry of Economic Affairs of Croatia (Department of Energy and Mining), Zagreb Housing and Communal Office, Techem Company AG from Frankfurt, Germany, and Danfoss, Zagreb, the residential building in Gosposvetska Street 84-86 was chosen for the first pilot project of individual heating costs in Croatia.

DAS BERECHNUNGSMUSTERPROJEKT VON HEIZKOSTENPERSONALISIERUNG FÜR DAS GEBIET ZAGREB 1

Im Vergleich mit anderen europäischen Ländern ist in Kroatien der Verbrauch der Energieträger und der Heizungsenergie zu gross. Diesen Verbrauch schränkt man mittels entsprechender Messtechnik und neuer Abrechnungsweise von Heizkosten ein. Grösste Einwirkungen auf Ersparnisse, und grösster Ansporn für Verbraucher wird durch Einführung zeitgmässer und gerechtiger Verfahren der Personalisierung der Heiz - und Warmwasserkosten erzielt.

Auf Grund der Verständigung, von Vertretern des kroatischen Wirtschaftsministeriums (Abteilung für Energie und Bergbau), der Komunalen Wohnungsverwaltung ("GSKG") der Stadt Zagreb, der Firmen: Techem A.G. aus Frankfurt, und Danfoss GmbH aus Zagreb, im Frühjahr 1997, ist für das erste kroatische Musterprojekt der Personalisierung von Heizkostenberechnungen das Gebäude in der Gospodska Strasse Nr. 84-86, zu diesem Zweck bestimmt worden.

Naslov pisca:

Mr. sc. Florijan Rajić dipl. ing.
Omiška 18, 10000 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis
2002 – 09 – 12.

STUDIJA REGIONALNOG PLANIRANJA PRIJENOSNE MREŽE

Mr. sc. Davor Bajs – mr. sc. Goran Majstrović – Vladimir Grujić – Marinko Rogić, Zagreb

UDK 621.316.1:621.31
STRUČNI ČLANAK

Prikazuju se osnovni rezultati studije planiranja razvoja prijenosne mreže jugoistočne Europe, provedene u okviru SECI projekta "Regional transmission network planning", a pod pokroviteljstvom USAID. Studija je nastala na temelju analiza provedenih programskim paketom PSS/E, koristeći kao osnovu regionalni model prijenosne mreže jugoistočne Europe i ekvivalent ostatka UCTE za 2005. godinu. Analize su provedene sa svrhom detektiranja ograničenja u prijenosnim mrežama zemalja ovog dijela Europe i vrednovanja uloge novih interkonektivnih vodova, kandidata za izgradnju. Na osnovi rezultata studije izdvojit će se nekoliko novih interkonektivnih vodova na prostoru jugoistočne Europe sa značenjem za čitavu regiju. U studiji je promatran samo tehnički aspekt izgradnje novih vodova kroz analizu stacionarnih stanja i mogućnosti razmjena i tranzita električne energije. Ekonomska analiza uloge novih vodova, kao i studija stabilnosti, sljedeći su koraci čije se izvršenje očekuje.

Ključne riječi: **planiranje razvoja prijenosne mreže, jugoistočna Europa, programski paket PSS/E, novi interkonektivni vodovi, analize stacionarnih stanja, mogućnosti razmjena i tranzita električne energije.**

1. UVOD

Projekt regionalnog planiranja prijenosne mreže jugoistočne Europe započeo je u ožujku 2001. godine pod pokroviteljstvom USAID-a. Voditelj projekta je američka kompanija CMS Energy, a korištena je infrastruktura SECI (Southeast European Cooperative Initiative) projekta "SECI project group on development of interconnection of electric power systems of SECI countries for better integration to European system".

U okviru spomenutog SECI projekta identificirano je pet regionalnih prioriteta u pogledu eksploatacije i planiranja razvoja elektroenergetskih sustava, a jedan od njih je bio i regionalno planiranje prijenosne mreže.

U projekt regionalnog planiranja prijenosne mreže aktivno su uključene Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija, Crna Gora, Makedonija, Albanija, Rumunjska, Bugarska i Turska, dok Slovenija, Mađarska i Grčka sudjeluju kao promatrači i po potrebi osiguravaju podatke potrebne za izvođenje studije. Studija čiji se rezultati opisuju u ovom članku djelo je zajedničkog rada CMS Energy, ECM Skopje (Elektrostopanstvo na Makedonija), EKC Beograd (Elektroenergetski koordinacioni centar), NEK Sofia (Natsionalna electricheska kompania EAD), ZEKC Sarajevo (Zajednički elektroenergetski koordinacijski centar) i EIHP Zagreb (Energetski institut "Hrvoje Požar"). Više o spomenutom projektu može se naći u lit. [1] i [2].

Studija regionalnog planiranja prijenosne mreže u trenutku pisanja ovog članka još uvijek nije publicirana. Njeno objavljivanje se očekuje do kraja 2002. godine.

2. PODLOGE ZA IZVOĐENJE STUDIJE

2.1. Regionalni model prijenosne mreže

Krajem 2001. godine oformljen je regionalni model prijenosne mreže jugoistočne Europe u formatu za programski paket PSS/E. Sve zemlje sudionice projekta dostavile su model svojeg sustava prema službeno usvojenim planovima za 2005. godinu. Model se sastoji od 400 kV i 220 kV mreža svih zemalja promatranog dijela Europe (Slovenija, Mađarska, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Srbija, Crna Gora, Makedonija, Albanija, zapadna Ukrajna, Rumunjska, Bugarska, Turska i Grčka), 150 kV mreža Turske i Grčke, te ekvivalenta ostatka UCTE. Zajednički model je oformljen na osnovi nekoliko pretpostavki:

- svi sustavi su uravnoteženi (uzimajući u obzir i dugoročne ugovore o razmjeni električne energije, npr. Bugarska › Turska, Slovačka, Ukrajina › Mađarska),
- elektrane su angažirane prema uobičajenoj dispečerskoj praksi, promatra se stanje normalne hidrologije,
- opterećenje svakog sustava određeno je na osnovi službenih podataka, a raspoređeno na čvorove 400 kV i 220 kV mreže,
- TS 400/110 kV Ernestinovo i TS 400/220/110 kV Mostar su obnovljeni, a cjelokupna 400 kV mreža BiH je u funkciji,
- promatraju se dva osnovna režima rada: zimski maksimum, ljetni maksimum

– s obzirom na sinkroni rad Turske s UCTE promatra se dva režima: Turska radi sinkrono s UCTE, Turska odvojena od UCTE.

Razlog modeliranju zimskog i ljetnog maksimuma je činjenica da se u Grčkoj vršno opterećenje događa ljeti, te da je u Turskoj ljetni maksimum vrlo blizu zimskome (94 %). Proračuni i analize su detaljno izvršeni na modelu zimskoga maksimuma, dok su na modelu ljetnoga maksimuma izvršene u smanjenom opsegu. S obzirom na priključak Turske na UCTE analiziraju se dva stanja: turski sustav radi sinkrono s UCTE i turski sustav ne radi sinkrono s UCTE (u tijeku je početna faza pokretanja procedure primanja Turske u UCTE), budući da nije sigurno hoće li do razmatranog vremenskog presjeka (2005. godina) Turska zadovoljiti sve zahtjeve UCTE i početi raditi sinkrono s tom velikom interkonekcijom koje je i Hrvatska član.

Na osnovi svega opisanog zaključeno je da se oforme tri modela regionalne prijenosne mreže jugoistočne Europe za godinu 2005:

– zimski maksimum s Turskom unutar UCTE (winter peak with Turkey)
– zimski maksimum bez Turske unutar UCTE (winter peak without Turkey),
– ljetni maksimum s Turskom unutar UCTE (summer peak with Turkey).

Osnovne podatke o navedenim modelima prikazuje tablica 1. Tablica 2 prikazuje broj pojedinih elemenata sustava na formiranom modelu.

2.2. Novi interkonektivni vodovi – kandidati za izgradnju

Predstavnici svih zemalja kandidirali su 12 novih interkonektivnih vodova – kandidata za izgradnju, a čije bi se regionalno značenje ispitalo Studijom. Neki od kandidiranih vodova već se nalaze u fazi pripreme za izgradnju, dok su neki tek u fazi ideje. Ti vodovi su sljedeći:

1. DV 2x400kV Ernestinovo (Hrvatska) – Pecs (Mađarska)
2. DV 400kV Heviz (Mađarska) – Cirkovce (Slovenija)
3. DV 400kV Bekescaba (Mađarska) – Oradea (Rumunjska)
4. DV 400kV Podgorica (Jugoslavija) – Elbasan (Albanija)

Tablica 1. Veličine modela regionalne prijenosne mreže

Model – zimski maksimum s Turskom	
sabirnica	1720
elektrana	300
generatora	473
paralelni kondenzatori i prigušnice	8
tereti	890
podešene razmjene	5
vodovi	2595
transformatori	552
grane s malom impedancijom	227
Model – zimski maksimum bez Turske	
sabirnica	1500
elektrana	254
generatora	322
paralelni kondenzatori i prigušnice	8
tereti	775
podešene razmjene	4
vodovi	2160
transformatori	379
grane s malom impedancijom	227
Model – ljetni maksimum s Turskom	
sabirnica	1717
elektrana	299
generatora	474
paralelni kondenzatori i prigušnice	8
tereti	920
podešene razmjene	4
vodovi	2588
transformatori	552
grane s malom impedancijom	227

Tablica 2. Osnovni podaci o modeliranim sustavima na modelu regionalne prijenosne mreže

Zemlja	Proizvodnja (MW)			Opterećenje (MW)			Razmjena (MW)			Gubici (MW)		
	*m1**	*m2**	*m3**	*m1**	*m2**	*m3**	*m1**	*m2**	*m3**	*m1**	*m2**	*m3**
Albanija	1010	1009	904	984	984	882	0	0	0	25,7	25,5	21,8
Bugarska	7372	6623	3981	6604	6555	3255	700	0	701	67,5	68,2	25,0
BiH	1559	1560	886	1545	1545	879	0	0	1,8	13,5	13,6	5,1
UCTE ekv.	7080	7079	5717	6676	6676	5682	316	316	-17	87,9	87,9	51,8
Hrvatska	1379	1379	1030	1687	1687	1340	-316	-316	-316	8,8	8,8	5,4
Mađarska	3747	3748	1926	4235	4235	2505	-525	-525	-600	37,5	37,5	17,1
Grčka	8296	8297	10256	8057	8057	9933	0	0	1,4	239,2	239,6	321,8
Makedonija	440	440	374	438	438	372	0	0	0,4	1,9	1,9	1,3
Ukrajna	251	251	251	0	0	0	250	250	250	0,8	0,8	0,7
Rumunjska	5764	5765	4781	5624	5624	4680	0	0	0	139,9	141,2	100,9
Slovenija	1055	1055	1068	1050	1050	747	0	0	317	5	5	3,4
Turska	20033	/	19519	20547	/	20082	-700	/	-700	185,9	/	136,9
Jugoslavija	7230	7230	4451	7130	7130	4400	0	0	9,6	99,7	99,7	41,1
CENTREL	275	275	350	0	0	0	275	275	350	0,2	0,2	0,4
UKUPNO	65489	44710	55493	64575	43980	54756	0	0	0	913,6	730,0	732,8

m1 – model: zimski maksimum s Turskom
m2 – model: zimski maksimum bez Turske
m3 – model: ljetni maksimum s Turskom

5. DV 400kV S.Mitrovica (Jugoslavija) – Ugljevik (Bosna i Hercegovina)
6. DV 400kV Nis (Jugoslavija) – Skopje 5 (Makedonija)
7. DV 400kV Sombor (Jugoslavija) – Pecs (Mađarska)
8. DV 220kV Prizren (Jugoslavija) – Fierze (Albanija) 2
9. DV 400kV B.Luka (Bosna i Hercegovina) – Tumbri (Hrvatska)
10. DV 400kV Skopje (Makedonija) – Tirana (Albanija)
11. DV 400kV C.Mogila (Bugarska) – Stip (Makedonija)
12. DV 400kV Maritza East 3 (Bugarska)-Phillipi (Grčka)

Prostorni položaj kandidiranih vodova prikazan je na slici 1.

Osim što su kandidirale spomenute vodove za izgradnju, pojedine zemlje su u model regionalne prijenosne mreže uključile i neke nove interne i interkonektivne vodove koji su u poodmakloj fazi pripreme ili izgradnje. To su:

1. DV 400 kV Arad (Rumunjska) – Oradea (Rumunjska)
2. DV 400kV Bitola (Makedonija) – Florina (Grčka)
3. DV 400kV Maritza East 3 (Bugarska) – Hamitabat (Turska)
4. DV 400kV Phillipi (Grčka) – Babaeski (Turska)

U Energetskom institutu "Hrvoje Požar" obavljeni su proračuni koji se tiču tri kandidirana voda: Ernestinovo – Pecs, Cirkovce – Heviz i Bekescaba – Oradea, dok su ostali kandidirani vodovi ispitani u ZEKC, EKC i NEK.

2.3. Scenariji razmjene električne energije

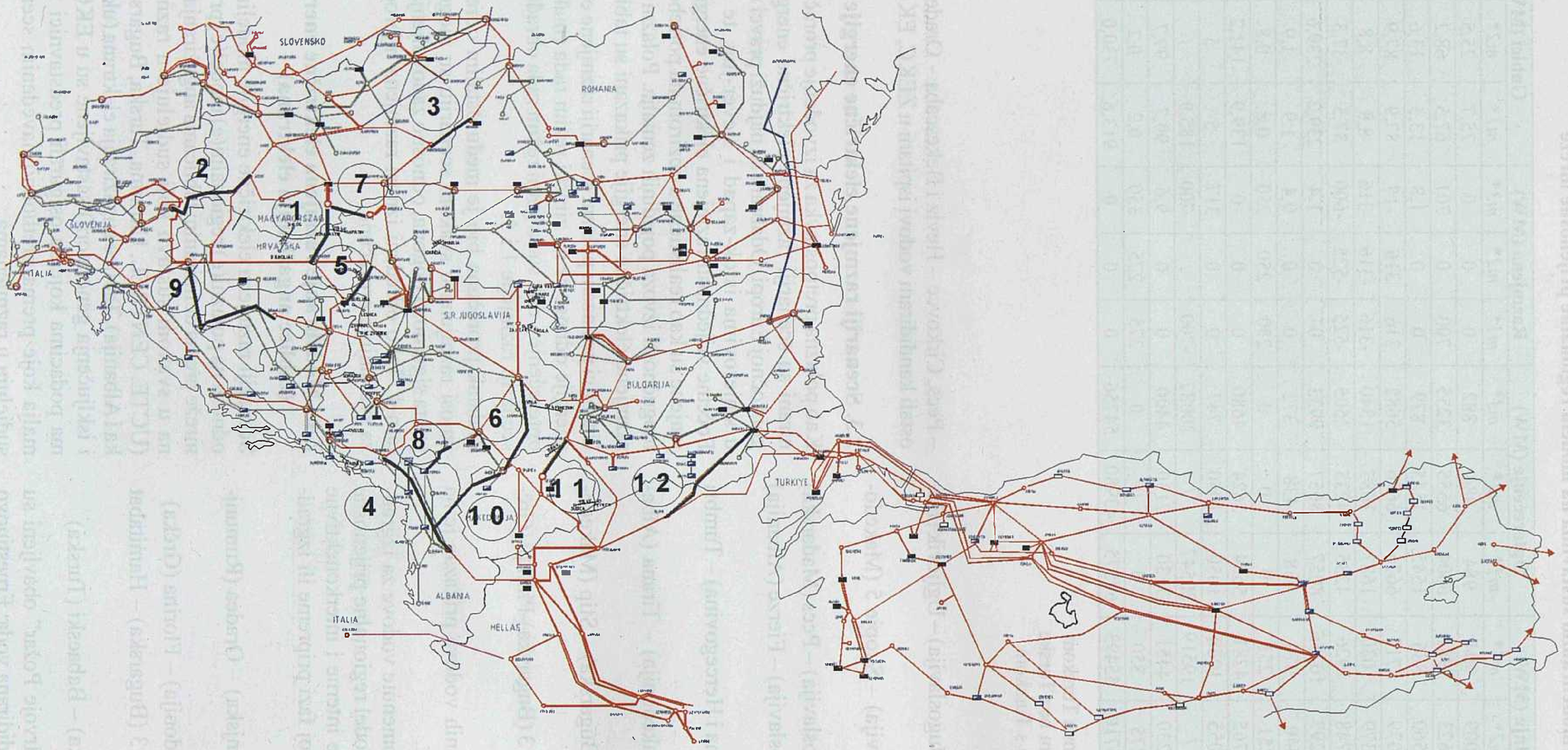
Kao polazna pretpostavka za izvođenje proračuna definirani su scenariji razmjene električne energije u jugoistočnoj Europi. Odabrani su najduži pravci razmjene u smjerovima istok-zapad i sjever-jug, te obratno. Početne vrijednosti razmjena električne energije procijenjene su kao realistične s obzirom na potrebe uvoza i mogućnosti izvoza pojedinih zemalja. Polazni scenariji razmjene električne energije prikazani su tablicom 3.

U tablici prikazani polazni scenariji razmjene električne energije odnose se na zimski režim rada (maksimalno opterećenje), dok su za ljetni režim rada obrađeni samo scenariji razmjene 1 i 5.

Zadatak proračuna bio je među ostalim odrediti koji iznosi razmjena u svakom scenariju su mogući s aspekta sigurnosti pogona, odnosno zadovoljenja kriterija n-1. Tako određeni iznosi razmjena mjerodavni su za sve daljnje proračune.

2.4. Modeliranje razmjena električne energije (tablice angažiranja elektrana)

Scenariji razmjena električne energije modelirani su u odnosu na polazni(e) regionalni(e) model(e) prijenosne mreže prema definiranim tablicama angažiranja elektrana u svakom sustavu koji sudjeluje u razmjenama (UCTE, CENTREL, Ukrajina, Turska, Bugarska, Grčka i Albanija). Tablice angažiranja elektrana (uključenja i isključenja generatora) sastavljene su u EKC-u prema podacima koje su osigurali predstavnici svih zemalja koje prema prethodno navedenim scenarijima sudjeluju u razmjenama.



Slika 1. Prostorni položaj novih interkonektivnih vodova – kandidata za izgradnju

Tablica 3. Polazni scenariji razmjene električne energije na prostoru jugoistočne Europe (zimski režim rada)

	UCTE	CENTREL*	Ukrajina	Turska	Rumunjska	Bugarska	Grčka	Albanija	Opaska
1	1500			– 1500					sa TUR
2	– 1500			1000			500		sa TUR
3	1200					– 200	– 700	– 300	bez TUR
4	– 1500				500	500	500		bez TUR
5		500	500	– 1000	500**		– 500		sa TUR
6		– 1500		1000		500			sa TUR
7		500	700			– 200	– 700	– 300	bez TUR
8		– 1500			500	500	500		bez TUR

+ izvoz – uvoz
*granica između Mađarske i sjevernijih zemalja CENTREL-a
** injekcija u čvoru Isaccea

U tablicama angažiranja elektrana nalaze se također i podaci o redoslijedu isključenja/uključenja pojedinih generatora ukoliko maksimalne razmjene prema tablici 3 nisu ostvarive zbog nezadovoljenja n-1 kriterija, a s ciljem određivanja maksimalno dozvoljenih razmjena u pojedinim scenarijima. Za korak smanjivanja razmjena u odnosu na tablicu 3 odabran je korak od 100 MW. Primjer jedne takve tablice angažiranja elektrana za scenarij razmjene 7 (CENTREL + Ukrajina → Bugarska, Grčka, Albanija) nalazi se na kraju ovog poglavlja.

3. REZULTATI PRORAČUNA

3.1. Maksimalne razmjene (tranziti)

Maksimalno dozvoljene razmjene električne energije u svim scenarijima razmjene prikazanim u tablici 3, određene su na osnovi n-1 kriterija, odnosno prema principu da ugovorene razmjene/tranziti električne energije ne smiju ugroziti sigurnost pogona bilo kojeg sustava u slučaju neraspoloživosti jedne grane mreže.

Maksimalno dozvoljene razmjene/tranziti su određeni za sve scenarije razmjene električne energije pri zim-

Tablica 4. Tablica uključenja/isključenja generatora u scenariju razmjene 7

EES	Bilanca [MW]	Ime čvora	Povećanje
Ukrajina	POLAZNA RAZMJENA (+1200)	UMUKACH2	560
Ukrajina		UMUKACH1	140
Centrel		GABICK1	350
Centrel		LEVIC 1	150
EES	**Bilanca [MW]**	**Ime čvora**	**Smanjenje za**
Ukrajina	+ 1100	UMUKACH2	80
Ukrajina		UMUKACH1	20
Ukrajina	+ 1000	UMUKACH2	160
Ukrajina		UMUKACH1	40
Ukrajina	+ 900	UMUKACH2	160
Ukrajina		UMUKACH1	40
Centrel		GABICK1	70
Centrel		LEVIC 1	30
Ukrajina	+ 800	UMUKACH2	160
Ukrajina		UMUKACH1	40
Centrel		GABICK1	140
Centrel		LEVIC 1	60

Tablica 5. Tablica isključenja/uključenja generatora u scenariju razmjene 7

EES	Bilanca [MW]	Ime čvora	Smanjenje
Grčka	POLAZNA RAZMJENA (-1200)	KARACQOU-Italy DC	400
Grčka		FLORINA	300
Bugarska		NKOZ G5	205
Albanija		KOMG	300
EES	**Bilanca [MW]**	**Ime čvora**	**Povećanje za**
Grčka	- 1100	KARACQOU-Italy DC	100
Grčka	-1000	KARACQOU-Italy DC	200
Grčka	-900	KARACQOU-Italy DC	200
Albanija		KOMG	100
Grčka	-800	KARACQOU-Italy DC	200
Bugarska		NKOZ G5	205

skom maksimumu 2005. godine (scenariji 1 i 5 za ljetni maksimum), na modelu bez novih interkonektivnih vodova, te na modelu s pojedinačno uključenim svim kandidiranim interkonektivnim vodovima (tablica 6).

U odnosu na tablicu 3 (polazne razmjene električne energije) dozvoljene razmjene su smanjene u scenarijima 1 (600 MW), 2 (700 MW), 3 (1000 MW), 4 (700 MW), 5 (1000 MW) i 7 (1000 MW) za zimski režim rada, te 1 (600 MW) i 5 (1200 MW) za ljetni režim rada. Iz tablice je vidljivo da niti jedan od kandidiranih interkonektivnih vodova značajnije ne povećava maksimalno dozvoljene razmjene električne energije (obojeni redovi u tablici) u odnosu na model bez tih vodova (neobojeni redovi). Uzrok tomu je činjenica da ispitivane razmjene električne energije ograničavaju preopterećenja internih grana u pojedinim sustavima, a ne postojeći interkonektivni vodovi. U žutoj koloni prikazanoj kraj svakog iznosa maksimalno dozvoljenog tranzita nalazi se oznaka događaja (ispad grane → preopterećenje u mreži) koji ograničava razmjenu na izračunatu vrijednost. Kritični događaji i grane koje ograničavaju razmjene/tranzit prikazane su u tablici 7, s istom oznakom kao i u prethodnoj tablici.

Tablica 6. Maksimalno dozvoljene razmjene/tranziti električne energije

NOVI VOD	Maksimalne razmjene – Zimski režim: UCTE >> TUR (W>>E) sc1	*	TUR,GRE >> UCTE (E>>W) sc2	*	UCTE >> BUL,GRE,ALB (W>>E) sc3	*	BUL,GRE,ROM >> UCTE (E>>W) sc4	*	CEN,UKR,ROM >> TUR,GRE (N>>S) sc5	*	TUR,BUL >> CEN (S>>N) sc6	*	CEN,UKR >> BUL,GRE,ALB (N>>S) sc7	*	ROM,BUL,GRE >> CEN (S>>W) sc8	*	Ljetni režim: UCTE >> TUR (W>>E) sc1	*	TUR,GRE >> UCTE (E>>W) sc5	*
DV 400kV Podgorica (YUG)-Elbasan (ALB)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	E	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV S.Mitrovica (YUG)-Ugljevik (B&H)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV Nis (YUG)-Skopje 5 (MKD)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	D	700	C	1000	B	1500	A	1100	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV Sombor (YUG)-Pecs (HUN)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	D	700	C	1000	B	1500	A	1100	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 220kV Prizren (YUG)-Fierze (ALB) 2	600	B	700	C	1000	E	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1000	E	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV B.Luka (B&H)-Tumbri (CRO)	600	B	700	C	1000	E	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1000	E	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 2x400kV Ernestinovo (CRO)-Pecs (HUN)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1100	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV Bekescaba (HUN)-Oradea (ROM)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	D	700	C	1000	B	1500	A	1100	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV Heviz (HUN)-Cirkovce (SLO)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV Skopje (MKD)-Tirana (ALB)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	E	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV C.Mogila (BUL)-Stip (MKD)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
DV 400kV Maritza East 3 (BUL)-Phillipi (GRE)	600	B	700	C	1000	D	700	C	1000	B	1500	A	1000	E	1500	A	600	B	1200	B
	600	B	700	C	1100	D	700	C	1000	B	1500	A	1100	E	1500	A	600	B	1200	B

bez novog voda

s novim vodom

* oznaka kritičnog događaja koji ograničava razmjenu (tablica 7)

Tablica 7. Kritični događaji i grane koje određuju maksimalno dozvoljene razmjene

Oznaka	Ispad grane	Preopterećenje grane
A	prema tablici polaznih razmjena	/
B	OHL 380kV Habipler-Unimrdg (TE M.Ereglisi)	OHL 380kV Ikitelli-Unimrdg (TE M.Ereglisi)
C	OHL 400kV Redipuglia-Divaca	DV 220 kV Padriciano-Divaca
D	OHL 220kV Pljevlja-Mojkovac	OHL 220kV Podgorica-HE Peručica
E	TR 400/220kV Sremska Mitrovica	OHL 220kV Srbobran-N. Sad

Interne grane koje ograničavaju razmjene u pojedinim scenarijima nalaze se u Turskoj, Srbiji i Crnoj Gori. Jedini interkonektivni vod koji ograničava razmjene u nekom scenariju (scenariji 1 i 4 – zimski režim, scenario 1 – ljetni režim) je 400 kV vod Redipuglia (Italija) – Divača (Slovenija). Maksimalno dozvoljeni tranziti u scenarijima razmjene u kojima ispad tog voda predstavlja kritičan događaj samo su približno određeni (700 MW – sc2, sc4), a za točniju analizu bilo bi nužno detaljno modelirati prijenosne mreže Italije, Austrije i Njemačke.

Izuzev kritičnih događaja i grana koje ograničavaju razmjene električne energije na području jugoistočne Europe prikazanih u tablici 7, detektirano je još nekoliko ograničenja koje su ili trajne naravi (pojavljuju se bez obzira na razmjene) ili se mogu otkloniti dispečerskim manipulacijama u sustavu (smanjenje angažmana pojedine elektrane). U prvu grupu spadaju ispadi vodova DV 220 kV Tirana-Rashb u Albaniji (preopterećenje grane 220 kV Elbasan-Fier), te 220 kV Bucuresti-Fundeni u Rumunjskoj (preopterećenje paralelnog voda). U drugu grupu spada 220 kV vod Bajina Bašta-Požega koji se u određenim scenarijima razmjena visoko opterećuje ili preopterećuje pri ispadu 400 kV vodova Đerdap-Bor, Bor-Niš, Kragujevac-Svetozarevo i Kragujevac-Kolubara. Ograničenja na tom vodu moguće je otkloniti smanjenjem angažmana RHE Bajina Bašta, pa ona nisu uzeta u obzir kao mjerodavna za određivanje maksimalno dozvoljenih razmjena.

Osim nabrojenih kritičnih događaja i preopterećenih grana, u scenarijima razmjene 2, 4, 6 i 8 detektirana su ograničenja u mađarskoj mreži, no ona nisu uzeta u obzir pri određivanju maksimalno dozvoljenih razmjena električne energije. Uzrok tome je ekvivalentirani model prijenosne mreže Mađarske koji je dostavljen od strane MVM-a, s objašnjenjem da je mreža ekvivalentirana radi predstavljanja 120 kV mreže koja nije u nadležnosti MVM-a. Zbog nemogućnosti detaljnije analize preopterećenja u ekvivalentiranoj mreži Mađarske (predstavnik MVM-a se nije jasno očitovao o detektiranim ograničenjima) odlučeno je da se ona neće uzeti u obzir pri određivanju maksimalno dozvoljenih razmjena.

Važno je napomenuti da u prijenosnoj mreži Hrvatske nisu detektirani kritični ispadi/grane u bilo kojem ispitivanom scenariju razmjene električne energije na području jugoistočne Europe.

3.2. Tokovi snaga

Za sva tri osnovna slučaja (zimski maksimum s Turskom, zimski maksimum bez Turske, ljetni maksimum s Turskom), te za svaki definirani scenarij razmjene električne energije s razmjenama u iznosima maksimalnih dozvoljenih vrijednosti (tablica 6), određeni su tokovi snaga na svim postojećim interkonektivnim vodovima bez ijednog novog kandidata za izgradnju uključenim u model, te s pojedinačno svakim od kandidata za izgradnju. Dobiveni rezultati omogućavaju nam da procijenimo utjecaj svih kandidiranih novih interkonektivnih vodova na opterećenja postojećih u normalnom režimu rada (raspoložive sve grane mreže). Primjer tokova snaga u scenariju razmjene 8 (Bugarska 500 MW + Rumunjska 500 MW + Grčka 500 MW → CENTREL 1500 MW), a ovisno o izgradnji novog DV 2x400 kV Ernestinovo-Pecs, prikazan je u tablici 8.

Iz tablice 8 je vidljivo da u scenariju razmjene u kojem se iz Bugarske, Grčke i Rumunjske izvozi po 500 MW (ukupno 1500 MW) u zemlje CENTREL-a (izuzev Mađarske) vod 2x400 kV Ernestinovo-Pecs na sebe preuzima 380 MW/-144 Mvar, pri čemu rasterećuje vodove Konjsko-Mostar, Divača-Melina, Heviz-Žerjavinec, Arad-Sandorfalva i Subotica-Sandorfalva, a dodatno opterećuje vodove Tantareni-Kozloduj, Ernestinovo-Ugljevik, Podgorica-Trebinje, Ernestinovo-S. Mitrovica i Dubrovo-Thessaloniki.

Opterećenja voda 2x400 kV Ernestinovo-Pecs za sve ispitane scenarije razmjene električne energije prikazana su u tablici 9.

U odnosu na druge interkonektivne vodove – kandidate za izgradnju, DV 2x400 kV Ernestinovo-Pecs najopterećeniji je u scenarijima razmjena 6,7,8 (zimski maksimum) i 5 (ljetni maksimum), i općenito je jedan od najopterećenijih novih interkonektivnih vodova u ispitivanim scenarijima razmjena. Od ostalih kandidata za izgradnju, relativno gledajući, visoko su opterećeni još i 400 kV vodovi Sombor-Pecs i Heviz-Cirkovce.

3.3. Gubici radne snage

Za sva tri osnovna slučaja, te za svaki definirani scenarij razmjene električne energije s razmjenama u iznosima maksimalnih dozvoljenih vrijednosti, određeni su gubici radne snage na modelu bez ijednog novog

Tablica 8. Tokovi snaga postojećim interkonektivnim vodovima u scenariju razmjene 8 (Bugarska 500 MW, Rumunjska 500 MW, Grčka 500 MW → CENTREL 1500 MW), ovisno o izgradnji DV 2x400 kV Ernestinovo – Pecs

	Postojeći interkonektivni vodovi i kandidat za izgradnju	Bez novog voda	S novim vodom	Promjena radne snage
		(MW/Mvar)	(MW/Mvar)	(%)
1	DV 400kV Kardia (GRE) – Elbasan (ALB)	235 / 70	240 / 70	2
2	DV 400kV Tantareni (ROM) – Kozloduj (BUL) 1	27 / -43	38 / -41	41
3	DV 400kV Tantareni (ROM) – Kozloduj (BUL) 2	27 / -43	38 / -41	41
4	DV 400kV Nis (YUG) – Sofija west (BUL)	-467 / -35	-487 / -34	4
5	DV 400kV Thessaloniki (GRE) – Blagoevgrad (BUL)	150 / -8	138 / -7	-8
6	DV 400kV Ernestinovo (CRO) – Ugljevik (B&H)	-254 / 68	-370 / 135	46
7	DV 400kV Podgorica (YUG) – Trebinje (B&H)	55 / -14	66 / -17	20
8	DV 400kV Konjsko (CRO) – Mostar (B&H)	-68 / 44	-37 / 44	-46
9	DV 400kV Divaca (SLO) – Meline (CRO)	-191 / 39	-171 / 33	-10
10	DV 400kV Krsko (SLO) – Tumbri (CRO) 1	192 / -44	201 / -50	5
11	DV 400kV Krsko (SLO) – Tumbri (CRO) 2	192 / -44	201 / -50	5
12	DV 400kV Heviz (HUN) – Zerjavinec (CRO)	-457 / 52	-313 / 24	-32
13	DV 400kV S.Mitrovica (YUG) – Ernestinovo (CRO)	256 / -12	382 / -58	49
14	DV 400kV Bitola (MKD) – Florina (GRE)	-104 / 4	-105 / 4	1
15	DV 400kV Dubrovo (MKD) – Thessaloniki (GRE)	-13 / -7	-15 / -7	15
16	DV 400kV Arad (ROM) – Sandorfalva (HUN)	433 / -10	385 / -4	-11
17	DV 400kV Subotica (YUG) – Sandorfalva (HUN)	367 / -162	227 / -136	-38
18	DV 400kV Kosovo B (YUG) – Skopje 5 (MKD)	-96 / 29	-98 / 29	2
19	DV 400kV Djerdap (YUG) – P.D.Fier (ROM)	-243 / -84	-265 / -86	9
20	DV 400 kV Varna (BUL) – Isaccea (ROM)	236 / -47	228 / -47	-3
21	**DV 2x400kV Ernestinovo (HR) – Pecs (HUN) 1**	/	190 / -72	/
22	**DV 2x400kV Ernestinovo (HR) – Pecs (HUN) 2**	/	190 / -72	/

kandidata za izgradnju, te s pojedinačno svakim od kandidata za izgradnju. Gubici radne snage u svim ispitivanim slučajevima određeni su kako za regiju u cjelini, tako i za pojedine zemlje. Tablica 10 prikazuje gubitke radne snage u regiji i svakoj pojedinačnoj zemlji, za sve ispitivane scenarije razmjene, a bez ijednog kandidata za izgradnju u pogonu.

Ukoliko promatramo samo EES Hrvatske (400 i 220 kV mreže na modelu) najveći gubici radne snage pojavljuju se u scenariju razmjene 3 (UCTE 1000 MW → Grčka 500 MW + Bugarska 200 MW + Albanija 300 MW), a iznose 19.8 MW, što je povećanje od 125 % u odnosu na odgovarajući osnovni slučaj (8.8 MW na modelu u zimskom maksimumu bez Turske). Tablica 11 prikazuje utjecaj voda Ernestinovo-Pecs na gubitke radne snage u svakoj promatranoj zemlji za taj scenarij.

Iz tablice je vidljiv utjecaj DV 2x400 kV Ernestinovo-Pecs na gubitke radne snage u promatranom pogonskom stanju. Gubici u EES Hrvatske smanjuju se za 10 % u odnosu na konfiguraciju bez razmatranog voda. Gubici radne snage smanjuju se još i u BiH (2.3 %),

Tablica 9. Tokovi radne snage DV 2x400 kV Ernestinovo – Pecs za ispitane scenarije razmjene električne energije

Scenario razmjene	Iznos razmjene (MW)	Opterećenje voda Ernestinovo-Pecs (MW)
Osnovni zimski režim s Turskom	-	34
Osnovni zimski režim bez Turske	-	34
1: UCTE › TUR	600	122
2: TUR › UCTE	700	84
3: UCTE › BUL, GRE, ALB	1000	216
4: ROM, BUL, GRE › UCTE	700	80
5: CENTREL, BI, ROM › TUR, GRE	1000	240
6: TUR, BUL › CENTREL	1500	408
7: CENTREL, BI › BUL, GRE, ALB	1000	360
8: ROM, BUL, GRE › CENTREL	1500	380
Osnovni ljetni režim s Turskom	-	70
1: UCTE › TUR	600	164
5: CENTREL, BI, ROM › TUR, GRE	1200	318

Tablica 10. Gubici radne snage u jugoistočnoj Europi i svakoj pojedinoj zemlji za ispitane scenarije razmjene električne energije (bez novih interkonektivnih vodova)

Zemlja	GUBICI RADNE SNAGE (MW)												
	ZIMSKI REŽIM										LJETNI REŽIM		
	OSNOVNI SLUČAJ (s Turskom)	OSNOVNI SLUČAJ (bez Turske)	UCTE >> TUR	TUR,GRE >> UCTE	UCTE >> BUL,GRE, ALB	BUL,GRE, ROM >> UCTE	CEN,UKR, ROM >> TUR,GRE	TUR,BUL >> CEN	CEN,UKR >> BUL,GRE, ALB	ROM,BUL, GRE >> CEN	OSNOVNI SLUČAJ (s Turskom)	UCTE >> TUR	CEN,UKR, ROM >> TUR,GRE
			sc1	sc2	sc3	sc4	sc5	sc6	sc7	sc8		sc1	sc5
Albanija	25,7	25,5	27,8	24,2	24,7	24,3	29,2	24,4	24,3	24,2	21,8	23,3	25,5
Bugarska	67,5	68,2	74,5	69,4	69,6	70,1	75,2	83,8	70	73,2	25	32,6	37,6
Bosna i Hercegovina	13,6	13,6	14,6	16,3	17,6	16,4	13,9	20,3	15,6	20,3	5,1	7,1	7,3
UCTE ekv.	87,9	87,9	109,4	111,6	110,4	110,5	86,4	101,9	86,6	101,6	51,8	72,8	51,1
Hrvatska	8,8	8,8	14,4	10,3	19,8	10	10	18,6	12,6	17,6	5,4	10,9	8,3
Mađarska	37,5	37,5	40,1	44,7	45,1	44,5	49,9	74,8	64,8	75,7	17,1	19,1	26,6
Grčka	239,2	239,6	241,7	236,1	244	243,9	240,6	243,1	244,4	240,3	321,8	326,3	325,4
Makedonija	1,9	1,9	2,2	2,6	2,8	2,7	2,8	3	2,8	3,9	1,3	2,1	3,6
Rumunjska	139,9	141,2	141,9	144,3	140,3	141,6	127,7	164,2	140,1	157,9	100,9	106,7	95,3
Slovenija	5	5	6,7	6,2	8,3	6,1	5,1	5,7	5,3	5,7	3,4	4,8	3,6
Turska	185,9	/	180,7	194,5	/	/	184,3	213,9	/	/	136,9	148,8	146,4
Jugoslavija	99,7	99,7	102,3	108,6	112,3	108,7	103,9	137,8	110,7	134,1	41,1	42,6	47,7
UKUPNO	**913,6**	**730**	**957,3**	**969,8**	**796**	**779,6**	**933,3**	**1096,1**	**786,3**	**859**	**732,8**	**798,1**	**783,4**

Mađarskoj (6.2 %) i Sloveniji (3.6 %), dok se u Jugoslaviji povećavaju za 1.4 %. Vod Ernestinovo-Pecs najviše smanjuje gubitke radne snage pri zimskom maksimumu (u odnosu na osnovni slučaj bez razmjena) u scenariju 7 (CENTREL 500 MW + Ukrajina 500 MW → Grčka 500 MW + Bugarska 200 MW + Albanija 300 MW). U tom scenariju razmjene električne energije, izgradnjom DV 2x400 kV Ernestinovo-Pecs, gubici radne snage se smanjuju za 22.2 % u odnosu na odgovarajući osnovni slučaj (zimski maksimum bez Turske). Tablica 12 prikazuje utjecaj svih kandidiranih interkonektivnih vodova na gubitke radne snage u EES Hrvatske.

Sumarno najveći utjecaj na smanjenje gubitaka u EES Hrvatske ima vod Ernestinovo-Pecs. Nakon njega gubitke u EES Hrvatske najviše smanjuju DV 400 kV Heviz – Cirkovce i DV 400 kV B. Luka – Tumbri. Gubitke u EES Hrvatske povećavaju DV 400 kV Podgorica – Elbasan i DV 400 kV Skopje – Tirana.

3.4. Sigurnost pogona

Sigurnost pogona ispitana je preko n-1 kriterija (u slučaju ispada bilo koje grane mreže opterećenja svih preostalih grana i naponske prilike u svim čvorištima mreže moraju ostati unutar dozvoljenih granica). Na osnovi spomenutog kriterija određene su vrijednosti maksimalno dozvoljenih razmjena električne energije u svim ispitivanim scenarijima razmjene (tablica 6). Uz tako određene vrijednosti razmjena ne pojavljuju se nikakva preopterećenja na modelu, izuzev onih spomenutih u poglavlju 3.1 (preopterećenja u Albaniji i Rumunjskoj neovisna o razmjenama). Ispitan je također utjecaj svih novih interkonektivnih vodova – kandidata za izgradnju, na zadovoljenje n-1 kriterija pri maksimalno doz-

Tablica 11. Gubici radne snage u jugoistočnoj Europi i svakoj pojedinoj zemlji za scenarij razmjene 3 na modelu s DV 2x400 kV Ernestinovo-Pecs

scenario 3: UCTE (1000 MW) >> GRE (500 MW) + BUL (200 MW) + ALB (300 MW)			
	Gubici radne snage (MW)		
Zemlja	Bez novog voda (MW)	S novim vodom (MW)	Promjena (%)
Albanija	24,7	24,9	0,8
Bugarska	69,6	69,4	-0,3
BIH	17,6	17,2	-2,3
UCTE ekv.	110,4	111,1	0,6
Hrvatska	19,8	17,8	-10,1
Mađarska	45,1	42,3	-6,2
Grčka	244	244	0,0
Makedonija	2,8	2,8	0,0
Rumunjska	140,3	140,8	0,4
Slovenija	8,3	8	-3,6
Jugoslavija	112,3	113,9	1,4
UKUPNO	**796**	**793,7**	**-0,3**

Tablica 12. Promjena gubitaka radne snage u EES Hrvatske za sve scenarije razmjene električne energije ovisno o izgradnji novih interkonektivnih vodova na području jugoistočne Europe

	Promjena gubitaka radne snage u EES Hrvatske (%)												
	Zimski režim										Ljetni režim		
Kandidat	OSNOVNI SLUČAJ (s Turskom)	OSNOVNI SLUČAJ (bez Turske)	UCTE >> TUR	TUR,GRE >> UCTE	UCTE >> BUL,GRE, ALB	BUL,GRE, ROM >> UCTE	CEN,UKR, ROM >> TUR,GRE	TUR,BUL >> CEN	CEN,UKR >> BUL,GRE, ALB	ROM,BUL, GRE >> CEN	OSNOVNI SLUČAJ (s Turskom)	UCTE >> TUR	CEN,UKR, ROM >> TUR,GRE
			sc1	sc2	sc3	sc4	sc5	sc6	sc7	sc8		sc1	sc5
DV 400kV Podgorica (YUG) – Elbasan (ALB)	0,0	0,0	0,7	0,0	0,5	0,9	1,0	1,6	3,5	1,7	0,0	2,8	2,4
DV 400kV S.Mitrovica (YUG)) – Ugljevik (B&H)	0,5	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0	-1,0	1,6	0,9	1,1	-1,9	0,0	-1,2
DV 400kV Nis (YUG)) – Skopje 5 (MKD)	0,0	0,0	0,0	1,0	-0,5	0,0	0,0	-0,5	-0,9	-0,6	0,0	0,0	-1,2
DV 400kV Sombor (YUG)) – Pecs (HUN)	1,1	2,3	-3,5	2,0	-6,5	1,9	-5,0	-4,3	-6,0	-4,0	0,0	-5,6	-9,6
DV 220kV Prizren (YUG)) – Fierze (ALB) 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	-0,5	-0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
DV 400kV B.Luka (B&H)) – Tumbri (CRO)	0,0	0,0	0,0	-2,0	-21,2	-1,0	1,0	-4,3	-18,1	-3,4	-3,7	-19,3	-14,3
DV 2x400kV Ernestinovo (CRO)) – Pecs (HUN)	0,0	0,0	-4,9	-2,9	-10,1	-3,0	-13,0	-17,2	-22,2	-17,0	-1,9	-11,0	-24,1
DV 400kV Bekescaba (HUN)) – Oradea (ROM)	1,1	1,1	-1,4	0,0	-2,5	0,0	-2,0	-2,7	-2,4	-4,0	0,0	-1,8	-2,4
DV 400kV Heviz (HUN)) – Cirkovce (SLO)	-11,4	-11,4	-20,8	-1,0	-17,2	-1,0	-6,0	-8,1	-3,2	-9,1	-7,4	-16,5	0,0
DV 400kV Skopje (MKD)) – Tirana (ALB)	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,8	1,6	1,0	1,0	0,0	3,0	2,4
DV 400kV C.Mogila (BUL)) – Stip (MKD)	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	1,0	0,0	0,0	-2,0	-1,0	0,0	0,0	-1,2
DV 400kV Maritza East 3 (BUL)) – Phillipi (GRE)	0,0	0,0	0,0	1,0	-1,0	1,0	0,0	0,5	-2,0	0,0	0,0	-1,0	-1,2

voljenim razmjenama. Tablica 13 prikazuje utjecaj voda Ernestinovo-Pecs na opterećenja pojedinih grana pri "kritičnim" događajima u scenariju razmjene 7 (CENTREL 500 MW + Ukrajina 600 MW → Grčka 600 MW + Bugarska 200 MW + Albanija 300 MW). Zabilježeni su samo oni ispadi kod kojih se pojedine grane opterećuju više od 90 % u odnosu na njihovu termičku granicu/ prividnu snagu. To je jedini scenarij u kojemu vod Ernestinovo-Pecs povećava maksimalno dozvoljenu razmjenu za 100 MW, budući da smanjuje opterećenje "kritične" grane 220 kV DV Srbobran–N. Sad pri ispadu transformatora 400/220 kV u S. Mitrovici. Utjecaj izgradnje voda Ernestinovo-Pecs nije toliko izražen budući da smanjenje opterećenja kritične grane iznosi samo 2 % u odnosu na njenu termičku granicu. Utjecaj ostalih kandidata za izgradnju u svim scenarijima razmjene također je vrlo ograničen, a uzrok tomu su interna ograničenja u pojedinim zemljama koje novi interkonektivni vodovi ne otklanjaju.

3.5. Faktori udjela u razmjenama

Faktori udjela u razmjenama definirani su kao razlika između tokova snaga pojedinim novim interkonektivnim vodovima – kandidatima za izgradnju, u određenim scenarijima razmjena i tokova snaga u odgovarajućem osnovnom slučaju bez razmjena, a u odnosu na ispitivane iznose razmjena.

$$pf = \frac{\left| P(MW)_{u\ \ scenariju\ \ razmjene} - P(MW)_{u\ \ osnovnom\ \ slucaju} \right|}{P_{raz}(MW)} * 100\%$$

gdje su:

pf – faktor udjela u razmjeni (participation factor)

$P(MW)_{u\ scenariju\ razmjene}$ – tok snage promatranim interkonektivnim vodom u određenom scenariju razmjene električne energije

$P(MW)_{u\ osnovnom\ slučaju}$ – tok snage promatranim interkonektivnim vodom u odgovarajućem osnovnom slučaju (base case)

$P_{raz}(MW)$ – ukupna snaga razmjene

Faktori udjela u razmjenama nam daju informaciju kako se pojedini novi interkonektivni vod "uklapa" u konfiguraciju mreže za određeni pravac razmjene električne energije. Što je faktor udjela za određeni scenarij razmjene veći, to vod koji se promatra na sebe preuzima više snage koja se razmjenjuje na ispitivanom pravcu. Faktor udjela za pojedini scenarij razmjene najviše je ovisan o pravcu razmjene, a vrlo malo je ovisan o iznosu razmjena i odgovarajućem osnovnom slučaju (base case). Očito je da će pojedini ispitivani interkonektivni vod imati vrlo različite faktore udjela u razmjenama za različite scenarije razmjena. Faktor udjela je definiran da bi se sagledalo značenje pojedinih novih interkonektivnih vodova u ispitivanim scenarijima razmjena električne energije na području jugoistočne Europe.

Kako je prikazano u tablici 15, vod Ernestinovo-Pecs ima najveći faktor udjela od svih kandidiranih interkonektivnih vodova u scenarijima razmjena 5,6,7,8 (zimski režim) i 5 (ljetni režim). Ukoliko sve scenarije razmjene smatramo jednako vjerojatnim, moguće je definirati prosječni faktor udjela u razmjenama (tablica 14, stupac "PROSJEK"). Najveći prosječni faktor udjela u razmjenama električne energije ima DV 2x400 kV Ernestinovo-Pecs (21.3 %). Iza njega slijede Sombor-Pecs (15.5 %) i Podgorica-Elbasan (14.5 %).

Tablica 13. Rezultati ispitivanja n-1 kriterija za scenarij razmjene 7 u iznosu od 1100 MW, na konfiguraciji mreže s novim vodom Ernestinovo-Pecs

Događaj/ispad	Grana/čvor	Bez novog voda Opterećenja i naponi			S novim vodom Opterećenja i naponi		
		MW	%	kV	MW	%	kV
BASE CASE	OHL 220 kV OBR A2 – TENTA3	281	91		281	91	
	OHL 220 kV OBR A2 – TENTA3	281	91		281	91	
OHL 220 kV TIR22 – RASHB22	OHL 220 kV ELB122 – FIER22	301	122		301	123	
	SS 220 kV RASHB22			194			193
OHL 400 kV MFZSO 4 – SAJI 4	SS 400 kV MSAJI 4			459			459
OHL 220 kV BUC S A – FUNDENI	OHL 220 kV BUC S B – FUNDENI	367	112		368	112	
OHL 220 kV BUC S B – FUNDENI	OHL 220 kV BUC S A – FUNDENI	368	112		369	112	
TR 400/220 kV URECHEST	SS 220 kV URECHEST			194			195
TR 400/220 kV ROSIORI	SS 400 kV ROSIORI			421			422
	SS 220 kV ROSIORI			192			192
	SS 220 kV BAIA M			191			191
	SS 220 kV VETIS			188			188
OHL 400 kV DJERDA – BOR 24	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	347	96		345	96	
OHL 400 kV BOR 24 – NIS 24	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	339	94		337	93	
OHL 400 kV NIS 24 – SVET44	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	331	91		330	91	
OHL 400 kV KRAG24 – SVET44	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	346	96		344	95	
OHL 400 kV KRAG24 – KOLUB4	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	368	102		367	102	
	SS 220 kV LESK22			194			194
OHL 220 kV KOSOV2 – KRUS12	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	335	95		333	94	
	SS 220 kV LESK22			194			194
	SS 220 kV KRUS12			192			192
OHL 220 kV CACA32 – POZEGA2	OHL 220 kV *KRAL32 – POZEGA2				255	91	
OHL 220 kV RPBBASTA – VALJ32	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	335	92		334	91	
OHL 220 kV SRB 22 – NSA 32	SS 220 kV SRB 22			189			191
OHL 220 kV NSA 32 – ZREN22	SS 220 kV ZREN22			187			187
OHL 220 kV PLJEVLJA – MOJKO(O)	OHL 220 kV *PODGORI – HEPERUCI	253	96		259	99	
OHL 220 kV PODGORI1 – HEPERUCI	SS 220 kV HEPERUCI			245			246
OHL 220 kV PODGORI1 – MOJKO(O)	OHL 220 kV *PODGORI – HEPERUCI				240	90	
OHL 400 kV PLEVLJA2 – RPRIBARE	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	329	91		328	90	
TR 220/400 kV SMIT22	*OHL 220 kV *SRB 22 - NSA 32*	*275*	*101*		*272*	*99*	
	SS 220 kV SMIT22			192			192
OHL 400 kV ELB2 – KARDIA K	SS 400 kV ELB2400			344			345
OHL 400 kV RP TREB – PODGORI1	OHL 220 kV *PODGORI – HEPERUCI	238	90		247	93	
OHL 400 kV PEC 34 – RPRIBARE	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	334	92		334	92	
OHL 400 kV MSAFA 4 – ARAD	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	331	91		327	90	
OHL 220 kV RP TREB – HEPERUCI	OHL 220 kV *PLJEVLJ – MOJKO(O)				245	91	
OHL 220 kV RPBBASTA – PLJEVLJA	OHL 220 kV *POZEGA2 – RPBBASTA	332	92		330	91	

4. ZAKLJUČAK

U sklopu SECI inicijative, a sponzoriran od USAID, pokrenut je projekt regionalnog planiranja prijenosne mreže. U sklopu projekta formiran je regionalni model prijenosne mreže jugoistočne Europe u formatu programskog paketa PSS/E. Na osnovi dogovorenih scenarija razmjene električne energije na području jugoistočne Europe, izvršeni su proračuni tokova snaga na regionalnom modelu prijenosne mreže, te je ispitan utjecaj novih interkonektivnih vodova kandidiranih za izgradnju. Promatrani su sljedeći tehnički aspekti izgradnje tih vodova: tokovi snaga pri raspoloživosti svih grana mreže, gubici radne snage, sigurnost pogona (n-1 kriterij), maksimalno dozvoljene razmjene električne energije za pojedine scenarije i faktori udjela pojedinih vodova u svim scenarijima razmjene električne energije. Proračuni su izvršeni za tri osnovna stanja sustava: zimski maksimum s Turskom u sinkronom pogonu s UCTE, zimski maksimum bez Turske, i ljetni maksimum s Turskom u sinkronom pogonu s UCTE. Na osnovi rezultata svih proračuna možemo preliminarno zaključiti da je s tehničkog aspekta interkonektivni vod 2x400 kV Ernestinovo-Pecs jedan od najznačajnijih novih vodova za regiju jugoistočne Europe. Njegovo regionalno značenje prvenstveno se očituje u visokim faktorima udjela u pojedinim scenarijima razmjene električne energije na području jugoistočne Europe, te u značajnom smanjenju gubitaka radne snage promatrajući regiju u cjelini, a posebno u elektroenergetskom sustavu Hrvatske.

Tablica 14. – Faktori udjela u razmjenama

INTERKONEKTIVNI VOD	Faktori učešća u razmjenama (%)										PROSJEK
	Zimski režim								Ljetni režim		
	sc1	sc2	sc3	sc4	sc5	sc6	sc7	sc8	sc1	sc5	
	UCTE >> TUR	TUR,GRE >> UCTE	UCTE >> BUL,GRE, ALB	BUL,GRE, ROM >> UCTE	CEN,UKR, ROM >> TUR,GRE	TUR,BUL >> CEN	CEN,UKR >> BUL,GRE, ALB	ROM,BUL,GRE >> CEN	UCTE >> TUR	TUR,GRE >> UCTE	
	600	*700*	*1000*	*700*	*1000*	*1500*	*900*	*1500*	*600*	*1200*	
DV 400kV Podgorica (YUG) – Elbasan (ALB)	13,3	15,1	19,4	15,3	10,9	10,9	17,2	11,0	19,8	11,7	14,5
DV 400kV S.Mitrovica (YUG) – Ugljevik (B&H)	11,7	18,6	8,0	12,6	1,1	6,1	1,7	6,1	9,8	0,8	7,6
DV 400kV Nis (YUG) – Skopje 5 (MKD)	4,2	8,0	14,7	5,6	12,0	3,1	15,2	4,9	7,2	13,1	8,8
DV 400kV Sombor (YUG) – Pecs (HUN)	15,2	16,0	15,2	18,7	10,4	19,3	17,1	19,1	14,5	10,0	15,5
DV 220kV Prizren (YUG) – Fierze (ALB) 2	0,3	0,0	5,2	0,1	0,6	0,4	5,8	0,0	0,0	0,8	1,3
DV 400kV B.Luka (B&H) – Tumbri (CRO)	14,5	14,3	14,3	13,9	5,4	9,5	10,0	9,1	15,7	6,0	11,3
DV 2x400kV Ernestinovo (CRO) – Pecs (HUN)	14,7	16,9	18,2	16,3	20,6	29,5	32,6	27,6	15,7	20,7	21,3
DV 400kV Bekescaba (HUN) – Oradea (ROM)	11,5	11,4	9,9	11,7	7,9	14,7	14,2	16,2	12,0	7,8	11,7
DV 400kV Heviz (HUN) – Cirkovce (SLO)	12,5	8,3	7,1	33,6	7,1	9,4	11,8	8,9	12,2	6,8	11,8
DV 400kV Skopje (MKD) – Tirana (ALB)	7,3	18,6	2,9	6,7	4,5	5,9	1,9	5,0	7,2	3,8	6,4
DV 400kV C.Mogila (BUL) – Stip (MKD)	0,8	5,7	13,1	3,9	10,7	1,3	15,6	3,0	2,2	9,0	6,5
DV 400kV Maritza East 3 (BUL) – Phillipi (GRE)	7,8	1,3	11,6	5,7	5,3	6,6	13,8	4,0	8,7	5,3	7,0

Tablica 15. – Vodovi s najvećim faktorima udjela u razmjenama

Scenario	Opis	Scenariji razmjene el. energije	Iznos razmjene (MW)	Vod s najvećim faktorom udjela u razmjeni
1	zimski maksimum s Turskom	UCTE >> TUR	600	DV 400kV Sombor (YUG) – Pecs (HUN)
2	zimski maksimum s Turskom	TUR,GRE >> UCTE	700	DV 400kV S.Mitrovica (YUG) – Ugljevik (B&H) DV 400kV Skopje (MKD) – Tirana (ALB)
7	zimski maksimum bez Turske	UCTE >> BUL,GRE,ALB	1000	DV 400kV Podgorica (YUG) – Elbasan (ALB)
4	zimski maksimum bez Turske	BUL,GRE,ROM >> UCTE	700	DV 400kV Heviz (HUN) – Cirkovce (SLO)
5	zimski maksimum s Turskom	CEN,UKR,ROM >> TUR,GRE	1000	DV 2x400kV Ernestinovo (CRO) – Pecs (HUN)
6	zimski maksimum s Turskom	TUR,BUL >> CEN	1500	DV 2x400kV Ernestinovo (CRO) – Pecs (HUN)
7	zimski maksimum bez Turske	CEN,UKR >> BUL,GRE,ALB	900	DV 2x400kV Ernestinovo (CRO) – Pecs (HUN)
8	zimski maksimum bez Turske	ROM,BUL,GRE >> CEN	1500	DV 2x400kV Ernestinovo (CRO) – Pecs (HUN)
1	ljetni maksimum s Turskom	UCTE >> TUR	600	DV 400kV Podgorica (YUG) – Elbasan (ALB)
5	ljetni maksimum s Turskom	TUR,GRE >> UCTE	1200	DV 2x400kV Ernestinovo (CRO) – Pecs (HUN)

LITERATURA

[1] I. TOLJAN, D. BAJS, G. MAJSTROVIĆ, V. GRUJIĆ, M. ROGIĆ: "Projekt regionalnog razvoja prijenosne mreže", Energija 3/2002, Zagreb

[2] G. MAJSTROVIĆ, D. BAJS, V. GRUJIĆ, M. ROGIĆ: "Projekt regionalnog razvoja prijenosne mreže", HEP Vjesnik 3/2002, Zagreb

[3] Radni materijali sa sastanaka radne skupine za izradu studije regionalnog planiranja prijenosne mreže jugoistočne Europe, 2001/02.

STUDY OF REGIONAL TRANSMISSION NETWORK PLANNING

The paper discusses basic results of the transmission network study for south-eastern Europe made within the framework of SECI project: "Regional Transmission Network Planning", sponsored by USAID. The study is based on an analysis from PSS/E programme package using regional model for south-eastern Europe and the equivalent for the UCTE for the year 2005. Analyses are done in order to determine limits to the transmission network in this part of Europe and to evaluate the role of new interconnection lines, candidates for construction. Based on the results obtained from the study some most important new interconnection lines in the south-eastern Europe are going to be selected. The study evaluates only the technical aspect of the construction using analysis of stationary states as well as possibilities of electric power interchange and transit. The economic analysis of the role of new lines as well as the stability study create the next step.

AUFSATZ ÜBER DIE PLANUNG EINES GEBIETSÜBERTRAGUNGSNETZES

Im Artikel werden Grundergebnisse des Aufsatzes über die Entwicklungsplanung des südeuropäischen Übertragungsnetzes dargestellt. Der Aufsatz wurde im Rahmen des SECI-Projektes "Regional transmission net-

work planning", unter der Schirmherrschaft von USAID, erstellt. Er ist auf Grund der Untersuchungen innerhalb des Prgrampaketes PSS/E - das Model des südeuropäischen Übertragungsnetzes und des UCTE-Restes für das Jahr 2005 benutzend - entstanden. Wegen der Feststellung der Engpässe in Übertragungsnetzen diesem Teil Europas angehörender Länder und wegen der Bewertung beabsichtigter, neuer interkonnektiven Leitungen, sind Untersuchungen durchgeführt worden. Aus den Ergebnissen dieses Aufsatzes, sind einige neue interkonnektive Leitungen im südeuropäischen Gebiet, von Bedeutung für die ganze Region, auserwählt worden. Im Absatz werden nur technische Umstände der Errichtung neuer Leitungen, unter Berücksichtigung von Möglichkeiten des Energie- Austausches und -Transits, betrachtet. Wirtschaftliche Erwägungen der Rolle neuer Leitungen und die Stabilitäts-Überlegungen, stellen nächste zu erwartende Schritte dar.

Naslov pisaca:

Mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing.
mr. sc. Goran Majstrović, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163,
10000 Zagreb, Hrvatska

Vladimir Grujić, dipl. ing.
Marinko Rogić, dipl. ing.
HEP
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:



UTJECAJ VLASTITE FREKVENCIJE SABIRNICE PRIGODOM IZRAČUNAVANJA NAPREZANJA VODIČA I SILA NA IZOLATORE U VISOKONAPONSKIM POSTROJENJIMA PREMA IEC 60865

Mr. sc. Borko F r ü h w i r t h, Zagreb

UDK 621.316.35
STRUČNI ČLANAK

Predstavljen je proračun naprezanja krutih vodiča (cijevnih sabirnica) i sila na potporne izolatore u visokonaponskim postrojenjima prema IEC-u (IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-3 [Struje kratkog spoja – proračun posljedica 1. dio] i IEC 60865-2 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 2, 1994-2 [Struje kratkog spoja – proračun posljedica 2. dio]).

Posebna pozornost je posvećena utjecaju vlastite frekvencije vodiča na izračunate veličine te su dane usporedbe veličina na stvarnim primjerima i teoretski ukoliko se vlastita frekvencija vodiča ne uzme u obzir te ako se njoj posveti pozornost. Pokazano je da su ukoliko se vlastita frekvencija ne uzima u obzir u slučaju visokonaponskih postrojenja s cijevnim sabirnicama izračunate vrijednosti i nekoliko puta veće od izračunatih s obzirom na vlastitu frekvenciju sabirnice.

Ključne riječi: proračun sabirnica, vlastita frekvencija.

1. UVOD

Sabirnički sustavi vanjskih elektroenergetskih postrojenja naponskih nivoa od 110 kV na više najčešće se izvode s cijevnim sabirnicama izrađenim od aluminijskih legura. U Hrvatskoj su u skladu s tim sva visokonaponska postrojenja od 1975. godine izrađena s cijevnim sabirničkim sustavima.

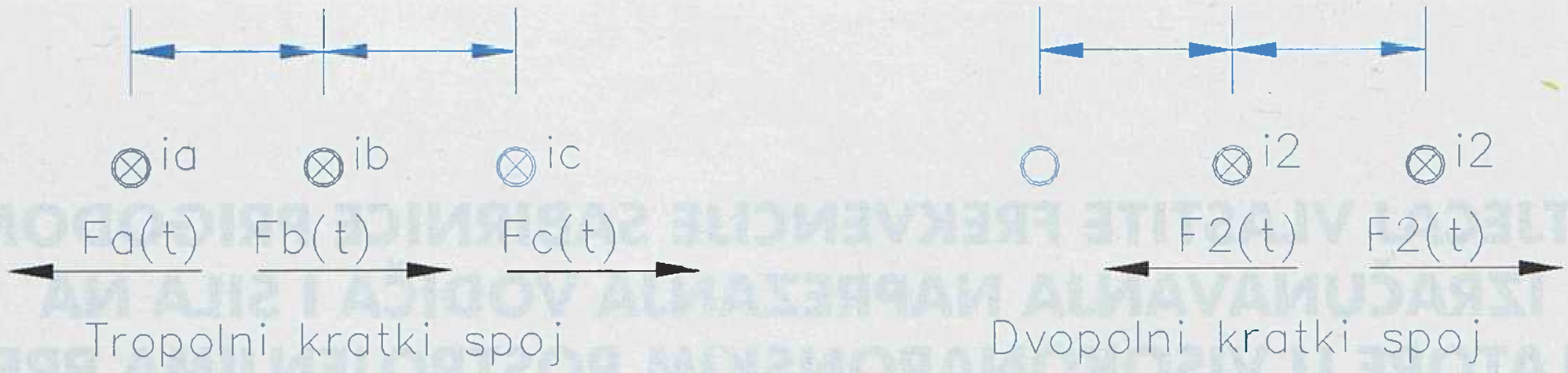
Sabirnički sustavi su tijekom svoje dugogodišnje eksploatacije izloženi osim temperaturnim i naponskim naprezanjima, također i statičkim i dinamičkim mehaničkim naprezanjima zbog sila koje djeluju na njih, a uzrokovane su vlastitom težinom, težinom priključaka, antivibracijskog užeta i leda, vjetra, potresa i kratkog spoja. Prigodom dimenzioniranja sabirničkog sustava projektantima stoje na raspolaganju različiti alati i postupci kojima se može s određenom točnošću izračunati naprezanje sabirničkog sustava. Počevši od pojednostavljenih proračuna, koji ponekad mogu rezultirati i višekratnim predimenzioniranjem sustava, pa do suvremenih alata, koji omogućavaju modeliranje sabirničkog sustava metodom konačnih elemenata te vrlo točno izračunavanje naprezanja, kako u cijevnim sabirnicama tako i u temeljima nosača sabirnica. Vrlo točni, a time i složeni proračuni, sa stanovišta projektiranja nisu optimalni, jer zahtijevaju veliki broj ulaznih podataka koji se većinom prigodom procesa projektiranja ne mogu pretpostaviti s dovoljnom točnošću da bi imalo smisla provoditi skup, složen i najčešće dugotrajan proračun. Uobičajeno je da se prigodom proračuna izračunavaju naprezanja odvojeno jednostavnijim postupcima, te da se nakon dobivanja maksimalnih vrijednosti izračunava maksimalno vjerojatno i ekonomski opravdano naprezanje koje se očekuje za vrijeme eksploatacije sabirničkog sustava. Tako se naprezanja koja se pojavljuju prigodom kratkog spoja najčešće izračunavaju prema postupku koji je opisan u preporukama IEC-a (IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-3 [Struje kratkog spoja – proračun posljedica 1. dio] i IEC 60865-2 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 2, 1994-2 [Struje kratkog spoja – proračun posljedica 2. dio] u daljnjem tekstu IEC 60865 odnosno L4 i L5).

2. PRORAČUN SABIRNIČKOG SUSTAVA S CIJEVNIM SABIRNICAMA PREMA IEC 60865 SHORT-CIRCUIT CURRENTS – CALCULATION OF EFFECTS

2.1. Uvod

U IEC-u 60865 dane su metode za proračun naprezanja u krutim vodičima, vlačnih sila u vodičima od užeta, proračun sila na izolatore i nosače izolatora koji mogu biti opterećeni na savijanje, vlak i tlak, te proračun pomaka vodiča od užadi u slučaju kratkog spoja.

U nastavku će biti detaljno prikazan proračun naprezanja sabirnica s krutim cijevnim vodičima za vrijeme kratkog spoja i to za sabirnički sustav kojem se osi vodiča nalaze u istoj ravnini i na istoj udaljenosti. Pri



Slika 1. Djelovanje sila uzrokovanih kratkim spojem na vodiče

tome će se razmatrati samo sabirnički sustavi koji se sastoje od jednog vodiča po fazi kakvi i jesu sabirnički sustavi u visokonaponskim postrojenjima.

2.2. Sile između vodiča za vrijeme trajanja kratkog spoja

Oko vodiča se zbog protjecanja struje formira magnetsko polje. Ukoliko paralelno s tim vodičem postavimo drugi vodič kroz kojeg također protječe struja između njih će se javiti sile privlačenja, odnosno odbijanja, koje ovise o struji koja protječe kroz vodiče, njihovoj dužini i međusobnoj udaljenosti. U IEC-u 60865 obrađene su sile u paralelnim vodičima zbog protjecanja struja kratkog spoja kroz njih.

Ukoliko kroz paralelne vodiče, čija je dužina veća u odnosu na razmak između njih protječe struja sile koje djeluju na njih biti će kontinuirano raspoređena uzduž vodiča. Silu možemo iskazati izrazom:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{l}{a} \qquad (1)$$

gdje su:

i_1 i – Trenutne vrijednosti struja koje protječu kroz vodiče [A]

l – Udaljenost između oslonca vodiča na osi vodiča [m]

a – Udaljenost između osi vodiča [m].

Kada struje kroz vodiče teku u istom smjeru, između vodiča djeluju privlačne sile, a kada teku u suprotnom smjeru, onda djeluju odbojne sile.

2.2.1. *Utjecaji na smanjenje naprezanja*

Prigodom izračunavanja maksimalne struje kratkog spoja IEC 60865 upućuje na razmatranje drugih preporuka IEC-a ukoliko bi njihovom primjenom došlo do smanjenja izračunatog naprezanja u vodičima. S obzirom da je, u praksi, prigodom projektiranja postrojenja struja kratkoga spoja obično zadana temeljem predviđanja razvoja elektroenergetske mreže za vrijeme predvidljivog životnog vijeka postrojenja ova razmatranja u pravilu ne treba provoditi.

2.2.2. *Utjecaj APU[1] -a*

Utjecaj automatskog ponovnog uklopa treba uzeti u obzir samo za krute vodiče ukoliko se primjenjuje tropolni automatski ponovni uklop.

2.3. Proračun elektromagnetskih sila na vodiče

2.3.1. *Proračun najveće sile između vodiča za vrijeme tropolnog kratkog spoja*

U trofaznom sustavu kada su vodiči kojima je os u istoj ravnini smješteni na jednakoj udaljenosti kao što je prikazano na slici 1, a što je uobičajeni raspored sabirnica u visokonaponskim postrojenjima, najveće sile za vrijeme tropolnog kratkog spoja djeluju na vodič smješten u sredini i dane su jednadžbom 2.

$$F_{m3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{p3}^2 \cdot \frac{l}{a_m} \qquad (2)$$

gdje su:

i_{p3} – Udarna struja simetričnog tropolnog kratkog spoja prema IEC 60909 [A]

l – Maksimalna udaljenost između potpora vodiča na osi vodiča [m]

a_m – Udaljenost između osi vodiča [m].

Napomena: Ova se jednadžba može koristiti i za proračun maksimalne sile između vodiča kružnog presjeka čije su osi smještene u vrhovima istostraničnog trokuta. U tom slučaju a_m je dužina stranice trokuta.

2.3.2. *Proračun najveće sile između vodiča za vrijeme dvopolnog kratkog spoja*

U trofaznom sustavu kada su vodiči kojima je os u istoj ravnini smješteni na jednakoj udaljenosti kao što je prikazano na slici 1 najveće sile koje djeluju na vodiče za vrijeme dvopolnog kratkog spoja dane su jednadžbom 3.

$$F_{m2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot i_{p2}^2 \cdot \frac{l}{a_m} \qquad (3)$$

gdje su:

i_{p2} – Udarna struja dvopolnog kratkog spoja prema IEC 60909 [A]

[1] APU – Automatski ponovni uklop (automatic reclosing)

l – Maksimalna udaljenost između potpora vodiča na osi vodiča [m]

a_m – Udaljenost između osi vodiča [m].

2.4. Proračun naprezanja krutih vodiča i sile na potporne izolatore

2.4.1. *Uvod*

Vodiči mogu biti učvršćeni na potporne izolatore čvrsto (fiksno) ili klizno, odnosno u kombinaciji ta dva načina. Zbog mehaničkih naprezanja koja se javljaju kao rezultat promjene dužine vodiča uslijed promjene njegove temperature jedan segment vodiča na kojem nije moguća temperaturna kompenzacija treba biti čvrsto vezan samo u jednoj točci. Naprezanja u vodiču i sile na potporne izolatore bit će prigodom istih struja kratkog spoja različite u ovisnosti od tipa oslonca (stezaljke kojom je vodič učvršćen na potporni izolator). Jednadžbe za izračun naprezanja u vodiču i sila na potporne izolatore uzimaju ovu činjenicu u obzir.

Naprezanja u vodiču i sile na potporne izolatore također ovise o omjeru između vlastite frekvencije sabirničkog sustava koja ovisi o mehaničkim svojstvima sustava i nazivne frekvencije elektroenergetskog sustava. U slučaju rezonancije ili u slučaju bliskom rezonanciji naprezanja u vodiču i sile na izolatore mogu se povećati, no ukoliko je $f_c / f < 0{,}5$ vrijednosti naprezanja i sila padaju.

2.4.2. *Proračun naprezanja krutih vodiča*

Uz pretpostavku da je vodič krut aksijalne sile se mogu zanemariti te se javlja samo naprezanje na savijanje koje se može izračunati iz jednadžbe 4.

$$\sigma_m = V_\sigma V_r \beta \frac{F_m l}{8 \cdot Z} \qquad (4)$$

gdje su:

$V_\sigma V_r$ – Faktori koji ovise o tipu dinamičke pojave prema [4] (tablica 2 na strani 65; prenesena je iz [4] u izvornom obliku kao tablica 2 u ovom tekstu)[2]

V_r – Omjer naprezanja vodiča ukoliko postoji tropolni automatski uklop i ukoliko tropolni automatski uklop ne postoji.

V_σ – Omjer dinamičkog i statičkog naprezanja vodiča.

β – Faktor naprezanja sabirnice - faktor koji ovisi o tipu i broju oslonaca vodiča prema [4] (tablica 3 na strani 67; prenesena je iz [4] u izvornom obliku kao tablica 1 u ovom tekstu)

l – Maksimalna udaljenost između potpora vodiča na osi vodiča [m]

F_m – F_{m2} ili F_{m3} iz jednadžbe 2 i 3, a ovisno o tome koji je kratki spoj mjerodavan za naprezanje vodiča, odnosno za koji se kratki spoj naprezanje izračunava [N]

Z – Moment otpora vodiča (za cijevne sabirnice $Z = \frac{\pi \cdot d_1^3}{32} \cdot \left[1 - (\frac{d_2}{d_1})^3\right]$; gdje je d_1 [m] vanjski, a d_2 [m] unutarnji promjer cijevi) [m^3].

Sabirnički sustavi s nejednakim razmacima između oslonaca na neprekinutom vodiču mogu se proračunavati na ovaj način sa zadovoljavajućom točnosti ukoliko se računa s najvećim razmakom između oslonaca. To podrazumijeva da:

- krajnji oslonci nisu izloženi većem naprezanju od unutarnjih
- da se izbjegavaju rasponi manji od 20% od susjednih. Ukoliko to nije moguće vodič treba biti rastavljen i spojen elastičnom spojnicom na osloncu. Ukoliko se primijeni elastična spojnica na rasponu, dužina tog raspona može biti manje od 70% dužine susjednih raspona.

Ukoliko nije jasan karakter oslonca, odnosno stezaljke, treba se uzeti u obzir najnepovoljniji slučaj.

2.4.3. *Proračun sila na oslonce krutih vodiča*

Dinamička sila koja djeluje na oslonce krutih vodiča, a preko njih na potporne izolatore, ovisi o tipu oslonca vodiča (tip stezaljki) te tipu dinamičkog naprezanja koje djeluje na vodič. Ta dinamička sila dana je jednadžbom 5.

$$F = V_F V_r \alpha F_m \qquad (5)$$

gdje su:

$V_F V_r$ – Faktori koji ovise o tipu dinamičke pojave prema [4] (tablica 2 na strani 65; prenesena je iz [4] u izvornom obliku kao tablica 2 u ovom tekstu)[3]

V_F – Omjer dinamičke i statičke sile na oslonac (potporni izolator).

V_r – Omjer naprezanja vodiča ukoliko postoji tropolni automatski uklop i ukoliko tropolni automatski uklop ne postoji.

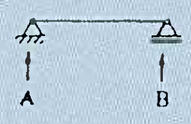
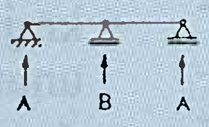
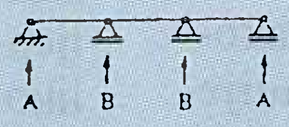
α – Faktor naprezanja sabirnice - faktor koji ovisi o tipu oslonca vodiča prema [4] (tablica 3 na strani 67; prenesena je iz [4] u izvornom obliku kao tablica 1 u ovom tekstu)

F_m – F_{m2} ili F_{m3} iz jednadžbe 2 i 3, a ovisno o tome koji je kratki spoj mjerodavan za naprezanje vodiča, odnosno za onaj kratki spoj za koji se sila izračunava [N].

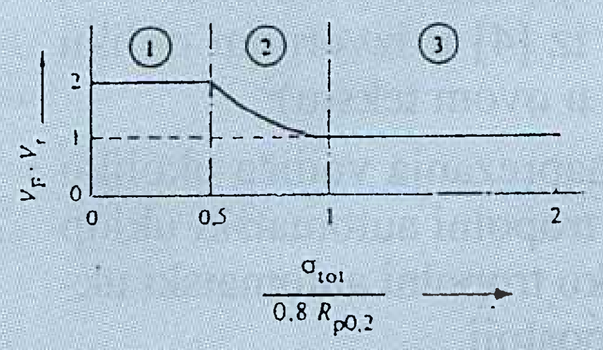
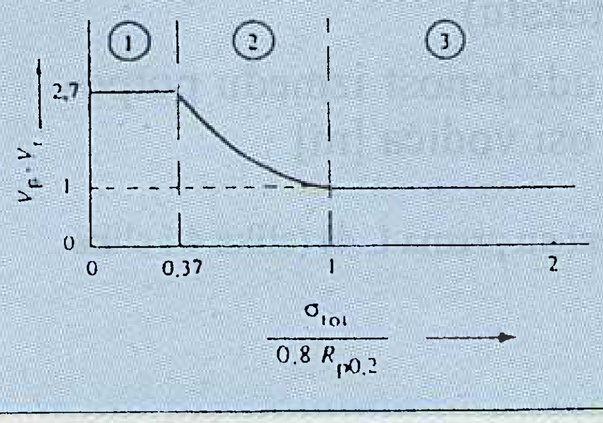
[2] Faktori za točan proračun određeni su prema L 4) (slika 4 i slika 5 na stranici 79 i 81).

[3] Faktori za točan proračun određeni su prema L 4) (slika 4 i slika 5 na stranici 79 i 81).

Tablica 1. Faktori α, β i γ za različite konfiguracije potpora sabirnica (tablica je preuzeta u izvornom obliku iz IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-3; tablica 3 na strani 67)

Type of beam and support		Factor α	Factor β*	Factor γ
Single span beam	A and B: simple supports 	A: 0.5 B: 0.5	1.0	1.57
	A: fixed support B: simple support 	A: 0.625 B: 0.375	0.73	2.45
	A and B: fixed supports 	A: 0.5 B: 0.5	0.5	3.56
Continuous beam with equidistant simple supports	Two spans 	A: 0.375 B: 1.25	0.73	2.45
	Three or more spans 	A: 0.4 B: 1.1	0.73	3.56
* Plasticity effects included				

Tablica 2. Maksimalno moguće vrijednosti za faktore $V_\sigma V_r$, $V_{\sigma s} V_{rs}$ i $V_F V_r$ (tablica je preuzeta u izvornom obliku iz IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-3; tablica 2 na strani 65)

Type of short circuit	System			
	Without three-phase automatic reclosing	With three-phase automatic reclosing	With and without three-phase automatic reclosing	
	$V_\sigma V_r$, $V_{\sigma s} V_{rs}$	$V_\sigma V_r$, $V_{\sigma s} V_{rs}$	$V_F V_r$	
line-to-line	1.0	1.8	2.0 for $\frac{\sigma_{tot}}{0.8\,R_{p0.2}} \le 0.5$ $\frac{0.8\,R_{p0.2}}{\sigma_{tot}}$ for $0.5 < \frac{\sigma_{tot}}{0.8\,R_{p0.2}} < 1.0$ 1.0 for $1.0 \le \frac{\sigma_{tot}}{0.8\,R_{p0.2}}$ 	range ① ② ③
three-phase	1.0	1.8	2.7 for $\frac{\sigma_{tot}}{0.8\,R_{p0.2}} \le 0.370$ $\frac{0.8\,R_{p0.2}}{\sigma_{tot}}$ for $0.370 < \frac{\sigma_{tot}}{0.8\,R_{p0.2}} < 1.0$ 1.0 for $1.0 \le \frac{\sigma_{tot}}{0.8\,R_{p0.2}}$ 	range ① ② ③

2.4.4. *Proračun pri kojem se u obzir uzima titranje vodiča*

Jednadžbe u poglavljima 2.4.2 i 2.4.3 ne uzimaju u obzir titrajnu prirodu naprezanja i sila na oslonce za vrijeme kratkog spoja. Faktori V_F, V_r i V_σ uzeti iz tablica navedenih u tim poglavljima prema literaturi L4 predstavljaju maksimalne vrijednosti. Ukoliko se uzme u obzir vlastita frekvencija vodiča f_c dozvoljena je i uporaba nižih vrijednosti.

Vlastita frekvencija vodiča izračunava se prema IEC 60865 iz jednadžbe 6.

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m'}} \qquad (6)$$

gdje su:

γ – Faktor koji ovisi o tipu oslonca vodiča prema L4 (tablica 3 na strani 67; prenesena je iz L 4) u izvornom obliku kao tablica 1 u ovom tekstu)

l – Maksimalna udaljenost između oslonaca vodiča [m]

m' – Jedinična masa sabirnice [kg/m]

E – Young-ov modul [N/m²]

J – Aksijalni moment tromosti (za cijevne sabirnice

$$J = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \cdot \left[1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right] \quad ;$$

gdje je d_1 [m] vanjski, a d_2 [m] unutarnji promjer cijevi) [m⁴].

Faktori V_F, V_r i V_σ mogu se na osnovi poznavanja vlastite frekvencije vodiča, odnosno omjera vlastite frekvencije vodiča i nazivne frekvencije elektroenergetskog sustava odrediti prema L 4) (slika 4 odnosno slika 5 na stranama 79 i 81; grafikoni su preuzeti iz L 4) u izvornom obliku i prikazani na slikama 2 i 3). Kao što je vidljivo iz grafikona na faktor V_F se razlikuje u ovisnosti o tome da li promatramo tropolni ili dvopolni kratki spoj. Razlika postoji na intervalu $1{,}2 \le f_c / f \le 2{,}74$. Faktori V_F, V_r i V_σ ovise također i o mehaničkim prigušenjima titranja vodiča uslijed priključaka aparata, antivibracijskog užeta, izvedbe stezaljki i dr., ali se navedeno zbog složenosti ne uzima u obzir.

U poglavlju 3. "Ovisnost izračunatih naprezanja vodiča i sila na oslonce o vlastitoj frekvenciji vodiča " prikazano je kroz niz proračuna na realnim sabirničkim sustavima kako ovise izračunata naprezanja vodiča i sile na potporne izolatore o vlastitoj frekvenciji sabirničkog sustava.

Potrebno je napomenuti da je na ovaj način izračunata vlastita frekvencija vodiča f_c samo procjena stoga što ona ovisi o mnogim faktorima koje nije moguće obuhvatiti proračunom. U IEC 60865 su posebno napomenute dvije stvari:

- Trajanje kratkog spoja T_k ispod ili jednako 0,1 znatno smanjuje naprezanje sabirničkog sustava ukoliko je $f_c / f \le 1$.
- U slučaju elastičnih oslonaca vlastita frekvencija je niža nego što se dobije njenim izračunavanjem u skladu s jednadžbom 6. Ovo treba uzeti u obzir kada se određuju faktori V_F, i V_σ ukoliko je $f_c / f > 2{,}4$ zbog toga što prema grafikonu na slici 2 u tom području V_F raste s padanjem omjera f_c / f.

2.4.5. *Dozvoljeno naprezanje cijevnih sabirnica*

Dozvoljeno naprezanje cijevnih sabirnica dano je jednadžbom 7.

$$\sigma_m = V_\sigma V_r \beta \frac{F_m l}{8 \cdot Z} \le q R_{p0,2} \qquad (7)$$

gdje su:

q – Faktor koji ovisi o presjeku cijevne sabirnice L 4) (tablica 4 na strani 69)

$$(q = 1{,}7 \cdot \frac{1 - (1 - \frac{2s}{D})^3}{1 - (1 - \frac{2s}{D})^4} \; ;$$

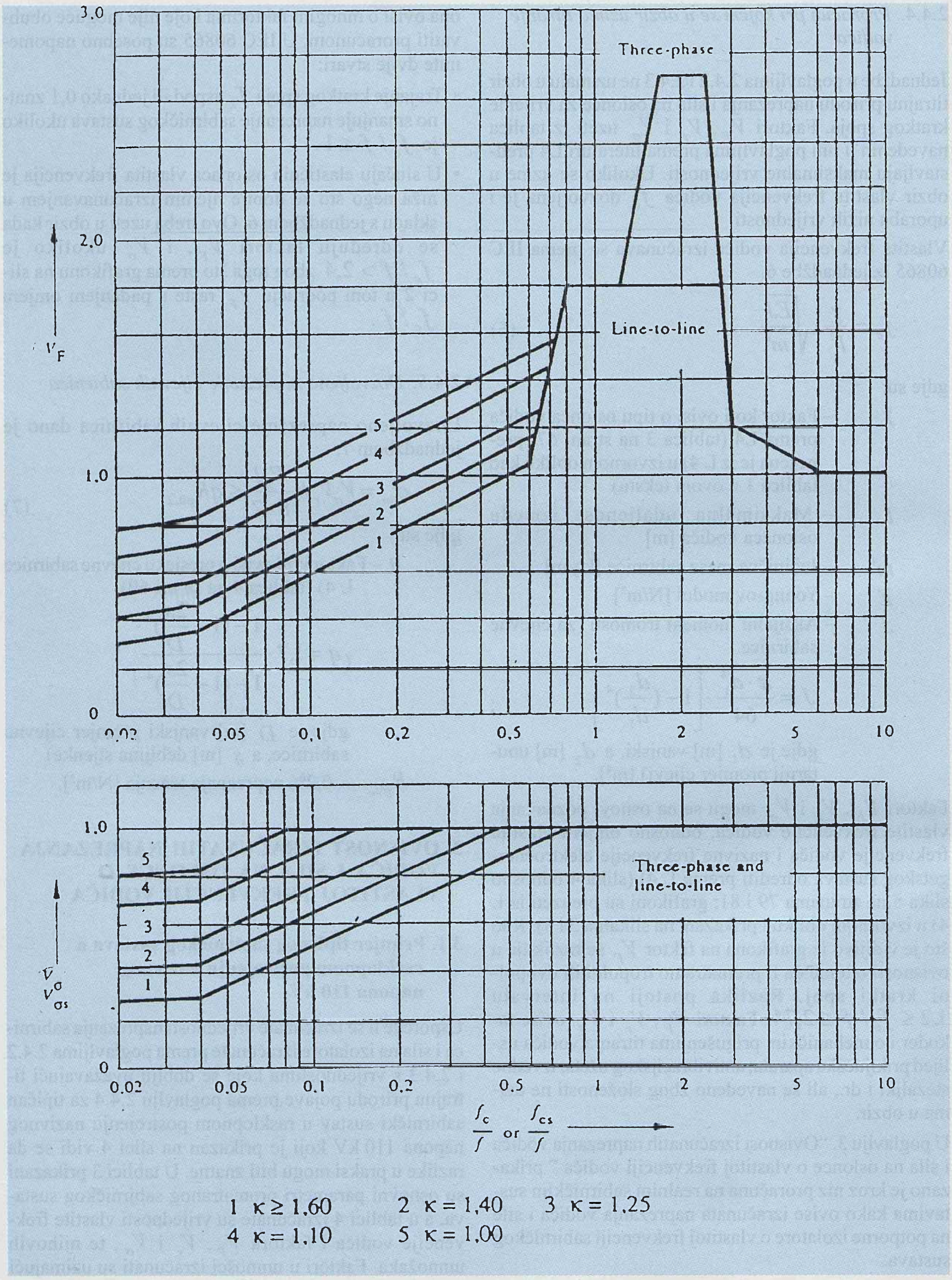
gdje je D [m] vanjski promjer cijevne sabirnice, a s [m] debljina stjenke)

$R_{p0,2}$ – 0,2% naprezanja tečenja [N/m²].

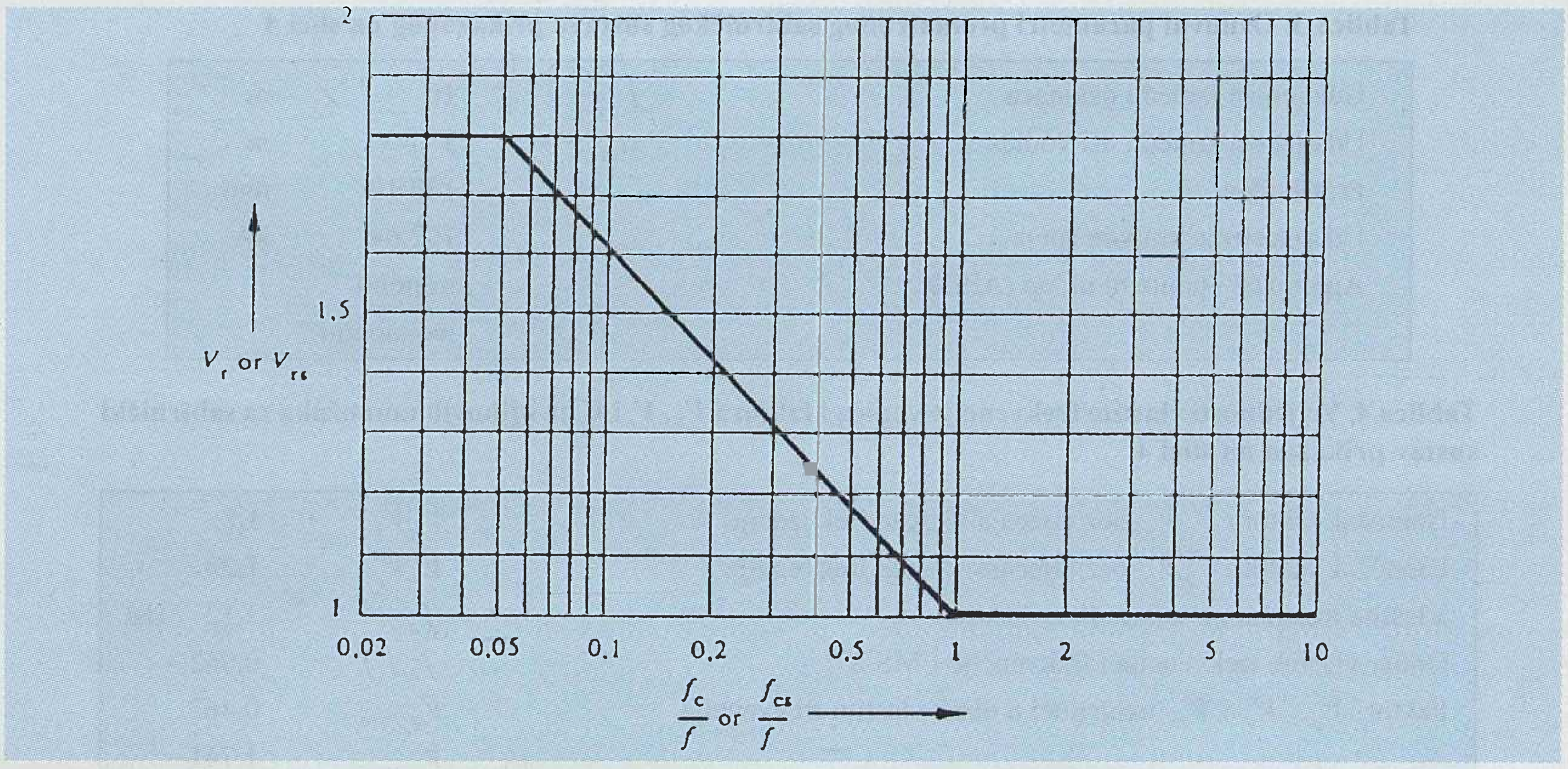
3. OVISNOST IZRAČUNATIH NAPREZANJA VODIČA I SILA NA OSLONCE O VLASTITOJ FREKVENCIJI VODIČA

3.1. Primjer tipičnog sabirničkog sustava u rasklopnom postrojenju nazivnog napona 110 kV

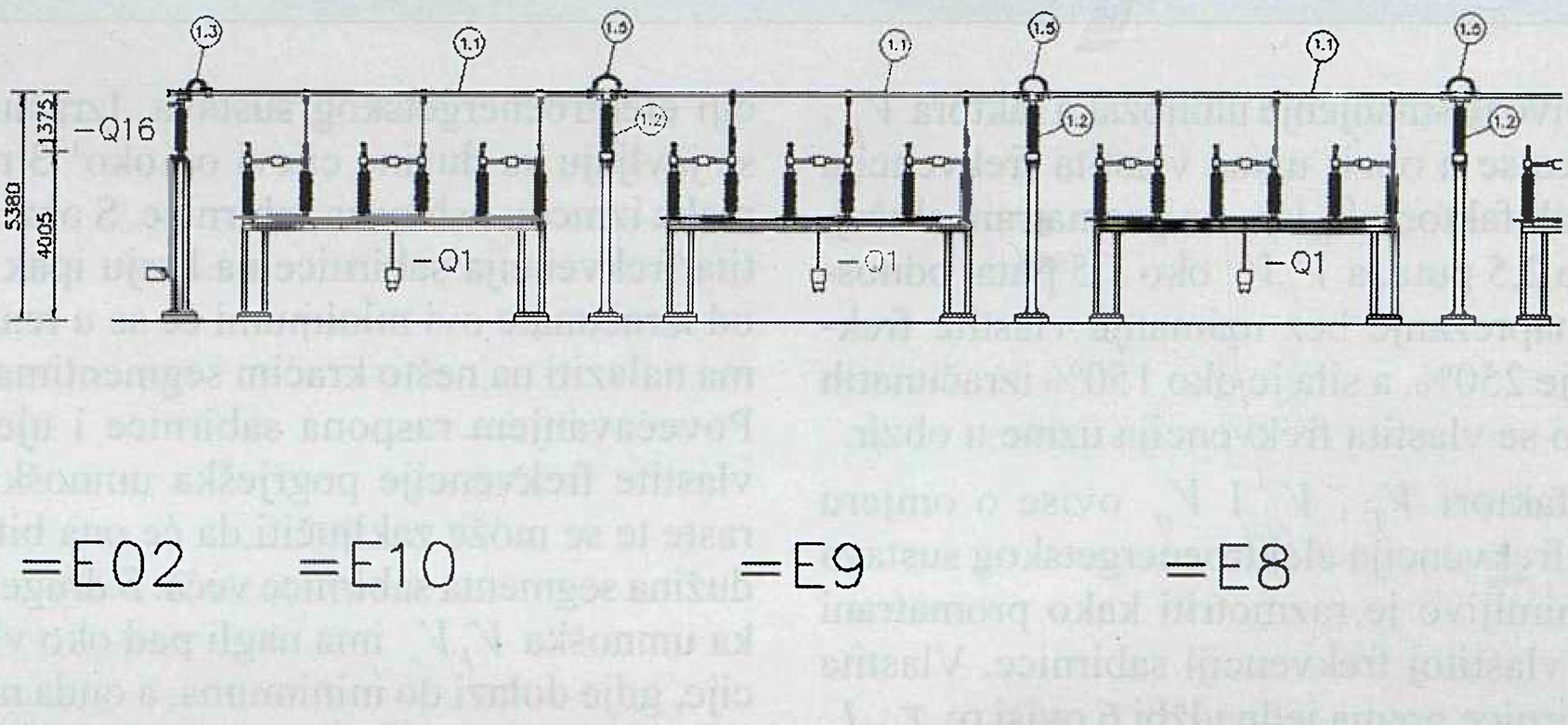
Usporede li se izračunate vrijednosti naprezanja sabirnica i sila na izolatore izračunate prema poglavljima 2.4.2 i 2.4.3 s vrijednostima koje se dobiju uvažavajući titrajnu prirodu pojave prema poglavlju 2.4.4 za tipičan sabirnički sustav u rasklopnom postrojenju nazivnog napona 110 kV koji je prikazan na slici 4 vidi se da razlike u praksi mogu biti znatne. U tablici 3 prikazani su osnovni parametri promatranog sabirničkog sustava, a u tablici 4 izračunate su vrijednosti vlastite frekvencije vodiča i faktora V_F, V_r i V_σ, te njihovih umnožaka. Faktori u umnošci izračunati su uzimajući u obzir vlastitu frekvenciju vodiča i uz njeno zanemarenje.



Slika 2. Ovisnost faktora V_σ, $V_{\sigma s}$ i V_F o omjeru vlastite frekvencije sabirničkog sustava i nazivne frekvencije (grafikon je preuzet u izvornom obliku iz IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-3; slika 4 na strani 79)



Slika 3. Ovisnost faktora V_r i V_{rs} o omjeru vlastite frekvencije sabirničkog sustava i nazivne frekvencije (grafikon je preuzet u izvornom obliku iz IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-3; slika 2 na strani 81)



Slika 4. Prikaz dijela sabirničkog sustava 110 kV u TS 110/20 kV Dubec

Tablica 3. Osnovni parametri promatranog sabirničkog sustava prikazanog na slici 4

Udaljenost između oslonaca	l	10	m
Udaljenost između osi vodiča	a_m	3	m
Profil cijevi		120/10	mm
Udarna struja kratkog spoja	i_{p3}	102,64	kA
Automatski ponovni uklop (APU)		tropolni	
		jednopolni	

Tablica 4. Vrijednosti vlastite frekvencije vodiča i faktora V_F, V_r i V_σ te njihovih umnožaka za sabirnički sustav prikazan na slici 4

Umnožak faktora $V_\sigma V_r$ bez utjecaja vlastite frekvencije	$V_\sigma V_r$	1,8	
Umnožak faktora $V_F V_r$ bez utjecaja vlastite frekvencije	$V_F V_r$	1,23	
Vlastita frekvencija sabirničkog sustava	f_c	3,12	Hz
Omjer vlastite frekvencije i frekvencije EMS-a	f_c / f	0,062	
Faktori V_F, V_r i V_σ uzimajući u obzir vlastitu frekvenciju	V_F	0,462	
	V_r	1,741	
	V_σ	0,411	
	$V_\sigma V_r$	0,715	
	$V_F V_r$	0,80	

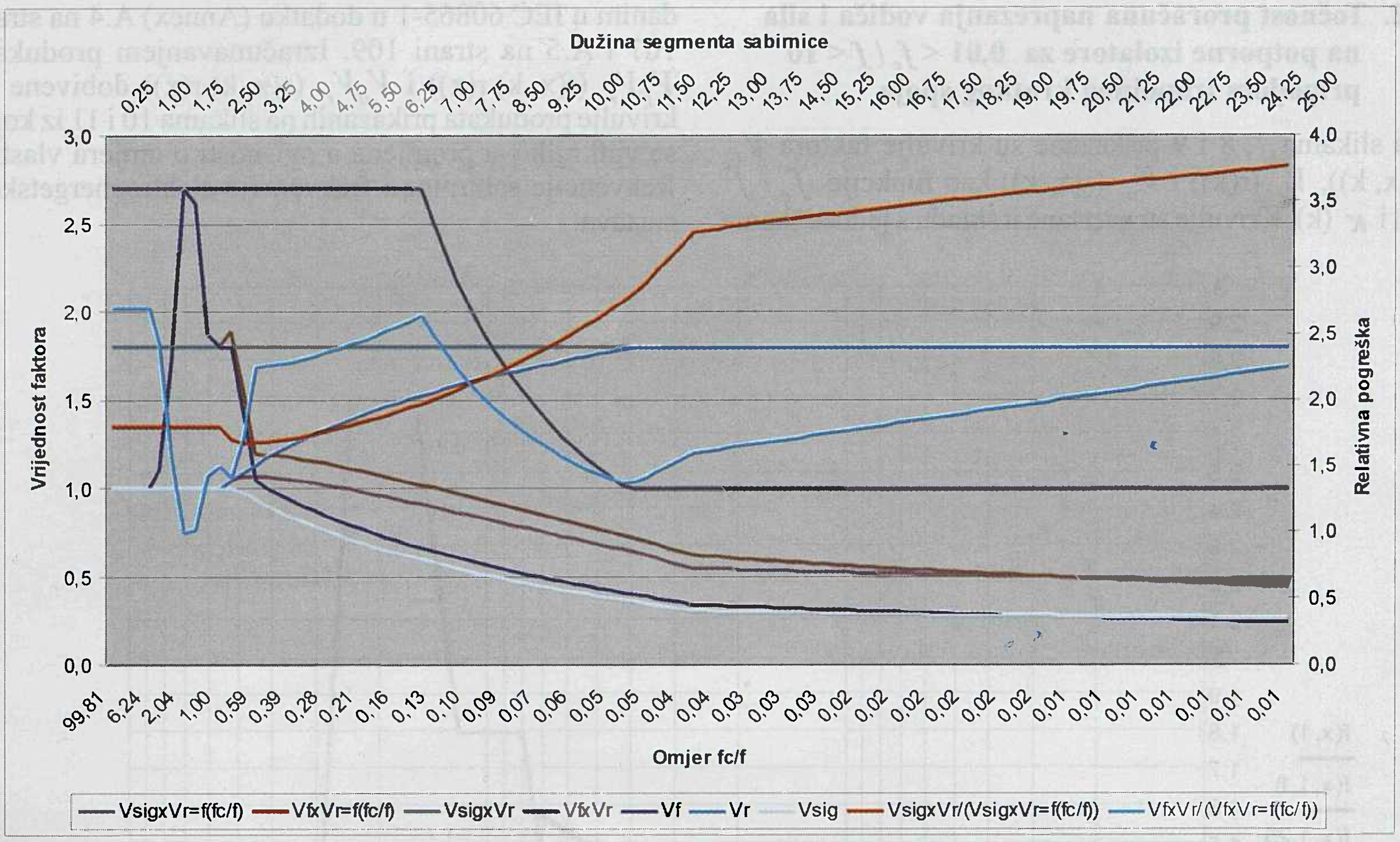
Iz tablice 4 vidljivo je smanjenje umnožaka faktora V_F, V_r i V_σ ukoliko se u obzir uzme vlastita frekvencija vodiča. Umnožak faktora $V_\sigma V_r$, za promatrani slučaj, se smanjuje oko 2,5 puta, a $V_F V_r$ oko 1,5 puta, odnosno izračunato naprezanje bez uzimanja vlastite frekvencije u obzir je 250%, a sila je oko 150% izračunatih veličina ukoliko se vlastita frekvencija uzme u obzir.

S obzirom da faktori V_F, V_r i V_σ ovise o omjeru f_c / f, a da je frekvencija elektroenergetskog sustava konstantna, zanimljivo je razmotriti kako promatrani faktori ovise o vlastitoj frekvenciji sabirnice. Vlastita frekvencija sabirnice prema jednadžbi 6 ovisi o: γ, l, m', E i J. Kako su za odabrani profil vodiča i način oslanjanja vodiča (odabrane stezaljke) sve veličine osim razmaka između oslonaca (l) konstantne zanimljivo je razmotriti ovisnost pojedinih faktora o razmaku između oslonaca. Na slici 5 prikazan je grafikon na kojem su prikazane vrijednosti faktora V_F, V_r i V_σ, njihovi umnošci $V_\sigma V_r$ i $V_F V_r$, uzimajući u obzir vlastitu frekvenciju sabirnice i zanemarujući je, te relativan odnos tih umnožaka. Na donjoj osi x grafikona prikazan je omjer vlastite frekvencije sabirnice i nazivne frekvencije elektroenergetskog sustava (f_c / f), a na gornjoj razmak između osi oslonaca u metrima. Na lijevoj osi y su faktori V_F, V_r i V_σ, njihovi umnošci $V_\sigma V_r$ i $V_F V_r$, a na desnoj nalaze se vrijednosti relativne pogrješke, odnosno koliko su puta umnošci $V_\sigma V_r$ i $V_F V_r$ veći ukoliko zanemarimo vlastitu frekvenciju sabirnice. Iz grafikona je vidljivo da se za promatrani primjer pogrješka za $V_\sigma V_r$ kreće od oko 1,6 do više od 3,7 puta, a za $V_F V_r$ 1 do više od 2,2 puta. Najmanja pogrješaka je kad je vlastita frekvencija bliska frekvenciji elektroenergetskog sustava. Izračunati minimumi se javljaju za dužine cijevi od oko[4] 3 m i 1,75 m razmaka između oslonaca sabirnice. S obzirom da će vlastita frekvencija sabirnice na kraju ipak biti nešto niža od izračunate ovi minimumi će se u realnim slučajevima nalaziti na nešto kraćim segmentima od navedenih. Povećavanjem raspona sabirnice i ujedno padanjem vlastite frekvencije pogrješka umnoška $V_\sigma V_r$ stalno raste te se može zaključiti da će ona biti to veća što je dužina segmenta sabirnice veća. S druge strane pogrješka umnoška $V_F V_r$ ima nagli pad oko vlastite frekvencije, gdje dolazi do minimuma, a onda naglo raste da bi ponovno pala na manje od 1,5 pri dužini sabirnice oko 11 m kao posljedica pada vrijednosti $V_F V_r$ iz tablice 2, te da bi nakon te točke nastavila rasti.

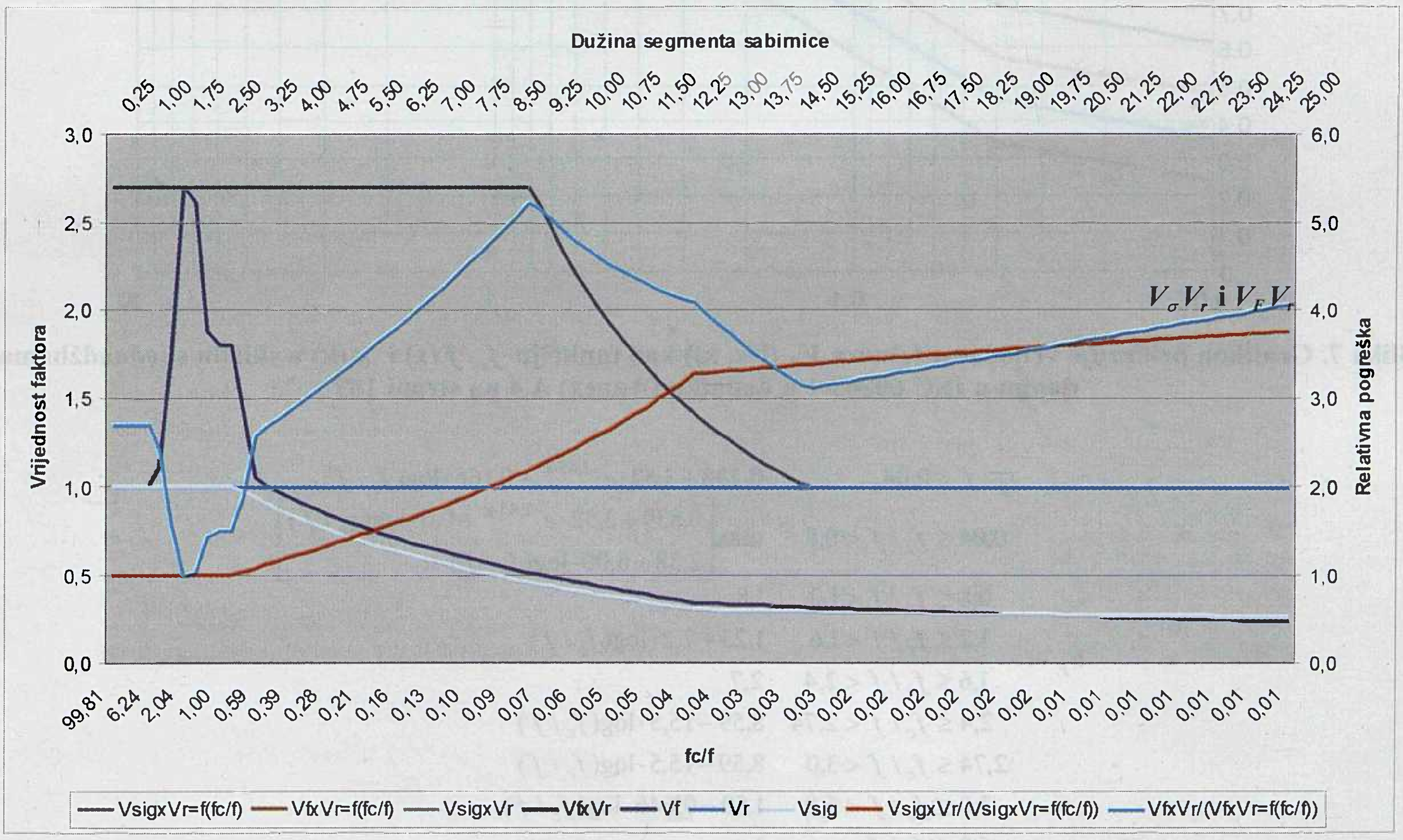
U praksi je, s obzirom na geometriju visokonaponskih postrojenja, malo vjerojatno da će razmaci između potpornih izolatora kraći od 4 m biti mjerodavni za odabir potpornih izolatora i cijevnih sabirnica što znači da će cijevne sabirnice i potporni izolatori, što se tiče struje kratkog spoja, biti najmanje oko 50%, a vjerojatno i više predimenzionirani.

U slučaju proračuna s jednopolnim ili bez automatskog ponovnog uklopa, relativna pogrješka umnoška $V_\sigma V_r$ neće se izgledom bitno mijenjati, ali će relativna pogrješka umnoška $V_F V_r$ narasti u području $0{,}05 < f_c / f < 1$, gdje će doseći maksimalnu vrijednost veću od 5 kao što se vidi na grafikonu na slici 6.

[4] Proračun je vršen pomoću programa za proračun cijevnih sabirnica za dužine od 0,25 m do 25 m s korakom 0,25 m te je nakon toga nađen minimum izračunatih vrijednosti. Stvaran minimum se nalazi u intervalu od ±0,25 m od navedene vrijednosti.



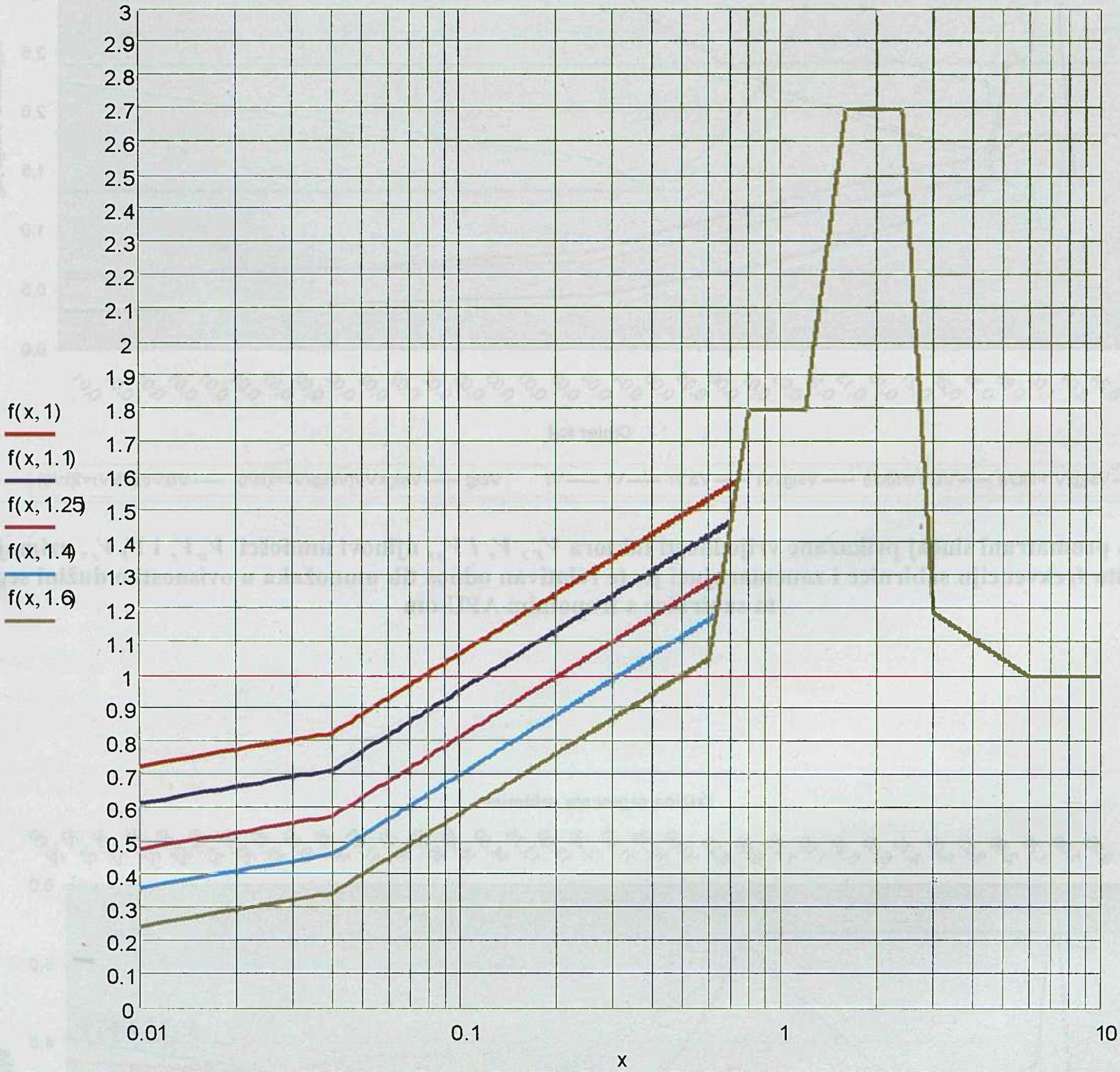
Slika 5. Za promatrani slučaj prikazane vrijednosti faktora V_F, V_r *i* V_σ, njihovi umnošci $V_\sigma V_r$ i $V_F V_r$, uzimajući u obzir vlastitu frekvenciju sabirnice i zanemarujući je, te relativan odnos tih umnožaka u ovisnosti o dužini segmenta sabirnice s tropolnim APU-om



Slika 6. Za promatrani slučaj prikazane vrijednosti faktora V_F, V_r *i* V_σ, i , njihovi umnošci $V_\sigma V_r$ i $V_F V_r$, uzimajući u obzir vlastitu frekvenciju sabirnice i zanemarujući je, te relativan odnos tih umnožaka u ovisnosti o dužini segmenta sabirnice s jednopolnim APU-om ili bez APU-a

3.2. Točnost proračuna naprezanja vodiča i sila na potporne izolatore za $0{,}01 < f_c / f < 10$ prigodom tropolnog kratkog spoja

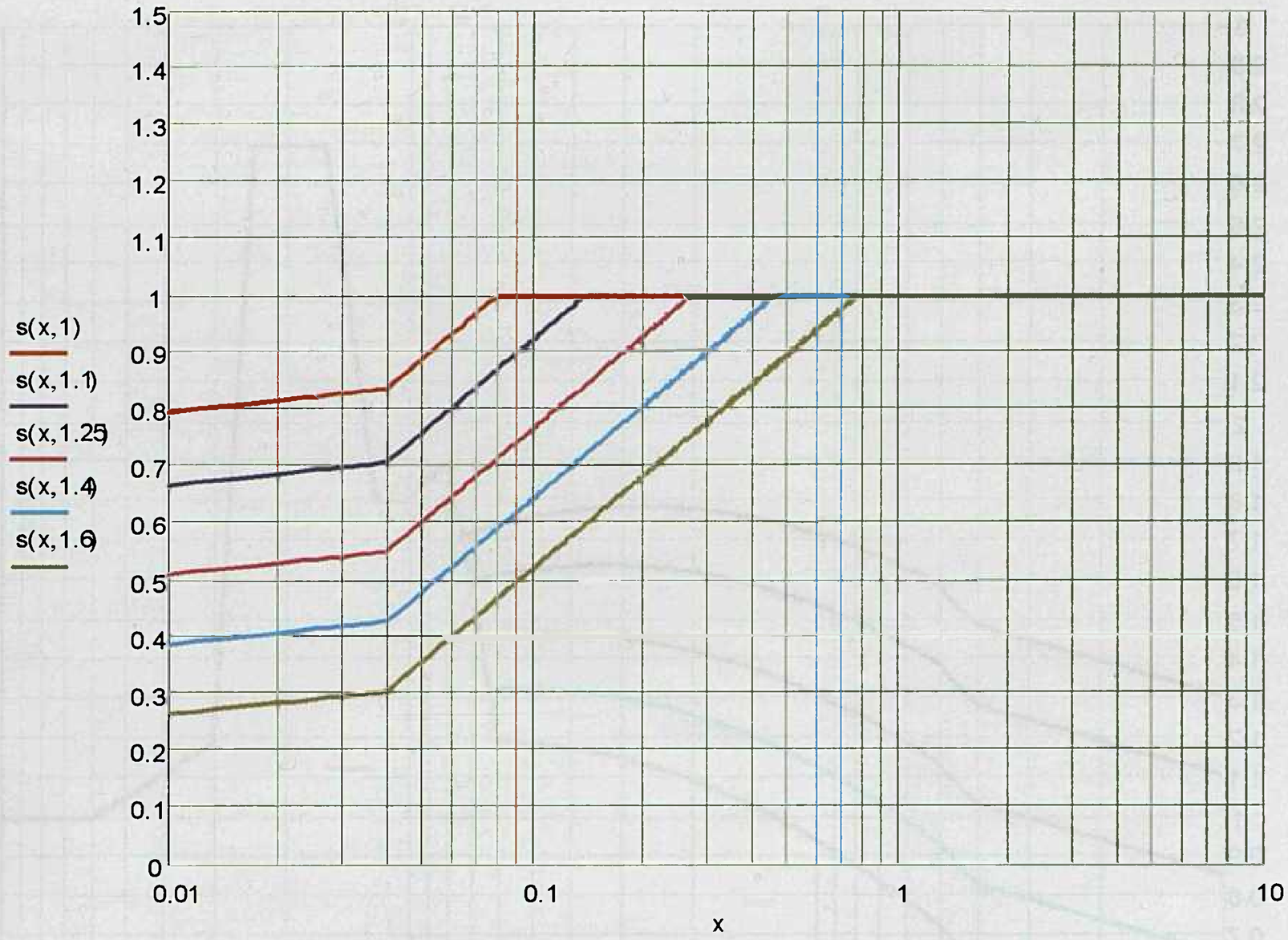
Na slikama 7, 8 i 9 prikazane su krivulje faktora V_F (f(x, k)), V_r (r(x)) i V_σ (s(x, k)) kao funkcije f_c / f (x) i κ (k). Krivulje su nacrtane u skladu s jednadžbama danim u IEC 60865-1 u dodatku (Annex) A.4 na strani 107 i A.5 na strani 109. Izračunavanjem produkata $V_F V_r$ (f(x, k) r(x)) i $V_\sigma V_r$ (s(x, k) r(x)) dobivene su krivulje produkata prikazanih na slikama 10 i 11 iz kojih se vidi njihova promjena u ovisnosti o omjeru vlastite frekvencije sabirnice i frekvencije elektroenergetskog sustava.



Slika 7. Grafikon prikazuje vrijednost faktora V_F (f(x, k)) kao funkciju f_c / f (x) i κ (k) u skladu s jednadžbama danim u IEC 60865-1 u dodatku (Annex) A.4 na strani 107

$$V_F = \begin{cases} f_c/f < 0{,}04 & 0{,}232 + 3{,}52 \cdot e^{-1{,}45\cdot\kappa} + 0{,}166 \cdot \log(f_c/f) \\ 0{,}04 \le f_c/f < 0{,}8 & \max\begin{bmatrix} 0{,}839 + 3{,}52 \cdot e^{-1{,}45\cdot\kappa} + 0{,}6 \cdot \log(f_c/f) \\ 2{,}38 + 6{,}00 \cdot \log(f_c/f) \end{bmatrix} \\ 0{,}8 \le f_c/f < 1{,}2 & 1{,}8 \\ 1{,}2 \le f_c/f < 1{,}6 & 1{,}23 + 7{,}2 \cdot \log(f_c/f) \\ 1{,}6 \le f_c/f < 2{,}4 & 2{,}7 \\ 2{,}4 \le f_c/f < 2{,}74 & 8{,}59 - 15{,}5 \cdot \log(f_c/f) \\ 2{,}74 \le f_c/f < 3{,}0 & 8{,}59 - 15{,}5 \cdot \log(f_c/f) \\ 3{,}0 \le f_c/f < 6{,}0 & 1{,}50 - 0{,}646 \cdot \log(f_c/f) \\ 6{,}0 \le f_c/f & 1 \end{cases}$$

Ako je $\kappa > 1{,}6$ onda treba računati s $\kappa = 1{,}6$



Slika 8. Grafikon prikazuje vrijednost faktora V_σ (s(x, k)) kao funkciju f_c / f (x) i κ (k) u skladu s jednadžbama danim u IEC 60865-1 u dodatku (Annex) A.4 na strani 107

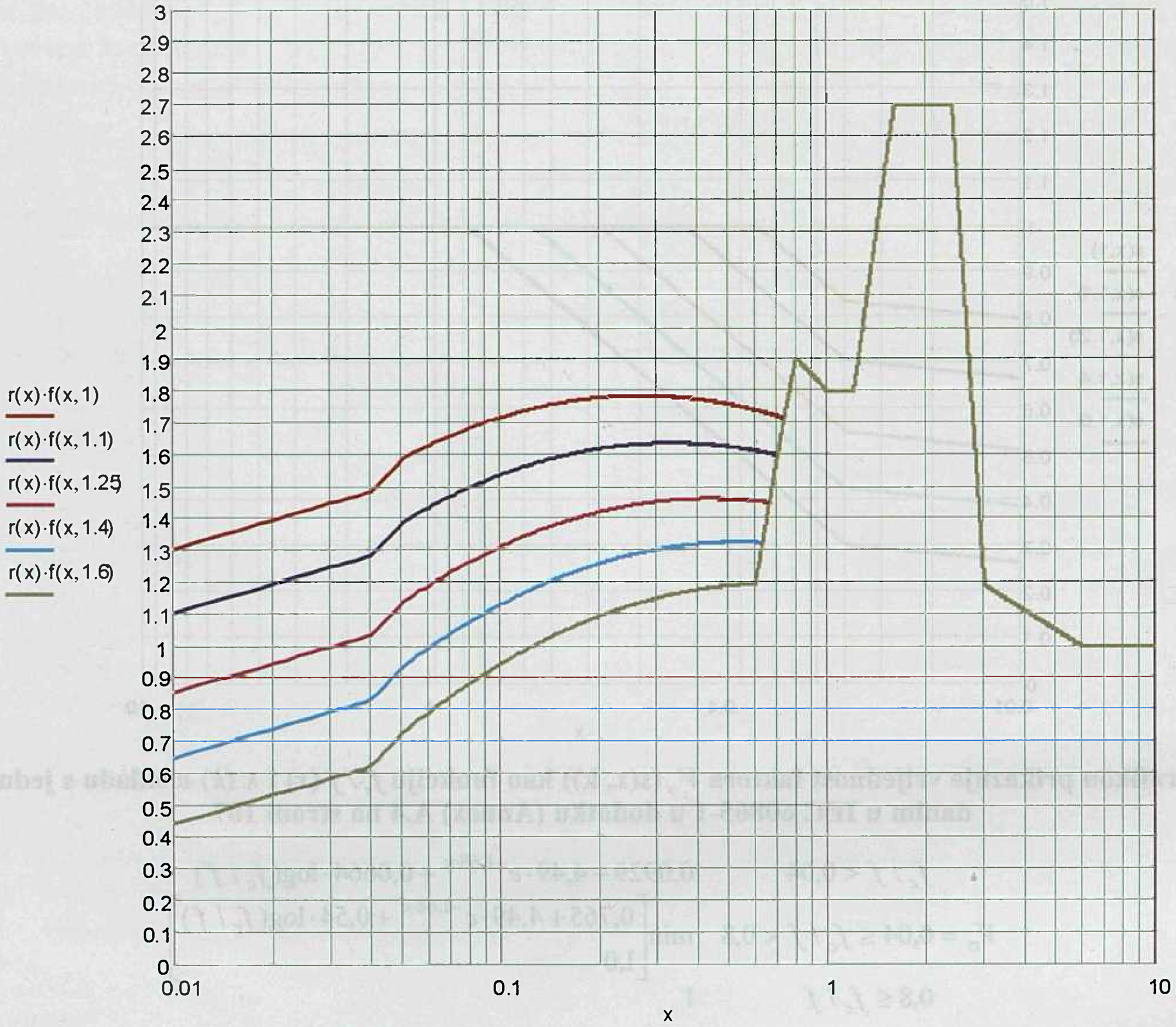
$$V_\sigma = \begin{cases} f_c / f < 0{,}04 & 0{,}0929 + 4{,}49 \cdot e^{-1{,}68\cdot\kappa} + 0{,}0664 \cdot \log(f_c / f) \\ 0{,}04 \le f_c / f < 0{,}8 & \min\begin{bmatrix} 0{,}765 + 4{,}49 \cdot e^{-1{,}68\cdot\kappa} + 0{,}54 \cdot \log(f_c / f) \\ 1{,}0 \end{bmatrix} \\ 0{,}8 \le f_c / f & 1 \end{cases}$$

Ako je $\kappa > 1{,}6$ onda treba računati s $\kappa = 1{,}6$

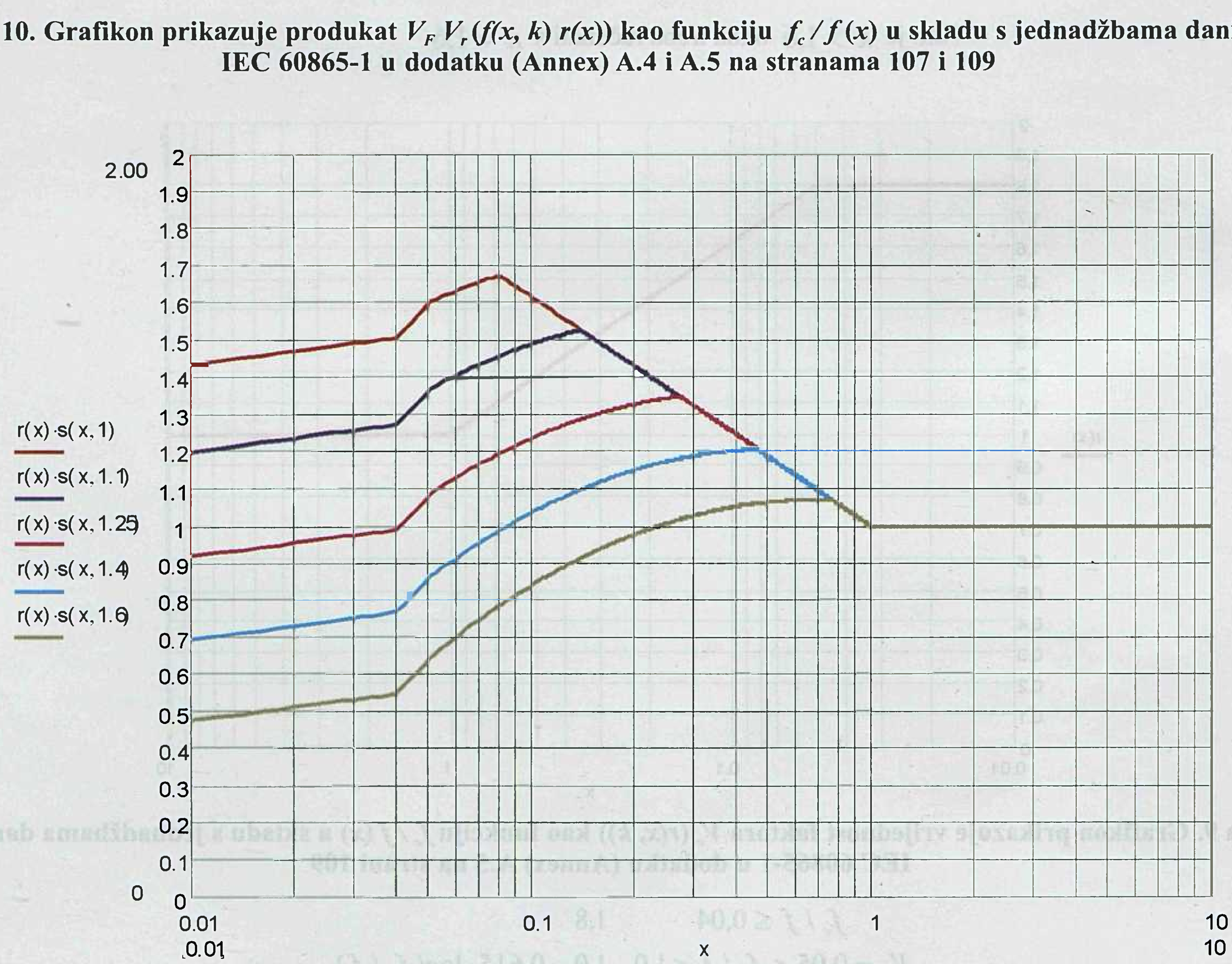


Slika 9. Grafikon prikazuje vrijednost faktora V_r (r(x, k)) kao funkciju f_c / f (x) u skladu s jednadžbama danim u IEC 60865-1 u dodatku (Annex) A.5 na strani 109

$$V_r = \begin{cases} f_c / f \le 0{,}04 & 1{,}8 \\ 0{,}05 < f_c / f < 1{,}0 & 1{,}0 - 0{,}615 \cdot \log(f_c / f) \\ 1{,}0 \le f_c / f & 1 \end{cases}$$



Slika 10. Grafikon prikazuje produkat $V_F\, V_r(f(x, k)\, r(x))$ kao funkciju $f_c / f\,(x)$ u skladu s jednadžbama danim u IEC 60865-1 u dodatku (Annex) A.4 i A.5 na stranama 107 i 109



Slika 11. Grafikon prikazuje produkat $V_\sigma V_r\,(s(x, k)\, r(x))$ kao funkciju $f_c / f\,(x)$ u skladu s jednadžbama danim u IEC 60865-1 u dodatku (Annex) A.4 i A.5 na stranama 107 i 109

Ukoliko usporedimo vrijednosti iz tablice 2 za umnožak faktora $V_\sigma V_r$ sa slikama 10 i 11, očito je da su vrijednosti, koje se dobivaju uzimanjem vlastite frekvencije u obzir, znatno manje na gotovo cijelom frekventnom opsegu. Pri vrlo malim vlastitim frekvencijama vodiča moguće je i trostruko predimenzioniranje cijevnih sabirnica, a što je u skladu i s prethodno obrađenim primjerom. Na slici 12 prikazane su relativne pogrješke proračuna umnožaka faktora $V_\sigma V_r$ u ovisnosti o vlastitoj frekvenciji vodiča. Grafikon je zbog jednostavnosti napravljen samo za slučaj tropolnog automatskog ponovnog uklopa za vrijednosti $\kappa = 1;\ 1{,}1;\ 1{,}25;\ 1{,}4$ *i* $1{,}6$, a za slučaj bez tropolnog automatskog ponovnog uklopa za vrijednosti $\kappa = 1{,}6$ (tanka linija).

Prigodom razmatranja faktora V_F, i V_σ i njihovih umnožaka treba uzeti u obzir da se tipična vrijednost za κ u visokonaponskim elektroenergetskim mrežama kreće oko 1,8. Prema IEC-u u slučaju da je $\kappa > 1{,}6$ uzima se vrijednost za κ vrijednost 1,6, te se s tom vrijednosti ulazi u proračun faktora. S obzirom da je to u razmatranim slučajevima u pravilu tako za faktore V_F, i V_σ i njihove umnoške vrijedi krivulja s najnižim vrijednostima, te je shodno tome odstupanje na gornjoj granici.

Za umnožak faktora $V_F V_r$ nije tako jednostavno zaključiti da je uvijek manji ukoliko se uzima u obzir vlastita frekvencija sabirnice zbog toga što on ovisi o:

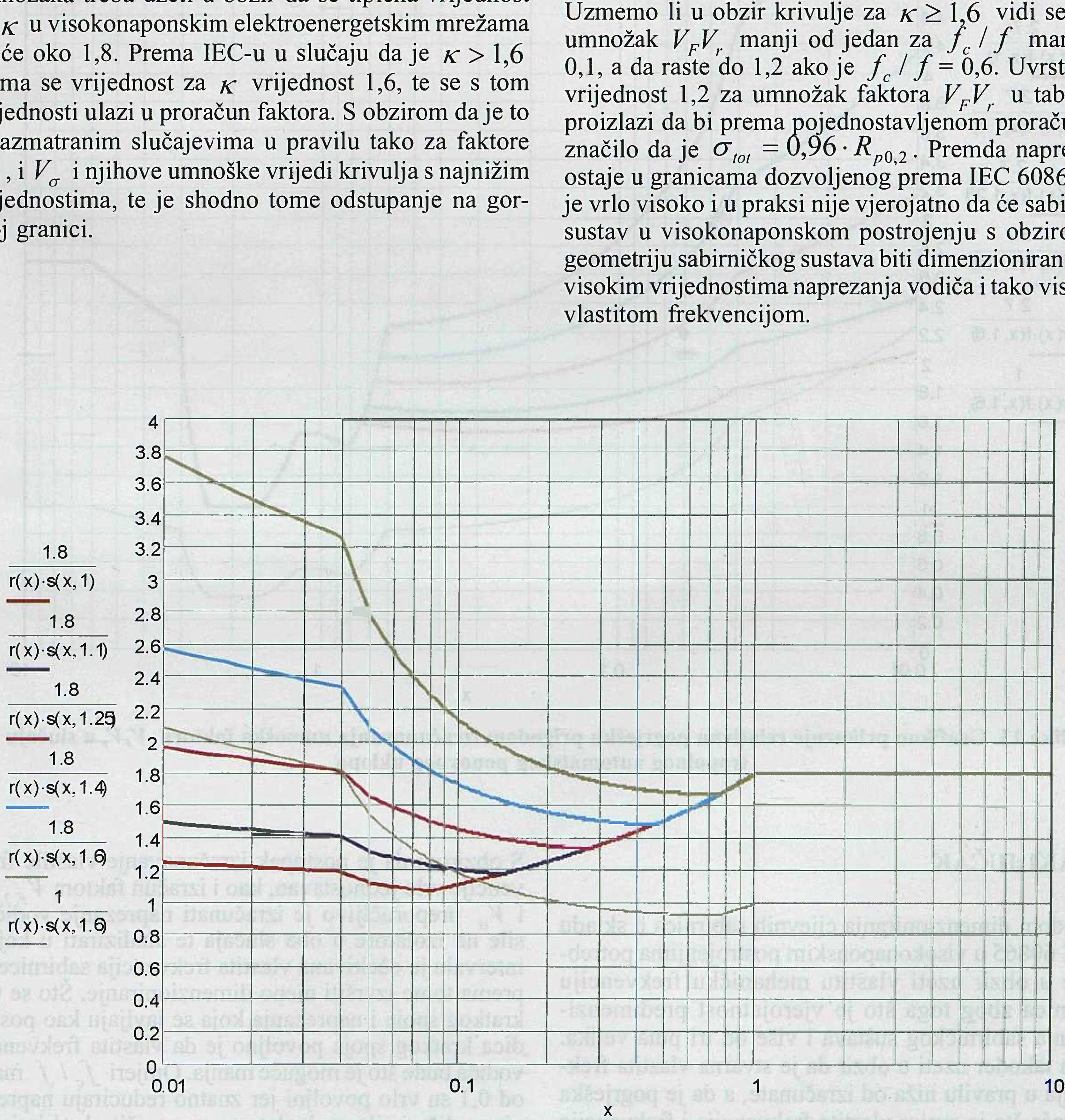
$$\frac{\sigma_{tot}}{0{,}8 \cdot R_{p0,2}}$$

gdje su:

σ_{tot} – Maksimalno naprezanje sabirnice u našem slučaju $\sigma_{tot} = \sigma_m + \sigma_s$, gdje je σ_s naprezanje koje djeluje zbog međudjelovanja pojedinih vodiča u snopu ukoliko se sabirnica sastoji od više paralelnih vodiča. U slučaju visokonaponskih postrojenja, kakva se ovdje razmatraju to nije slučaj, te je $\sigma_{tot} = \sigma_m$.

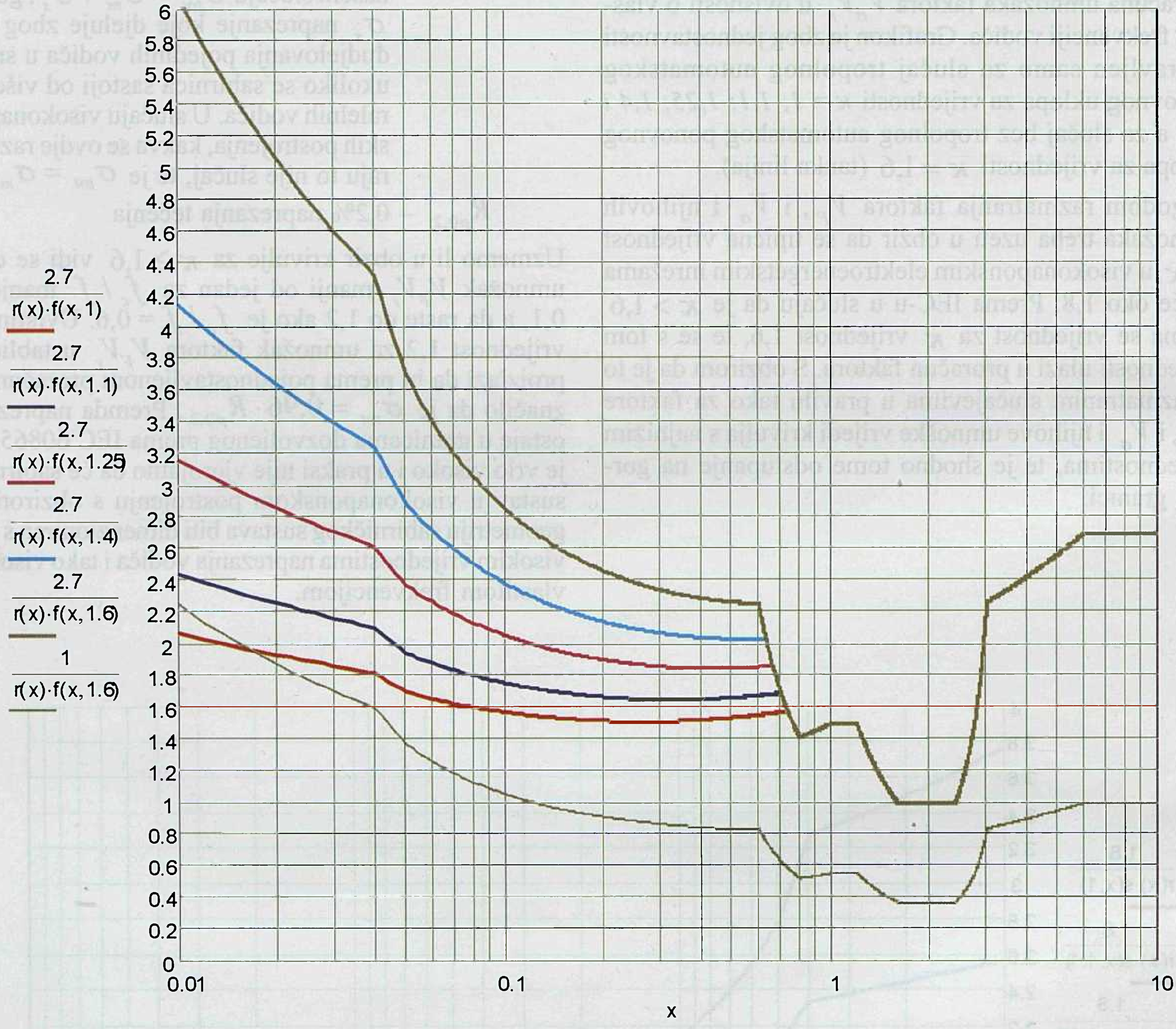
$R_{p0,2}$ – 0,2% naprezanja tečenja

Uzmemo li u obzir krivulje za $\kappa \geq 1{,}6$ vidi se da je umnožak $V_F V_r$ manji od jedan za f_c / f manje od 0,1, a da raste do 1,2 ako je $f_c / f = 0{,}6$. Uvrstimo li vrijednost 1,2 za umnožak faktora $V_F V_r$ u tablicu 2 proizlazi da bi prema pojednostavljenom proračunu to značilo da je $\sigma_{tot} = 0{,}96 \cdot R_{p0,2}$. Premda naprezanje ostaje u granicama dozvoljenog prema IEC 60865 ono je vrlo visoko i u praksi nije vjerojatno da će sabirnički sustav u visokonaponskom postrojenju s obzirom na geometriju sabirničkog sustava biti dimenzioniran s tako visokim vrijednostima naprezanja vodiča i tako visokom vlastitom frekvencijom.



Slika 12. Grafikon prikazuje relativnu pogrešku prilikom izračunavanja umnoška faktora $V_\sigma V_r$ u slučaju tropolnog automatskog ponovnog uklopa

Na slici 13 prikazana je relativna pogrješka prigodom izračunavanja umnoška faktora $V_F V_r$ u slučaju tropolnog automatskog ponovnog uklopa. Debelim linijama prikazane su maksimalne vrijednosti, a za $\kappa \geq 1{,}6$ prikazane su i minimalne vrijednosti za slučaj da je $\frac{\sigma_{tot}}{0{,}8 \cdot R_{p0,2}} \geq 1$ tankom linijom. Iz grafikona se vidi da postoji veliki raspon odstupanja relativne pogrješke, te da ona, kad je vlastita frekvencija sabirnice bliska frekvenciji elektroenergetskog sustava i kad je naprezanje sabirnice relativno veliko, može biti i manja od jedan, odnosno da sabirnica može biti poddimenzionirana. Premda je u praksi to kod visokonaponskih postrojenja malo vjerojatno, treba obratiti pozornost prigodom proračuna.



Slika 13. Grafikon prikazuje relativnu pogrješku prigodom izračunavanja umnoška faktora $V_F V_r$ u slučaju tropolnog automatskog ponovnog uklopa

4. ZAKLJUČAK

Prigodom dimenzioniranja cijevnih sabirnica u skladu s IEC 60865 u visokonaponskim postrojenjima potrebno je u obzir uzeti vlastitu mehaničku frekvenciju sabirnica zbog toga što je vjerojatnost predimenzioniranja sabirničkog sustava i više od tri puta velika. Treba također uzeti u obzir da je stvarna vlastita frekvencija u pravilu niža od izračunate, a da je pogrješka tim veća što je omjer vlastite frekvencije i frekvencije elektroenergetskog sustava manji, te što je ukupno naprezanje u sabirnici manje.

S obzirom da je postupak izračunavanje vlastite frekvencije vrlo jednostavan, kao i izračun faktora V_F, V_r i V_σ preporučljivo je izračunati naprezanje vodiča i sile na izolatore u oba slučaja te analizirati u kojem intervalu je očekivana vlastita frekvencija sabirnice, te prema tome izvršiti njeno dimenzioniranje. Što se tiče kratkog spoja i naprezanja koja se javljaju kao posljedica kratkog spoja povoljno je da vlastita frekvencija vodiča bude što je moguće manja. Omjeri $f_ç / f$ manji od 0,1 su vrlo povoljni jer znatno reduciraju naprezanja vodiča i sile na izolatore , a naročito kad je i vrijeme trajanja kratkog spoja manje od 0,1 s te se naprezanja zbog toga dodatno smanjuju.

LITERATURA

[1] Prof. dr. Z. JANKOVIĆ: "Teorijska mehanika", Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1966

[2] Prof. dr. D. BAZJANAC: "Tehnička mehanika", Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1974

[3] Prof. dr. I. ALFIREVIĆ: "Nauka o čvrstoći", Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1978

[4] IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-09

[5] IEC 60865-2 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 2, 1994-06

[6] K. Begović, dipl. ing. el.: "Rasklopna postrojenja 400 kV u cijevnoj izvedbi"; Energija 1972, br. 3-4

THE ROLE OF BUSBAR SELF-FREQUENCY WHEN CALCULATING LINE STRAIN AND FORCE TO INSULATORS IN HIGH-VOLTAGE STATIONS ACCORDING TO IEC 60865

In the paper a calculation on fixed lines (tube-shaped busbars) strain and forces on support insulators in high-voltage stations is given according to IEC (IEC60865-1 Short-circuit currents - Calculation of effects Part 1, 1993-3 and IEC 60865-2 Short circuit currents - Calculation of effects Part 2, 1994-2).

Special attention is paid to the role of lines' self-frequency on calculated values and comparative values with real examples as well as theoretically whether lines' self-frequency is taken into account. It is shown that if self-frequency is not taken into account, in the case of high-voltage stations with tube-shaped busbar calculated values are a few times bigger than the calculated ones concerning busbar self-frequency.

DER EINFLUSS VON SAMMELSCHIENEN-EIGENFREQUENZ AUF DIE BERECHNUNG DER FESTIGKEITSSPANNUNGEN IN LEITERN UND DER AUF ISOLATOREN WIRKENDEN KRÄFTE BEI DEN HOCHSPANNUNGSANLAGEN, LAUT IEC 60865

Dargestellt ist die Berechnung von mechanischen spannungen in starren Leitern (Rohrsammelschienen) und der auf Stützensolatoren wirkenden Kräfte in Hochspannungsanlagen, laut IEC (IEC 60865-1 Short-circuit currents - Calculation of effects Part 1, 1993-3 [Kurzchlussströme -Berechnung der Wirkungen 1. Teil] und IEC 60865-2 Short-circuit currents - Calculation of effects Part 2, 1994-2 [Kurzchlussströme - Berechnung der Wirkungen 2. Teil]).

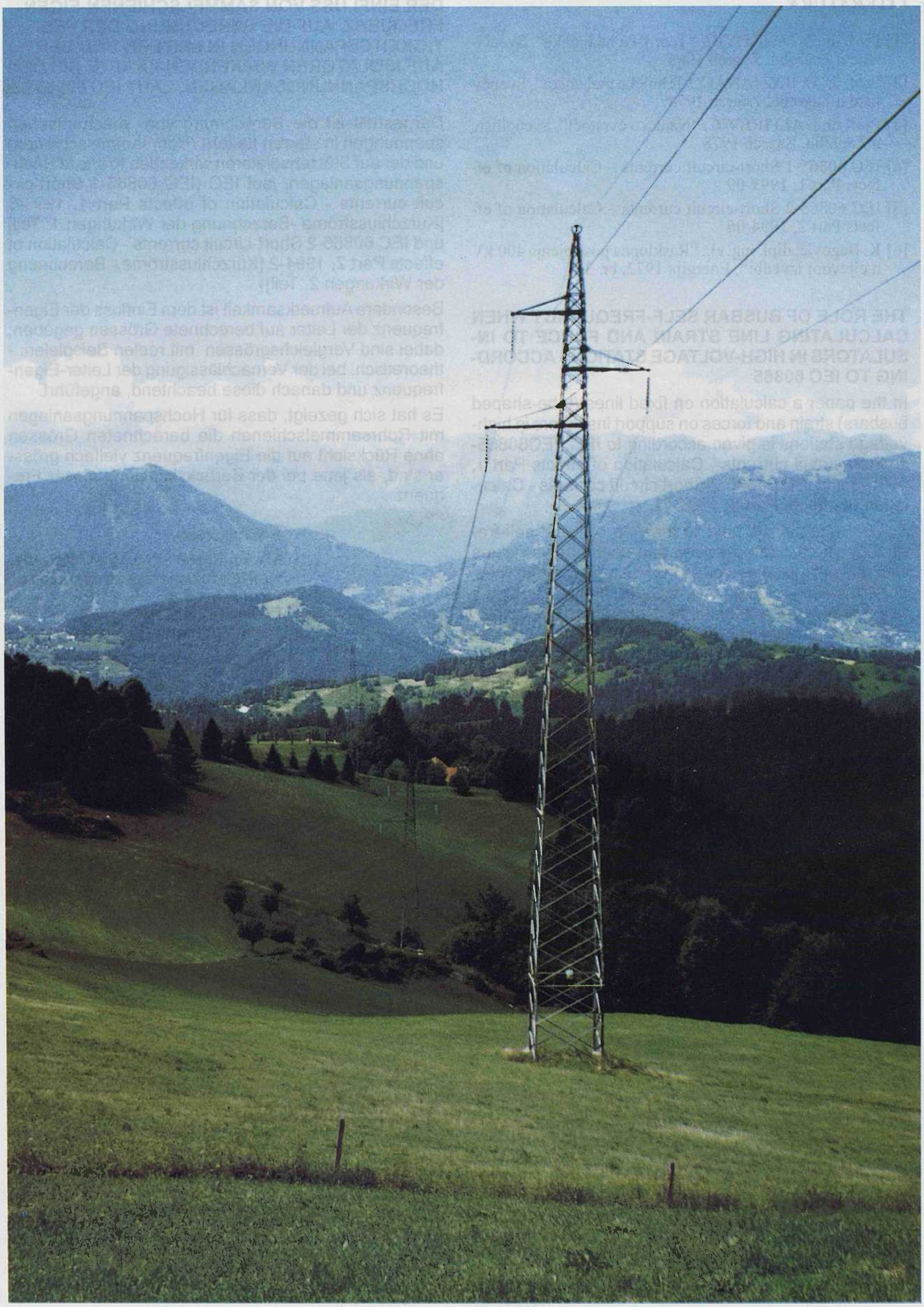
Besondere Aufmerksamkeit ist dem Einfluss der Eigenfrequenz der Leiter auf berechnete Grössen gegeben; dabei sind Vergleichsgrössen mit reelen Beispielen: - theoretisch, bei der Vernachlässigung der Leiter-Eigenfrequenz und danach diese beachtend, angeführt.

Es hat sich gezeigt, dass für Hochspannungsanlagen mit Rohrsammelschienen die berechneten Grössen ohne Rücksicht auf die Eigenfrequenz vielfach grösser sind, als jene bei der Berücksichtigung dieser Frequenz.

Naslov pisca:

Mr. sc. Borko Frühwirth, dipl. ing.
Končar-Inženjering za energetiku i transport d.d.
Fallerovo šetalište 22,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2002 – 06 – 26.



NOVI TARIFNI SUSTAV

Na sjednici održanoj 29. kolovoza 2002. godine, Vlada Republike Hrvatske donijela je **Tarifni sustav za usluge elektroenergetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge.** Objavljen je u **Narodnim novinama broj 101 od 30. kolovoza** 2002. godine. Stupanjem na snagu ovoga Tarifnoga sustava prestaje vrijediti Tarifni sustav za prodaju električne energije (»Narodne novine«, br. 8/91, 10/91, 23/92, 33/93, 43/93 i 20/94).

Prema općim odredbama u članku 1. ovim Tarifnim sustavom utvrđuju se tarifni elementi za obračun cijena električne energije, odnosno usluga elektroenergetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge za različite energetske subjekte, odnosno kupce, ovisno o vrsti, snazi, kvaliteti i drugim elementima isporučene energije te način primjene tih elemenata.

Tarifni sustav primjenjuje se na području Hrvatske, a temelji se na troškovima poslovanja, održavanja, zamjene, izgradnje ili rekonstrukcije objekata i zaštite okoliša, te ostalim troškovima nužnim za ispravno i pouzdano funkcioniranje elektroenergetskog sustava, uključujući razuman rok povrata sredstava od investicija u elektroenergetski sustav.

HEP – Hrvatska elektroprivreda d.d., Zagreb, dužna je omogućiti korištenje usluga koje se obavljaju kao »javne usluge« svim kupcima po uvjetima iz ovog Tarifnog sustava (članak 2). Osnovni elementi za obračun - tarifne stavke su za istu kategoriju potrošnje jednaki na cijelom području Republike Hrvatske (članak 3).

Da bi potrošači lakše razumjeli tekst, jednoznačno su utvrđena značenja pojedinih izraza (članak 4). U smislu ovog Tarifnog sustava pojedini izrazi imaju sljedeća značenja:

1. **kategorija potrošnje** – kategorizacija kupaca s obzirom na vrstu korisnika (kupca), naponsku razinu na kojoj preuzimaju električnu energiju (za isporučitelja mjesto predaje), razdoblje isporuke i sezonsku ili dnevnu dinamiku isporuke
2. **obračunski elementi** - komponente Tarifnog sustava na temelju kojih se obračunavaju cijene električne energije, odnosno usluga energetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge za različite energetske subjekte, odnosno kupce, ovisno o vrsti, snazi, kvaliteti i drugim elementima isporučene energije
3. **povlašteni kupac** - kupac koji je u prethodnom obračunskom razdoblju ostvario godišnju potrošnju veću od potrošnje propisane zakonom i stekao pravo da može slobodno izabrati opskrbljivača električne energije
4. **tarifne stavke** - elementi koji omogućuju obračun naknade za uslugu isporuke električne energije za obračunsko razdoblje, ovisno o vrsti korisnika, razdoblju isporuke i sezonskoj ili dnevnoj dinamici isporuke;
5. **tarifni kupac** - kupac za kojeg se energija dobavlja na regulirani način i po reguliranoj cijeni
6. **tarifni model** - određena kombinacija tarifnih stavki.

U člancima 5. i 6. utvrđene su kategorije potrošnje, pa se prema tome kupci svrstavaju u:

– kupci na visokom naponu
– kupci na srednjem naponu
– kupci na niskom naponu – kućanstva
– kupci na niskom naponu – javna rasvjeta
– kupci na niskom naponu – poduzetništvo.

Kupci na visokom naponu imaju mjesto predaje na visokom naponu od uključivo 110 kV pa na više.

Kupci na srednjem naponu imaju mjesto predaje na srednjem naponu, odnosno od 1 kV do 110 kV.

Kupci na niskom naponu imaju mjesto predaje na niskom naponu do uključivo 1 kV napona.

Kućanstvo su kategorija koja obuhvaća cjelokupnu potrošnju električne energije ostvarenu u stanovima, kućama za odmor, garažama, stubištima u stambenim zgradama i pristupima stambenim zgradama kao i potrošnju za pogon zajedničkih uređaja u stambenim zgradama (dizala, strojevi za pranje i sušenje rublja i sl., te motori centralnog grijanja i kućnih vodovoda).

Kategorija javne rasvjete obuhvaća samo potrošnju električne energije za osvjetljavanje ulica, trgova, cesta, spomenika, povijesnih objekata i uređaja za prometnu signalizaciju.

Kategoriju poduzetništvo čine svi kupci na niskom naponu, a koji nisu navedeni kao kućanstvo ili javna rasvjeta.

Struktura cijene električne energije prikazana je u člancima 7. do 24.

U članku 7. utvrđeno je što sve ulazi u cijenu električne energije, a to je:

– naknada za uslugu isporuke električne energije
– naknada za obavljanje poslova reguliranja energetskih djelatnosti
– naknada za snošenje naslijeđenih troškova.

Što obuhvaćaju navedene naknade utvrđeno je u člancima 8. do 10.

Kao što je navedeno u članku 8., **naknada za uslugu isporuke električne energije** obuhvaća sve troškove koji nastaju prilikom rada elektroenergetskog sustava, udio u cijeni za potrebe razvoja sustava, te dobit koju odobri Vijeće za regulaciju energetskih djelatnosti. Naknada sadržava sljedeće troškove:

– proizvodnje i/ili dobave električne energije
– prijenosa električne energije
– distribucije električne energije
– opskrbe električnom energijom
– vođenja elektroenergetskog sustava
– organiziranja tržišta električne energije.

Naknada za regulaciju energetskih usluga dio je cijene električne energije iz koje se financira rad Vijeća (članak 9.). Iznos te naknade propisuje Vlada Republike Hrvatske.

Naknada za snošenje naslijeđenih troškova (članak 10.) dio je cijene električne energije iz koje se podmiruju obveze i troškovi nastali prije 1. siječnja 2002. godine, a koji ne mogu ili ne mogu u cijelosti biti pokriveni u tržišnim uvjetima poslovanja.

HEP d.d. kao nositelj obveze javne usluge, treba u roku od 12 mjeseci od stupanja na snagu Zakona o energiji utvrditi iznos naslijeđenih troškova i zatražiti suglasnost Vijeća za određivanje naknade za snošenje tih troškova u cijeni energije, za pojedine kategorije potrošnje.

Prema članku 11. cijena električne energije za svaku kategoriju potrošnje određuje se tarifnim modelima kojih ima pet, a prikazani su u zakonu kao prilozi 1 do 5.

To su:

– tarifni modeli za visoki napon
– tarifni modeli za niski napon
– tarifni modeli za niski napon – kućanstva
– tarifni modeli za niski napon – poduzetništvo i
– tarifni modeli za niski napon – javna rasvjeta.

Karakteristike svakog modela prikazane su u tablicama u daljnjem tekstu.

U člancima 12. do 17. utvrđeni su kao obračunski elementi za obračun naknade za uslugu isporuke električne energije (članak 12) te dano njihovo značenje:

– radna snaga izražena u kW;
– preuzeta radna energija izražena u kWh;
– prekomjerno preuzeta jalova energija izražena u kVArh;
– stalna mjesečna naknada.

Prema članku 18. stalna mjesečna naknada je mjesečna naknada fiksnog iznosa za svako mjerno mjesto. Naknada obuhvaća troškove očitavanja, obračuna, dostave računa i naplate, te održavanja mjernog mjesta i ostale troškove koji nisu direktno ovisni o količini preuzete električne energije.

U člancima 19. i 20. pobliže su utvrđena mjesta predaje i mjesta mjerenja električne energije te način utvrđivanja gubitaka.

Nadalje, u člancima 21. do 24. utvrđeno je da se pri obračunavanju snage, preuzete radne energije i prekomjerno preuzete jalove energije kilovati (kW), kilovatsati (kWh) i kilovarsati (kVArh) zaokružuju na cijele brojeve. Osim toga, utvrđene su tarifne stavke za kupce na visokom i srednjem naponu (viša i niža sezona, više i niže dnevne tarifne stavke) te način promjene tarifnog modela.

Po višim dnevnim tarifnim stavkama obračunava se električna energija isporučena u vremenu od 6 do 22 sata u razdoblju kada se koristi zimsko računanje vremena, a u vremenu od 7 do 23 sata u razdoblju kada se koristi ljetno računanje vremena.

Po nižim dnevnim tarifnim stavkama obračunava se električna energija isporučena u vremenu od 22 do 6 sati idućeg dana u razdoblju kada se koristi zimsko računanje vremena, a u vremenu od 23 do 7 sati idućeg dana u razdoblju kada se koristi ljetno računanje vremena.

Uklopni satovi dvotarifnih brojila električne energije stalno su postavljeni po srednjoeuropskom vremenu i na prijelazu na ljetno računanje vremena ne pomiču se za sat naprijed.

U člancima 25. do 29. prikazani su tarifni modeli za kupce na visokom i srednjem naponu.

Tarifne stavke za kategoriju potrošnje kupci na visokom naponu utvrđuju se za tarifni model Bijeli. Obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade, naknade za radnu snagu (kn/kW), te troška radne (kn/kWh) i prekomjerno preuzete jalove energije (kn/kVArh) kako je prikazano u tablici 1.

Tarifne stavke za kategoriju potrošnje kupci na srednjem naponu utvrđuju se za tarifni model Bijeli, kako je prikazano u tablici 2. Obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade, naknade za radnu snagu (kn/kW), te troška radne (kn/kWh) i prekomjerno preuzete jalove energije (kn/kVArh).

1. Tarifni modeli za visoki napon

Obračunski element	**TARIFNE STAVKE**			**TARIFNI MODEL**
	Jedinica mjere	**Sezonski**	**Dnevni**	**Bijeli**
Radna snaga	kn/kW	viši	-	**50,00**
		niži	-	**34,00**
Radna energija	kn/kWh	viši	VT	**0,27**
			NT	**0,12**
		niži	VT	**0,25**
			NT	**0,11**
Jalova energija	kn/kVArh			**0,10**
Stalna mjesečna naknada	kn/mjesec			**100,00**

2. Tarifni modeli za niski napon

Obračunski element	**TARIFNE STAVKE**			**TARIFNI MODEL**
	Jedinica mjere	**Sezonski**	**Dnevni**	**Bijeli**
Radna snaga	kn/kW	viši	-	**60,00**
		niži	-	**40,00**
Radna energija	kn/kWh	viši	VT	**0,36**
			NT	**0,17**
		niži	VT	**0,33**
			NT	**0,15**
Jalova energija	kn/kvarh			**0,13**
Stalna mjesečna naknada	kn/mjesec			**100,00**

U člancima 27. do 29. dana su pojašnjenja odnosa izmjerena i ugovorena snaga te način i uvjeti ugovaranja po obračunskim razdobljima te otkaza ugovora.

Tarifni modeli za kupce na niskom naponu prikazani su u člancima 30. do 34. Tarifne stavke za **kategoriju potrošnje kupci na niskom naponu – kućanstva** utvrđuju se za sljedeće tarifne modele kako je prikazano u tablici 3.

3. Tarifni modeli za niski napon – kućanstva

Obračunski element	TARIFNE STAVKE		TARIFNI MODEL			
	Jedinica mjere	Dnevni	Plavi	Bijeli	Narančasti	Crni
Radna energija	kn/kWh	VT	0,60	0,64	0,81	0,28
		NT	–	0,32	–	0,28
Stalna mjesečna naknada	kn/mjesec		15,00	15,00	–	5,00

Za ovu kategoriju potrošnje tarifni modeli se dijele na:

- **Plavi** - obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade i troška radne energije (kn/kWh - jednotarifno mjerenje)
- **Bijeli** - obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade i troška radne energije (kn/kWh - dvotarifno mjerenje)
- **Narančasti** - postoji samo tarifna stavka za utrošenu radnu energiju (kn/kWh), primjenjivo za kupce s instaliranim samonaplatnim brojilom
- **Crni** - obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade i troška radne energije (kn/kWh – jednotarifno mjerenje), primjenjivo za kupce s upravljanom potrošnjom.

Tarifne stavke za **kategoriju potrošnje kupci na niskom naponu – poduzetništvo** utvrđuju se za sljedeće tarifne modele, kako je prikazano u tablici 4.

- **Plavi** - obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade i troška radne (kn/kWh) i jalove energije (kn/kWh - jednotarifno mjerenje)
- **Bijeli** - obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade i troška radne (kn/kWh) i jalove energije (kn/kWh - dvotarifno mjerenje)
- **Crveni** - obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade, naknade za angažiranu snagu (kn/kW) i troška radne (kn/kWh) i jalove energije (kn/kWh - dvotarifno mjerenje); model je obvezan za kupce kategorije poduzetništvo s priključnom snagom 30 kW i više (snaga iz elektroenergetske suglasnosti)
- **Narančasti** - postoji samo tarifna stavka za utrošenu radnu energiju (kn/kWh), primjenjivo za kupce s instaliranim samonaplatnim brojilom.

Za ovu kategoriju potrošnje tarifni modeli se dijele na:

4. Tarifni modeli za niski napon - poduzetništvo

Obračunski element	TARIFNE STAVKE		TARIFNI MODEL			
	Jedinica mjere	Dnevni	Plavi	Bijeli	Crveni	Narančasti
Radna snaga	kn/kW		–	–	30,00	–
Radna energija	kn/kWh	VT	0,60	0,64	0,52	0,81
		NT	–	0,32	0,24	–
Jalova energija	kn/kvarh		0,15	0,15	0,15	–
Stalna mjesečna naknada	kn/mjesec		60,00	60,00	60,00	–

Tarifne stavke za **kategoriju potrošnje kupci na niskom naponu – javna rasvjeta** utvrđuju se za sljedeći tarifni model prema tablici 5.

5. Tarifni modeli za niski napon – javna rasvjeta

Obračunski element	TARIFNE STAVKE		TARIFNI MODEL
	Jedinica mjere	Dnevni	PLAVI
Radna energija	kn/kWh	VT	0,45
		NT	–
Stalna mjesečna naknada	kn/mjesec		30,00

Za ovu kategorju potrošnje tarifni modeli koji se primjenjuje označen je kao:

– Plavi - obračun se sastoji od stalne mjesečne naknade i troška radne energije (kn/kWh - jednotarifno mjerenje).

U člancima 33. i 34. utvrđuje SE način obračuna potrošnje električne energije, ako se potrošnja električne energije za kategoriju kućanstva i kategoriju poduzetništva mjeri zajedno, odnosno da se ukupna potrošnja električne energije obračunava po višim tarifnim stavkama u trenutku obračuna.

Kod upravljane potrošnje električne energije vrijeme opskrbe određuje isporučitelj, s tim da se kupcu jamči opskrba osam sati tijekom dana (u pravilu tijekom niže dnevne tarife).

U završnim i prijelaznim odredbama, u člancima 35. do 42. utvrđeno je da su naknade i popusti za priključivanje na elektroenergetski sustav ili za povećanje priključne snage definirane u Pravilniku o uvjetima i načinu izračuna troškova priključka korisnika na distribucijsku mrežu, koji donosi ministar, sukladno Zakonu o tržištu električne energije.

Prema članku 38. danom stupanja na snagu ovog Tarifnog sustava postojeći kupci bit će automatski (prema postojećoj mjernoj opremi) raspoređeni u sljedeće tarifne modele:

1. Kupci na naponu 110 kV u tarifni model za visoki napon – Bijeli.
2. Kupci na naponu 35 i 10 (20) kV u tarifni model za srednji napon – Bijeli.
3. Kupci javne rasvjete u tarifni model za niski napon – javna rasvjeta - Plavi.
4. Kupci kategorije »ostali na 0,4 kV« u tarifni model za niski napon – poduzetništvo i to:
   – jednotarifna brojila u tarifni model – Plavi
   – dvotarifna i trotarifna brojila sa priključnom snagom manjom od 30 kW u tarifni model – Bijeli
   – dvotarifna i trotarifna brojila sa priključnom snagom većom od 30 kW u tarifni model – Crveni
   – samonaplatna brojila u tarifni model – Narančasti.
5. Kupci kategorije kućanstvo u tarifni model za niski napon – kućanstva i to:
   – jednotarifna brojila u tarifni model – Plavi
   – dvotarifna i trotarifna brojila u tarifni model – Bijeli
   – samonaplatna brojila u tarifni model – Narančasti
   – upravljana potrošnja u tarifni model – Crni.

U člancima 39. do 42. utvrđeno je da se :

– Naknada za regulaciju energetskih usluga neće kupcima naplaćivati u 2002. godini.

– Naknada za naslijeđene troškove neće se kupcima naplaćivati u 2002. godini.

Prema članku 43. ovaj Tarifni sustav primjenjuje se od 1. rujna 2002. godine.

SBK

NOVA UREDBA O GRANIČNIM VRIJEDNOSTIMA EMISIJE ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK

Vlada Republike Hrvatske je na sjednici održanoj 5. rujna 2002. godine donijela novu **Uredbu o izmjenama i dopunama Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora.** Ova Uredba objavljena je u Narodnim novinama broj 105 od 11.9.2002. godine.

Ovom Uredbom se mijenjaju pojedini članci iz ranije Uredbe objavljene u Narodnim novinama broj 140/97 od 29.12.1997. godine. Opsežne izmjene i dopune ranije Uredbe obuhvaćene su u 68 članaka nove Uredbe.

SBK

PEDESET GODINA STATISTIČKOG PRAĆENJA ELEKTROPRIVREDNOG SUSTAVA HRVATSKE

Godine 1952. počinje praćenje statističkih podataka u elektroprivredi Hrvatske. U to prvo vrijeme opseg podataka je vrlo skroman, pa nedostaju neki podaci vezani uz rad elektrana (broj radnih sati, sati potrošeni na remont i njegu, sati stajanja zbog kvara, itd.). Podaci se izdaju u publikaciji pod nazivom "Godišnjak Biltena elektroprivrednog sistema Hrvatske". Publikaciju u to vrijeme izdaje Institut za elektroprivredu, prethodnik Instituta za elektroprivredu i energetiku.

Od 1955. godine Godišnjak izdaju zajednički Institut za elektroprivredu i Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske. Od 1958. godine pa do danas Godišnjak izdaje Zajednica elektroprivrednih poduzeća Hrvatske, koja početkom devedesetih godina mijenja naziv u Hrvatska elektroprivreda.

Prikupljanje podataka i izradu Godišnjaka kao i Mjesečnika obavlja posebna služba, odnosno odjel, koji je danas organizacijski smješten u Sektoru za poslovnu informatiku – Odjel za statistiku i dokumentaciju, čije će djelovanje biti prilagođeno u skladu s preoblikovanjem Hrvatske elektroprivrede.

Da bi se čitateljima što vjernije prikazalo stanje u elektroenergetici, najbolje je poslužiti se riječima iz Godišnjaka iz tog doba.

U uvodu piše "Godišnjak Biltena elektroprivrednog sistema NR Hrvatske objelodanjuje se s ciljem da se prikaže razvoj elektroprivrede NR Hrvatske zadnjih godina i obuhvati mnogovrsni statistički materijal o proizvodnji i potrošnji električne energije NR Hrvatske...".

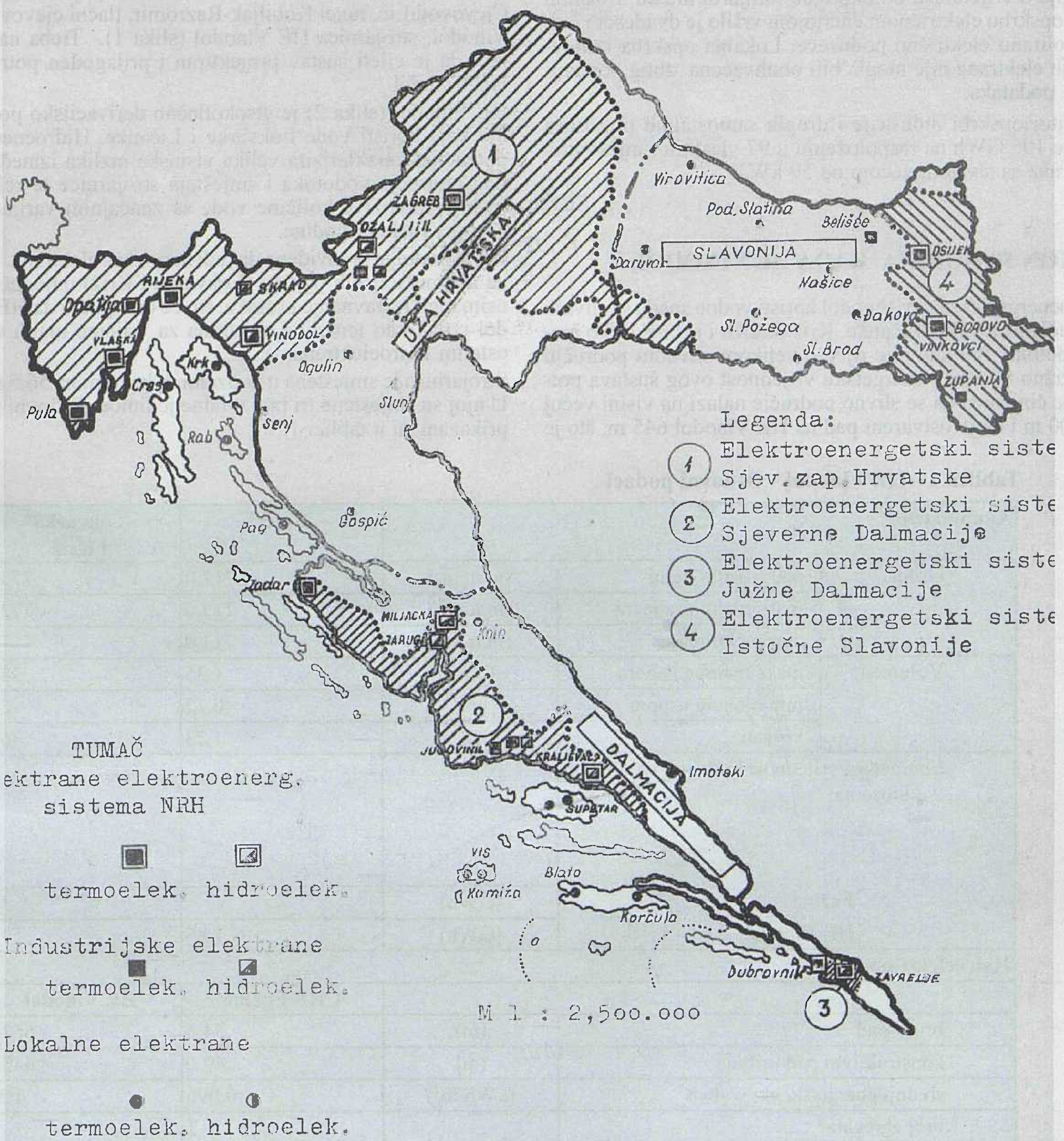
U općem pregledu elektroprivrede NR Hrvatske za 1953. godinu stoji:

"Za elektroprivrednu opskrbnu djelatnost NR Hrvatske u 1953. godini raspodjeljenu između udruženih elektroprivrednih poduzeća, lokalnih električnih i industrijskih te njima sličnih elektrana, od najveće važnosti je djelovanje udruženih poduzeća. Nakon što su prošle (tj. 1952. godine) u glavnim crtama postavljeni principi organizacije elektroprivrede u našoj zemlji, mogla su poduzeća ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA nr Hrvatske tokom 1953. godine upotpuniti organizaciju povezivanja elektroprivrednih poduzeća u jednu elektroprivrednu cjelinu, što je došlo do izražaja osnivanjem elektroprivrednog sistema NR Hrvatske tokom mjeseca kolovoza te godine (misli se na 1952. godinu).

Elektroprivredni sistem NR Hrvatske razvijajući svoju opskrbnu aktivnost u četiri elektroenergetska područja (elektroenergetsko područje sjevero-zapadne Hrvatske, sjeverne Dalmacije, južne Dalmacije i Slavonije – vidi kartu) obuhvatio je opskrbu električnom energijom Hrvatske sa 88,2 %. Ova ukupna količina otpada na opće potrebe. Ostala javna opskrba sa 0,6 % od ukupnih potreba, bila je u rukama lokalnih elektroprivrednih opskrbnih poduzeća, dok je proizvodnja električne energije industrijskih i ostalih vlastitih elektrana iznosila 11,2 % ukupnih potreba električne energije NR Hrvatske.

Ovdje treba istaknuti, da su stvarne potrebe potrošača električne energije bile u NR Hrvatskoj znatno veće i da te potrebe nisu mogle biti u cjelosti podmirene pomoću raspoloživih elektroprivrednih opskrbnih postrojenja.

ELEKTROENERGETSKA PODRUČJA I
VAŽNIJE ELEKTRANE U NR HRVATSKOJ



Legenda:
1 Elektroenergetski siste Sjev. zap. Hrvatske
2 Elektroenergetski siste Sjeverne Dalmacije
3 Elektroenergetski siste Južne Dalmacije
4 Elektroenergetski siste Istočne Slavonije

TUMAČ
ektrane elektroenerg. sistema NRH

termoelek. hidroelek.

Industrijske elektrane
termoelek. hidroelek.

Lokalne elektrane
termoelek. hidroelek.

—·—·— Granica izmedju uže Hrvatske i Dalmacije

—··—··— Granica izmedju uže Hrvatske i Slavonije

····· Granica elektroenergetskih područja

////// Elektroenergetsko područje

M 1 : 2,500.000

Karta

Elektroprivredni sistem NRH sačinjavalo je u 1953. godini 13 elektropeivrednih poduzeća, od kojih je bilo i 16 distributivnih, s ukupno stvarnom snagom od 173,5 MW na generatorima elektrana sa 1648 km prenosnih vodova sa pogonskim naponom od 30 i više kV i sa 350 mVA instaliranog transformatorskog učina u transformatorskim stanicama.

Opskrba 261.900 potrošača iziskivala je 830 GWh električne energije u vrijednosti od oko 6,00 milijardi dinara. Lokalnu opću opskrbu električnom energijom vršilo je dvadeset i jedno izolirano električno poduzeće. Lokalna opskrba iz mješovitih elektrana nije mogla biti obuhvaćena zbog pomanjkanja podataka.

Vlastitoj opskrbi industrije i drugih samostalnih potrošača bilo je 106 GWh na raspoloženju u 97 vlastitih i mješovitih elektrana sa snagom većom od 50 kW."

SBK

NAKON 50 GODINA RADA HE VINODOL

Hidroenergetski sustav Vinodol koristi vodnu snagu sa slivnih područja Lokvarke, Ličanke, Križ potoka i još nekoliko manjih potoka. Premda nije riječ o velikom slivnom području (približno 80 km^2), energetsku vrijednost ovog sustava potvrđuje činjenica da se slivno područje nalazi na visini većoj od 700 m i da je ostvareni pad na HE Vinodol 645 m, što je jedan od najviših ostvarenih padova na hidroenergetskim postrojenjima u Europi. Izgradnja objekata započeta je 1939., a sustav je u pogonu od 1952.g. Radi povećanja proizvodnje, u sustav je 1985. uključena i CHE Lepenica. Glavni dijelovi hidroenergetskog sustava Vinodol su pregrada i akumulacija Lokvarka, CHE Fužine, pregrada i akumulacija Bajer, pregrada i akumulacija Lepenica, CHE Lepenica, CS Križ, CS Lič, tunel Lokvarka-Ličanka, spojni tunel Križ, Cjevovod Lič, tunel Kobiljak-Razromir, tlačni cjevovod HE Vinodol, strojarnica HE Vinodol (slika 1). Treba napomenuti da je cijeli sustav projektiran i prilagođen potrebama HE Vinodol.

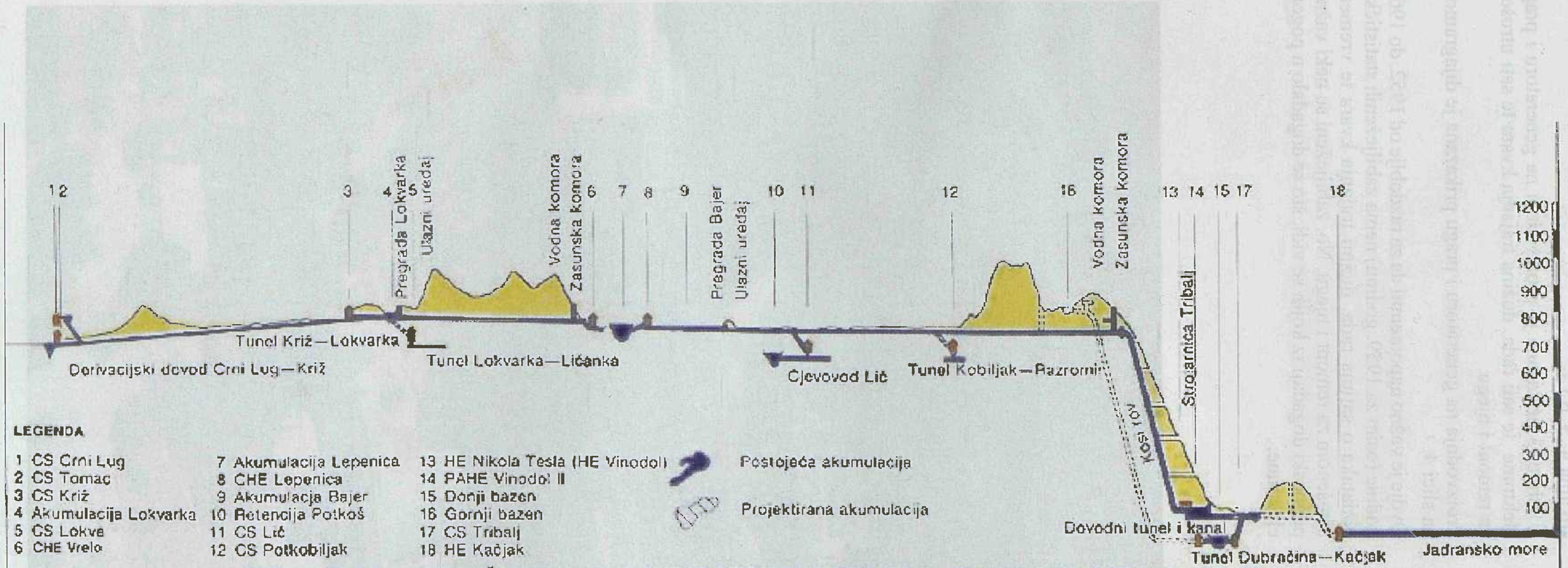
HE Vinodol (slika 2) je visokotlačno derivacijsko postrojenje koje koristi vode Lokvarke i Ličanke. Hidroenergetski potencijal karakterizira velika visinska razlika između slivnog područja vodotoka i smještaja strojarnice te relativno male raspoložive količine vode sa značajnim varijacijama protoka tijekom godine.

HE Vinodol je predviđena da radi kao vršna elektrana. Veličina akumulacijskih bazena (Lokvarka i Križ) omogućuje joj osim toga i izravnanje protoke, što će omogućiti da HE Vinodol radi i kao temeljna elektrana za vrijeme malih voda u ostalim hidroelektranama.

Strojarnica je smještena u podzemnoj kaverni na 56,5 m n.m. U njoj su smještene tri proizvodne jedinice. Osnovni podaci prikazani su u tablici 1.

Tablica 1 - HE Vinodol - Osnovni podaci

Akumulacija			**Bajer**	**Lokvarka i Križ**
Uspor	- maksimalni radni	(m n. m.)	717,0	770,0
	- maksimalni preljevni	(m n. m.)	719,0	772,0
	- minimalni radni	(m n. m.)	713,0	717,0
Volumen	- maksimalnog uspora	(hm^3)	1,35	38,4
	- minimalnog uspora	(hm^3)	0,12	2,0
	- korisni	(hm^3)	1,23	36,4
Energetska vrijednost korisnog volumena u odnosu na:				
	- Fužine	(GWh)	-	3,5
	- HE Vinodol	(GWh)	1,86	54,9
Hidroelektrana				
			CHE Fužine	**HE Vinodol**
bruto-pad		(m)	54,5	658,0
konstruktivni pad turbine		(m)	49,0	645,5
srednji energetski ekvivalent		(kWh/m^3)	0,096	1,51
broj agregata			1	3
snaga turbine		(MW)	3,9/4,27	13,84
snaga generatora		(MVA)	5,0/4,8	35
instalirana snaga		(MW)	4,0	84,0
instalirani protok		(m^3/s)	9,9	16,7
brzina vrtnje agregata		(min^{-1})	375,0	500,0
Energija				
Maksimalna godišnja		(GWh)	191,2	
Minimalna godišnja		(GWh)	59,0	
Prosječna godišnja		(GWh)	133,6	
- konstantna		(GWh)	1,6	
- varijabilna		(GWh)	132,0	



Slika 1 – HE Vinodol - Situacija

Instalirani protok elektrane iznosi 16,7 m^3/s, a ukupno instalirana snaga 84 MW s tri agregata instalirane snage 28 MW svaki. Pelton turbine horizontalne izvedbe imaju instaliranu snagu 13,8 MW pri protoku od 2,5 m^3/s kod srednjeg neto pada od 645,5 m.

Dana 25. svibnja 1952. godine izvršena je prva sinhronizacija elektrane na mrežu i davanje energije. U radu je jedan agregat. U početku 1953. godine završena je montaža drugog agregata. Dovršena je montaža strojarnice u Triblju s tri agregata po 28 MW, tako da je postignut konačni instalirani učin od 84 MW (maksimalno moguća snaga 76 MW). Izvršen je probni pogon.

Mjesečna proizvodnja (MWh) HE Vinodol prikazana je u tablici 2 te dijagramom na slici 3. Kao što je iz dijagrama na slici 3 vidljivo, najveća prosječna mjesečna proizvodnja ostvarena je u mjesecu prosincu u iznosu od 17.007 MWh, dok je najmanja ostvarena u mjesecu srpnju u iznosu od 4.773 MWh.

Proizvodnja i korištenje kapaciteta HE Vinodol u razdoblju od 1952. do 2002. prikazana je u tablici 3 te dijagramima na slikama 4, 5, 6 i 7.

U tablici 3 prikazana je proizvodnja na generatoru i pragu elektrane te sati rada, dužina trajanja kvara te sati utrošeni na remont i njegu.

Proizvodnja na generatoru i pragu prikazana je dijagramom na slici 4.

Ovdje je važno napomenuti da za razdoblje od 1952. do 1967. godine (osim za 1959. godinu) nema zabilježenih statističkih podataka o satima rada, dužini trajanja kvara te vremenu utrošenom za remont i njegu. No, zabilježeni su neki važniji pogonski događaji iz kojih se vidi, što se događalo u pogonu elektrane.

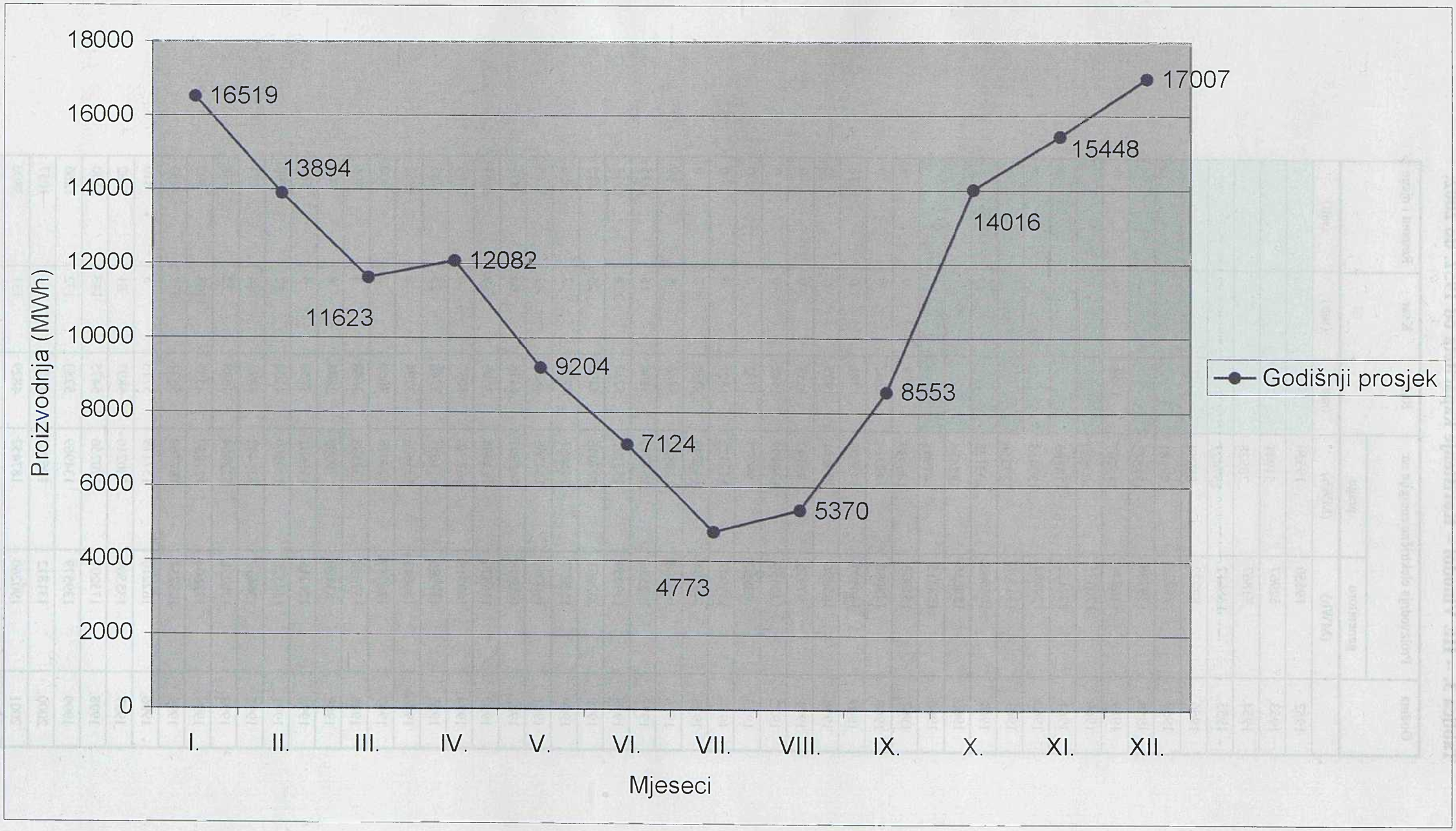


Slika 2 - HE Vinodol

Tablica 2 – HE Vinodol – Mjesečna proizvodnja (MWh) od 1952. do 2002.

Godina	Mjesečna proizvodnja (MWh)											
	Mjesec											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1952.						3496	2342	2635	4198	6879	0	0
1953.	4144	4605	4044	8053	3783	3485	169	2	5099	6811	5272	7200
1954.	4622	1904	17608	5387	13754	1549	3099	170	104	4248	11532	7890
1955.	16181	29650	23951	12123	5971	4425	3138	3985	7005	11156	11389	18638
1956.	19327	10214	1613	14551	5829	5583	4916	3420	2248	3190	10044	9036
1957.	7544	12585	3006	7576	5064	2976	154	599	7932	14220	7379	10941
1958.	17160	16087	17406	16954	8513	6308	3712	75	-	15854	18031	19656
1959.	18296	18871	9490	6546	10569	7176	5171	2184	9201	5426	4377	18894
1960.	13508	25120	15247	6172	5166	219	2957	4240	9963	32345	24269	28916
1961.	22110	10906	7823	3004	639	0	0	8910	21120	9112	21829	16679
1962.	11821	14906	20895	13688	8222	8732	829	3108	2462	12693	18119	19986
1963.	20627	9640	8773	5297	4375	4421	2342	4427	8796	19731	21141	18767
1964.	14664	3299	9818	8630	9050	4728	2953	1276	3416	12702	15004	18198
1965.	29257	20811	12266	11110	6648	10542	6471	5043	11523	30594	18643	25556
1966.	20164	11018	16401	6830	5126	5205	5540	11552	23139	13281	12560	22402
1967.	12750	21470	15791	13954	15796	1955	6774	12310	11302	20714	9240	9729
1968.	9036	19030	22270	8361	5847	4099	10438	23875	19542	7025	6797	11582
1969.	11902	18919	11507	3606	2626	8640	2771	9628	9628	20894	30131	13750
1970.	14022	13448	26004	17510	10672	2775	1479	8088	10602	25725	12959	22352
1971.	9305	7136	6156	5780	7432	7366	241	13222	14744	6072	10200	10317
1972.	2475	8281	6563	8397	18519	8115	179	1784	14578	12730	26664	22529
1973.	15772	14261	11447	14196	1995	1587	1480	4929	4894	10247	21123	13571
1974.	11442	9274	6684	4638	9090	6085	13295	7934	256	32461	14569	17401
1975.	15539	9250	4100	19763	7441	12452	5322	3290	14992	16674	25219	10259
1976.	3509	2779	8323	11540	8360	2830	1329	3633	13914	15254	22923	35243
1977.	31823	27987	19791	24191	6733	1956	1770	5018	6376	15025	11580	16119
1978.	18168	13193	16505	13713	9378	587	16734	19124	4917	14068	4506	8362
1979.	25323	34441	25486	26426	24732	16857	2282	2845	5476	4133	14242	20724
1980.	20337	20098	8023	5902	7709	7397	1672	94	2807	28029	28116	21891

1981.	12424	17852	15278	18494	1077	78	12424	11879	12042	18466	18931	21711
1982.	27731	3369	3511	23531	6316	10363	2811	2850	15601	21078	23191	28326
1983.	25192	11523	8850	17853	1018	17973	0	0	0	1179	14642	20592
1984.	23078	6783	9174	15566	15798	20990	0	0	8831	32780	15646	21084
1985.	17305	12294	9344	13723	20791	9108	0	6894	8774	7957	9704	11241
1986.	15955	16187	7072	23762	8814	8863	9301	0	0	0	21766	15178
1987.	10472	8272	7013	23705	16522	14461	6162	4	11946	9001	11620	9813
1988.	21989	34397	5995	10026	9462	10382	18580	6247	2177	6308	4694	6793
1989.	4363	6560	1904	2034	3714	14443	13841	10863	727	2714	15814	6501
1990.	9347	16628	12156	950	9802	4043	4440	9583	9517	10397	10434	23918
1991.	27730	7800	6557	2439	11419	7866	10184	2475	4800	17104	25524	20628
1992.	9162	4748	9305	15730	10733	12807	1369	4121	6360	17779	18846	25652
1993.	11775	3349	3715	5260	6230	5548	4587	4837	7979	15707	27924	31327
1994.	27792	17763	10677	11936	7332	2120	11897	9917	7563	9519	9604	6484
1995.	14645	19274	22163	10686	18412	14403	8854	4395	22989	15026	9118	13289
1996.	18642	10303	3009	14144	12022	6922	9068	4976	10980	11659	22957	37528
1997.	30078	12580	10958	10370	7323	9484	35	11874	3201	12300	10700	16666
1998.	26128	8140	4585	10150	4204	8066	8026	4361	21854	36334	30168	13191
1999.	10455	14962	13171	18937	22268	19248	5197	0	1855	7725	5640	20121
2000.	20066	15578	14336	13645	3083	4318	624	5266	9405	12370	17483	15638
2001.	34877	25104	36153	29164	22328	3190	1676	577	10829	8124	10158	8080
2002.	5904	12061	9217	8072	12484							
Godišnji prosjek	16519	13894	11623	12082	9204	7124	4773	5370	8553	14016	15448	17007

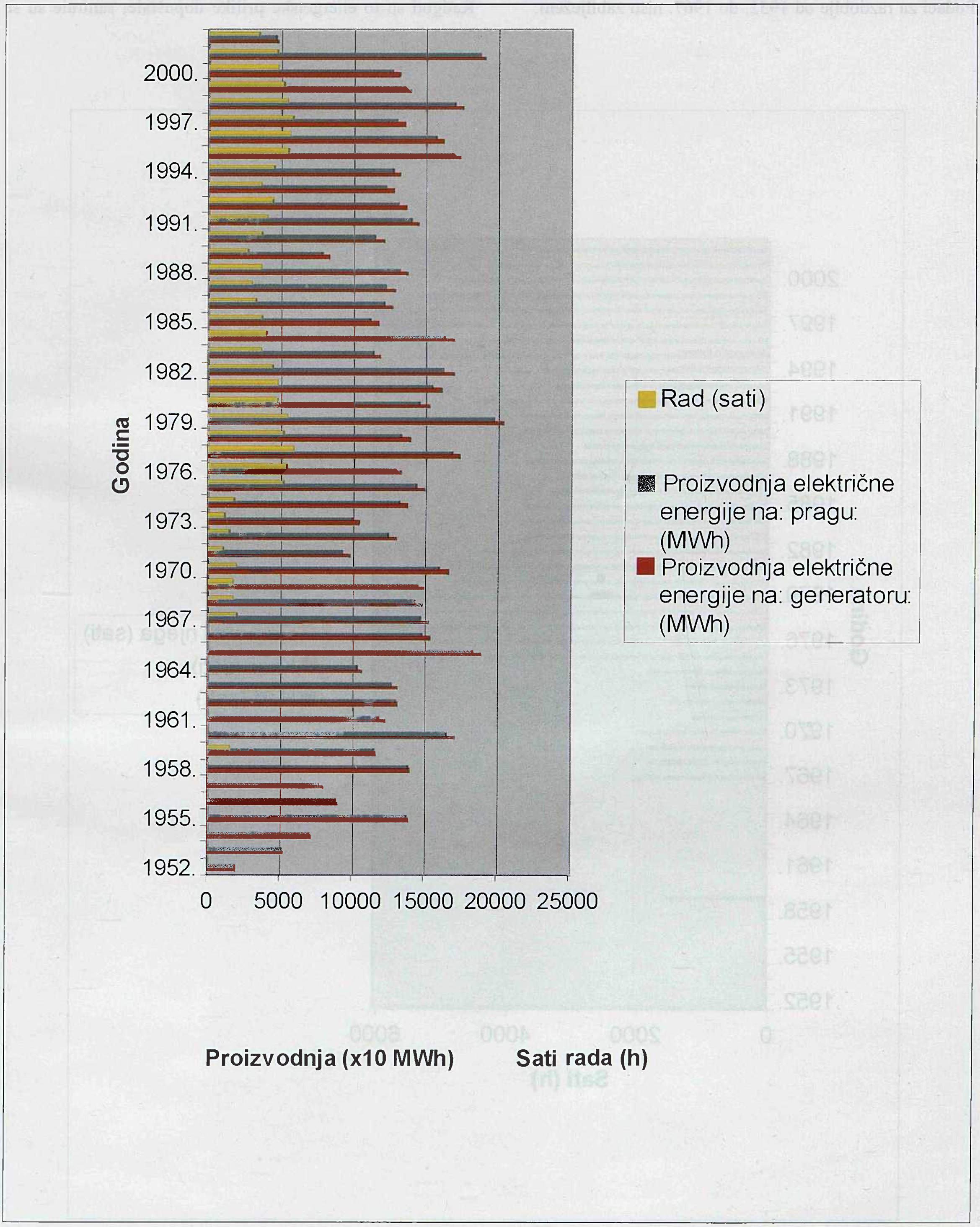


Slika 3 - HE Vinodol - Prosječna mjesečna proizvodnja od 1952. do 2002.

Tablica 3. – HE Vinodol – Korištenje kapaciteta od 1952. do 2002.

Godina	Proizvodnja električne energije na:		Rad	Kvar	Remont i njega
	generatoru	pragu			
	(MWh)	(MWh)	(sati)	(sati)	(sati)
1952.	19550	19550			
1953.	52967	51941			
1954.	71867	70528			
1955.	138612	137421			
1956.	89972	88844			
1957.	79976	77381			
1958.	139756	138505			
1959.	116244	115207	1550	0	0
1960.	170335	164830			
1961.	122132	118185			
1962.	131274	130415			
1963.	131506	127256			
1964.	106566	103122			
1965.	188656	182656			
1966.	153415	147993			
1967.	151973	146937	2026	0	0
1968.	148080	142914	1762	0	0
1969.	149597	145003	1781	0	1576
1970.	165896	159281	1975	0	0
1971.	97970	93147	1113	0	0
1972.	130459	124409	1482	0	0
1973.	103997	99777	1182	0	0
1974.	137907	132022	1821	0	0
1975.	149294	143740	5228	0	0
1976.	133588	128824	5446	6	99
1977.	173555	167797	5898	15	1115
1978.	139259	133195	5259	228	1913
1979.	202963	197046	5496	25	815
1980.	152077	145681	4795	3	799
1981.	160661	154566	4838	42	3168
1982.	169048	162301	4478	65	871
1983.	118820	113968	3695	269	2865
1984.	169318	162586	4037	0	1469
1985.	117586	111655	3748	25	787
1986.	126643	121436	3294	0	1952
1987.	128989	123076	3060	2	900
1988.	137058	132338	3688	3	796
1989.	83480	79089	2804	8	505
1990.	121215	115631	3710	5	566
1991.	144526	140369	4104	17	798
1992.	136612	131442	4493	164	674
1993.	128238	122904	3688	22	738
1994.	132604	127937	4585	1368	892
1995.	173254	167769	5531	1372	953
1996.	162210	157119	5713	5	810
1997.	135569	130210	5897	81	2082
1998.	175207	170256	5475	143	1130
1999.	139579	134969	5253	172	1266
2000.	131812	126962	4855	4	1057
2001.	190260	187452	4829	131	3800
2002.	47738	46828	3508	32	1547

Zbog toga se navedeni iznos odnosi na razdoblje lipanj – prosinac. Za 2002. godinu navedeni iznos se odnosi na proizvodnju od siječnja do lipnja.

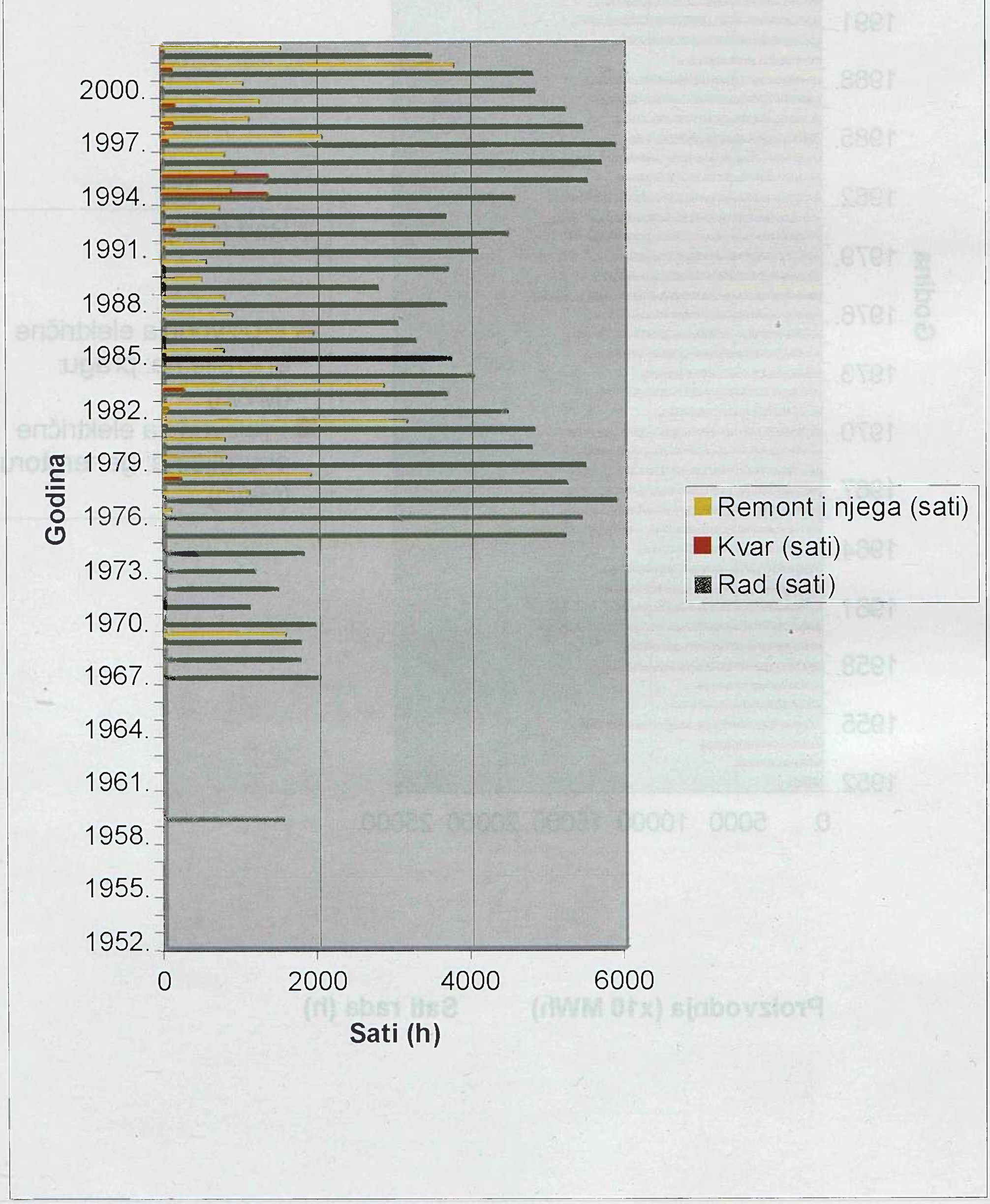


Slika 4 – HE Vinodol - Proizvodnja električne energije od 1952. do 2002.

Najveća proizvodnja ostvarena je u 1979. godini u iznosu od 202.963 MWh, a najmanja u 1953. godini u iznosu 52. 967 MWh.

Na slici 6 prikazano je vrijeme stajanja elektrane zbog kvara. Podaci za razdoblje od 1952. do 1967. nisu zabilježeni.

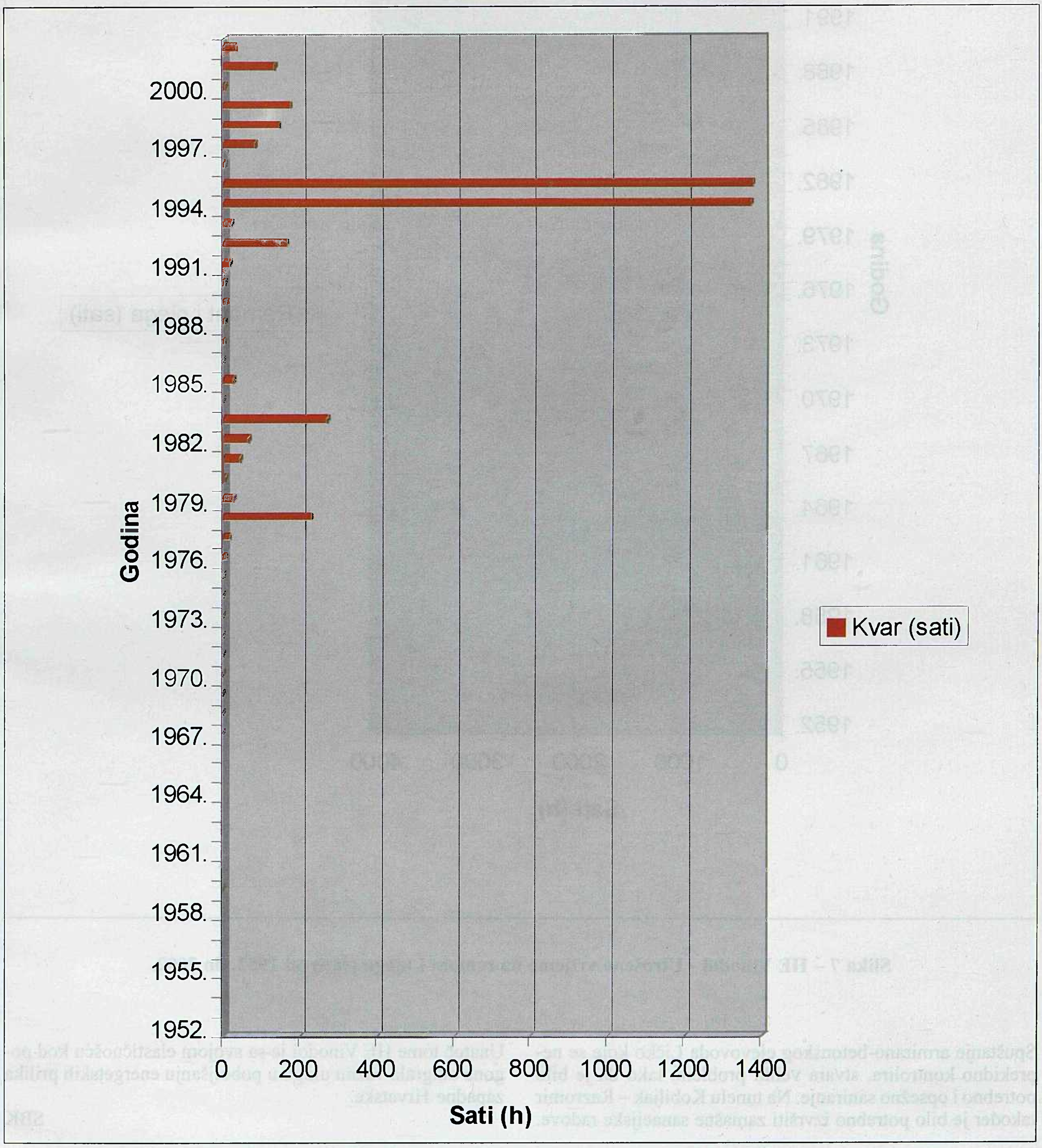
Što se tiče kvarova, u razdoblju od 1952. do 1967. godine, postrojenje je u pogonu te nije bilo većih poremećaja, ma da se pogon odvijao s izvjesnim poteškoćama prvenstveno zbog procurivanja u strojarnicu, odnosno na sabirnice generatora. Kadgod su to energetske prilike dopuštale, sanirale su se



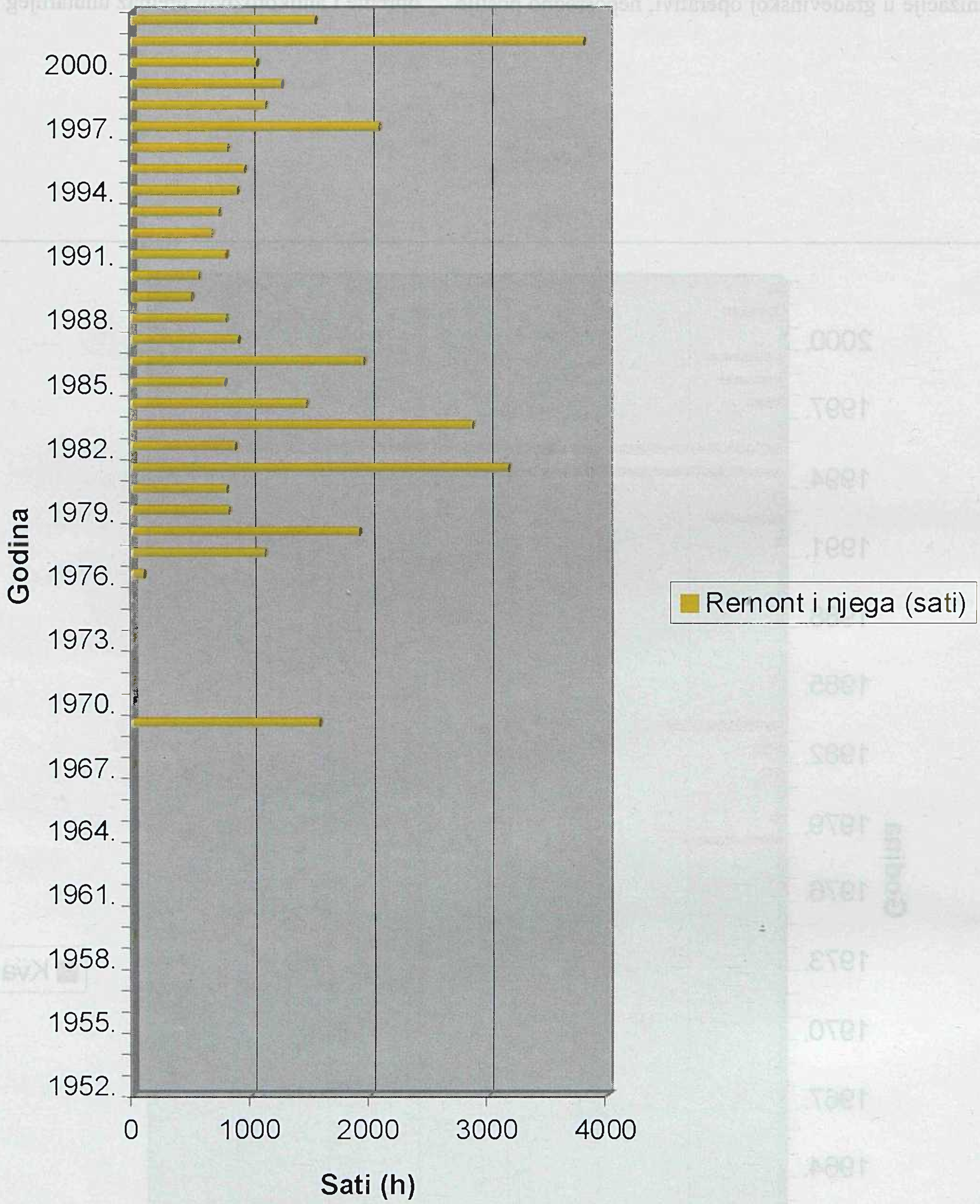
Slika 5 – HE Vinodol - Vremensko korištenje kapaciteta od 1952. do 2002.

prilike na građevinskim objektima, osobito na cjevovodu Bajer - Razromir, zbog čega je elektrana u sušnom periodu bila izvan pogona.

Naime, nedovoljno iskustvo, pomanjkanje stručnih kadrova i mehanizacije u građevinskoj operativi, neposredno poslije rata, ostavilo je tragove na građevinskim objektima ove hidroelektrane, pa se nedostaci u izvedbi moraju postupno otklanjati i dotjerivati. Za vrijeme obustave pogona u 1959. godini izvršeno je osim redovite revizije elektrostrojarske opreme i antikorozivni premaz unutarnjeg dijela cjevovoda.



Slika 6 – HE Vinodol - Dužina trajanja kvara (sati) od 1952. do 2002.



Slika 7 – HE Vinodol - Utrošeno vrijeme na remont i njegu (sati) od 1952. do 2002.

Spuštanje armirano-betonskog cjevovoda Ličko koje se neprekidno kontrolira, stvara veliki problem, tako da je bilo potrebno i opsežno saniranje. Na tunelu Kobiljak – Razromir također je bilo potrebno izvršiti zamašne sanacijske radove.

Unatoč tome HE Vinodol je sa svojom elastičnošću kod pogona odigrala važnu ulogu u poboljšanju energetskih prilika zapadne Hrvatske.

SBK

DZNM OBILJEŽIO 10 GODINA RADA I SVJETSKI DAN NORMA

Pod pokroviteljstvom predsjednika Republike Hrvatske, Stjepana Mesića, 22. listopada 2002. godine, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo (DZNM) obilježio je desetu obljetnicu rada na razvoju tehničke infrastrukture u Republici Hrvatskoj.

Ovom svečanošću DZNM je obilježio i **Svjetski dan norma** (14. listopada) koji se svake godine obilježava u više od stotinu zemalja širom svijeta kako bi se dala potpora stotinama tisuća stručnjaka koji rade na stvaranju međunarodnih i nacionalnih norma, a čiji su ciljevi: zaštita života i zdravlja ljudi, zaštita okoliša, promicanje znanstvene i tehničke suradnje, otklanjanje zapreka međunarodnoj trgovini i dr.

Tema je obilježavanja ovogodišnjeg Svjetskog dana norma na međunarodnoj razini:

Jedna norma, jedno ispitivanje – svuda prihvaćeni

čime se naglašava da su norme i ispitivanja nerazdvojno povezani i predstavljaju ključ za razvoj globalnoga tržišta.

Svečanim obilježavanjem 10. obljetnice rada DZNM-a i Svjetskog dana norma skrenuta je pozornost javnosti na djelatnost koja svojim rezultatima – **NORMAMA** značajno utječe na svakodnevni život i gospodarski napredak svake zemlje. Posebno je važna njihova uloga u procesu tehničkog usklađivanja s Europom i svijetom, pred kojim se nalazi Republika Hrvatska.

Uz brojne goste, predstavnike gospodarskih subjekata, državne uprave, instituta, fakulteta, strukovnih udruga i dr., nazočni su bili i gosti iz Europske unije te predstavnici srodnih normirnih tijela iz inozemstva, koji su svojim sudjelovanjem i izlaganjima pridonijeli održavanju ove svečanosti. Gospodin **Daniel Pierre**, predsjednik Europske suradnje za ovlašćivanje (EA) upoznao je prisutne o ulozi i značaju Europske akreditacije na europskom i međunarodnom tržištu. Dr. **Elizabeth Stampfl – Blaha**, zamjenica direktora Austrijskog instituta za norme (ON) govorila je o podršci koju europske norme daju europskom zakonodavstvu, a o značaju nacionalne mjeriteljske infrastrukture govorio je dr. **Attilio Sacconi**, direktor Mjeriteljskog instituta "Gustavo Colonnetti". Skup je pozdravio i gospodin **Paolo Morelli**, direktor Talijanskog instituta za norme (UNI).

Na skupu su dodjeljene akreditacije mjeriteljskim laboratorijima – Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu i Centru za vozila Hrvatske te su proglašena i dva nova državna etalona - za tlak i temperaturu.

Gost iz Njemačke prof. dr. **Manfred Kochsiek**, potpredsjednik Međunarodne organizacije za zakonsko mjeriteljstvo (OIML) i potpredsjednik PTB-a uručio je Laboratoriju za procesna mjerenja Fakulteta za strojarstvo i brodogradnju (FSB), koji je prethodno prošao postupak ocjene osposobljenosti za umjeravanje prema normi HRN EN ISO/IEC 17025, akreditaciju njemačke akreditacijske institucije DKD. Akreditaciju je primio prof. dr. **Mladen Franc** sa FSB-a. Tom je prigodom ravnatelj DZNM-a, dr. sc. **Jakša Topić** proglasio državne etalone za temperaturu i tlak, čiji je nositelj Laboratorij za procesna mjerenja FSB-a.

Budući da je i mjeriteljski laboratorij Centra za vozila Hrvatske prošao postupak ovlašćivanja kod Nacionalne službe za ovlašćivanje DZNM-NSO, dodijeljena mu je ovlasnica za osposobljenost za umjeravanje mjerila tlaka, kočne sile i mjerila značajki

ispusnih plinova. Ovlasnicu je primio direktor Centra za vozila Hrvatske Stipe Lozić Baškarad.

U proteklom je razdoblju DZNM, kao nacionalna normirna institucija, uspostavio sustav normizacije sukladan europskim načelima (do danas je doneseno oko 5800 novih hrvatskih norma, a oko 2500 normizacijskih projekata u raznim je fazama pripreme), sustav ovlašćivanja ispitnih i mjeriteljskih laboratorija te certifikacijskih organizacija u skladu s europskim i međunarodnim normama i pravilima, sustav mjeriteljstva te sustav ispitivanja i žigosanja predmeta od plemenitih kovina, a isto tako uspostavljen je sustav homologacije vozila.

DZNM je homologirao oko 1700 tipova vozila i oko 200000 pojedinačno uvezenih vozila.

DZNM godišnje umjeri oko 500 000 mjerila (benzinskih crpki, električnih brojila, vodomjera, vaga, tlakomjera itd.) te ispita i žigoše oko 500 000 komada ili oko 2000 kg zlata i srebra.

DZNM je postao član međunarodnih i europskih organizacija (ISO, IEC, CEN, CENELEC, ETSI, OIML, EA i dr.), što mu omogućuje stalno praćenje razvoja djelatnosti na svjetskoj razini.

SBK

NOVA NUKLEARNA ELEKTRANA U FINSKOJ

U svibnju ove godine finski je parlament odobrio gradnju pete nuklearne elektrane u zemlji. Prema tome može društvo Teolhisunden Voima Oy (TVO) početi s pripremama za gradnju. Odobrenje je potaknuto činjenicom da je gradnjom nove nuklearke jedino moguće udovoljiti obvezama iz Kyota i stabilizirati cijene električne energije. Danas Finska ima u pogonu četiri nuklearne elektrane. Dvije na zapadnoj obali kod mjesta Eurajoki, a dvije na južnoj obali kod mjesta Loviisa. Iz nuklearnih se elektrana dobiva 27 % električne energije, a od termoelektrana 16 %. Udio obnovljive energije u Finskoj iznosi 29 %.

Nova bi nuklearka, prema planu, ušla u pogon krajem desetljeća.

Ovom je prigodom parlament donio zaključak o odlaganju istrošenog nuklearnog goriva iz nove elektrane. Ono će se odlagati u nepropusne stijene kod Olkilnoto-a.

EW, god.101 (2002), br. 13

Mrk

GOLEMO KUĆIŠTE ZA HIDROELEKTRANU

Prigodom primopredaje golemog kućišta hidrogeneratora (promjera 22 m i mase 300 t) kineske elektrane "Tri hridi" u tvornici SHEC (Voith, Siemns Hydro Power Generation) priređena je svečanost koja je održana u prostoru kućišta. Bilo je mjesta za preko 400 uzvanika i suradnika.

Uz statorsko kućište, tvrtka će isporučiti još mnoge komponente za elektranu, između ostalog i dva turbinska rotora, promjera 10 m, mase 450 t. Daljnji dijelovi koje će isporučiti ista tvrtka bit će izrađeni u tvornicama u Brazilu (Sao Paolo).

Potpuno izgrađena hidroelektrana bit će najveća elektrana na svijetu, snage 18.000 MW.

EW, god. 101(2002), br. 14

Mrk

GODIŠNJI POTROŠAK ELEKTRIČNE ENERGIJE PO STANOVNIKU

Prema podacima koje je objavila Udruga njemačkih elektrana (VDEW) u godini 2000., u Njemačkoj je godišnji potrošak po stanovniku iznosio 6.080 kWh. Taj specifični potrošak vrlo je različit u pojedinim europskim zemljama. Mnogo ovisi o razvijenosti industrije, standardu stanovništva i klimatskim uvjetima. Prema izvoru Eurelectric, u pojedinim zemljama Europe kretao se specifični potrošak, godišnje, po stanovniku u 2000. godini kako slijedi:

– Norveška	24.990 kWh	– Austrija	6.530 kWh
– Švedska	15.170 kWh	– Europa	6.500 kWh
– Finska	14.730 kWh	– Nizozemska	6.310 kWh
– Luxemburg	13.150 kWh	– Njemačka	6.080 kWh
– Belgija	7.670 kWh	– Danska	6.070 kWh
– Švedska	7.310 kWh	– Velika Britanija	5.660 kWh
– Francuska	6.920 kWh	– Irska	5.520 kWh
– Španjolska	4.970 kWh	– Grčka	4.090 kWh
– Italija	4.850 kWh	– Portugal	3.870 kWh

EW, god.101(2002), br. 16

Mrk

ELEKTROPRIVREDNA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Prema podacima VDEW njemačka su elektroprivredna poduzeća isporučila godine 2001. 482 milijarde kWh, što je 7 % više nego prije 5 godina. Iz elektroprivrednih elektrana dolazilo je 95 % potrebne električne energije, a od industrije i privatnika preuzeto je ostalih 5 %.

Industrija je isporučila okruglo 5 milijardi kWh manje nego godine 1996. Pogoni u Njemačkoj prodali su 15 milijardi kWh ili okruglo 40 % njihove proizvodnje električne energije.

Privatni su, pak, proizvođači isporučili godine 2001. oko 14 milijardi kWh, a to je oko dva i pol puta više nego godine 1996. Ovakav veliki porast može se pripisati doprinosima koji se prema novom zakonu daju za obnovljivu energiju.

EW, god.101(2002), br. 16

Mrk

POKRETNE GORIVE ĆELIJE

Kanadska tvrtka Ballard Power System razvila je gorivu ćeliju nazvanu Mark 902, mase 96 kg, snage 85 kW, pogodnu za ugradnju u vozila ili općenito rečeno za mobilnu uporabu.

Ćelija prema svojoj snazi nije velika, iznosi samo 76 l. Na temelju svojeg rashladnog sredstva (na bazi etilen glikola) može modul raditi pri temperaturama ispod ledišta. Napon ćelije reguliran je integriranom upravnom jedinicom.

EW, god.101(2002), br. 16

Mrk

FINANCIRANJE OBNOVLJIVE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Njemačka elektroprivreda smatra da je unaprjeđivanje korištenja obnovljivih izvora energije općedruštveni zadatak, pa bi se morao sufinancirati iz državnog proračuna, a ne opterećivati cijenu struje.

Najveći dio obnovljive energije preuzima elektroprivreda. Ona je godine 2001. za nju platila dobavljačima 1,5 milijardi eura, premda u ukupnoj potrošnji električne energije tek 3 % dolazi iz obnovljivih izvora. Prosječna cijena na burzi električne energije iznosila je 2 ct/kWh, a prosječna naknada za energiju iz obnovjivih izvora 8 ct/kWh. Elektroprivreda smatra da će još dugo trebati sufinancirati energiju iz obnovljivih izvora i u tom bi smislu trebalo nadopuniti postojeći energetski zakon.

EW, god.101(2002), br. 17-18

Mrk

VJETROELEKTRANE U SVIJETU

Danas se u svijetu od svih oblika obnovljive energije najviše iskorištava energija vjetra (ne uzima se u obzir hidroenergija). Gradnja novih vjetroelektrana u punom je zamahu. Naročito se ističe Njemačka, gdje je u vjetroelektranama ugrađeno više od 10.000 MW instalirane snage. U prvoj polovici 2002. godine priključeno je na električnu mrežu u Njemačkoj 830 novih vjetrouređaja, ukupne instalirane snage od 1.100 MW.

Danas je ukupno u pogonu 12.250 postrojenja na vjetar, a to je po prilici polovica sviju takvih postrojenja u Europi. Polovicom ove 2002. godine instalirana snaga vjetroelektrana u MW kretala se kako slijedi:

– Njemačka	10.030 kWh	– Kina	404 kWh
– SAD	4.258 kWh	– Japan	316 kWh
– Španjolska	3.337 kWh	– Grčka	299 kWh
– Danska	2.534 kWh	– Šveedska	290 kWh
– Indija	1.500 kWh	– Kanada	198 kWh
– Italija	697 kWh	– Portugal	153 kWh
– Nizozemska	483 kWh	– Irska	125 kWh
– Velika Britanija	474 kWh		

EW, god.101(2002), br. 17-18

Mrk

VELESAJAM IZ PODRUČJA VJETROENERGIJE

U lipnju ove 2002. godine održan je na prostoru hamburškog velesajma poseban specijalizirani sajam o iskorištenju vjetroenergije. Prisustvovalo je 200 izlagača, od toga 67 iz 16 stranih zemalja. To pokazuje veliki interes u svijetu za ovaj energetski sektor, pa će takve priredbe biti organizirane svake dvije godine.

Izlagači su prikazali najnovija dostignuća u tehnici vjetroelektrana, ali nisu izostala ni projektantska i serviserska poduzeća.

Organiziran je «Dialog Wind Energy», gdje su se u predavanjima i diskusijama mogle dobiti informacije o postrojenjima, ekonomičnosti i financiranju parkova vjetroelektrana i mogućnosti uključivanja u električnu mrežu.

EW, god.101(2002), br. 17-18

Mrk

NJEMAČKA JE ELEKTROPRIVREDA ZNATNO POVEĆALA UČINKOVITOST SVOJIH POSTROJENJA

Prema izvješću VDEW njemačka je elektroprivreda od godine 1950. znatno unaprijedila učinkovitost svojih postrojenja. Naravno, to se do ujedinjenja Njemačke odnosi samo na njen zapadni dio. Količina potrebnog goriva po kWh drastično je smanjena, kako to pokazuje sljedeća tablica, gdje je dano koliko je kilograma ekvivalentnog ugljena (SKE 1 kilogram = 29,305 kJ = 7.000 kcal) utrošeno po kWh:

Godina	kg SKE/kWh
– 1950.	0,620
– 1960.	0,440
– 1970.	0,373
– 1980.	0,349
– 1990.	0,349
– 2000.	0,346

(Godina 2000. odnosi se na cijelu Njemačku)

Učinkovitost je porasla tehničkim napretkom, višim temperaturama i tlakovima u termičkim postrojenjima, kao i kombinacijom plinskih i parnih turbina.

Osim uštede u gorivu, znatan je napredak učinjen i u smanjenju gubitaka električne energije u električnim mrežama. Gubici su doduše neizbježni, ali su svedeni, uz velika financijska ulaganja, na podnošljivu mjeru..

Energetski su gubici vrlo različiti, na različitim naponskim razinama. U visokonaponskoj mreži oni se kreću oko 1 %, a u srednjonaponskoj mreži oko 2 %. Najviši su u lokalnom području, gdje iznose oko 5 %. Mnogo je u Njemačkoj uloženo da se smanje gubici u mreži, što je u potpunosti uspjelo, a vidi se iz sljedeće tablice, gdje su navedeni prosječni gubici u čitavoj mreži, u postocima potrošnje.

Godina	%
– 1950.	14,1
– 1960.	8,3
– 1970.	6,4
– 1980.	5,4
– 1990.	4,7
– 2000.	4,3

U električnu je mrežu mnogo investirano, pa je npr. od 1990. do 2000. godine elektroprivreda utrošila godišnje 2,5 do 4 milijarde eura, samo za smanjenje gubitaka.

I u potrošnji električne energije učinjen je napredak, jer je u promatranom razdoblju bruto domaći proizvod rastao brže od potrošnje električne energije. Npr. u razdoblju od 1991. – 2001. godine bruto domaći proizvod porastao je za 1,5 %, a bruto potrošnja električne energije za 0,7 %.

EW, god.101(2002), br. 17-18

Mrk

MOTOR SA SUPRAVODLJIVIM NAMOTOM

Istraživački centar Siemens izgradio je , prvi u Europi, elektromotor s namotom od visokotemperaturnog supravodljivog materijala. Kod jednake veličine, kao uobičajeni elektromotori, snaga mu je gotovo dva puta veća, a gubici su reducirani na polovicu. Projekt motora sufinanciran je od Saveznog ministarstva za razvoj.

Područje primjene takvog elektromotora je svugdje gdje se radi o skučenom prostoru ili gdje se traže štedni strojevi.

ETZ, god.123(2002), br. 7-8

Mrk

KABELI ZA TUNEL MONT BLANC

Za ponovno uređenje tunela Mont Blanc isporučeni su za energetske električne potrebe i telekomunikacije specijalni izolirani kabeli koji ne dime i ne ispuštaju štetne plinove. Za francuski je dio dobavljač Cogelec, a za talijanski dio tunela tvrtka Gemmo Implant.

ETZ, god. 123(2002), br. 7-8

Mrk

SERIJSKA PROIZVODNJA MIKROGORIVIH ĆELIJA

Franhoferov institut razvio je izradu mikrogorivih ćelija za napajanje prenosivih električnih aparata električnom energijom. Nekoliko instituta u Njemačkoj i jedan u Americi udružili su se i počeli serijsku proizvodnju takvih ćelija, na temelju potpuno nove tehnologije. Rezultati njihova rada prikazani su na sajmu u Hannoveru. Prednost je takvih ćelija što imaju veliku gustoću energije i dugo traju.

ETZ, god. 123(2002), br. 9

Mrk

STANDARDIZIRANO POSTROJENJE S GORIVIM ĆELIJAMA

Tvrtka Siemens Power dobila je narudžbu od gradskih poduzeća grada Hannovera i tvrtke EON – Energy AG da do godine 2003. izgradi na prostoru elektrane Herrehausen standardizirano postrojenje s gorivim ćelijama, tipa SOFC (Solid Oxide Fuel Cell). Postrojenje bi imalo električnu snagu od 250 kW i toplinsku od 160 kW. I električnu i toplisku energiju prihvatit će električne, odnosno toplinske mreže. Ukupna korisnost postrojenja je na 80 %.

ETZ, god.123(2002), br. 9

Mrk

LAGANO NAZADOVANJE NJEMAČKE STROJOGRADNJE

Njemačka strojogradnja očekuje u 2002. godini nazadovanje od nekih 2 % prema prethodnoj godini. U prethodnoj je godini promet u ovoj branši bio najveći ikad postignut. Vjeruje se da će u drugoj polovici godine 2002. ponovno promet porasti.

ETZ, god.123(2002), br. 10

Mrk

FOTONAPONSKA ELEKTRANA OD JEDAN MW

Na osnovi zakona o korištenju i unaprjeđenju obnovljivih izvora energije u Njemačkoj (EEG) počeo je naglo rasti broj solarnih elektrana koje su priključene na javnu električnu mrežu u koju daju svoju proizvedenu električnu energiju. Spomenutim zakonom vlasnicima takvih solarnih elektrana zagarantirano je da kroz 20 godina mogu u mrežu davati energiju uz povlaštene otkupne cijene. Time solarne elektrane postaju ekonomične.

Münchenski velesajam sagradio je na krovovima svojih hala solarnu elektranu, instalirane snage 1 MW, srednje godišnje proizvodnje od 1.000 GWh.

Generalni izvođač bila je tvrtka Siemens – Solar.

U tehničkom dijelu ugrađeno je mnogo noviteta, od kojih je najvažniji da uređaj ima samo jedan centralni preusmjerivač koji se sastoji od tri standardna usmjerivača serije USW snage po 330 kVA.

ETZ, god.123(2002), br. 11-12

Mrk

NOVE ELEKTRANE U GRADNJI U NJEMAČKOJ

U Njemačkoj se grade četiri nove elektrane. Do godine 2003. na električnu će se mrežu priključiti instalirana snaga od 2.296 MW novih elektrana koje će zamijeniti stare koje se gase. U godini 2001. iz pogona je izašlo 1.574 MW starih i neekonomičnih postrojenja.

Najveće je novo postrojenje reverzibilno-pumpna elektrana, instalirane snage 1.056 MW. Služit će za poravnanje kratkih kolebanja potrošnje unutar sekundi. Ostale su tri termoelektrane na smeđi ugljen i biomasu.

Sredinom godine 2002. njemačka će elektroprivreda raspolagati ukupno instaliranom snagom elektrana od oko 100.000 MW.

EW, god.101(2002), br. 19

Mrk

DOPRINOS ZAŠTITI OKOLINE

Njemačka energetska agentura Dena, uz pomoć Saveznog instituta za okoliš, i željeznica organizirala je diljem Savezne Republike kampanjsku akciju za zaštitu klime (Aktion Klimaschutz).

Akcija ima zadaću da informira kako se može u redovnom životu, u kućanstvu uštedjeti energija i doprinijeti smanjenju CO_2. Upute u štedne potencijale dane su u posebnoj knjižici.

EW, god.101(2002), br. 19

Mrk

NOVI MOTOR ZA ISKORIŠTENJE MORSKIH VALOVA

Tvrtka Eofys sa svojim danskim partnerom konstruirala je novi motor za dobivanje električne energije iskorištenjem morskih valova. Sve je pripremljeno za test motora. Izrađen je modul motora u odnosu 1:10, a za mjesto ispitivanja odabran je Nissum- Bredning – Fjord na danskoj sjeverozapadnoj obali. Ukoliko test bude povoljan izradit će se prototip motora snage 50 kV, a u međuvremenu cijeli će se projekt patentirati. Smatra se, da će se u budućnosti graditi jedinice snage 0,5 MW koje će biti usidrene blizu obale.

Da se može koristiti energija i to neposredno u nailaženju i povlačenju valova, kombinirana su dva tipa rotora na istoj osovini. Oni se kod strujanja vode okreću u obrnutim smjerovima, čime se postiže da se rotor okreće uvijek u istom smjeru prigodom nailaska i povlačenja vala.

Uređaj je vrlo stabilan i prilagođen svim situacijama koje stvara jaki vjetar.

EW, god.101(2002), br. 14

Mrk

TESTIRANJE LOKOMOTIVE S GORIVIM ĆELIJAMA

Lokomotiva s gorivim ćelijama, prva tog tipa u svijetu, položila je uspješno test. Ona je koncipirana od Fuelcell Propulsion Institute-a i tvrtke Vechicle Projects LLC u SAD, a od Canada Centre for Mineral at Energy Technology stavljena je u pokusni rad u rudniku Vat d' Or u Kanadi.

Lokomotiva kao gorivo uzima oko 3 kg vodika uz pomoć metalnih hidrida. Motori uzimaju energiju iz PEM gorivih ćelija (polimer – elektrolit – membranska ćelija) koje u trajnom pogonu daju snagu od 14 kW. Jedno punjenje dostaje za pogon od 8 sati. Rezultati testa vrlo su zadovoljavajući. Lokomotiva ima dvostruko veću snagu nego baterijski modeli.

EW, god.101(2002), br. 19

Mrk

PROJEKT KÁRAHNJÚKAR

Potpisan je memorandum između islandske elektroprivrede i američke tvrtke Alcoa o suradnji gradnje tvornice aluminija na sjeveroistoku otoka Islanda. Tvornica će proizvoditi godišnje 295.000 tona aluminija. Električnu će energiju dobavljati nova elektrana Kárahnjúkar, snage 630 MW kojom bi upravljala elektroprivreda. Energija će se prenositi dvostrukim dalekovodom 400 kV, duljine 53 km. Predviđa se završetak gradnje u proljeće 2007. godine.

EW, god.101(2002), br. 19

Mrk

SMANJENA EMISIJA CO_2 IZ ELEKTROPRIVREDNIH POSTROJENJA

U međuvremenu između godina 1990. i 2001. u elektroprivrednim postrojenjima Njemačke smanjena je emisija CO_2 za oko 13 %, tj. od 0,67 kg CO_2 po kWh na 0,58 kg/kWh. Emisija je bila najniža u 1999. i 2000. godini, ali je u 2001. godini porasla na 3 %, zbog većeg korištenja domaćeg smeđeg ugljena.

Smanjenje emisije je posljedica nekoliko mjera, kao npr. poboljšanja korisnosti termoelektrana, gradnja postrojenja s većim učinkom, modernizacija, povezivanje proizvodnje električne energije i topline i pojačano korištenje obnovljive energije.

Osim toga, treba istaknuti veliki doprinos smanjenju emisije štetnih plinova proizvodnjom električne energije u nuklearnim elektranama. Samo u godini 2001., da se električna energija nuklearnih elektrana proizvela u termoelektranama na ugljen u atmosferu bi otišlo 30 milijuna tona CO_2, a to bi bilo povećanje za 50 % prema godini 1990.

EW, god.101(2002), br. 20

Mrk

KALIFORNIJA

Američka federalna energetska regulatorna komisija FERC početkom je svibnja izvršila analizu Enronove dokumentacije vezane uz njegovo trgovanje tijekom kalifornijske energetske krize te načinila izvješće.

Iz dokumenata je vidljiva stvarna strategija trgovanja koja se provodila tijekom 2000. godine. Nije tu samo opis načina trgovanja kompanije Enron. Tu su i detaljni opisi trgovanja drugih kompanija koje su poslovale s Enronom.

Dokumenti dokazuju da je Enron manipulirao s burzom kalifornijskog energetskog tržišta (Caliofornia Power Exchange market) tako što je fiktivno stvarao preopterećenost i rasterećenje električne mreže, zarađujući pri tome ekstra dobit. Način poznat pod nazivom »megawatt laundering« sastojao se u kupovini električne energije od distributera u vlastitoj državi , izvozeći je izvan države i ponovno je kupujući i prodajući natrag na domaćem tržištu u realnom vremenu.

Kako su to radile i druge kompanije, došle su također na udar federalnih regulatora. FERC je proveo istraživanje poslovanja za razdoblje 2000.-2001. godina i tridesetak drugih kompanija na zapadnoj obali SAD. Trebalo je utvrditi koliko su uključene u aktivnosti Enronove tržišne strategije ili nekoj drugoj tržišnoj strategiji. Neke su već objavile da su ispitivale i ispituju svoju tržišnu strategiju prethodnih godina.

Kompanija Reliant Resources objavila je u svom zadnjem izvješću prethodne rezultate svog istraživanja energetskih tržišnih transakcija uključujući simultane narudžbe i prodaje s istom ugovornom stranom po istoj cijeni, poznatoj kao «round trip» (kružno tok) trgovanje. Ovaj način trgovanja sastoji se u tome da jedna energetska trgovačka kompanija prodaje električnu energiju drugoj energetskoj trgovačkoj kompaniji, dok istodobno ova druga prodaje istu električnu energiju po istoj cijeni natrag prvoj kompaniji. Iako ovaj način nije ilegalan te ne pokreće novčani tok niti stvara profit, od pada Enrona i investitori i regulatori traže i dalje tijesne veze s nekim aktivnostima trgovanja.

Predstavnik CEO Reliant kompanije izjavio je za ova trgovanja da su transakcije bile nekonzistentne s filozofijom kompanije. Oni su se bavili stvaranjem koristi za svoje dioničare i djelovali s integritetom. Ove transakcije rezultirale su iz zablude zaposlenih, koji su vjerovali da se prodajući veću količinu električne energije penju na ljestvici trgovanja energijom i time postaju važniji. Ove vrste transakcija ne pojavljuju se više u Reliantu i neće se pojaviti u budućnosti. To je «time out» koji se koristi za preispitivanje aktivnosti na revalorizaciji ugovorenih cijena na tekuće tržišne cijene.

Većina promatrača se slaže da su ovi problemi djelomično nastali zbog loše organizacije kalifornijskog elektroenergetskog tržišta i nedostatka adekvatnih rezervi, pa relativan rast potrošnje električne energije nije bio dovoljan da udovolji potražnji.

Kreatori energetskog tržišta smatrali su, da će zbog deregulacije maloprodaje mnogi potrošači promijeniti dosadašnjeg dobavljača koji je i investitor i vlasnik. Ljudi će biti tako uzbuđeni zbog te mogućnosti da će tražiti alternativne dobavljače. Međutim, to se nije pokazalo točnim i to je bio jedan od glavnih problema. Potrošači nisu napustili svoje ranije dobavljače električne energije. Osim toga, Kalifornija nije reagirala dovoljno brzo na probleme na tržištu.

Za trgovce energijom teško je predvidjeti budućnost. Kao što je Enron pokazao, trgovačke kuće žive i umiru sa svojom reputacijom. Pred njima su sigurno mnogo gori dani. Sve ovo što se dogodilo trebalo bi industriji dati impuls da postane mnogo transparentnija i odgovornija.

Electricity International, June 2002.

SBK

MJESTO POD SUNCEM

Uprkos ograničenim dosadašnjim instaliranim kapacitetima PV ćelija (fotovoltaičke ćelije), poznate pod zajedničkim imenom solarna energija, prognozira se da će dati glavni doprinos svjetskim energetskim potrebama. Međutim, još je dug put do dana kada će solarna energija moći tražiti svoju punopravnost s konvencionalnom proizvodnjom električne energije.

Ideja o neograničenoj energiji iz sunca izgleda očitom. Gorivo je slobodno i neograničeno, nema štetnih emisija ili problema s bukom, a kao modularna tehnologija, solarna energija uskoro se može razviti do razine da udovolji potrošnji, štedeći infrastrukturne troškove, gubitke u prijenosu i nudeći veću kontrolu individualnim korisnicima.

Industrija PV ćelija i modula rasla je s prosječnom godišnjom stopom od 33 % od 1996. godine, a 2000. godine ukupni instalirani kapacitet širom svijeta nadmašio je 1.200 MW. Solarna proizvodnja još nije doživjela bum, ali to nije daleko. Prema izvješćima očekuje se da će do 2020. godine instalirani kapciteti porasti do 207 GW. Pod takvim scenarijem i pravim tržišnim uvjetima solarna energija bi mogla osigurati 276 TWh energije i opskrbiti preko jedne milijarde potrošača. Do 2040. godine globalna proizvodnja solarne električne energije mogla bi porasti do 9.113 TWh, što iznosi približno 26 % ukupne energetske potrošnje. Efekti utjecaja na okolinu mogli bi biti reducirani na godišnje emisije do 166 milijuna tona. No, da se to ostvari treba još mnogo toga učiniti, a najprije osigurati financijska sredstva.

Energetski ekspert Greenpeacea iznosi da se spomenute brojke mogu dostići. To znači tražiti ambicioznije ciljeve od industrije koja je posve konzervativna kada je u pitanju cijena solarnih modula. Tijekom zadnjih 20 godina, zahvaljujući tehnološkom napretku i napretku proizvodnih metoda, troškovi su pali za oko 5 % godišnje. U slučajevima kada nije dostupna električna energija, PV je najekonomičnija solucija, kada se uzme u obzir trošak goriva ili trošak proširenja električne mreže. Međutim, najveći dio solarne energije je ovisan od državnih pomoći. Očekuje se da će se ova situacija promijeniti kako bude rasla industrija i bio obuhvaćen veći dio gospodarstva. To će se tek pokazati u razdoblju od 2010. do 2015. godine, kada će solarna energija postati konkurentna konvencionalnoj proizvodnji.

Uspjeh solarne energije mnogo će ovisiti od razvoja ruralnog tržišta, potencijalnih oko 2 milijarde kućnih priključaka. Glavni kamen spoticanja je trošak kapitala sustava. Mnogo će ovisiti o tome je li i kada Svjetska banka spremna novčano potpomoći.

Grupa G8 postavila je zadatke za zajedničke akcije da osigura dodatnu električnu energiju iz obnovljivih izvora za 800 milijuna ljudi u zemljama u razvoju. Značajan udio ovoga će biti iz PV. Osim toga, u travnju 2001. godine Svjetska banka – (fondovi Global Environmental Facility i International Finance Corp.) osnovala je udruženi privatno dioničarski fond sa skoro 30 milijuna američkih dolara za PV tijekom sljedećih deset godina. Pojedinačne vlade također sudjeluju u tome. Španjolska vlada potpomaže projekt s 48 milijuna na Filipinima na osiguranju solarne energije za 150 izoliranih sela, te joint venture Shell i South Africa Utility Eskom osigurat će solarnu električnu energiju za 50.000 ruralnih domaćinstava u Eastern Cape-u.

Danas su Japan, Njemačka i SAD glavna tržišta za proizvodnju i uporabu solarne energije.

Japan – Promocija obnovljive energije integralni je dio japanske energetske politike i politike povećanja kapaciteta, smanjenja troškova i promocija jakog izvoznog posla. Krajem 2000. godine Japan je imao udio od 314 MW solarne energije u instaliranim kapacitetima. Kroz 70.000 programa na krovovima, uz značajnu financijsku potporu japanske vlade, stimulirano je povećanje korištenja solarne energije.

U 2001. godini vlada je osigurala 198 milijuna američkih dolara za regionalne solarne proizvodne sustave. Tu je također 67 % novčane potpore od vlastitog kapitala poduzeća za PV pogon/instalacije na komercijalnim građevinama. Ekstra fond bio je usmjeren na R&D, pomažući poduzetnicima da uspostave PV biznis.

Kao rezultat R&D potpore zadnjih pet godina troškovi PV jedinica u Japanu pali su za 75 %. Proizvodni troškovi za 1 kW solarne energije trebali bi pasti na oko 3.270 američkih dolara. Pri ovoj cijeni solarna energija je konkurentna električnoj energiji iz drugih izvora.

Europa – PV mora konkurirati vrlo jeftinim oblicima konvencionalne proizvodnje električne energije. Na tome se mnogo radi, naročito u Njemačkoj, Španjolskoj, Italiji i Nizozemskoj. Bijela knjiga EU o obnovljivim izvori energije predviđa da će ukupno instalirani kapacitet dostići 3 GW do 2010. godine. Najnovije kalkulacije kompanije Frost &Sullivan pokazuju da taj cilj neće biti postignit, kako se očekivalo prije nekoliko godina. Prema Frost & Sullivanovim prognozama ostvarit će se instalirani kapacitet od 2,4 GW u 2010. godini i 11.8 GW u 2020. godini. Mada će stambeni sektor i dalje ostati dominantan, promjene će se ostvariti u smjeru povećanja kapaciteta i raspona mreže na koju će biti priključene solarne PV elektrane.

Sa svojih 1000 krovnih programa PV instalacija 1990. godine, Njemačka je bila pionir na solarnom tržištu. U 1999. godini novi petogodišnji program obuhvatio je PV instalacije na 100.000 krovova. Za većinu zajmova iz ovog programa bila je garantirana desetgodišnja kamatna stopa od 1,9 %. Čak važnije u razvoju njemačke PV industrije bilo je uvođenje zakona o obnovljivoj energiji, prema kojima onaj tko instalira solarni proizvodni sustav dobiva 0,5 eura za energiju prodanu u mrežu tijekom životnog vijeka sustava.

Iako se pretpostavljalo da će tržište solarne energije u Njemačkoj rasti po stopi od 25 % godišnje, to se nije dogodilo. Ove godine tržište solarne energije iznosi polovicu prošlogodišnjeg. Ekonomski pad sigurno je na to imao utjecaja. No, tu su i drugi razlozi koji su daleko više utjecali. Jedan od značajnijih je i taj , što je većina potrošača koja bi i inače kupila solarnu energiju, kupila je solarnu energiju. Sada treba privući i one manje sklone zelenoj energiji. Da bi solarna energija postala konkurentna, industrija mora više investirati u tržište i snižavati troškove proizvodnje.

SAD – Mada se s programom «Milijun solarnih krovova», koje je lansirao Clinton 1997. godine, dalo jaku podršku PV tržištu, njegov utjecaj je ostao mali. PV kapaciteti krajem 2000. godine ostali su na 146 MW. Još nema nacionalnog inicijativnog programa, a potpora je u velikoj mjeri ostavljena pojedinačnim državama. Kongres je diskutirao o brojnim mjerama potpore. Jedna od njih je slična programu koji je u realizaciji u Kaliforniji koji nudi 3 američka dolara po watu.

Nezavisni proizvođači ne daju se lako uvjeriti da kupuju električnu energiju po višoj cijeni od one koju oni mogu osigurati. Usprkos nedostatku federalne inicijative vladina su predviđanja da će u SAD sljedećih 20 godina solarna energija rasti s godišnjom stopom od 19 %.

U 2000. godini američko udruženje za PV publiciralo je petogodišnji plan koji je usmjeren u 4 glavna pravca: ponovno uspostaviti američko vodstvo u industrijskoj tehnologiji, postići konkurentnost s konvencionalnom tehnologijom (postići troškove ispod US$3 do 4 za wat), postići godišnji proizvodni rast od 25 % te privući investitore. Do 2020. godine, PV udruženje se nada da će osigurati udio solarne energije do 15 % (3,2 GW) u ukupnom kapacitetu za proizvodnju električne energije. Bez investicija u PV, prema Greenpeacu, udio američkog globalnog tržišta mogao bi pasti na samo 2 %.

Energy Markets, Vol. 7, No. 8, August 2002.

SBK

FINSKA ODOBRILA GRADNJU PETE NUKLEARKE

Finski parlament je u svibnju odobrio projekt izgradnje pete nuklearne elektrane u zemlji. Sa 107 glasova za i 92 glasa protiv, i službeno je podržana ranija odluka finske vlade u korist tvrtke Finnish utility Teollisuuden Voima Oy (TVO)

koja će graditi elektranu. Napori TVO-a datiraju još iz prosinca 2000. godine kad je, u skladu sa zakonom o nuklearnoj energiji podnesen službeni zahtjev finskoj vladi. U veljači 2001., Finska komisija za radijaciju i nuklearnu sigurnost izradila je preliminarnu sigurnosnu procjenu za Ministarstvo trgovine i industrije. Ta procjena je potvrdila da se predložena izgradnja elektrane može izvesti u skladu sa strogim finskim pravilima o sigurnosnim uvjetima za gradnju takvih objekata. Procjena je nadopunjena posebnim dodatkom koji je izrađen zbog zaštite od terorističkih napada, kakav je bio u New Yorku prošlog rujna.

Sljedeći korak je zahtjev za građevinsku dozvolu koji može odobriti vlada. TVO za izgradnju elektrane planira potrošiti do 2,3 milijarde dolara. Elektrana bi prema planu trebala početi s radom prije kraja ovog desetljeća. Ovo je prvo odobrenje za gradnju nuklearne elektrane u Europi, nakon što je Francuska 1991. godine odobrila gradnju novog reaktora.

U prilog ovog plana o izgradnji govore i godine iskustva u radu nuklearnih elektrana. U više od deset godina, četiri finska nuklearna reaktora postigla su iskoristivost kapaciteta od 90% ili više. Fortum Power & Heat Oy – nekadašnja državna tvrtka Imatran Voima Oy (IVO) – upravlja s dva 488 MW reaktora (ruski tip VVER-400) u Loviisi. Postrojenje 1 počelo je s radom 1977. a postrojenje 2 1981. godine. TVO upravlja s druga dva finska reaktora u Olkiluotou (ASEA-ATOM) koji su snage 840 MW a rade od 1978., odnosno 1980. godine. Postojeće dozvole za rad elektrana u Loviisi i Olkiluotou istječu krajem 2007., odnosno 2018. godine.

Finska hladna klima, velike udaljenosti među gradovima te izrazite energetske potrebe izvozne industrije temeljni su uzroci energetske potražnje u zemlji i njene potrebe za novom nuklearnom elektranom. Ekonomske studije pokazale su da je ovo najbolji način da se zadovolji očekivani porast potražnje za električnom energijom temeljnog dijela potrošača u zemlji. Finska koristi razne energente; naftu, ugljen, zemni plin, nuklearno gorivo, hidroenergiju, razne drvne energente te treset, no isporuka glavnine sveukupno proizvedene energije jako je ovisna o hidro i nuklearnim elektranama. Nuklearna energija obuhvaća preko 30 % sveukupno proizvedene energije u Finskoj. Vlada je izjavila da joj je još jedan reaktor potreban da bi osigurala ekonomski rast, ispunila obveze preuzete u Kyotu i prekinula svoju ovisnost o Rusiji, iz koje dolazi veći dio od ukupne uvezene energije u Finsku. Cjelokupnu opskrbu zemnim plinom Finska trenutno osigurava plinovodom iz Rusije.

Kao rezultat spomenute odluke u parlamentu, Finska agencija za otpad, Positiva Oy, nastavlja s izgradnjom objekta za odlaganje nuklearnog otpada u Olkiluotou, okrugu Eurajoki. Mjesno stanovništvo dobilo je priliku preispitati na koji način će biti riješeni ekološki i sigurnosni problemi te je na kraju odobrilo izgradnju. Većina od približno 60% stanovništva odobrila je gradnju. Obje postojeće nuklearne elektrane svoj nuklearni otpad trenutno pohranjuju u skladišne bazene. U razdoblju od 1981. do 1996. godine, iz Loviise u Rusiju poslano je petnaest pošiljki nuklearnog otpada. Elektrana u Olkiluotou proizvodi više otpada od ostalih, te se očekuje da će primiti i sav otpad petog reaktora koji će nastati tijekom njegovog radnog vijeka. Postojeće aktivnosti u elektrani u Olkiluotou i infrastruktura tog područja čine to mjesto izrazito pogodnim za odlagalište. Potrebe za transportom otpada bile bi minimizirane, a morskim putem može se dopremiti i otpad iz ostalih elektrana. Početak izgradnje objekta za odlaganje planira se približno oko 2010. godine, a s radom bi počeo u 2020. godini.

Power, July 2002.

SBK

I AFRIKA ĆE GRADITI "TRI DIVA"

Jedan od glavnih izvođača najvećeg projekta za izgradnju hidroelektrane u svijetu, pobijedio je na natječaju za izgradnju najveće hidroelektrane u Africi. Projekt je vrijedan 224 milijuna dolara.

Ovaj projekt po razmjeru bit će ravan kineskom projektu Tri klisure, a gradit će ga Kineska koorporacija za nacionalne vodne resurse i izgradnju hidroelektrana (China National Water Resources and Hydropower Engineering Coorporation – CWHEC) u Etiopiji. Projekt je poznat pod imenom Hidroenergetski projekt Tekeze.

Ugovor kojeg će potpisati Kina i Etiopija bit će najveći projekt zajedničke gradnje između Kine i neke afričke zemlje. Direktor odjela za međunarodnu kooperaciju CWHEC-a, rekao je da je važnost koju projekt Tekeze ima za Etiopiju jednaka onoj koju projekt Tri klisure ima za Kinu.

Osnovna konstrukcija ove betonske brane u Tekezeu zamišljena je u obliku hiperbole i bit će visoka 185 m, što je 10 m više od brane Tri klisure.

Power Engineering International, July 2002.

SBK

EU RATIFICIRALA SPORAZUM IZ KYOTA

Europska unija službeno je ratificirala protokol iz Kyota. Taj protokol obvezivat će zemlje potpisnice iz Europske unije na smanjenje štetnih emisija koje izazivaju efekt staklenika za 8 posto od razine emisija iz 1990. Ovu obvezu EU zemlje potpisnice trebat će ispuniti od 2008.-2012. godine.

Zagovornici brige za okoliš nadaju se da će istodobna ratifikacija od strane EU i njenih zemalja članica proizvesti politički pritisak na ostale zemalje da ratificiraju ovaj sporazum. Time je ukupan broj zemalja potpisnica porastao na 70, a uključuje i Japan. Sporazumom je za sada obuhvaćeno 36 posto svjetskih štetnih emisija koje izazivaju efekt staklenika.

Još uvijek širom svijeta, Sporazum iz Kyota stvara podjele u mišljenjima. Sporazum je naišao na otpor u Australiji. Australski premijer John Howard u parlamentu je izjavio da ne bi bilo u interesu zemlje da ratificira sporazum bez da isto učini i SAD i neke zemlje u razvoju.

Prema Sporazumu, Australija bi trebala smanjiti svoje štetne emisije na 8 posto iznad razine iz 1990. godine do 2008.-2012. godine, što je odraz činjenice da je Australija ovisnija o fosilnim gorivima. Howard izražava strahove da bi ratifikacija Sporazuma iz Kyota uzrokovala smanjenje broja radnih mjesta i naštetila australskoj industriji.

Čini se da postoji sukob između državne i savezne vlasti, jer je ministar za energiju i resurse u vladi savezne države Victorije izjavio da je protokol iz Kyota odgovorno sastavljen početni okvir.

Australija i SAD čini se postaju sve izoliranije u svom stavu o klimatskim promjenama. Predsjednik Bush već je odbacio Sporazum iz Kyota.

International Power Generation, July 2002.

SBK

LAGANI STUPOVI ZA VJETROELEKTRANE SMANJUJU TROŠKOVE

Tehnologija izrade konstrukcija od laganih kompozitnih materijala, koju jedna tvrtka u američkoj saveznoj državi Utah želi komercijalizirati, mogla bi pomoći da se značajno smanje

troškovi vjetroelektrana. Očekuje se da će biti moguće napraviti vjetroturbinu snage 5 MW zahvaljujući novom kompozitnom materijalu i strukturi koju tvrtka razvija. Tvrtka PYRAmatrix Structures Inc dobila je 100.000 američkih dolara od Odjela za energiju SAD-a za razvoj tehnologije koja je patentirana na Sveučilištu Brigham Young.

Ugljična i staklena vlakna kombiniraju se tom patentiranom geometrijskom tehnologijom da bi se postigla optimalna čvrstoća kombinacije piramidalnih i trokutnih geometrijskih elemenata, i omogućilo tako izvedenom stupu da podnese težinu 200 puta veću od svoje. Stupovi koji se trenutno koriste za vjetroturbine snage 1,5 MW, trebaju podnijeti 125 tona na svom vrhu kao i 150 tona samog čeličnog nosača, što konstrukciju ograničava na 65 m. Očekuje se da će PYRA-matrix stup težiti samo 5 tona, podnijeti jednaki teret, a troškovi postavljanja bit će znatno manji.

Naime, troškovi postavljanja vjetroturbina eksponencijalno rastu s povećanjem visine stupa zbog iznimno velikih transportnih troškova i troška postavljanja. U slučaju turbine snage 5 MW, čelični stup težio bi 500 tona i trošak postavljanja bi bio milijun američkih dolara, u usporedbi s 30.000 američkih dolara, koliko se vjeruje da bi stajao PYRA-matrix stup.

Teški čelični stupovi postaju nepraktični i neekonomični na kopnu, te ih se potiskuje na lokacije na moru, gdje se za njihov transport mogu koristiti teglenice. Ovu tehnologiju razvio je Centar za napredne konstrukcije od kompozitnih materijala na Sveučilištu Birgham Young u američkoj saveznoj državi Utah. Viši stupovi omogućuju rad na snažnijim vjetrovima te mogu nositi veće turbine s dužim lopaticama rotora.

Refocus, July/August 2002.

SBK

Energija

Godište 51 (2002) Br. 6

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1417

UDK 621.39:621.311.1
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/6, 449 – 453

ELEKTROPRIVREDE KAO NOVI IGRAČI NA TELEKOMUNIKACIJSKOM TRŽIŠTU

Dr. sc. Margit Brandl, dipl. ing.

Siemens AG Österreich Wien, Siemensstrasse 90-92, A-1211 Wien, Österreich

Mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.

HEP – Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Daje se kratak pregled utjecaja procesa deregulacije i liberalizacije na razvoj tržišta telekomunikacija, s osvrtom na elektroprivrede kao nove igrače na tržištu. Rad je baziran na austrijskim iskustvima iz posljednjih godina. U tom kontekstu dan je i prikaz novog mehanizma regulacije tržišta telekomunikacija u Hrvatskoj.

(Lit.4, sl. 1 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/449 – 453/2002.

ENERGIJA 1418

UDK 621.9:62/843.3
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/6, 455 – 468

ISKORIŠTAVANJE RASPLINJENE BIOMASE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE I TOPLINSKE ENERGIJE

Vedran Uran, dipl. ing.

CASE d.o.o., Šetalište XIII. divizije 28, 51000 Rijeka, Hrvatska

U radu su tehnoekonomski opisani osnovni sustavi za rasplinjavanje biomase te energetsko postrojenje na plin proizveden iz biomase. Dva su osnovna sustava za rasplinjavanje biomase: visokotlačni i niskotlačni sustav čije su kvantitativne usporedbe prikazane u priloženim tablicama. Također su navedeni primjeri razvoja demonstracijskih sustava za rasplinjavanje biomase u svijetu kao i mogućnosti primjene takvih sustava u Hrvatskoj.

(Lit. 8, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/455 – 468/2002.

ENERGIJA 1419

UDK 621.316.1:621.31
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/6, 483 – 495

STUDIJA REGIONALNOG PLANIRANJA PRIJENOSNE MREŽE

Mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing. - mr. sc. Goran Majstrović, dipl. ing.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Vladimir Grujić, dipl. ing. - Marinko Rogić, dipl. ing.

HEP d.d. , Ulica gada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

U članku se prikazuju osnovni rezultati studije planiranja razvoja prijenosne mreže jugoistočne Europe, provedene u okviru SECI projekta "Regional transmission network planning", a pod pokroviteljstvom USAID. Studija je nastala na temelju analiza provedenih programskim paketom PSS/E, koristeći kao osnovu regionalni model prijenosne mreže jugoistočne Europe i ekvivalent ostatka UCTE za 2005. godinu. Analize su provedene u svrhu detektiranja ograničenja u prijenosnim mrežama zemalja ovog dijela Europe i vrednovanja uloge novih interkonektivnih vodova, kandidata za izgradnju. Na osnovu rezultata studije izdvojit će se nekoliko novih interkonektivnih vodova na prostoru jugoistočne Europe s značajem za čitavu regiju. U studiji je promatran samo tehnički aspekt izgradnje novih vodova kroz analizu stacionarnih stanja i mogućnosti razmjena i tranzita električne energije. Ekonomska analiza uloge novih vodova, kao i studija stabilnosti, slijedeći su koraci čije se izvršenje očekuje.

(Lit. 3, sl. 1 – original na hrvatskom jeziku)

Autori
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/483 – 495/2002.

ENERGIJA 1419 UDK 621.316.1:621.31

1. Studija regionalnog planiranja prijenosne mreže
I. *Bajs, D. – Majstrović, G.. – Grujić, V. – Rogić, M.*
II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska – HEP d.d. , Ulica gada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Planiranje razvoja prijenosne mreže
Programski paket PSS/E
Jugoistočna Europa
Novi interkonektivni vodovi
Analize stacionarnih stanja
Mogućnosti razmjena i tranzita električne energije

ENERGIJA 1418 UDK 621.9:62/843.3

1. Iskorištavanje rasplinjene biomase za proizvodnju električne i toplinske energije
I. *Uran, V.*
II. CASE d.o.o., Šetalište XIII. divizije 28 51000 Rijeka, Hrvatska

Sustavi
Rasplinjavanje biomase
Energetsko postrojenje
Visokotlačni sustav
Niskotlačni sustav
Demonstracijski sustavi

ENERGIJA 1417 UDK 621.39:621.311.1

1. Elektroprivrede kao novi igrači na telekomunikacijskom tržištu
I. *Brandl, M. – Sabolić, D.*
II. Siemens AG Österreich Wien, Siemensstrasse 90-92, A-1211 Wien, Österreich - HEP – Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektroprivreda
Deregulacija
Liberalizacija
Telekomunikacijsko tržište

Energija

Godište 51 (2002) Br. 6

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

ENERGIJA 1420 UDK 621.311.1.003
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/6, 439 – 448

HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA NA RAZMEĐI PRIVATIZACIJE I DRUŠTVENE ODGOVORNOSTI

Dr. sc. Alfredo Višković, dipl. ing.

HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Restrukturiranja elektroenergetskog sektora u pogledu učinaka uvedenih promjena u nacionalnom zakonodavstvu nametnula su potrebu razmatranja budućeg razvoja. U članku se razlikuju dvije kategorije problema; dakle,koje se na specifičan način odnose na razvoj elektroprivrednog sustava i privatizaciju Hrvatske elektroprivrede (HEP-a). Zakon o elektroprivredi konfigurirao je HEP kao javnu gospodarsku ustanovu sa svrhom obnašanja djelatnosti od javnog interesa, uz naravno poštivanje kriterija ekonomičnosti; od dvaju postavljenih ciljeva prednost je dana prvome. Pretvorbom u dioničko društvo i privatizacijom dolazi do sve jačeg nametanja privatističke logike, s time da je temeljni uvjet ekonomičnost, iako je i dalje riječ o javnoj službi prvorazredne važnosti za Republiku Hrvatsku.
Za aktualno elektroenergetsko stanje Hrvatske, predočen je pristup modeliranju tržišta, u svrhu omogućavanja analiza i predviđanja proizvodnje električne energije radi podržavanja investicijskih odluka (inozemnog kapitala), te sa ciljem procjene izvodljivosti.
Opisana su tri modela koja se mogu koristiti za procjenu isplativosti investiranja u proizvodnju unutar dereguliranog tržišta.

(Lit. 3, sl.4 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/439 – 448/2002.

ENERGIJA 1421 UDK 621.316.35
STRUČNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/6, 497 – 511

UTJECAJ VLASTITE FREKVENCIJE SABIRNICE PRILIKOM IZRAČUNAVANJA NAPREZANJA VODIČA I SILA NA IZOLATORE U VISOKONAPONSKIM POSTROJENJIMA PREMA IEC 60865

Mr. sc. Borko Frühwirth, dipl. ing.

Končar – KET, Fallerovo šetalište 22, 10000 Zagreb, Hrvatska

U radu je predstavljen proračun naprezanja krutih vodiča (cijevnih sabirnica) i sila na potporne izolatore u visokonaponskim postrojenjima prema IEC-u (IEC 60865-1 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 1, 1993-3 [Struje kratkog spoja – proračun posljedica 1. dio] i IEC 60865-2 Short-circuit currents – Calculation of effects Part 2, 1994-2 [Struje kratkog spoja – proračun posljedica 2. dio]).

Posebna pažnja je posvećena utjecaju vlastite frekvencije vodiča na izračunate veličine te su dane usporedbe veličina na stvarnim primjerima i teoretski ukoliko se vlastita frekvencija vodiča ne uzme u obzir te ako se njoj posveti pažnja. Pokazano je da su ukoliko se vlastita frekvencija ne uzima u obzir u slučaju visokonaponskih postrojenja sa cijevnim sabirnicama izračunate vrijednosti i nekoliko puta veće od izračunatih s obzirom na vlastitu frekvenciju sabirnice.

(Lit. 6, sl. 13 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/497 – 511/2002.

ENERGIJA 1422 UDK 697.34:658.8.03
PREGLEDNI ČLANAK

ENERGIJA 51/2002/56, 469 – 481

PILOT-PTOJRKT INDIVIDUALIZACIJE TROŠKOVA GRIJANJA ZAGREB-1

Mr. sc. Florijan Rajić, dipl. ing.

Omiška 8, 10000 Zagreb, Hrvatska

U usporedbi s ostalim državama Europe, Hrvatska ima preveliku potrošnju energenata i energije grijanja. Smanjivanje njihove potrošnje postiže se uporabom odgovarajuće mjerne opreme i novim načinom obračuna troškova grijanja. Najveći učinci štednje, i najsnažnija motivacija korisnika, postiže se uvođenjem suvremenih i pravednih sustava individualizacije troškova grijanja i tople vode.

U tu svrhu je, u proljeće 1997., dogovorom predstavnika Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske (Odjel energetike i rudarstva), Gradskog stambeno-komunalnog gospodarstva (GSKG) Zagreba, tvrtke Techem A. G. iz Frankfurta i tvrtke Danfoss d.o.o. iz Zagreba, stambena zgrada u Gospodskoj ul. 84-86 određena za prvi Pilot-projekt individualizacije troškova grijanja u Hrvatskoj.

(Lit. 8, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku)

Autor
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/469– 481/2002.

ENERGIJA 1422 UDK 697.34:658.8.03

1. Pilot-projekt individualizacije troškova grijanja Zagreb-1
I. *Rajić, F.*
II. Omiška 8, 10000 Zagreb, Hrvatska

Grijanje Zagreb-1
Pilot-projekt
Individualizacije troškova

ENERGIJA 1421 UDK 621.316.35

1. Utjecaj vlastite frekvencije sabirnice prilikom izračunavanja naprezanja vodiča i sila na izolatore u visokonaponskim postrojenjima prema iec 60865
I. *Frühwirth, B.*
II. Končar – KET, Fallerovo šetalište 22, 10000 Zagreb, Hrvatska

Proračun
Sabirnica
Vlastita frekvencija

ENERGIJA 1420 UDK 621.311.1.003

1. Hrvatska elektroprivreda na razmeđi privatizacije i društvene odgovornosti
I. *Višković, A.*
II. HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektroenergetski sustav
Privatizacija
Razvoj elektroprivrednog sustava
Javna služba
Modeliranje tržišta električne energije
Procjena investiranja u proizvodnju električne energije

Energija

Volume 51 (2002) № 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1417

UDK 621.39:621.311.1
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/6, 449 – 453

POWER UTILITIES AS NEW PLAYERS ON THE TELECOMMUNICATION MARKET

Margit Brandl, D. Sc.

Siemens AG, Siemensstr. 90-92, Wien, Österreich

Dubravko Sabolić, B. Sc.

HEP Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

A brief review is given of the deregulation and liberalisation impact on the telecommunication market development, with respect to power utilities as new market players. The presentation is based on recent Austrian experiences in the field. In this context, the new regulation mechanism in Croatia is also described.

(No. of References: 4, Fig.: 1 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/449 – 453/2002.

ENERGIJA 1418

UDK 621.9:62/843.3
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/6, 455 – 468

USAGE OF GASIFIED BIOMASS FOR HEAT AND POWER PRODUCTION

Vedran Uran, B. Sc.

CASE d.o.o., Šetalište XIII. divizije 28, 51000 Rijeka, Croatia

The paper presents a technical-economic description of basic systems for biomass gasification and a power facility for gas originating from biomass. There are two basic systems for biomass gasification: high pressure and low-pressure systems that are quantitatively compared and shown in enclosed tables. Examples of demonstration plants for biomass gasification in the world are also given as well as possibilities of its usage in Croatia.

(No. of References: 8, Fig.: 5 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/455 – 468/2002.

ENERGIJA 1419

UDK 621.316.1:621.31
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/6, 483 – 495

STUDY OF REGIONAL TRANSMISSION NETWORK PLANNING

Davor Bajs, M. Sc. – Goran Majstrović, M. Sc.

Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia

Vladimir Grujić, B. Sc. – Marinko Rogić, B. Sc.

HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

The paper discusses basic results of the transmission network study for south-eastern Europe made within the framework of SECI project: "Regional Transmission Network Planning", sponsored by USAID. The study is based on an analysis from PSS/E programme package using regional model for south-eastern Europe and the equivalent for the UCTE for the year 2005. Analyses are done in order to determine limits to the transmission network in this part of Europe and to evaluate the role of new interconnection lines, candidates for construction. Based on the results obtained from the study some most important new interconnection lines in the south-eastern Europe are going to be selected. The study evaluates only the technical aspect of the construction using analysis of stationary states as well as possibilities of electric power interchange and transit. The economic analysis of the role of new lines as well as the stability study create the next step.

(No. of References: 3, Fig.: 1 – original in Croatian)

Authors
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/483 – 495/2002.

ENERGIJA 1419 UDK 621.316.1:621.31

1. Study of Regional Transmission Network Planning
I. *Bajs, D. – Majstrović, G. – Grujić, V. – Rogić, M.*
II. Energetski institut "Hrvoje Požar", Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia – HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Transmission Network Development Planning
Programme Package PSS/E
South-Eastern Europe
New Interconnection Lines
Stationary State Analysis
Possibility of Interchange and Transit

ENERGIJA 1418 UDK 621.9:62/843.3

1. Usage of Gasified Biomass for Heat and Power Production
I. *Uran, V.*
II. CASE d.o.o., Šetalište XIII. divizije 28 51000 Rijeka, Croatia

Systems
Biomass Gasification
Power Plant
High-pressure System
Low –pressure System
Demonstration System

ENERGIJA 1417 UDK 621.39:621.311.1

1. Power Utilities as New Players on the Telecommunication Market
I. *Brandl, M. – Sabolić, D.*
II. Siemens AG, Siemensstr. 90-92, Vienna, Austria
HEP Prijenos d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Power Utility
Deregulation
Liberalisation
Telecommunication Market

Energija

Volume 51 (2002) № 6

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

ENERGIJA 1420 UDK 621.311.1.003
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/6, 439 – 448

"HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA" ON THE TURN OF PRIVATISATION AND SOCIAL RESPONSIBILITY

Alfredo Višković, D. Sc.

HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb Croatia

Electricity sector restructuring in terms of the effects of changes in the national legislation imposed the necessity to consider future development. Two categories of the problem are distinguished in the paper, namely those that specifically refer to the development of the electric power system and to the privatisation of the Croatian Electricity Utility Company (HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA - HEP).
Under the Energy Act HEP is a public industrial organisation responsible for the operations of special public concern taking into account the cost efficiency criteria. Preference has been given to the first one of the two objectives. With the transition into a joint-stock company and privatisation, the personalised logic is increasingly emphasised although cost efficiency is a fundamental condition in spite of the fact that it still involves a public service of vital importance.
The approach to the market modelling for current energy situation in Croatia has been presented to allow analyses and forecasts of electricity generation, to support the investment decisions (foreign capital), and with an aim of feasibility assessment.
Three models are described that could be used for assessment of investment profitability in generation on a deregulated market. The simulation of production costs and basic characteristics of modelling are shown.

(No. of References: 3, Fig.: 4 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/439 – 448/2002.

ENERGIJA 1421 UDK 621.316.35
PROFESSIONAL PAPER

ENERGIJA 51/2002/6, 497 – 511

THE ROLE OF BUSBAR SELF-FREQUENCY WHEN CALCULATING LINE STRAIN AND FORCE TO INSULATORS IN HIGH-VOLTAGE STATIONS ACCORDING TO IEC 60865

Borko Frühwirth, M. Sc.

Končar- KET, Fallerovo šetalište 22, 10000 Zagreb, Croatia

In the paper a calculation on fixed lines (tube-shaped busbars) strain and forces on support insulators in high-voltage stations is given according to IEC (IEC60865-1 Short-circuit currents - Calculation of effects Part 1, 1993-3 and IEC 60865-2 Short circuit currents – Calculation of effects Part 2, 1994-2).

Special attention is paid to the role of lines' self-frequency on calculated values and comparative values with real examples as well as theoretically whether lines' self-frequency is taken into account. It is shown that if self-frequency is not taken into account, in the case of high-voltage stations with tube-shaped busbar calculated values are a few times bigger than the calculated ones concerning busbar self-frequency.

(No. of References: 6, Fig.: 13 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/497 – 511/2002.

ENERGIJA 1422 UDK 697.34:658.8.03
SUBJECT REVIEW

ENERGIJA 51/2002/6, 469 – 481

PILOT PROJECT OF INDIVIDUAL HEAT ING ACCOUNTS ZAGREB-1

Florijan Rajić, M. Sc.

Omiška 8, 10000 Zagreb, Croatia

Compared to other European countries Croatia has too large a consumption of fuels and heating energy. Lowering of consumption is possible if measurement equipment and new way of heating account are applied. Best saving results and best user motivation are obtained if new and justified systems of individual heating and hot water costs are applied.

To demonstrate that, in the spring of 1997, based on the agreement concluded by the Ministry of Economic Affairs of Croatia (Department of Energy and Mining), Zagreb Housing and Communal Office, Techem Company AG from Frankfurt, Germany, and Danfoss, Zagreb, the residential building in Gosposvetska Street 84-86 was chosen for the first pilot project of individual heating costs in Croatia.

(No. of References: 8, Fig.: 6 – original in Croatian)

Author
ISSN 0013-7448
ENJAAC 51/6/469 – 481/2002.

ENERGIJA 1422 UDK 697.34:658.8.03

1. Pilot Project of Individual Heating Accounts Zagreb-1
I. *Rajić, F.*
II. Omiška 8, 10000 Zagreb, Croatia

Heating Zagreb-1
Pilot Project
Individual Costs

ENERGIJA 1421 UDK 621.316.35

1. The Role of Busbar Self- Frequency when Calculating Line Strain and Force to Insulators in High-Voltage Stations According to IEC 60865
I. *Frühwirth, B.*
II. Končar- KET, Fallerovo šetalište 22, 10000 Zagreb, Croatia

Calculation
Busbar
Self-Frequency

ENERGIJA 1420 UDK 621.311.1.003

1. "Hrvatska elektroprivreda" on the Turn of Privatisation and Social Responsibility
I. *Višković, A..*
II. HEP d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia

Electric Power System
Privatisation
Electric Power Utility System
Development
Public Service
Electric Power Market Modelling
Investment Evaluation of Electric Power Production