11

Godišnja elektroenergetska bilanca

Na primjeru ukupne elektroenergetske bilance[130] Hrvatske ostvarene u 2005. godini, prikazat ćemo realne odnose među vrijednostima svih spominjanih veličina. Bilanca će u svom ulaznom dijelu biti iskazana petadžulima, a u svome elektroenergetskom dijelu gigavatsatima. Dakako, stupnjeve djelovanja pojedinih pretvorba možemo odrediti samo dijeleći vrijednosti ulaznih i izlaznih oblika energije, iskazane istim jedinicama; petadžulima ili gigavatsatima, tablica 11.1, gdje je električna energija iskazana paralelno, u petadžulima i gigavatsatima[131].

Ukupna dobava energije za pretvorbu u hidroelektranama, termoelektranama i termoelektranama-toplanama u 2005. godini bila je 103,6 PJ. Kako je u toj godini ukupna potrošnja svih oblika energije u Hrvatskoj bila 372,4 PJ, to izlazi da je 27,8 posto ukupno utrošene energije iskorišteno za pretvorbu u električnu energiju.

U ukupnoj potrošnji svih oblika energije sadržan je i saldo uvoza i izvoza električne energije od 18,4 PJ (ili 5 113 GWh, u tome iz NE Krško 2 807 GWh). Ta električna energija ulazi u hrvatski elektroenergetski sustav izravno, bez pretvorba. Dakle: ukupno dobavljena električna energija i energija koju tek treba pretvoriti u električni oblik u 2005. godini bila je 122 PJ. Te je udio energije, koja se pretvori u električnu energiju ili je već ušla u energetski sustav u tom obliku, u ukupnoj potrošnji energije 32,8 posto.

Kada se od energije za pretvorbu u električnu energiju odbije ulazna energija vodnih snaga uz faktor konverzije od 3,6 petadžula po proizvedenom teravatsatu, dakle 23,2 PJ (proizvodnja u HE: 6,439 TWh), dobije se ukupna dobava goriva za termoelektrane i termoelektrane-toplane: 80,4 PJ.

To gorivo raspoređeno je na pojedine tipove termoelektrana: za termoelektrane 35,3 PJ, za javne termoelektrane-toplane 22,9 PJ i za industrijske termoelektrane-toplane 22,2 PJ.

Pretvorbom u termoelektranama proizvedene su sljedeće vrijednosti električne energije:

– termoelektrane	13,1 PJ ili	3 638 GWh
– javne TE-TO	6,8 PJ ili	1 877 GWh
– industrijske TE-TO	1,8 PJ ili	505 GWh.

Ukupno je u termoelektranama proizvedeno 21,7 PJ ili 6 020 GWh električne energije. Uz to, u javnim i industrijskim termoelektranama-toplanama, proizvedene su i sljedeće vrijednosti toplinske energije:

– u javnim TE-TO	9,8 PJ
– u industrijskim TE-TO	15,5 PJ.

Ukupna je proizvodnja električne i toplinske energije u svim tipovima termoelektrana bila 47 PJ. Uz ulaznu energiju goriva od 80,4 PJ, ostvareni su gubici pretvorba od 33,4 PJ. Ostvaren je, dakle, visoki stupanj iskorištenja goriva od 58,5 posto. To je vrlo povoljno iskorištenje goriva, nastalo je kao rezultat visokog udjela termoelektrana-toplana u termoelektranama; preko polovina ulazne energije goriva prerađeno je u termoelektranama-toplanama.

U hidroelektranama je proizvedeno 23,2 PJ, odnosno 6 439 GWh električne energije.

[130] O konvencijama uz elektroenergetsku bilancu vidjeti završetak poglavlja 1.

[131] Uz konverziju 1000 GWh = 3,6 PJ.

Tablica 11.1. Ostvarena elektroenergetska bilanca Hrvatske u 2005. godini

Opis	Na ulaznom dijelu bilance	U transformiranim oblicima		
		Električna energija		Toplinska energija
	PJ	GWh	PJ	PJ
Energija za pretvorbu u el. energiju	103,6			
– za hidroelektrane	23,2			
– za termoelektrane	35,3			
– za javne TE-TO	22,9			
– za industrijske TE-TO	22,2			
Brutoproizvodnja el. energije		12 459	44,9	25,3
– u hidroelektranama		6 439	23,2	
– u termoelektranama		3 638	13,1	
– u javnim TE-TO		1 877	6,8	9,8
– u industrijskim TE-TO		505	1,8	15,5
Vlastita potrošnja elektrana		335	1,2	
Netoproizvodnja el. energije		12 124	43,7	
Saldo uvoza i izvoza	18,4	5 113		
– uvoz	31,5	8 746		
– izvoz	13,1	3 633		
Brutopotrošnja el. energije		17 237	62,1	
Gubici prijenosa i distribucije		2 131	7,7	
– u prijenosnoj mreži		560	2,0	
– u distribucijskoj mreži		1 571	5,7	
Vlastita potrošnja elektroprivrede		33	0,1	
Vl. potroš. ostalog energetskog gospodarstva		519	1,9	
Energija za crpljenje		149	0,5	
Netopotrošnja (neposredna potrošnja) el. energije		14 405	51,9	
– industrija		3 271		
– promet		304		
– kućanstva		6 333		
– usluge		4 183		
– ostala potrošnja		314		

Time je električna energija proizvedena na priključnicama generatora, brutoproizvodnja električne energije u 2003. godini bila:

– proizvodnja u hidroelektranama 6 439 GWh
– proizvodnja u termoelektranama 3 638 GWh
– proizvodnja u javnim TE-TO 1 877 GWh
– proizvodnja u industrijskim TE-TO 505 GWh,

ukupno dakle 12 459 GWh.

Da bismo dobili netoprozvodnju električne energije, treba od te energije odbiti vlastitu potrošnju elektrana (termoelektrana – 297 GWh, hidroelektrana – 37,7 GWh) u ukupnoj vrijednosti od 335 GWh.

Dolazimo do netoproizvodnje električne energije u vrijednosti od 12 459 – 335 = = 12 124 GWh.

Već spomenuti saldo uvoza i izvoza električne energije u vrijednosti 18,4 PJ, predstavlja 5 113 GWh, to je električna energija dobavljena na ulazu spojnih vodova prijenosne mreže prema inozemstvu umanjena za izvoz.

Time je električna energija raspoloživa za korištenje (ili brutopotrošnja električne energije) u 2005. godini bila ukupno 12 124 + 5 113 = 17 237 gigavatsata.

Da bismo dobili neposrednu potrošnju električne energije, treba od te energije odbiti: gubitke prijenosa (560 GWh), gubitke distribucije (1 571 GWh), vlastitu potrošnju električne energije elektroprivrede, izvan vlastite potrošnje elektrana (33 GWh), vlastitu potrošnju neelektroenergetskog a energetskog gospodarstva (519 GWh) te energiju utrošenu za crpljenje u CAHE (149 GWh).

Dolazimo do neposredne potrošnje električne energije od 14 405 GWh, koja je utrošena u sektorima:

– industrija	3 271 GWh
– promet	304 GWh
– kućanstva	6 333 GWh
– usluge	4 183 GWh
– ostala potrošnja	314 GWh.

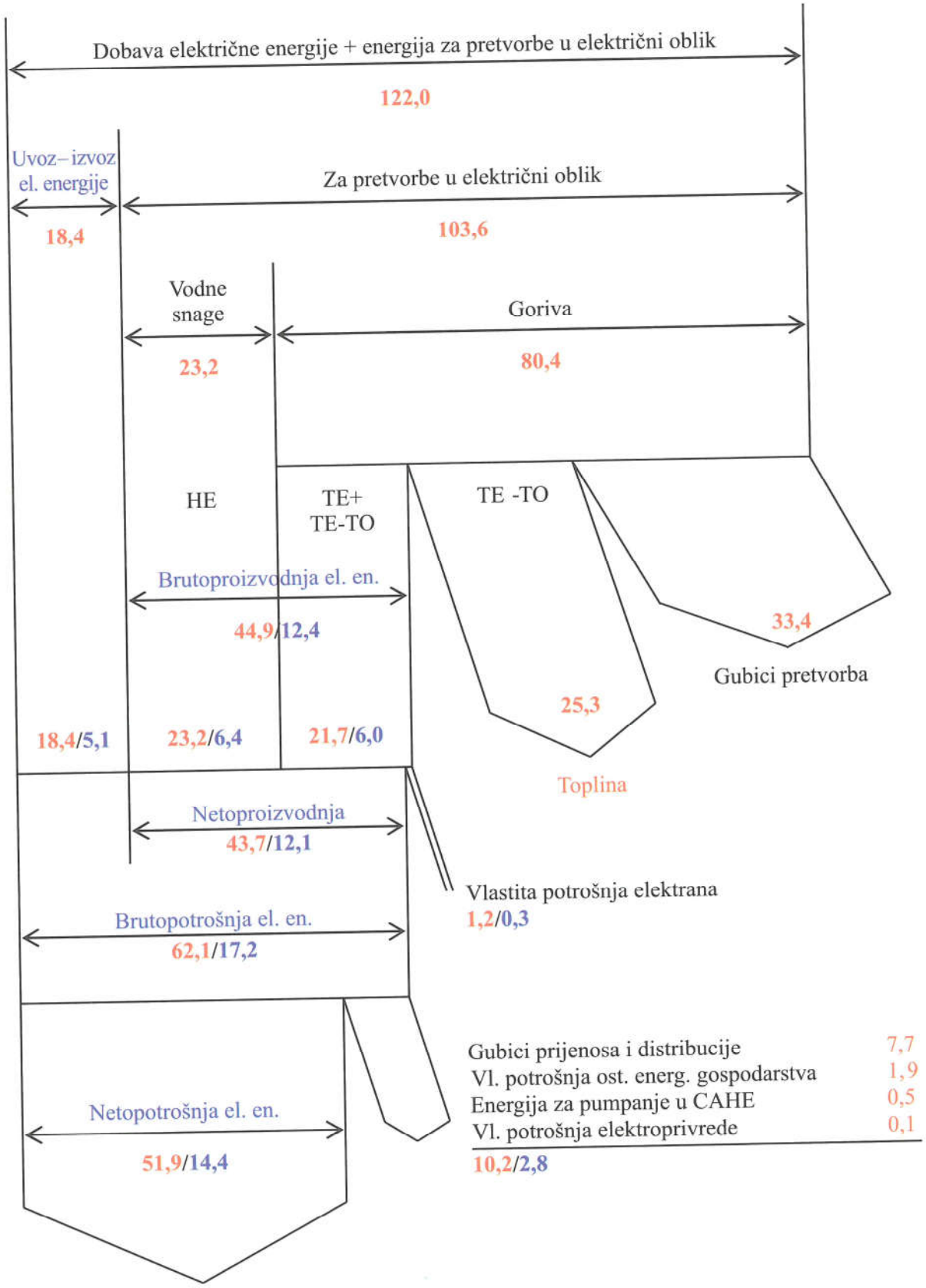
Prosječno, po hrvatskom stanovniku ostvarena je neposredna potrošnja električne energije od 14 405/4,44 = 3 177 kilovatsati, dakle, zaokruženo nešto ispod 3 200 kilovatsati.

Na slici 11.1. prikazan je tok energije u ostvarenoj elektroenergetskoj bilanci Hrvatske u 2005. godini.

Razmotrimo sada jedan realni primjer, blizak boljem poimanju. Ako bi u prilikama iz 2005. godine moj radni stol gdje ovo pišem na računalu bio rasvijetljen svjetiljkom, tako da je ukupna snaga tih trošila recimo 100 vata, te da to činim tri dana svake večeri u trajanju 3,3 sata utrošio bih električnu energiju od 1 kWh. Koliko je ukupno ulazne energije utrošeno za tih mojih 1 kWh i kamo je sve otišla ta energija, u – dakle – prosječnim hrvatskim prilikama kakve su bile 2005. godine.

Najprije, uz taj moj jedan kilovatsat utrošeno je 0,011 kWh za crpljenje u CAHE Velebit, elektroprivreda je utrošila 0,002 kWh, pa je neelektroenergetsko a energetsko gospodarstvo potrošilo još 0,036 kWh za svoje potrebe, slijede gubici u distribucijskoj mreži od 0,109 kWh i u prijenosnoj mreži od 0,039 kWh. Time je na ulazu u prijenosnu mrežu ušlo 1,197 kWh električne energije. Kako je dobavljena ta energija? Uvezeno je visokih 0,355 kWh[132], a netoproizvodnja vlastitih elektrana bila je 0,842 kWh. Da bismo došli do brutoproizvodnje, moramo tome dodati vlastitu potrošnju u elektranama od 0,023 kWh i dolazimo do brutoproizvodnje od 0,865 kWh. Ta je brutoproizvodnja ostvarena u hidroelektranama (0,447 kWh), termoelektranama (0,253 kWh) i termoelektranama-toplanama (0,165 kWh). Termoelektrane-toplane proizvele su još i 0,488 kWh toplinske energije uz toliku proizvodnju električne energije u spojenom procesu (to je izvan moga 1 kWh potrošnje električne energije, ali se nužno zbilo uz

[132] U tome uvozu sudjeluje dobava proizvodnje iz NE Krško s 0,194 kWh, dakle dobava *naše* energije.



Slika 11.1. Tok energije prema elektroenergetskoj bilanci Hrvatske 2005. godine

toliku moju potrošnju, dakako u prosječnim godišnjim prilikama kakve su vrijedile u 2005. godini). Hidroelektrane su na svom ulazu uzele energiju vodnih snaga od 0,447 kWh jer ih u bilanci uzimamo kao da rade uz stupanj djelovanja 100 posto. Termoelektrane su na svom ulazu uzele energiju goriva od 0,681 kWh, a termoelektrane-toplane još 0,870 kWh.

Ukupno je dakle za sve pretvorbe utrošeno 1,998 kWh (zaokruženo, dakle 2 kWh) i još je izravno uvezeno već spomenutih 0,355 kWh, dakle sveukupno je za moj neposredno potrošen 1 kWh, uloženo 2,353 kilovatsata, iskazano naravno elektroenergetskom jedinicom energije. Uz to, u spojenom procesu proizvedeno je još i 0,488 kWh toplinske energije koju su utrošili drugi kupci-potrošači. Zapravo, dakle, ukupna neposredno iskorištena energija koja je dobivena iz tih 2,353 kilovatsata, iznosila je 1,488 kWh (1 kWh električne i 0,488 kWh toplinske energije).

Iskažimo još bližim jedinicama ulaznu energiju u pojedine tipove elektrana:

– u hidroelektranama se moralo preraditi vode koja ima energetski sadržaj od $3,6 \times 0,447 = 1,6$ MJ. Da se radilo o hidroelektrani s padom vode od 10 metara, tada bi trebalo propustiti kroz turbine masu od oko 16 tona vode! Jer je $E = m.g.h = 16\,000 \times 9,81 \times 10 \approx 1\,600\,000$ J ili 1,6 MJ;

– ako je riječ o termoelektranama na ugljen (energetskog sadržaja oko 20 MJ/kg), tada bi trebalo spaliti $0,681 \times 3,6 = 2,45$ MJ, dakle 0,123 kg ugljena ili 12,3 dg;

– ako su termoelektrane-toplane radile na loživo ulje (energetskog sadržaja oko 40 MJ/kg), trebalo je spaliti još i $0,870 \times 3,6 = 3,13$ MJ, dakle 0,078 kilograma loživog ulja ili 7,8 dekagrama odnosno približno 0,9 decilitara loživog ulja.

Za kupnju tog jednog kilovatsata platili bismo Hrvatskoj elektroprivredi 32 lipe (cijene od 1. rujna 2005.)[133] ili – s porezom na dodanu vrijednost od 22 posto, koji bismo platili državi – oko 39 lipa! Ako imamo dvotarifno mjerenje energije i ako bismo koristili svu energiju u doba niže dnevne tarife, dakle nakon 21 sat zimi i nakon 22 sata ljeti. Da smo koristili taj kilovatsat u doba više dnevne tarife, platili bismo 61 lipu bez poreza ili 74,4 lipe s porezom. Ako imamo jednotarifno mjerenje, platili bismo 58 lipa bez poreza ili oko 71 lipu s porezom. Ostaje još stalna mjesečna naknada od 15,75 kuna mjesečno – to bi trebalo iskazati u odnosu prema cjelokupnoj mjesečnoj potrošnji. U Hrvatskoj ima oko dva milijuna kućanstava. Ona su 2005. godine utrošila 6333 milijuna kilovasati, prosječno kućanstvo dakle 3 166 kWh/god. ili oko 264 kWh/mjes. Izlazi da oko 6 lipa/kWh plaća stalnu mjesečnu naknadu prosječno kućanstvo ako se ta naknada rasporedi na prosječnu mjesečnu potrošnju. S porezom 7,32 lipe. Dakle, ranije izračunate izdatke treba povećati za te iznose.

[133] O hrvatskom tarifnom sustavu od 1. rujna 2005. vidjeti u poglavlju o cijenama (poglavlje 21).

12

Pogon i održavanje elektroenergetskog sustava

Korištenje (eksploatacija) elektroenergetskog sustava[134] sastoji se od pogona i održavanja tog sustava. Složeno je stoga što je „tvornica" za isporuku tog konačnog proizvoda „bez ograde"; seže do svakog trošila u našem kućanstvu, poduzeću, ustanovi ili nekom javnom prostoru. To nije karakteristično ni za koju drugu robu, pa ni uslugu[135]. Proizvodnja tradicionalnih proizvoda završava na tvorničkoj ogradi, a ako tvornica ima vlastitu distribuciju, završava na pragu trgovine. Što će se i kada i u kolikoj mjeri zbivati s proizvodom, nije u nadležnosti proizvođača te robe. Vrijedi i za benzin nakon kupnje na benzinskoj crpki... Za kruh i pecivo... Za usluge u turizmu, primjerice, turist je – nakon kupnje paket-aranžmana – prepušten zbivanjima, koja će zapravo teško, ili izravno nikako, kontrolirati prodavatelj aranžmana. Eventualno će biti ugovorena odgovornost za propuste, ali oni će se utvrđivati naknadno, možda čak na sudu, a naknada štete zapravo ne može nadoknaditi doista propušteno.

U elektroenergetskom sustavu su vodiči u našoj kućnoj instalaciji u galvanskoj vezi s opskrbnom mrežom, a ta je opet u galvanskoj i elektromagnetskoj vezi s mrežom višeg napona, da bi sve završilo s vodičima brojnih generatora u kojima se inducira napon u istom trenutku kada se mi tim naponom koristimo ili ga možemo koristiti. Od trenutka u kojem ga koristimo, za vrijednost snage našeg trošila mora se podignuti angažirana snaga nekog agregata u elektrani/elektranama, da bi se opet smanjila kada mi naše trošilo isključimo. I to sve skupa, na stotinama milijuna mjesta u europskoj elektroenergetskoj interkonekciji[136]. Iz dana u dan, iz godine u godinu, neprekidno. Imamo li to na umu, moramo se složiti: zapravo – fantastično!

Korištenje elektroenergetskog sustava, dakle pogon i održavanje tog sustava, zahtijeva koordinaciju unutar vremensko-prostorne dinamike svoga zbivanja, od trenutne do višegodišnje. Trenutna koordinacija mora uvažavati nastalu potražnju, tekuće stanje raspoloživosti pojedinih jedinica sustava – planirane zahvate održavanja na nekim jedinicama i iznenadni otkaz nekih drugih jedinica, a za dan, tjedan, mjesec ili godinu unaprijed treba sagledavati to isto samo uz sve veću neizvjesnost. Cilj ispravnog korištenja elektroenergetskim sustavom je omogućavanje kvalitetne i sigurne isporuke električne energije uz razumne troškove. To osigurava vođenje elektroenergetskog sustava.

---

[134] Ovdje govorimo o elektroenergetskom sustavu, premda bi zapravo bilo točnije govoriti o *regulacijskom području* unutar interkonektiranog sustava. Jer nadležnost nad sustavom i odgovornost za korištenje sustava danas su ograničene unutar granica regulacijskih područja, dakle unutar državnih granica, uz nužnu interkonekcijsku koordinaciju.

[135] Točno govoreći, vrijedi to za isporuku svih *umreženih* energenata (pored električne energije, to su prirodni plin i toplina iz centraliziranih toplinskih sustava). Ipak, bitna razlika među tim energentima je u mogućnosti uskladištavanja prirodnog plina i stanovitoj tromosti toplinskih trošila u odnosu na električna.

[136] Što, dakako, djeluje donekle kompenzacijski prema našem uključenju/isključenju pojedinog trošila; istodobno i milijuni drugih kupaca-potrošača čine to isto, tako da regulacijske elektrane trenutno moraju reagirati samo na konačnu razliku između novopriključenih i novoisključenih trošila.

Vođenje elektroenergetskog sustava

Vođenje elektroenergetskog sustava omogućeno je nadzorom sustava i upravljanjem sustavom (slika 8.7); tamo je prikazana tehnika koja omogućuje vođenje. Najčešće se osigurava uspostavom dispečerskog centra na nacionalnoj razini (slika 12.1), odnosno na razini regulacijskog područja. U zemljama velikog prostornog obuhvata ili vrlo izduljenog teritorija, tom centru mogu biti podređeni regionalni mrežni centri, kako je učinjeno u Hrvatskoj (četiri regionalna mrežna centra). Vođenje pogona pojedinih distribucijskih mreža, riješeno je iz distribucijskih upravljačkih centara.

Slika 12.1. Nacionalni dispečerski centar u Zagrebu

U tehnološkom smislu, vođenje elektroenergetskog sustava sastoji se od planiranja, ostvarivanja (provedbe) tih planova i analize ostvarenja (te povratne, korektivne veze prema novom planiranju). Vremenski okvir za vođenje elektroenergetskog sustava je jedan sat (ili kraći, primjerice 15 minuta), jedan dan, jedan tjedan, mjesec, godina ili nekoliko godina. U svakom vremenskom okviru zbivaju se isprepleteno sve faze vođenja (planiranje-ostvarenje-analiza). Analizom nastalih prilika u prethodnom satu, korigiramo prvobitni plan za naredni sat i tako dalje.

Planiranje se sastoji od predviđanja potražnje snage i energije u elektroenergetskom sustavu te gubitaka u mreži, planiranja poželjnih stanja u akumulacijama akumulacijskih hidroe-

lektrana, očekivanja mogućnosti proizvodnje protočnih hidroelektrana, planiranja proizvodnje termoelektrana-toplana i očekivane proizvodnje elektrana na obnovljive izvore energije, planiranja proizvodnje ostalih termoelektrana te razmjene električne energije s inozemstvom, planiranja remonta agregata u elektranama te redovitog i izvanrednog održavanja jedinica mreže, planiranja rotacijske rezerve u elektranama, te planiranja opskrbe gorivom termoelektrana. Neka se od tih planiranja obavljaju za sve vremenske okvire planiranja, a neka se planiranja obavljaju za samo više vremenske okvire (za tjedan, mjesec ili godinu).

Predviđanje potražnje snage i energije u elektroenergetskom sustavu može biti dugoročno (nekoliko godina do dva-tri desetljeća unaprijed), srednjoročno (godina ili nekoliko godina unaprijed) i kratkoročno (godina unaprijed, do predviđanja *za sljedeći sat*). Kratkoročno planiranje je osnovica planiranju korištenja elektroenergetskim sustavom.

Najtočnije planiranje potražnje zahtijeva se od planiranja za dan unaprijed. Počinje se od ostvarene potrošnje (po snazi i energiji) i njenoj dinamici u prethodnom danu, te se gleda na to za koje se doba godine to planira (*sezoni*, da li je riječ – u pravilu – o razdoblju kada potražnja postupno opada ili kada ona raste) i za koji dan u tjednu se planira (*tjedna oscilacija* potražnje, polazna osnova su ostvarenja prethodnog tjedna) te na očekivane klimatske prilike (temperaturu, naoblaku, padaline, vjetar) i druge predvidljive prilike narednog dana (kakav izvanredni događaj, praznik, izvanredni neradni dan...). Uzima se u obzir i stanovita inertnost potrošača-kupaca prema naglim promjenama nastalih prilika. Rezultat je satni dijagram trajanja potražnje za naredni dan, dakle predviđanje kolika će potražnja biti u svakom satu idućeg dana. Toj potražnji pridodaju se i ugovorne obveze prema izvozu električne energije.

Tjedno planiranje potražnje sastoji se od niza sedmodnevnih dijagrama trajanja potražnje, grublje ocrtanih, a mjesečno i godišnje planiranje obično se svodi na utvrđivanje dijagrama trajanja potražnje za te vremenske okvire, bez satnog rasporeda opterećenja. Za iduću godinu procjenjuje se ukupna potražnja najčešće primjenom očekivanog postotnog rasta u odnosu na očekivano ostvarenje (jer u doba planiranja nije još istekla tekuća godina) u tekućoj godini. Eventualno se izvan toga dodaje ili oduzima kakvo veliko pojedinačno opterećenje koje će se pojaviti ili izostati sljedeće godine.

U godišnjem planiranju namirenja potražnje procjenjuju se mogućnosti proizvodnje vlastitih elektrana, s obzirom i na nužne godišnje remonte (praktički svake godine mora se obaviti remont svake elektrane, koji traje od više dana do preko mjesec dana), ugovorne obveze inozemnih dobavljača prema promatranom sustavu te obveze promatranog sustava prema inozemstvu. Također, tvori se raspored remonata elektrana i usklađeni raspored remonata važnih prijenosnih vodova, kako bi se u svakom vremenskom odsječku zadovoljio kriterij (n–1). Planira se i dobava goriva za elektrane i njezina dinamika te stanovita rezerva u gorivu, kako bi se mogla utvrditi planirana energetska bilanca za narednu godinu.

Ako je moguće, to godišnje planiranje obavlja se u nekoliko varijanata kako bi se procijenila najpogodnija s obzirom na ekonomske ili neke druge poželjne efekte. U najmanju ruku, sagledavaju se prilike u osobito vlažnoj godini, osobito sušnoj i godini s prosječnom hidrologijom, za sve sustave u kojima je visok udio hidroenergije (kakav je hrvatski elektroenergetski sustav). Kako bi se pravodobno moglo reagirati, snažnijim angažmanom termoelektrana i uvoza ili njihovim prigušivanjem, pri ostvarivanju elektroenergetske bilance.

Naime, zatvoreno stanje očekivane potražnje i mogućeg namirenja te potražnje (dakle proizvodnje i dobave električne energije) naziva se planirana elektroenergetska bilanca za narednu godinu, a njezino ostvarenje – kada istekne godina – ostvarena elektroenergetska bilanca u prethodnoj godini.

Pri mjesečnom sagledavanju utvrđuje se kumulativno odstupanje od godišnje bilance, osobito u pogledu ostvarene hidrologije, punjenja i pražnjenja akumulacijskih bazena hidroelektrana, te stanja na skladištima goriva za termoelektrane. U obzir se uzimaju i teškoće oko opskrbe nekim gorivom, koje se nisu mogle predvidjeti u doba izrade godišnje bilance. Uvažavaju se i možebitni veliki kvarovi koji su se dogodili u kakvoj elektrani ili na kakvom važnom prijenosnom vodu, pogotovo ako se dogodilo više njih istodobno i ako očekivano razdoblje otklanjanja kvara bude trajalo dulje vremena. U takvim slučajevima nastoji se povećati dobava električne energije iz inozemstva i/ili odgoditi kakav predviđeni remont u vlastitom sustavu. Sva mjesečna sagledavanja protežu se svojim djelovanjima do kraja promatrane godine radi pravodobnih korekcija planirane elektroenergetske bilance.

Pri tjednom sagledavanju mnoge – u većoj ili manjoj mjeri – neizvjesne okolnosti postale su izvjesnije ili potpuno izvjesne. Primjerice: dotoci vode u protočne hidroelektrane, stanje napunjenosti akumulacijskih bazena, raspoloživa rezerva goriva za termoelektrane, završetak popravka kakva velikog kvara ili završetak remonta, ili pak daljnje neočekivano ali nepobitno odgađanje tih događaja, stanje oko mogućnosti dobave i cijena tih dobava iz inozemstva, ulazak u pogon kakve nove elektrane ili prijenosnog voda. Sve to omogućuje praktički relativno točna predviđanja prilika u svakome danu sljedećeg tjedna.

Pri dnevnom vođenju elektroenergetskog sustava, od bitnog je značenja računalna potpora i daljinski prijenos podataka bez kojih se danas ne može zamisliti operativno vođenje sustava. Primjerice: neprestano se računaju predvidivi tokovi snaga u mreži i naponske okolnosti u pojedinim čvorištima mreže, očekivane struje kratkog spoja i sigurnost mreže po kriteriju (n–1)[137]. Račun tokova snage i napona čvorišta uspoređuje se s mjernim podacima daljinski prikupljenim iz sustava. Za svako prisilno isključenje neke jedinice sustava, odmah se utvrđuju nova očekivana stanja, a pristanak za planirani isklop neke jedinice daje se na osnovi računa sigurnosti po kriteriju (n–1) kao da te jedinice nema. Tek ako je sigurnost po kriteriju (n–1) zadovoljena – daje se odobrenje za isklop.

Vođenje pogona u interkonekciji

Vođenje elektroenergetskog sustava, ako je riječ o (pod)sustavu u interkonekciji, dakle zapravo o regulacijskom području te interkonekcije, uvjetovano je nadređenim pravilima te interkonekcije. Dakle u interkonekciji, *starija* su pravila vođenja pogona interkonekcije, a lokalna pravila moraju biti s njima apsolutno usuglašena. Inače čitava stvar ne bi mogla funkcionirati!

Za interkonekciju UCTE vrijede pravila iskazana UCTE-Priručnikom za vođenje pogona, koji vrlo detaljno i konkretno propisuje međusobne obveze i odgovornosti članica UCTE, dakle operatora prijenosnih sustava u državama-članicama UCTE. Nabrojimo samo poglavlja iz toga priručnika, kako bismo stekli dojam o tome što je u njemu uređeno.

Ponajprije, propisuje se način donošenja i daljeg razvoja priručnika te vrlo detaljan pojmovnik, jer u nazivanju pojedinih pojmova na europskoj razini mora postojati jednoznačno poimanje svih sudionika o tim nazivima.

Slijedi regulacija frekvencije i djelatne snage u interkonekciji (primarna, sekundarna te tercijarna regulacija, regulacija vremena i mjere u izvanrednim prilikama). Nakon toga dolazi usklađivanje i obračun razmjena električne energije između članica interkonekcije, praćenje u realnom vremenu i obračun neplaniranih odstupanja. Treća grupa pitanja

[137] Sustav mora biti neprestano siguran prema ispadu jedne jedinice! O kriteriju (n–1) vidjeti zadnji dio poglavlja 8.

obuhvaćenih Pravilnikom je sigurnost pogona. Tu je određeno: kriterij (n–1) sigurnosti, regulacija napona i jalove snage u interkonekciji, otklanjanje kvarova i struje kratkog spoja u mreži, stabilnost, planiranje isključenja u mreži te razmjena informacija vezanih uz sigurnost pogona. U poglavlju koordinirano pogonsko planiranje, određuje se predviđanje zastoja u mreži, procjena prijenosne moći, pridjeljivanje prijenosne moći određenim korisnicima mreže te predviđanje zagušenja u mreži dan unaprijed i upravljanje zagušenjima. Posebno poglavlje čini ponašanje u izvanrednim prilikama.

Za ilustraciju odredbi UCTE-Priručnika za vođenje pogona opišimo primarnu, sekundarnu i tercijarnu regulaciju te regulaciju napona i jalove snage, kako ih tumači taj Priručnik. Za svakim trenutačnim raskorakom proizvodnje i potrošnje u interkonekciji slijedi težnja za povećanjem brzine vrtnje agregata u elektranama (pri ukupnoj snazi elektrana većoj od trenutne potrošnje, ispadom nekog većeg opterećenja, generatori *bježe*) ili smanjenjem frekvencije (pri ukupnoj snazi elektrana manjoj od trenutne potrošnje, ispadom neke elektrane preostali generatori *posustaju*).

Zadaća *primarne regulacije* jest održavanje ravnoteže proizvodnje i potrošnje u interkonekciji, korištenjem regulatora brzine vrtnje ili turbinskog regulatora. Zajedničkom akcijom svih povezanih regulacijskih područja, primarna regulacija ima za cilj uspostavu stacionarne frekvencije nekoliko sekunda nakon poremećaja, maksimalno do 30 sekunda. Ukupna snaga rezervirana za primarnu regulaciju je oko 3 000 MW u čitavoj interkonekciji, a doprinos pojedine članice proporcionalan je udjelu u ukupnoj proizvodnji. Padne li frekvencija ispod 49 Hz, slijedi redukcija potrošnje, ručnim ili automatskim nalozima, ali to je iznimna mjera koja se izbjegava dobrim dimenzioniranjem primarne regulacije.

Sekundarna regulacija održava ravnotežu proizvodnje i potrošnje unutar regulacijskog područja u razdoblju od nekoliko sekunda do 15 minuta. Upravlja se automatski iz jednog centra, djelujući na regulacijske elektrane a održavajući vozni red na spojnim vodovima prema susjednim regulacijskim područjima. Snaga koju treba rezervirati za potrebe sekundarne regulacije proporcionalna je drugom korijenu iz vršnog opterećenja regulacijskog područja.

Tercijarna regulacija koristi tercijarnu rezervu (15-minutnu rezervu), koja se najčešće ručno aktivira nakon aktiviranja sekundarne regulacije, stavljanjem u pogon elektrana kojima je namijenjena ta uloga, kako bi se postupno deaktivirala rezerva sekundarne regulacije i bila spremna za novo angažiranje.

Regulacija napona i jalove snage rješava se u pravilu unutar svakog regulacijskog područja. Praktički, trebala bi stalno postojati jednakost proizvodnje i potrošnje jalove snage, a to vodi urednim naponskim prilikama u mreži. Veći prijenos jalove snage na veću udaljenost vodi povećanju jalove potrošnje vodova u mreži što – u konačnici – može izazvati naponski kolaps elektroenergetskog sustava, pa treba neprekidno održavati ravnotežu proizvodnje i potrošnje jalove snage na što užim zahvaćenim područjima.

Da bi se omogućio sinkroni rad na ogromnom zemljopisnom području (kontinentalna Europa), nužna je komunikacijska infrastruktura. Priručnikom se određuje: elektronička magistrala (*electronic highway*), prikupljanje i razmjena podataka u realnom vremenu, razmjena podataka putem datoteka, elektronička pošta (*e-mail*), objavljivanje informacija na elektroničkoj magistrali, procedure za buduće usluge na elektroničkoj magistrali te komuniciranje između operatora prijenosnih sustava izvan elektroničke magistrale.

Priručnik završava odredbama o pogonskom treningu operativnog osoblja u centrima vođenja elektroenergetskog sustava članica interkonekcije.

Vođenje pogona prijenosne i distribucijske mreže

Na dijelu jedinica prijenosne mreže (to su u pravilu jedinice nazivnog napona 110 kV) i na jedinicama distribucijske mreže, pogon i održavanje – dakle korištenje tim mrežama – odvijaju se uz svakodnevne aktivnosti usklađene s nadređenom razinom u sustavu (angažman i remonti elektrana većih snaga i prijenosna mreža 220 i 400 kV), praktički na tisuće točaka u tim mrežama. Samo u prijenosnoj mreži Hrvatske, svakog dana u godini, prosječno na deset jedinica te mreže (koja sadrži ukupno preko 250 vodova i preko 100 transformatorskih stanica) izvode se neki planirani ili prisilom uvjetovani radovi (popravci, održavanje, preinake, dogradnje), ili se te jedinice moraju staviti u izvanpogonsko stanje radi nekih radova ili zahvata u njihovoj blizini!

Glavne zadaće *vođenja pogona* mreža su:

– sagledavanje predstojećih stanja u pogledu opterećenja i tekuće raspoloživosti jedinica mreže te izbor mjera za njihovo operativno usklađivanje;

– periodički (dnevno-tjedno-mjesečno-višemjesečno) nadzor svih jedinica mreže, radi pravodobnog uočavanja nedostataka i upućivanje zahtjeva za njihovim otklanjanjem;

– manipulacije lokalnim ili daljinskim zahvatom kojima se mijenja uklopno stanje u mreži radi potreba normalnog pogona te manipulacije povodom smetnja i kvarova, radi uspostavljanja što povoljnijeg uklopnog stanja, uz izdvajanje jedinica u kvaru;

– usklađivanje vremena potrebnih isključenja dijelova mreže radi preventivnih ispitivanja, održavanja ili popravaka između izvođača tih aktivnosti međusobno i s korisnicima mreže

– obavještavanje korisnika mreže o planiranim isključenjima radi radova na mreži;

– obaviještenost o pogonskim događajima, uz reakcije: (A) – hitna intervencija, jer je nastupio prekid isporuke električne energije ili on prijeti, ili jer se treba zaustaviti daljnje nastajanje štete, otkloniti opasnost, (B) – nalog za zahvat u predstojećem razumnom vremenu, eventualno u kombinaciji s radovima redovitog održavanja i (C) – zahtjev da se zahvat učini bez oštrog roka, odnosno da se izvedu preinake, dogradnje, zamjene i rekonstrukcije radi prilagodbe mreže novim ili nekim do tada neidentificiranim prilikama;

– analiza uzroka, povoda i posljedica krupnih pogonskih događaja – osobito većih havarija ili nezgoda na radu – sagledavanje i provođenje mjera kojima se uzroci otklanjaju i smanjuje vjerojatnost povoda, kao i doseg, veličina i trajanje posljedica (fizičke preinake u mreži, dopune opreme za rad i zaštitu na radu, izmjene i dopune radnih procedura i dopune izobrazbe), te obavještavanje svih zainteresiranih o tome;

– sagledavanje mogućnosti za nova priključenja ili opterećenja dijelova mreže, odnosno drugačiji način korištenja mrežom.

Vođenje pogona uvjetovano je s jedne strane instaliranim svojstvima jedinica mreže, instaliranom rezervom, svojstvima pomoćnog postrojenja, automatizacijom, mogućnošću daljinskog vođenja. S druge strane, vođenje je uvjetovano ulogom jedinica mreže i njihovim svojstvima te zahtjevima korisnika mreže, dakle kupaca i elektrana priključenih na mrežu (dnevni, tjedni i sezonski ritam potražnje odnosno moguće proizvodnje, osjetljivost na kvalitetu napona te na broj ili/i trajanje prekida napajanja električnom energijom).

Karakteristično je za pogonske događaje koji se manifestiraju u mreži da im uzrok nije uvijek u mreži nego u drugim jedinicama elektroenergetskog sustava priključenim na mrežu; elektranama te postrojenjima i trošilima kod kupaca-potrošača, a dosta događaja je uzrokovano djelovanjem iz okoliša (atmosferske prilike, drugi objekti ili aktivnosti ljudi u blizini

jedinica mreže). Događaja ima više na vodovima (pogotovo nadzemnim), nego na drugim jedinicama elektroenergetske mreže. U pravilu, više je planiranih događaja nego li iznenadnih. Dio iznenadnih događaja su prolazne smetnje, koje bez trajnog kvara nestaju nakon kratke ili trominutne beznaponske pauze, opet najviše na nadzemnim vodovima (preskok uz električni luk koji se gasi isključenjem napona, izazvan npr. vlagom kondenziranom na izolacijskoj površini ili premoštenjem granom, životinjom, pticom).

Održavanje jedinica elektroenergetskog sustava

Održavanje jedinica elektroenergetskog sustava naglašeno je okrenuto preventivi; nastoji se da u što duljem razdoblju ne dođe do prisilnog, neplaniranog zastoja, a pogotovo kvara (trajnog zastoja) nijedne komponente bitne za opskrbu električnom energijom, slike 12.2. do 12.4. To se postiže organizacijom održavanja koja obuhvaća:

– *preglede*, kojima se utvrđuje stanje jedinica sustava bez prekida pogona ili se obavljaju preventivna ispitivanja (koja sprečavaju potencijalne kurativne zahvate), eventualno uz planirani, u pravilu relativno kratkotrajan, prekid pogona;

– *revizije*, kojima se u višemjesečnim do višegodišnjim ciklusima (ili cikluse određuje intenzitet korištenja) – uz planirani prekid pogona – otvaraju/rastavljaju dijelovi bitni za funkcioniranje, utvrđuje njihovo stanje, zamjenjuju po potrebi, uređuju, čiste-podmazuju-uređuju, provjerava pravilno funkcioniranje i dovodi u pogonsko stanje;

– *remonte*, kojima se u godišnjim ili višegodišnjim ciklusima – uz dugotrajniji prekid pogona – obavljaju krupni zahvati kojima se produljuje vijek trajanja (regeneriraju komponente podložne regeneraciji, potpuno zamjenjuju neke komponente ili sklopovi novima, obavljaju ispitivanja dotrajalosti).

Ponegdje se takvoj sistematizaciji dodaje održavanje i *njega*; za neke komponente ili podsustave – uz kratkotrajan prekid pogona (ili bez prekida pogona), manji rutinski zahvat

Slika 12.2. Remont generatora u HE Vinodol

Slika 12.3. Popravak izolatorskog lanca na dalekovodu 400 kV

(npr. podmazivanje ili dopunjavanje pogonskim sredstvom) koji u pravilu izvodi osoblje koje vodi pogon, kao sastavni dio periodičkih pregleda (npr. dnevni i tjedni pregled).

Indikativni nalaz preventivnih ispitivanja mora se otkloniti bez odgađanja, čak ako zahtijeva – ali planirani, unaprijed najavljeni – prekid napajanja električnom energijom; svrha i jest izbjegavanje iznenadnog zastoja i veće štete.

Preventivno održavanje (pregledi i preventivna ispitivanja, revizije i remonti) izvodi se po planu održavanja (donesenom najčešće za jednogodišnje razdoblje i operacionaliziranom najčešće tjedno), a taj se izrađuje prema propisima, uputama isporučitelja opreme, internim pravilima, stvarnom stanju u postrojenju, okolnostima pogona i očekivanim prilikama. Plan se usklađuje između svih korisnika mreže te s remontima drugih postrojenja, elektrana, industrijskih pogona, s godišnjim odmorima poduzeća i ustanova priključenih na mrežu.

Za efikasnu provedbu plana održavanja nužno je (a) pravodobno osiguranje rezervnih dijelova i materijala potrebnog za održavanje, (b) pravodobni angažman specijaliziranih izvođača ili raspolaganje vlastitim izobraženim radnicima, uz (c) osiguranje sredstava za rad (alat, pomagala, oprema za rad, mehanizacija, sredstva zaštite na radu) i (d) raspolaganje procedurama za održavanje (što treba uraditi, u kojem slučaju ili kada i kako). Presudno je pravodobno osiguranje rezervnih dijelova, najčešće u tekućoj godini za poslove koji se planiraju izvoditi u idućoj godini. Nedostatak specijaliziranih rezervnih dijelova praktički je operativno nenadoknadiv, jer je rok njihove isporuke najčešće relativno velik.

Naglašena treba biti osjetljivost prema eventualno uočenu sustavnom nedostatku na stanovitoj vrsti opreme, nekom sklopu ili nekom dijelu. Ukoliko je nedostatak takav da ugrožava pogon i/ili prijeti štetom, takav se nedostatak mora sustavno otkloniti na svim mjestima bez odlaganja, uz obavještavanje isporučitelja o tome, radi njegova angažmana i zaštite drugih korisnika takve opreme. To je osobito značajno za komponente u distribucijskoj mreži, kojih ima na milijune!

Planiranje održavanja tradicionalno se izvodi prema propisanim ili na iskustvu utemeljenim rokovima održavanja, pri čemu se periodički (svakoga tjedna, mjeseca, više mjeseci, svake godine, svakih određenog broja godina) obavljaju unaprijed utvrđeni pregledi, revizije i remonti komponenata jedinica sustava o kojima je riječ. Takvo, *rokovima orijentirano održavanje*, smanjuje rizik od neočekivanog zastoja ili – ako se on ipak dogodi – nije posljedica nemara ili neodgovornosti vlasnika jedinice elektroenergetskoga sustava ako je taj vlasnik učinio sve što su propisi od njega tražili. Tako je i u okolnostima hrvatskih propisa. Ali, takvo održavanje nosi sa sobom posljedice: učestalo ili predugo stavljanje jedinica sustava izvan korištenja (ponekad čak nepotrebno, osobito uz neprestano uvođenje kvalitetnijih komponenata, a bez izmjena u propisanoj periodnosti njihova održavanja) i time smanjenje raspoloživosti čitava sustava. Suvremeni pristup tome je okretanje *održavanju prema stanju* pojedinih komponenata jedinica sustava, prema kojem pristupu je trenutak izvođenja obveznih pregleda, revizija i remonata određen ostvarenjem kakva kvantificiranog a indikativnog stanja koje upozorava ili postignućem kakva kumuliranog korištenja. Bez obzira na trajanje koje je proteklo od posljednjeg zahvata. Takav sustav povećava odgovornost vlasnika jedinice sustava, traži vrlo razvijene metode dijagnostike i nadzora stanja svih komponenata sustava (ponajprije: bez prekida njihova pogona), sve radi što boljeg pogonskog iskorištenja tih jedinica i povećanja raspoloživosti sustava.

Slika 12.4. Rad na dalekovodu 10 kV

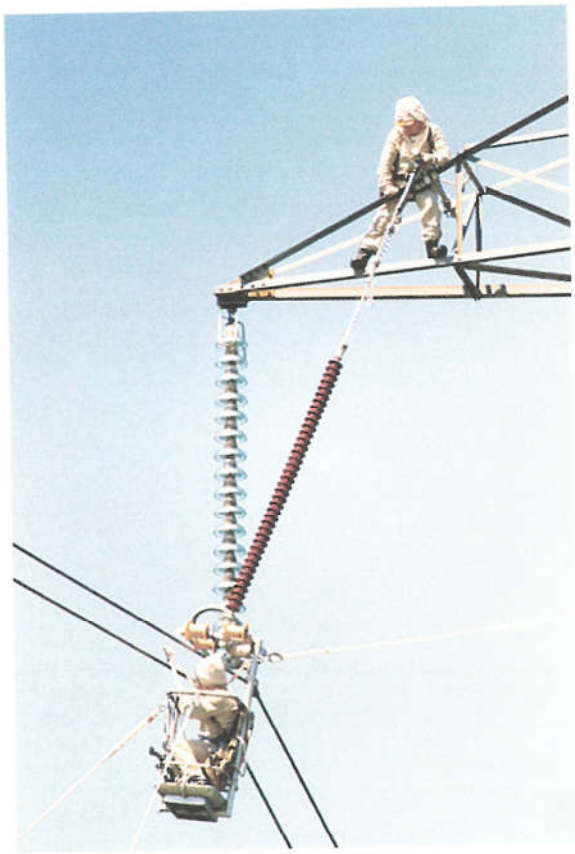
Slika 12.5. Baždarnica brojila Hrvatske elektroprivrede u Osijeku

U suvremenoj provedbi, održavanje se potpomaže kompleksnom računalnom potporom. Ona obuhvaća sve podatke o ugrađenoj opremi, zahtjeve pravila održavanja, normative resursa potrebnih za održavanje, omogućuje planiranje, izradu pismenih naloga za neposrednu provedbu (s pojedinačnim popisom zahvata koje treba učiniti), izvještavanje, evidenciju, statistiku (osobito o svojstvima pojedinih tipova opreme), analizu i stvaranje podloga za planiranje za naredno razdoblje, nabavu rezervnih dijelova i materijala, nužnost zamjene i kupovine nove opreme, korekcije pravila održavanja (osobito u pogledu rokova održavanja ili postupaka povodom nalaza preventivnih ispitivanja – jer je za to mjerodavno upravo sustavno praćeno iskustvo), dopuna izobrazbe, plaćanje i nagrađivanje. Međusobnim komu-

Slika 12.6. Rad pod naponom 0,4 kV, *metodom uz dodir*

Slika 12.7. Rad pod naponom 10 kV, *metodom na razmaku*

niciranjem, na širem području, više jedinica održavanja može usklađivati vrijeme velikih zahvata, ispomažući se u ekipama, mehanizacijom, radnom opremom, rezervnim dijelovima i specijalistima.



Slika 12.8. Rad pod naponom 400 kV, *metodom na potencijalu*

Zakonom propisana je odgovornost za pravodobno ritmičko održavanje i baždarenje brojila električne energije i drugih mjernih uređaja, što se izvodi u baždarnicama koje su za to dobile potvrdu državne ustanove nadležne za mjeriteljstvo (slika 12.5). Završnom činu baždarenja svakog pojedinačnog brojila obvezno je prisutan službenik te ustanove.

Osobit način izvođenja radova na jedinicama mreže je *rad pod naponom (RPN)*[138]. RPN je izvođenje nadzora, održavanja, popravaka, zamjena, rekonstrukcija ili dogradnje vodova i postrojenja bez prekida njihova pogona. RPN vodi izravno povećanju raspoloživosti mreže, jer se smanjuje broj planiranih zastoja jedinica mreže. Vodi i povećanju sigurnosti pri radu, jer je takav rad vrlo pažljivo organiziran, opskrbljen ozbiljno provjerenom opremom i izvodi se ispitano izobraženim radnicima provjerene zdravstvene sposobnosti, a psihološki odvija se prema sloganu: "Bolje da znam da je pod naponom, nego da sam (možda krivo) uvjeren da je isključeno!" U svjetskim i europskim elektroprivredama, intenzivnija primjena RPN-a odvija se od pedesetih i šezdesetih godina prošlog stoljeća.

Pri RPN-u primjenjuje se jedna od sljedećih metoda ili njihovih kombinacija:

- *rad uz dodir* (korištenjem izolacijskim rukavicama i pomagalima, dolazi u obzir samo na niskom i srednjem naponu), slika 12.6.
- *rad na razmaku* (korištenjem alatima – na izolacijskim motkama dovoljne duljine; primjenjuje se pri naponu do 110 kV, jer bi za više napone motke bile preduge i time neprikladne za rukovanje), slika 12.7.

[138] LiW = live working, ponekad i *hot-line-work* (engl.), AuS = Arbeit unter Spannung (njem.)

– *rad na potencijalu* (radnik na faznom potencijalu, pouzdano udaljen od uzemljenih mjesta; primjenjuje se pri najvišim naponima, jer su tu razmaci dovoljno veliki da se može ostvariti potrebna udaljenost između radnika na faznom potencijalu i uzemljenih dijelova), slika 12.8.

Takav rad može se provoditi samo ako je propisima dopušten, te pod uvjetima, u opsegu i na način kako je dopušten. U Hrvatskoj se takav rad postupno uvodi na niskonaponskim i srednjonaponskim mrežama, a predstoji njegovo uvođenje i na mrežama visokog napona.

13

Razvoj i izgradnja elektroenergetskog sustava

Teško je naći granu ljudske djelatnosti kojoj je stalni rast toliko zakonomjeran kao u elektroenergetici (u svjetskim, europskim, i – dakako – hrvatskim okvirima). To je stoga što je razvoj drugih djelatnosti donekle skokovit i neujednačen (kućanstva povećavaju svoju potražnju dopunom novim kućanskim aparatom, industrija – instalacijom novog stroja i povećanjem proizvodnje, promet – dogradnjom novih elektrificiranih željezničkih pruga, škole – dogradnjom novih zgrada i učionica...), ali se sve to na razini elektroprivrede pretvara u zapravo relativno ujednačen razvoj potražnje, iz godine u godinu. Stoga je briga o razvoju i izgradnji elektroenergetskog sustava svakodnevna preokupacija – i zauvijek će tako ostati, barem za trajanja sada sagledivа budućeg razvoja elektroenergetike – jednog dijela zaposlenika u elektroenergetskom gospodarstvu, ravnopravno s brigom o pogonu i održavanju postojećeg sustava. Budući da za izgradnju pojedinih elektroenergetskih objekata treba uložiti veliko vrijeme – od prvobitne zamisli do puštanja u pogon kakva složenijeg objekta zna proći i desetak godina – pravodobna je spoznaja o potrebi nekog objekta u nekom budućem vremenu doista presudna[139]. Zakašnjenje se ne može nadoknaditi, ma koliko se eventualno – a prekasno – trudili.

S druge strane elektroenergetika je prethodnik razvoja drugih djelatnosti, od svekolike materijalne proizvodnje do uslužnih djelatnosti, od razvoja društva u cjelini do napretka svakog pojedinca u njemu. Opravdano se očekuje kako će električna energija biti raspoloživa po količini, sigurnosti i cijeni tako da omogući konkurentno gospodarstvo; vrlo važan segment tog gospodarstva je izrada proizvoda koje koristi elektroprivreda za svoj razvoj i izrada proizvoda koji koriste električnu energiju. Velik utjecaj razvoja elektroprivrede je na razvoj industrije, vodoprivrede i poljoprivrede, na razvoj toplinarstva, turizma te malog i srednjeg poduzetništva.

Za razvoj elektroenergetskog sustava troši se osjetni dio ukupno potrebnih investicijskih sredstava zemlje o kojoj je riječ, pa i to određuje značaj i osjetljivost pristupa elektroenergetskom planiranju.

Razvoj elektroprivrede mora se odvijati međuovisno s općim gospodarsko-društvenim razvojem te razvojem ukupne energetike u jednoj zemlji. Pri planiranju razvoja treba sagledati razinu buduće potražnje električne energije (sukladno očekivanom općem razvoju društva) i moguće namirenje porasta potražnje izgradnjom novih elektrana i potrebnom dogradnjom mreža (sukladno sagledivim kretanjima u ukupnoj energetici, osobito u pogledu prirodnih izvora energije za elektrane, ali i u pogledu usmjeravanja kupaca-potrošača na namirenje određene energetske potrebe iz pretežno ovog ili onog oblika neposredno korištene energije).

Očekivani razvoj potražnje električne energije

Neizbježan put pri dugoročnom predviđanju potražnje je osvrtanje na prošlost; kako se kretala potražnja električne energije u godinama koje su prošle, a kako maksimalno opterećenje. Prikladno je uzimati pri tome u obzir zemlje koje su već prošle razvojni put kakav

[139] Uzevši u obzir trajanje izgradnje pojedinih krupnih elektroenergetskih objekata, danas bi trebalo znati plan njihove izgradnje u idućih barem deset godina! Jer, za objekte koji će trebati biti u pogonu za desetak godina, *danas* trebaju otpočeti pripremni radovi.

je tek pred nama, kako bi se kontroliralo naše predviđanje s onim što su drugi već ostvarili. Ako je stopa rasta potrošnje električne energije zadnjih desetak godina bila relativno stabilna, može se pretpostaviti kako će se ona održati i u narednih desetak godina. Ili će neki važni gospodarski preokret u ukupnom očekivanom razvoju djelovati na njezino ubrzanje ili usporenje.

Drugi način utvrđivanja očekivane potražnje je prema očekivanom rastu bruto domaćeg proizvoda, koji se sagledava na najvišoj društvenoj razini – parlamentu, donošenjem strategije dugoročnog društvenog razvoja zemlje. Prema kretanjima u zemljama koje nas okružuju – bilo zemljopisno, bilo u pogledu dostignutog razvojnog stupnja – može se utvrditi dobra korelacija potražnje električne energije i bruto domaćeg proizvoda (vidjeti sliku 5.9).

Utvrđivanje očekivane potražnje omogućuje i utvrđivanje dostignute potrošnje po glavi stanovnika u nekoj daljoj godini, pa je i to kontrolna mjera za ocjenu realnosti procjene.

Svim tim procjenama valja dodavati i potražnju kakva velikog kupca-potrošača koji se pojavljuje u nekoj godini izvan svih pravila (to bi bila energetski vrlo intenzivna proizvodnja, primjerice: elektrolitička proizvodnja aluminija ili slično). Štoviše, odluku o takvoj proizvodnji moguće je donijeti samo ako se uzmu u obzir i sve reperkusije na elektroenergetski sustav.

Također, na buduću potražnju električne energije imat će bitan utjecaj i pojava kakva alternativnog energetskog oblika za namirenje neke potrebe na širem području, koja se do tada namirivala električnom energijom, kao i povećanje učinkovitosti korištenja električnom energijom. To će voditi prigušenom rastu potražnje električne energije (primjerice, predstojeća plinofikacija Dalmacije – u nas, ili naglašenije korištenje obnovljivim izvorima energije, a za izravno namirenje toplinskih potreba kućanstava i gospodarstva, radikalna preorijentacija na učinkovitija trošila).

Na taj je način moguće procijeniti očekivanu potražnju električne energije (po vrijednosti te energije i po maksimalnom očekivanom opterećenju) u nekoj budućoj godini.

Razvojno variranje namirenja potražnje

Slijedi bilanciranje, pokušaji da se tolika potražnja namiri postojećim elektranama i postojećom prijenosnom mrežom te utvrđivanje nepokrivene potražnje. Ta se nepokrivena potražnja namiruje u varijantama. Bilanciranje se dakako provodi za mnogo situacija u pogledu raspoloživosti nestalnih izvora energije (hidroelektrane i ostale elektrane na nestalne izvore), *vrti* se bilanca za desetak predstojećih godina – ili više – korištenja tim elektranama – kao da su izgrađene svih tih godina.

Ovdje je, čini se, pogodno mjesto za spominjanje krucijalne misli profesora i akademika Hrvoja Požara o jedinicama elektroenergetskog sustava: *Vrijednost svake jedinice sustava ovisna je kako o značajkama te jedinice, tako i o značajkama sustava u kojem se ta jedinica nalazi ili namjerava nalaziti.* Dakle, svojstva neke jedinice sustava – *sama za sebe* – nisu načelno bitna, bitno je kakvu ulogu ta jedinica ima ili će imati u sustavu, mijenjajući svojom ugradnjom u sustav i svojstva sustava kao cjeline, dakle određuje i nove vrijednosti svih do tada postojećih jedinica sustava. Stoga je značajno dovoljno fino višegodišnje razmatranje planiranog korištenja novim objektom u elektroenergetskom sustavu, kako bi se utvrdila njegova interakcija sa sustavom koji se također tijekom višegodišnjeg razdoblja mijenja (raste potražnja i mijenja se njezina struktura, dodaju se i drugi objekti u sustav, neki objekti se *gase* itd.).

Traži se najbolja ili dobre varijante s različitim svojstvima. Ključ za opredjeljenje može biti: najmanji troškovi izgradnje, pogona i održavanja zamišljenog elektroenergetskog sustava, najmanja uvozna ovisnost u izgradnji i/ili u korištenju, najmanja vjerojatnost neisporuke električne energije, ili kombinacija svih tih načela. Najčešće se ide na vjerojatnost opskrbe nešto manju od 100-postotne (primjerice 95 posto), pa se i to može varijantno promatrati – koja solucija daje veću sigurnost opskrbe, kod koje je vjerojatnost neisporučene električne energije najmanja. Praktički u (elektro)energetici nema apsolutno najboljeg rješenja u svakom pogledu, treba se opredijeliti za one kriterije prihvatljivosti koji su u znanim okolnostima najopravdaniji. Promjene li se okolnosti, moguće da će se pomaknuti i najprihvatljivije rješenje koje je vrijedilo uz prethodne okolnosti.

Sve skupa promatra se u višegodišnjem tijeku, a godišnje utrošena sredstva diskontiraju se na (sadašnji) trenutak promatranja. Naime, ulaganja u nekoj dalekoj godini, s današnjeg motrišta – u današnjem novcu – vrijede manje, pa je stoga povoljnija varijanta razvoja ona koja pruža odgovarajuća namirenja potražnje ali sa što kasnijim investiranjem.

Pri tome se analiza potrebnog razvoja prijenosne mreže najčešće svodi na manje vremenskih odsječaka, jer bi promatranje tokova snage u čitavoj mreži za primjerice tjedne prilike bilo naprosto preopsežno. Opterećenja u pojedinim čvorištima prijenosne mreže najčešće variraju prema očekivanim razvojnom scenarijima: očekivani (referentni) rast, ubrzani rast i – eventualno – usporeni rast. Promatraju se prilike u doba vršnog opterećenja elektroenergetskog sustava i u doba najnižih opterećenja. Za elektroenergetske sustave s relativno visokim udjelom hidroenergije, kakav je hrvatski sustav (u sadašnje vrijeme: približno 50 posto udjela hidroenergije u proizvodnji), nužna su razmatranja potrebnog razvoja prijenosne mreže uz variranje proizvodnje pojedinih hidroelektrana (postojećih i budućih) kakve se očekuju u prosječnoj te vlažnoj i suhoj godini. Sukladno tome, variramo i proizvodnje postojećih i novih termoelektrana (u hidrološki suhoj godini može biti potrebna dogradnja sustava s više dodatnih termoelektrana, koje su u vlažnoj godini podopterećene ili čak nepotrebne). Variramo i uvozno-izvozna opterećenja prijenosne mreže, u očekivanim granicama.

U svim takvim slučajevima injektiranja u mrežu i evakuacije iz mreže određuju se najopterećenije jedinice mreže (vodovi i transformatori) te se tako dobiju kandidati za dogradnju mreže, jer se dakako hipotetička mreža u tim računima dopunjuje zamislivim novim granama, to brojnijim što je vremenski horizont razmatranja udaljeniji od trenutka analiziranja. Ako analiza ne daje napone pojedinih čvorišta mreže u povoljnim granicama ili se javljaju preopterećenja grana mreže, takva mreža dopunjuje se dodatnim jedinicama, kojima se rješavaju takva naponska stanja ili preopterećenja. Na koncu, kandidati za dogradnju mreže kontroliraju se prema profitabilnosti; izdvajaju se oni kandidati za dogradnju koji daju najveći odnos diskontinuiranih troškova vjerojatno neisporučene električne električne energije i drugih troškova u sustavu zbog njihove eventualne neizgradnje i anuitetnih investicijskih troškova njihove izgradnje tijekom duljeg razdoblja korištenja, recimo 15 do 30 godina. Uobičajena je i dodatna usporedba prema smanjenju gubitaka u mreži izgradnjom pojedinih kandidata za dogradnju.

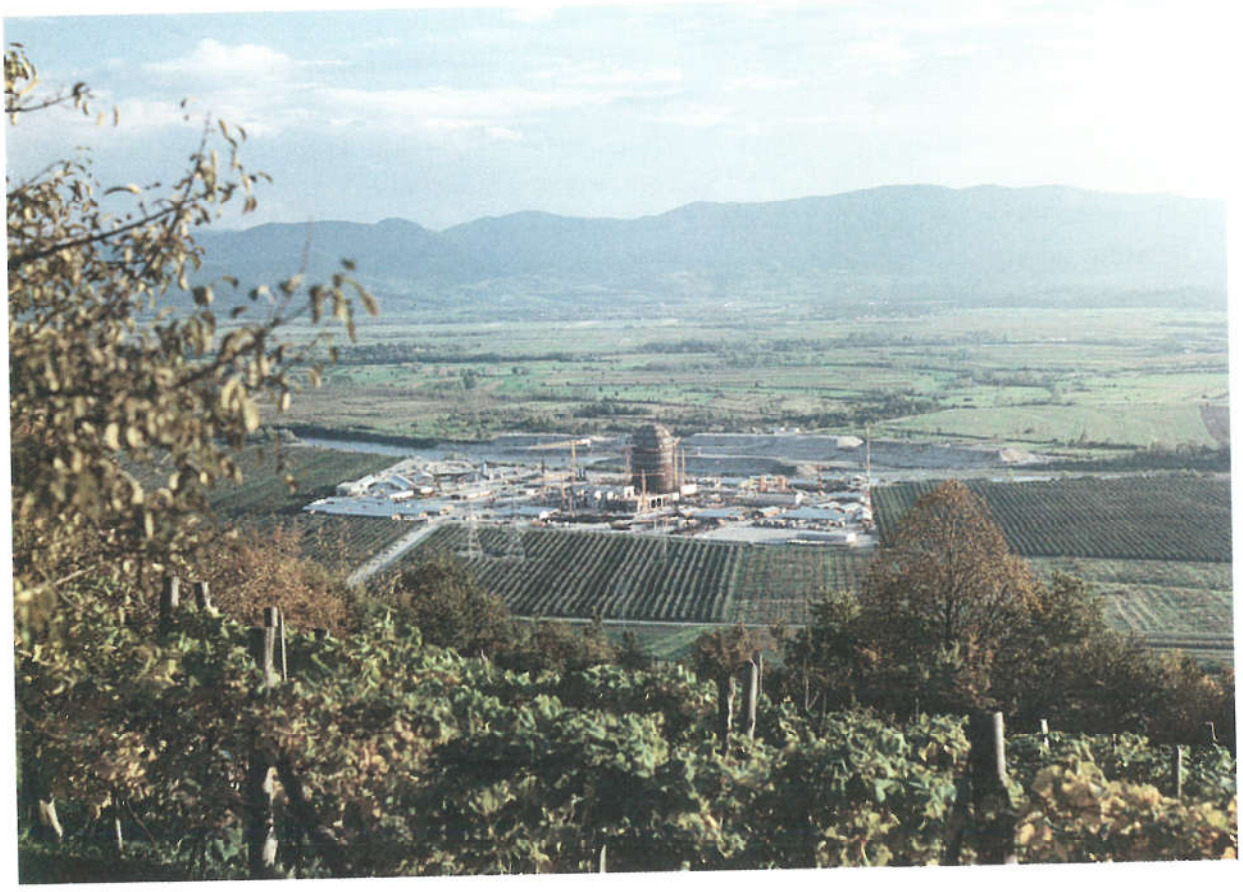
Razvoj distribucijske mreže sagledava se svojstveno toj mreži; moguće da je najpresudnija što veća unifikacija i homogenizacija razvojnih rješenja, jer je riječ o tisućama mjesta, pa uštede pri projektiranju, izgradnji objekata i njihovu korištenju bitno ovise o njihovoj tipizaciji. Izbor tipiziranih presjeka vodiča nadzemnih vodova i kabela, nazivnih snaga transformatora, tipiziranih zaštitnih uređaja... smanjit će cijene tih proizvoda kod narudžbe, dovest

će do korištenja tipiziranim projektima, skratit će trajanje izgradnje, omogućiti racionalno korištenje, smanjenjem asortimana rezervnih dijelova, alata, specijalističke izobrazbe i skratiti trajanja hitnih intervencija. Drugo, o čemu treba voditi računa kod planiranja razvoja distribucijske mreže, je stopa očekivana porasta opterećenja i dimenzioniranje mreže ne prema današnjim prilikama, nego prema prilikama koje će vrijediti do vremena dobrog iskorištenja vijeka trajanja bitnih i najskupljih komponenata.

Realizacija razvojnih opredjeljenja: izgradnja

Dodajmo ovome svemu kako je realizacija razvoja, ostvarenje razvojnih zamisli – izgradnja elektroenergetskih objekata, odnosno dogradnja elektroenergetskog sustava. Nakon što je neki objekt nedvojbeno proglašen kandidatom za izgradnju, izgradnja se odvija prema slijedu: istražni radovi, projektiranje, dobava materijala i opreme, neposredno građenje na lokaciji i montaža opreme te ispitivanje i puštanje u pogon.

Pojmom *izgradnje* obuhvaćaju se sve aktivnosti kojima se fizički, materijalno ostvaruje električno postrojenje ili dalekovod, od eventualno potrebnih studijskih radova radi razrade i razmatranja ideje o kandidatima za izgradnju, do ispitivanja nakon montaže i otklanjanja nedostataka. Pojam *građenje* uži je od izgradnje i obuhvaća građevinske i montažne radove u užem smislu. Slike 13.1. do 13.7.



Slika 13.1. Gradilište NE Krško 1976. godine

Slika 13.2. Gradilište HE Lešće 2006. godine

Ponajprije, nužno je iznalaženje prostora za smještaj postrojenja ili za polaganje trase voda, određivanje lokacije. Ona mora biti prikladna za predstojeću izgradnju, za korištenje i održavanje u pogonu kao i za buduće sagledive ili eventualne dogradnje (vrlo je važno pri izgradnji elektroenergetskih objekata *ostavljanje rezerve* za buduće potrebe – makar danas i nesagledive). Projektni zadatak polazna je osnova za oblikovanje budućeg objekta i predstavlja početak aktivnosti u njegovoj izgradnji. Obvezni su geomehanički i geoelektrički podaci o tlu te hidrometeorološki i seizmički podaci. Traže se i uvjeti nadležnog državnog organa koje treba ispuniti prilikom namjeravane izgradnje, kao i uvjeti zatečenih drugih korisnika prostora na predviđenoj lokaciji objekta ili u njezinoj blizini (elektroprivreda, vodoprivreda, cestovni, riječni, željeznički i zračni promet, telekomunikacije, vojska, poljoprivredna i industrijska poduzeća, zaštićena prirodna ili povijesna područja).

Slijedi projektiranje, eventualno u više faza. Mora završiti projektom potrebnim za dobivanje građevinske dozvole. Na izrađeni projekt traže se suglasnosti i obavlja se njegova kontrola, čega je sadržaj propisan zakonom. Izdavanjem građevinske dozvole,

Slika 13.3. Radovi na obnovi postrojenja 110 kV *u TS Ernestinovo 2003. godine*

Slika 13.4. Izvođenje otcjepa s voda 10 kV

nadležni državni organ potvrđuje da su prethodni radovi obavljeni po propisima, prema pravilima struke i tako da objekt neće štetno djelovati na okoliš ili zatečene druge korisnike prostora, da će biti stabilan, pouzdan i kvalitetan, te da se namjerava graditi na prostoru za koji je stečeno pravo korištenja (prostor, za koji su riješeni imovinsko-pravni odnosi). Ako su osigurana i financijska sredstva potrebna za izgradnju objekta, može se pristupiti građenju.

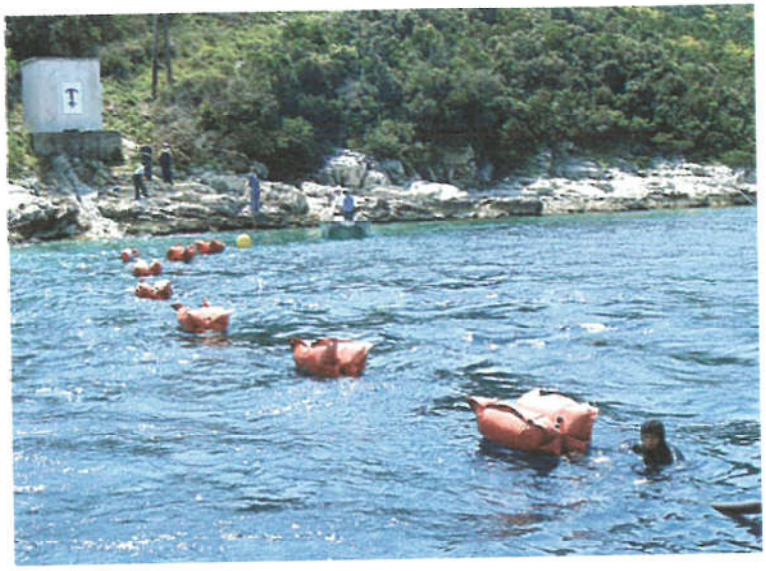
Građenje počinje građevinskim radovima, a za veća gradilišta prethodnim uređenjem gradilišta i pristupa. Tijekom građevinskih radova odvija se dobava opreme, čija je isporuka ugovorena pravodobno. Oprema se preuzima kod isporučitelja i transportira na radilište. Građenje se nastavlja montažnim radovima kojima se oprema objekta koji se gradi, fizički sastavlja u cjeline prema projektu i, konačno, električki povezuje. Slijedi detaljno ispitivanje i pokusni rad objekta. Za omogućavanje pogona izgrađenog objekta možda su potrebni i zahvati na nekim drugim objektima u mreži; oni također trebaju biti pravodobno obavljeni.

Tehnički pregled izgrađenog objekta priređuje nadležni državni organ, kako bi se utvrdila fizička usklađenost objekta s projektom i uvjetima iz građevinske dozvole i suglasnosti. Ako je potrebno, nalaže se otklanjanje nedostataka, nakon čega slijedi izdavanje dozvole za uporabu. Tada je dopušteno pogonsko korištenje objektom.

Izgradnja elektroprivrednih objekata, od pripremnih radova do puštanja u pogon, znade trajati više od desetak godina (velike elektrane, osobito hidroelektrane i nuklearne elektrane), pet godina (veliki prijenosni objekti) do godinu dana (manji prijenosni objekti, distribucijski objekti). Rijetki su elektroenergetski objekti čija izgradnja traje kraće.

Vjerojatno je najpresudnije za učinkovitu izgradnju jedinica elektroenergetskog sustava uspješno rješavanje imovinsko-pravnih odnosa. Jer tih odnosa, koje treba dovršiti uz zadovoljstvo dvije strane, doista ima mnogo – opet svojstveno elektroenergetskim vodovima,

Slika 13.5. Polaganje kabela 110 kV *u Splitu*



Slika 13.6. Polaganje podmorskog kabela

Slika 13.7. Zamjena neizoliranih vodiča samonosivim kabelskim snopom 0,4 kV

koji se protežu kilometrima prostranstava. Približno 500 imovinsko-pravnih slučajeva treba riješiti u tipičnim slavonsko-baranjskim prilikama (šume, oranice, livade, okućnice... različitih vlasnika) na 100 kilometara budućeg prijenosnog voda. Distribucija opet ima naglašeno mnogo takvih slučajeva u namjeravanoj izgradnji u kojoj urbanoj sredini. Time imovinsko-pravna rješenja ponekad znaju donijeti godine odgode početka građenja.

Za namjeravanu izgradnju novih elektrana, na novim lokacijama, presudan je stav javnosti, koji se sve češće – doneкle i *pomodno* – svodi na stajalište: *ne-u-mome-dvorištu.* Velika uloga, u otklanjanju a priori odbojnog stava je smišljena, sveobuhvatna, egzaktna, istinita edukacija stanovništva od malih nogu, jer današnja djeca sutra će biti odrasli građani, kojih će se glas čuti i morati uzimati u obzir. Razni *zeleni* pokreti u tom pogledu često u tome sudjeluju nekritičkom i jednostranom edukacijom javnosti. Odbijaju svako razvojno rješenje a nude strukovno neutemeljene prijedloge, simpatični su medijima i tako uljujkuju javnost prema – zapravo privlačnim – ali neostvarivim rješenjima.

U razdoblju do 1990. godina ustalilo se investiranje u pojedine djelatnosti elektroprivrede u europskim okvirima od, po prilici: u elektrane 50 do 60 posto, distribucijsku mrežu 30 do 35 posto i u prijenosnu mrežu 10 do 15 posto. Od početka `90. godina, situacija se mijenja. Javna elektroprivreda se sve više okreće investiranju u mreže, a investiranje u elektrane prepušta privatnim inicijativama ili se maksimalno suzdržava od njih, po cijenu smanjene sigurnosti opskrbe. Tržištu je prepuštena prodaja proizvedene električne energije, a kvalitetu električne energije mora jamčiti javna elektroprivreda, prvenstveno što boljom mrežom. Ilustrativan je primjer investiranja u elektroprivredi Njemačke u posljednjih deset godina, tablica 13.1. Pretežan je udio mreža (prijenosne i distribucijske) u korištenju ukupnim investicijskim sredstvima elektroprivrede.

Tabica 13.1. Investiranje u elektroprivredi Njemačke po djelatnostima

Godina	Ukupno (milijarde eura)	Proizvodnja (%)	Mreže (%)	Ostalo (%)
1996.	6,9	36	45	19
1997.	5,9	31	51	18
1998.	5,3	32	57	11
1999.	5,0	34	50	16
2000.	3,3	18	61	21
2001.	3,7	22	59	19
2002.	3,5	25	50	25
2003.	3,8	38	43	19
2004.	3,9	31	52	17
2005.	4,2	27	57	16

Izvor: www.strom.de/25.1.2005.

Ostale investicije bile su uglavnom usmjerene na dobavu brojila i općenito mjernih uređaja, te na poslovno opremanje, podizanje zgrada i pribavljanje zemljišta.

Naglasimo kapitalnu intenzivnost ulaganja u elektroprivredu. Dok je 2003. godine u njemačkoj autoindustriji bilo uloženo oko 14 300 eura po jednom zaposlenom radniku u toj industriji, u kemijskoj industriji oko 12 600 eura, ili u prehrambenoj industriji oko 7 200 eura, dotle je u njemačkoj elektroprivredi te godine uloženo čak 28 900 eura po zaposlenom radniku elektroprivrede, dvostruko više nego li u automobilskoj industriji! Iste godine (2003) u Hrvatskoj elektroprivredi investirano je ukupno oko dvije milijarde kuna, dakle 133 000 kuna ili 18 000 eura po zaposlenom (približno 15 000 zaposlenih).

U Hrvatskoj se u narednih deset godina očekuje izgradnja približno 1 200 MW u novim termoelektranama; odluke su donesene o dogradnji TE-TO Zagreb – 100 MW i TE Sisak – 250 MW, a predstoji i odluka o dogradnji TE Osijek – 250 MW. U Njemačkoj će do 2010. godine biti pušteno u pogon novih oko 13 000 MW samo u konvencionalnim elektranama, a u Austriji do te godine novih 3 000 MW također u konvencionalnim elektranama.

14

Utjecaj elektroenergetike na okoliš

Svijet nedvojbeno uviđa kako nema jednostavnog odgovora na pitanje kako na zadovoljavajući način pokriti sadašnju a pogotovo očekivanu buduću potražnju energije, ali i to da nema takve energetske opskrbe koja bi se ostvarila bez stanovitog (a nužnog) opterećenja okoliša. Prije utvrđivanja ekoloških kriterija, radi minimalizacije svekolikih nepovoljnih utjecaja na okoliš, u svakoj društvenoj zajednici treba ustanoviti materijalne mogućnosti te zajednice, sukladno dostignutom razvojnom stupnju, kako se ne bi dogodilo da pretjerani zahtjevi uguše daljnji razvitak, ali ni to da preniski zahtjevi dovedu do ekoloških poremećaja koji će također postati kočnicom razvitka.

Opterećenje okoliša pri opskrbi električnom energijom sastoji se od:

(a) opterećenja prigodom pridobivanja, transporta, pripreme (prerade) i uskladištavanja konvencionalnih i nekonvencionalnih prirodnih oblika energije koji će biti iskorišteni za pretvorbu u električnu energiju,

(b) opterećenja prigodom same pretvorbe u električni oblik:
- (b1) opterećenja izazvanih izgradnjom elektrana – neizravno opterećenje,
- (b2) opterećenja izazvanih pogonom elektrana – izravno opterećenje,

(c) opterećenja prijenosom i distribucijom električne energije,

(d) opterećenja koje nastupa razgradnjom proizvodnih i mrežnih postrojenja, nakon isteka njihova vijeka trajanja.

Često se brzopleto zaključuje o opterećenju okoliša pri usporedbama različitih tehnologija za proizvodnju električne energije samo prema izravnom opterećenju pri radu elektrana (b2), a zaboravlja se na čitav *proizvodni (tehnološki, energijski) lanac* koji je nužno imati pri tome na umu.

Taj lanac bi bio zapravo potpun, ako bismo mu dodali i kariku (e) opterećenje okoliša prigodom konačne pretvorbe električne energije u korisni oblik energije (svjetlo, toplina, mehanički rad, kemijski oblik). Budući da je riječ ili o neznatnom ili o – u pravilu – neštetnom opterećenju, to opterećenje najčešće ne pribrajamo ukupnom proizvodnom lancu električne energije.

Opterećenje okoliša od pridobivanja do pripreme prirodnih oblika energije za pretvorbu u električnu energiju

Pridobivanje „goriva" za hidroelektrane površno gledano čini se da ne opterećuje okoliš; čime li to pridobivanje vodnih snaga opterećuje okoliš!? Međutim, malo pažljiviji pogled upućuje na nezanemarivo veliko i dugotrajno, štoviše *doživotno*, opterećenje okoliša izgradnjom i korištenjem hidroelektranom. Ako je riječ se o protočnoj hidroelektrani, duljina usporavanja vodotoka može biti nekoliko desetaka kilometara uzvodno od lokacije elektrane. Tu se, ali i u području nizvodno od elektrane, mijenja prirodni režim nadzemnih i podzemnih voda, što može nepovoljno djelovati na poljoprivredu i šumarstvo, utjecati na mikroklimu te na razvoj flore i faune.

Kod akumulacijskih hidroelektrana najvažniji utjecaj je zauzimanje do tada drugačije korištenog prostora, akumulacijskim jezerom. Dolazi do preseljenja stanovništva, potapanja šuma, pašnjaka, obradivih površina, infrastrukturnih i drugih objekata, povijesno-kulturne ostavštine, uništavanja krajobraza. U akumulaciji se mijenja ili čak degradira kvaliteta vode, akumulacijom se mijenja vlažnost okolnog zraka, utječe na vjetrove, smanjuje se temperaturna raznolikost u okolišu. Konačno: socijalni utjecaj – strah nizvodnog stanovništva od pucanja brane.

Pridobivanje krutih goriva (ugljena, urana) rudarenjem izaziva fizičko razaranje zemljišta, zagađenje zraka, tla i vode u okolini rudnika, stvaranje buke, promjenu prirodnog izgleda okoliša i stvaranje otpada. Posebno izraženo je kod površinskog rudarenja (slika 14.1), koje je inače poželjno, jer je jeftinije od jamskog rudarenja. Ali, kod površinskog rudarenja širokog prostornog zahvata javljaju se troškovi preseljenja stanovništva, troškovi naknada šteta, rekonstrukcija cestovnih i željezničkih prometnica, nadzemnih i podzemnih vodotoka, zaštite kulurno-povijesne baštine te ponovnog kultiviranja zemljišta, na mjestu rudarenja i na odlagalištima jalovine (pokrova rude). Kod jamskog rudarenja, negativni utjecaj može imati slijeganje tla većih razmjera, urušavanje infrastrukture na površini, pojava plina ili podzemne vode i slično.

Slika 14.1. Otvoreni kop ugljena u Njemačkoj

Pridobivanje nafte i plina prati opterećenje okoliša manje ali slično kao kod jamskog rudarenja, ako je riječ o pridobivanju na kopnu i osobito opterećenje pri pridobivanju iz morskih bušotina. Dopune, specifične za naftu i plin su: erupcije nafte i plina iz bušotina, požari na bušotinama ili drugim mjestima prikupljanja i transporta nafte i plina te nekontrolirano istjecanje nafte i plina u okoliš. To posljednje osobito je opasno ako se dogodi s morske platforme za pridobivanje nafte. Neželjeno istjecanje nafte iz kopnenih bušotina vodi potencijalno velikom zagađenju pitke vode u širokom području lokacije na kojoj se to dogodi a istjecanje iz morskih bušotina vodi zagađenju mora velikog površinskog obuhvata te zagađenja priobalja. Rafinerije nafte i degazolinaže prirodnog plina – a samo nakon obrade u tim postrojenjima prirodni oblici nafte i plina mogu se koristiti kao gorivo u elektranama –otpadnim plinovima i krutim česticama mogu zagaditi zrak, kao i vodu koju koriste u tehnološkom procesu i za hlađenje.

Među nekonvencionalnim izvorima energije izdvojimo biomasu (primjerice: ogrjevno drvo) kao ono gorivo koje opterećuje okoliš prigodom svoga pridobivanja. Šume proizvode kisik potreban za život na Zemlji, pa je stoga nužno – za očuvanje ravnoteže – pošumljavati barem toliko novih površina koliko se posjeklo iskorištavanjem. Sječa šume vodi pojačanom izlaganju tla eroziji, ubrzava otjecanje oborina, šteti zatečenoj flori i fauni te bitno pridonosi osiromašenju krajobraza. Ostali nekonvencionalni izvori (primjerice: Sunčeva energija, vjetar, donekle i geotermalna energija) ne opterećuju okolinu na mjestu svoga pridobivanja. Donekle opterećuje vjetar, bukom u vjetroelektranama. Pridobivanje bioplina predstavlja zapravo kulturniji način zbrinjavanja stajskog i drugog biorazgradivog otpada.

Transport pridobivenih oblika energije ostvaruje se željeznicom, cestovnim i putnim prijevozom, brodovima – na moru, rijekama, jezerima i plovnim kanalima, cjevovodima i – na manje udaljenosti – transportnim trakama ili žičarama.

Prilikom transporta komercijalnih i nekomercijalnih goriva koristimo se energijom za pogon prijevoznih sredstava ili za utiskivanje u cjevovode, te je to – povrh samog utroška energije za transport – skopčano i s opterećenjem okoliša, karakterističnim za određenu vrstu energije i određenu vrstu pogonskog sredstva. Izgaranje goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem uzrokuje emisiju štetnih plinova i krutih čestica te pridonosi zagađenju zraka, tla i vode, u široj okolini transportnih putanja. Kod transporta svih goriva javljaju se i neželjena rasipanja, prilikom utovara i istovara ili prilikom havarija, koja mogu imati velike ekološke posljedice.

Usporede li se količine goriva koje godišnje treba privesti pojedinim tipovima konvencionalnih termoelektrana, dolazi se do vrlo upečatljive usporedbe. Za godišnji rad elektrane (u trajanju od oko 5 500-6 000 sati) nazivne snage 1 000 MW potrebno je približno:

– 2,3 milijuna tona ugljena	ili 23 broda nosivosti 100 tisuća tona,
– 1,4 milijuna tona loživog ulja	ili sedam tankera nosivosti 200 tisuća tona,
– 1,1 milijun tona prirodnog plina	ili 16 brodova za ukapljeni plin,
– 30 tona nuklearnog goriva	ili tri kamiona nosivosti 10 tona.

Zapravo, neusporediva je prednost nuklearnog goriva za transport do elektrane, i – time – neusporedivo smanjenje utrošene energije za taj transport i opterećenja okoliša tim transportom! Dodajmo: prilikom transporta do elektrane i bilo kakva rukovanja gorivnim elementi za nuklearne elektrane PWR nema radioaktivne opasnosti za okoliš (slika 6.9). Mora ih se samo čuvati od mehaničkog oštećenja i deformacija.

Izravna i neizravna emisija klimatski štetnih plinova iz elektrana

Emisija štetnih plinova, ponajprije plinova zaslužnih za klimatske promjene – obuhvaćenih protokolom iz Kyota[140] – može se podijeliti na (a) onu koja nastaje na lokaciji nekog objekta (ta emisija sankcionirana je Kyoto-protokolom) korištenjem tim objektom i zbrinjavanjem neposredno nastalog otpada, te (b) onu koja se ostvari tijekom cjelokupna životnog kruga – kako pojedinog oblika energije (pridobivanje i doprema), tako i izradom opreme i gradnjom postrojenja za korištenje tim oblikom energije te razgradnju tog postrojenja (ta emisija nije izravno sankcionirana Kyoto-protokolom). Emisija pod (a) naziva se izravna emisija, a ona pod (b) prethodna i naknadna emisija (neizravna emisija), a njihov zbroj ukupna, kumulirana emisija. Kažimo još i to kako emisiju čini – pored energetike – i sva ostala industrija, osobito promet i kućanstva u jednoj zemlji.

Možda očekujemo da izravna emisija ne postoji iz hidroelektrana, ali i ondje postoji, barem emisija metana s područja usporavanja vode ili akumulacijskog bazena.

Iz današnjih termoelektrana ispušta se ugljikov dioksid, kao neizbježni rezultat izgaranja – spajanja atoma ugljika iz goriva i kisika iz zraka, koji nepovratno pridonosi stvaranju stakleničkog efekta[141] u gornjim slojevima Zemljine atmosfere. Postoje pokušaji da se ugljikov dioksid izdvoji iz dimnih plinova i pohrani (primjerice u podzemne galerije koje sadrže naftu, pri kraju njezina iscrpljivanja, čime bi se povećao ukupni iscrpak) bez ispuštanja u atmosferu, dakako uz utrošak energije pri tome, no bez – za sada – komercijalnih ostvarenja[142].

Kako bi se omogućio uvid u emisiju različitih plinova zaslužnih za klimatske promjene (pored CO_2 najvažniji su metan, klorofluorougljici, neki dušikovi oksidi i drugi plinovi, primjerice SF_6), preračunavaju se emisije pojedinih plinova na takozvani CO_2-ekvivalent, gdje se emisije drugih plinova obračunavaju određenim faktorom preračuna na ugljikov dioksid.

[140] Protokol iz Kyota donesen je 1997. godine. Stupio je na snagu 2005. godine, a obvezujući je samo za sve zemlje-potpisnice. Da bi stupio na snagu, morale su ga ratificirati zemlje koje su u 1990. godini ispuštale 55 posto svjetskog ispuštanja ugljikova dioksida. Obvezuje na globalno smanjenje emisije u 2012. godini od 5,2 posto u odnosu na emisiju u 1990. godini. Razne zemlje dobile su različite zadaće u tom globalnom okviru. Protokol je ratificiran u oko 140 zemalja, uključujući Europsku Uniju, a SAD nisu potpisnice protokola. Odnosi se na emisiju skupine stakleničkih plinova: ugljikova dioksida (CO_2), metana (CH_4), djelomično halogenizirane ugljikovodike, sumporova heksafluorida (SF_6), kloroflouro-ugljika (CFC) te plina smijavca (N_2O). Polazna obveza Hrvatske (koja je svrstana u skupinu industrijski razvijenih zemalja) bila je smanjenje emisije stakleničkih plinova do 2012. godine za pet posto u odnosu na emisiju u 1990. godini (tada u Hrvatskoj: 31,7 milijuna tona). Hrvatska se zalagala za povećanje bazne kvote na 36,2 milijuna tona (radi termoelektrana za Hrvatsku na području izvan Hrvatske) te za dodatnu količinu dopuštene emisije s obzirom na stupanj pošumljenosti Hrvatske. Na konferenciji u Nairobiju, 2006. godine, Hrvatskoj je priznato povećanje polazne emisije za 3,5 milijuna tona, pa je ta polazna emisija utvrđena na 35,2 milijuna tona. Nakon takva ishoda, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva treba izraditi prijedlog Zakona o potvrđivanju protokola iz Kyota i uputiti Saboru RH na usvajanje, očekuje se tijekom 2007. godine.

[141] Stakleнički efekt posljedica je dozračena Sunčeva zračenja pri frekvenciji karakterističnoj za spektar tog zračenja, za koju je gornji sloj Zemljine atmosfere dobro propusan. Zrake reflektirane od Zemlje vraćaju se pri nižoj frekvenciji, karakterističnoj za toplinsko isijavanje, za koju je gornji sloj atmosfere slabije propusan. Time se prostor između Zemlje i tog sloja zagrijava to više što je više nagomilanih određenih plinova u gornjem sloju atmosfere. Među tim plinovima osobito se ističe ugljikov dioksid, metan, fluorougljikohidrati i još neki, primjerice sumporov heksafluorid (koji se primjenjuje kao izolacijsko sredstvo u elektroenergetici). Kako iz godine u godinu raste emisija CO_2, tako se i prosječna temperatura Zemljine atmosfere uporno povećava, prijeteći topljenjem ledenjaka, podizanjem razine svjetskih mora i promjenom klime globalnih razmjera.

[142] Počela je gradnja prvog CO_2-neutralnog pokusnog postrojenja, parne termoelektrane na mrki ugljen, snage 30 MW, u Sprembergu/Njemačka. Planirani ulazak u pogon je 2008. godina.

U tablici 14.1. prikazani su podaci o emisiji klimatski štetnih plinova iz realnih elektrana različitog tipa. Razmatrane su konvencionalne (velike) hidroelektrane (akumulacijske i protočne), male hidroelektrane (od 32, 300 i 360 kW), vjetroelektrane (600 kW i 1,5 MW), elektrane na biomasu (od 700 kW i 11,5 MW), elektrane sa sunčanim ćelijama (sa ćelijama na krovu kuće i velike sunčane elektrane) te konvencionalne termoelektrane (ložene plinom i ložene kamenim ugljenom).

Tablica 14.1. Ukupna emisija klimatski štetnih plinova iz elektrana iskazana CO_2-ekvivalentom (gram/kWh)

Tip elektrana	Izravna emisija	Neizravna emisija	Ukupna emisija
Velike hidroelektrane	3,5-40	10-20	13,5-55
Male hidroelektrane	3,5-35	15-20	18,5-55
Vjetroelektrana 600 kW	0	40	40
Vjetroelektrana 1,5 MW	0	50	50
Elektrana na biomasu 700 kW	13	50	63
Elektrana na biomasu 11,5 MW	18	45	63
Velika fotonaponska elektrana	0	180	180
Mala fotonaponska elektrana	0	220	220
Konv. termoelektrane na plin	340	80	420
Konv. termoelektrane na kam. ugljen	820	100	920

Izvor: VEÖ-Journal 3/2004

Izravna emisija iz hidroelektrana ovisna je o metodi obračuna, pak se izračunata emisija razlikuje u dosta širokom području, stoga se u tablici 14.1. daju srednji i maksimalni podaci za tu vrstu elektrana. Iskazane vrijednosti su u gramima CO_2-ekvivalenta po proizvedenom kilovatsatu.

Dodajmo podatak iz [18][143] da ukupna emisija iz nuklearne elektrane iznosi 27 do 44 grama CO_2-ekvivalenta/kWh.

Izlazi kako nijedna elektrana nije posve CO_2-neutralna, uzima li se cjelokupni procesni lanac u obzir. Kvazi-CO_2-neutralnim uzimaju se vjetroelektrane i fotonaponske elektrane, jer prilikom njihova korištenja nema emisije klimatski štetnih plinova. Ako se uzima u obzir i neizravna emisija, fotonaponske elektrane izađu s – po prilici – polovinom emisije iz konvencionalne elektrane ložene plinom, jer je kod sunčanih elektrana riječ o velikom utrošku energije za proizvodnju sunčanih ćelija, te čelika i betona, kao i drugih konstrukcijskih materijala za njihovu izgradnju. A ta energija proizvedena je opet uz opterećenje okoliša klimatski štetnim plinovima.

Kod elektrana na biomasu, za izravnu emisiju uzeta je razlika između stvarne emisije i potroška CO_2 koji je ostvaren fotosintezom pri stvaranju te biomase. Stoga elektrane na biomasu *dobro stoje* u tablici emisije, što je još jedan razlog njihova ozbiljnijeg uzimanja u obzir, osobito ako se radi o manjim snagama te je potrebna doprema goriva s razumno malog prostora. Gorivo se dade uskladištiti, koristiti u doba potražnje – stoga nije potrebna

[143] Knjiga D.Feretić i dr.: *Elektrane i okoliš*, str.268.

rezerva u konvencionalnom sustavu (snaga te elektrane pribraja se snazi konvencionalnih elektrana), a moguća je i kogeneracija (spojena proizvodnja električne energije i topline).

Zanimljivo je korištenje bioplinom; izgaranjem se emitira ugljikov dioksid ali ionako se u konačnici iz biološki razgradivog otpada djelomično emitira metan (ako nema prikupljanja i takva korištenja bioplinom) koji je staklenički mnogostruko štetniji od ugljikova dioksida.

Ostale emisije iz elektrana i ostali utjecaji na okoliš elektrane

Pored stakleničkih plinova: ugljikova dioksida (CO_2), metana (CH_4) i klorofluorougljika (CFC), iz elektrana na fosilna goriva emitira se još onečišćujućih tvari u zrak: sumporov dioksid (SO_2), dušikovi oksidi (NO_x) te krute čestice (pepeo i čađa) i teški metali (neki među njima radioaktivni). Iz elektrana ispušta se kruti i tekući otpad, koji potencijalno zagađuje vodu. Sve te emisije ili ispuštanja mogu utjecati na ljudsko zdravlje i okoliš: žive i nežive tvari u okolišu, usjeve, šume i ekosustave, globalno zagrijavanje te nesreće koje pogađaju pogonsko osoblje ili opće stanovništvo, pa čak i najširu javnost. Emisija sumporova dioksida zaslužna je za pojavu kiselih kiša na vrlo širokom zahvaćenom području, štoviše često i vrlo udaljenijim od izvora emisije. Kisele kiše uzrokuju degradaciju i umiranje šuma a na područjima koja su i stotine kilometara udaljene od elektrane a u smjeru najčešćeg puhanja vjetrova[144]. Dušikovi oksidi također su zaslužni za nastajanje kiselih kiša kao i na koncentraciju ozona u atmosferi.

U danas ekološki prihvatljivim termoelektranama, dimni plinovi se prije ispuštanja u okolinu vode u filtere za izdvajanje krutih čestica (prašine i čađe) te u postrojenja za izdvajanje sumporova dioksida i dušikovih oksida iz tih plinova[145], a iz šljake se pripravljaju pojedine korisne sekundarne sirovine. To znade poskupjeti investiciju u izgradnju termoelektrane čak 25 do 40 posto u odnosu na investiciju u izgradnju termoelektrane ako tih ekoloških dodataka ne bi bilo.

Tome valja dodati i neizbježnu otpadnu toplinu iz elektrana na fosilna ili nekomercijalna goriva i nuklearnih elektrana, koja može degradirati rijeke, jezera ili more, povišenjem temperature (ako je riječ o protočnom hlađenju tih elektrana) ili može utjecati na povećanje vlažnosti zraka, smanjenje osunčanosti te time na ekosustav u široj okolini elektrane (radi li se o povratnom hlađenju kondenzata, dakle primjeni rashladnih tornjeva, slika 14.2).

U nuklearnim elektranama nema konvencionalnog izgaranja goriva pa time niti izravne emisije štetnih plinova izgaranja. U nuklearnim elektranama nema opasnosti od eksplozije jer znatnijim povećanjem temperature prestaje lančana reakcija. Regulacijski štapovi su postavljeni tako da zatajivanjem njihova pogona, slobodnim padom pod djelovanjem sile teže, padaju u reaktor i obustavljaju lančanu reakciju. Nestanak vode u primarnom krugu predstavlja izostanak usporavanja neutrona, što opet zaustavlja lančanu reakciju. Dakako, tada ostaje problem velikog kumuliranja topline i opasnost od taljenja reaktora, tako da se hlađenje reaktora izvodi s višestrukom redundancijom (zalihošću). Gorivo je zatvoreno u cijevima gorivnih štapova, reaktor je u čeličnoj posudi, pa opet sve skupa u čelično-betonskoj posudi (*containment*).

Utjecaji nuklearne elektrane su prvenstveno radiološki utjecaji na javno zdravlje kao posljedica normalnog pogona ili pak utjecaji na okoliš kao posljedica akcidenta. Povećanje zračenja zbog ispuštanja plinovitih, tekućih ili krutih zagađivača iz nuklearne elektrane snage 1 000 MW u krugu polumjera 80 kilometara oko elektrane rezultira prirastom od jednog pro-

[144] Na degradaciju šuma u Hrvatskoj više utječu termoelektrane iz središnje Europe nego li hrvatske termoelektrane!

[145] To su tzv. DESONOX-postrojenja.

Slika 14.2. Rashladni tornjevi termoelektrane u Velikoj Britaniji

mila na zračenje kojem je čovjek prirodno izložen iz svemira, Sunca i nutrine Zemlje. Otpad niske i srednje radioaktivnosti koji nastaje kao rezultat rada nuklearne elektrane, nije problem za pažljivo uskladištavanje i rukovanje. Visokoradioaktivni otpad se ili sigurno odlaže, radi čekanja na komercijalno rješenje njegove prerade i ponovnog korištenja, ili trajno odlaže u osobita spremišta iskorištenog nuklearnog goriva. Riječ je o razmjerno malim količinama; u nuklearnoj elektrani snage 1 000 MW godišnje nastanu tri kubična metra takva visokoradioaktivnog otpada. Najozbiljnijim utjecajem na okoliš smatra se ispuštanje štetnih tvari izazvano ozbiljnim kvarom reaktora, što bi moglo uzrokovati gubitak obradivih površina i poljoprivrednih usjeva ili zagađenje naseljenih područja. Opterećenje okoliša prilikom razgradnje nuklearne elektrane može se izbjeći pažljivom organizacijom toga posla i primjenom odgovarajućih zaštitnih mjera (do 2004. godine u svijetu je trajno obustavljeno 124 reaktora).

Emisije iz svih emitera

Opet istaknimo: štetne emisije ne nastaju samo izgaranjem goriva u postrojenjima za proizvodnju i pretvorbu energije. Svoj udio u tome imaju promet (osobito cestovni), industrija i građevinarstvo, te neindustrijska ložišta, dakle ložišta u kućanstvima i ostalim izvorima emisija. Kako bi se ilustrirao udio svih energetskih (ali cjelokupnih energetskih, a ne samo elektroenergetskih) postrojenja za proizvodnju i pretvorbu u emisiji štetnih plinova i čestica u ukupnim emisijama, iznosi se pregled emisija zbog izgaranja goriva u Hrvatskoj u 2005. godini, tablica 14.2.

Tablica 14.2. Emisije zbog izgaranja goriva u Hrvatskoj 2005. godine

Emiter	CO_2 (10^6 t)	SO_2 (10^3 t)	NO_x (10^3 t)	Čestice (10^3 t)
Energetska postrojenja	6,8	29,6	11,8	1,5
Neindustrijska ložišta	3,2	5,2	3,9	4,1
Industrija i građevinarstvo	3,8	10,7	6,1	2,3
Cestovni promet	5,2	5,8	27,6	2,4
Ostali mobilni izvori	1,0	2,2	17,8	2,4
Ukupno	20,0	53,5	67,2	12,7
Udio energetskih postrojenja (%)	*34,0*	*55,3*	*17,6*	*32,3*

Izvor: Energija u Hrvatskoj 2005, Energetski institut Hrvoje Požar

Ovdje treba dodati i emisiju ugljikova dioksida iz proizvodnih procesa bez izgaranja goriva, ona iznosi oko 10 do 13 posto sveukupne godišnje emisije, pa dolazimo do sveukupne emisije ugljikova dioksida od oko 23 milijuna tona u 2005. godini. Obveza Hrvatske prema Kyoto-protokolu, izdvojena samo za taj stakleнički plin (CO_2) je oko 22 milijuna tona (za 2012. godinu), dakle u 2005. godini je još uvijek donekle prekoračena; teško će je uopće biti ispuniti.

Vidljivo je da energetska postrojenja sudjeluju najviše u emisiji sumporova dioksida (više od polovine) te da sudjeluju manje u emisiji ugljikova dioksida (oko trećinom) i čestica (isto oko trećinom), a najmanje u emisiji dušikovih oksida (ispod 1/5).

Naknade na emisije u okoliš i trgovanje pravima emisija

Mnoge zemlje, pa tako i Hrvatska, uvele su plaćanje naknada na emisije štetnih plinova u okoliš, kako bi destimulirale tu emisiju odnosno potaknule emitere da uvode mjere za smanjenje emisije. U pravilu se te naknade s godinama uvećavaju.

U Hrvatskoj postoji obveza plaćanja naknade za emisiju sumporova dioksida i dušikova dioksida, od 2004. godine te za emisiju ugljikova dioksida od 2007. godine. Obveznici plaćanja tih naknada su sve pravne ili fizičke osobe koje imaju u vlasništvu pojedinačne izvore emisije, s tim da je donja granica tih emisija koje podliježu plaćanju naknade:

- 30 t/god. za emisije ugljikova dioksida
- 100 kg/god. za emisije sumporova dioksida
- 30 kg /god. za emisiju dušikova dioksida.

Obveznici plaćanja te naknade su svi emiteri tih onečišćujućih tvari iz stacionarnih izvora (dakle pored energetskih postrojenja i sva industrijska postrojenja u kojima se zbiva proces izgaranja goriva ili drugi tehnološki proces koji emitira te tvari).

Nisu obveznici plaćanja naknade na emisiju ugljikova dioksida, ako emisija nastupa izgaranjem goriva od biomase, biorazgradivog otpada i otpadnog mulja.

Uvedeni su i korektivni faktori ovisni o godišnjoj količini i o podrijetlu emisije, o ulaganju u projekte energetske učinkovitosti i obnovljive izvore energije te o provedbi programa smanjenja emisije. Sredstva naknade usmjeravaju se u hrvatski Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.

Naknada na emisije postala je mjera kojom se novčano iskazuje opterećenje okoliša iz pojedinih tipova elektrana ili pojedine konkretne elektrane.

Direktivom Europske Unije 2003/87/EC uspostavlja se trgovanje pravima emisije staklenički plinova unutar Europske Unije. Svakom postrojenju dodjeljuje se, prema nacionalnom planu raspodjele dopuštenih količina emisije, godišnja dopuštena kvota, radi ispunjenja nacionalnog cilja prema obvezi iz Kyoto-protokola. Vlasnik postrojenja koje ispunjava tako dobivenu kvotu uz uštedu, može prodavati tu razliku onom vlasniku postrojenja koji prekoračuje svoju dobivenu kvotu.

Na svjetskoj razini, također se uspostavlja trgovanje emisijama, što može pogubno djelovati na zemlje u razvoju kojima će biti privlačna prodaja svojih prava na emisiju bogatijim zemljama, pa će bogatije zemlje usporavati mjere za sniženje emisija prema vlastitom izvornom pravu a siromašne zemlje usporavat će svoj razvoj. Orijentacijski, godišnja cijena je pet do petnaest eura za kupnju emisijskog prava na tonu ugljikova dioksida.

Djelovanje mreža na okoliš

Prijenosna i distribucijska mreža čini umjeren ali ipak nezanemariv utjecaj na okoliš. Dalekovodi najvišeg napona velikih su dimenzija, protežu se velikim prostranstvima, a zgušnjavaju tamo gdje je zgusnuta materijalna proizvodnja i svekolika aktivnost ljudi. Stoga, u najmanju ruku, zauzimaju prostor, ometajući ili onemogućujući kakvo drugo njegovo svrhovito iskorištenje (za podizanje drugih objekata, za poljoprivredno-šumarsku proizvodnju, za promet – osobito zračni) ili barem estetsko-vizualno ometajući prirodni ambijent. Najveće transformatorske stanice vrlo visokog napona zauzimaju ploštinu veću od deset hektara. Distribucijska mreža *sveprisutna* je, naprosto *smeta* – kada bi bilo moguće, najbolje bi bilo da je nema!

U Republici Hrvatskoj je danas u iskorištavanju preko sedam tisuća kilometara dalekovoda napona 110, 220 i 400 kV, a distribucijska mreža sadrži oko 130 tisuća kilometara vodova (u tome kabelskih vodova 55 000 km). Dakle, prosječno, danas se na svakom četvornom kilometru tla Hrvatske nalazi i oko 125 metara visokonaponskih dalekovoda, te preko dva kilometra srednjonaponskih i niskonaponskih vodova te priključaka. Ukupno, postoji preko 21 tisuća stupova na prijenosnim vodovima i oko milijun i 300 tisuća stupova na distribucijskim nadzemnim vodovima.

Neizbježne šumske prosjeke, radi uspostavljanja trasa vodova široke su desetak do stotinu i više metara. Održavanje i intervencije na vodovima dovode do neizbježnih šteta na poljoprivrednim parcelama.

Stupovi dalekovoda visokog napona uobičajeno su visoki 20 do 30 metara, u hrvatskim prosječnim prilikama, a vodiči su ovješeni tako da visinski zauzimaju prostor iznad oko sedam metara od tla do visine ovjesišta. To je područje u kojem stradavaju ptice. Dakako, na jednak način, nadzemni vodovi predstavljaju opasnost za sportsku, gospodarsku i putničku avijaciju.

Praktički: mreža je najagresivnija svojim neizbježnim fizičko-materijalnim djelovanjem na okoliš. Kako je u pogonu pod naponom, nepažljivi dodir ili pad vodiča pod naponom, zbog kvara koji bi doveo do galvanskog kontakta ili nedopuštenog približavanja ljudi, životinja, drveća ili kakvih drugih civilizacijskih tvorevina, bio bi za ljude i životinje fatalan, a na materijalnim sredstvima mogao bi izazvati razaranja i požar (osobito

šumski požar). Svi ti utjecaji praktički iščezavaju pri kabelskom rješenju vodova, ali to znatno poskupljuje njihovu izvedbu; kod visokonaponskih vodova i do 10 puta, pa se ti vodovi još ostvaruju u pravilu u nadzemnoj a samo vrlo iznimno u kabelskoj izvedbi. Električno polje uspostavljeno u okolini vodova pod naponom drži se unutar dopuštenih granica[146].

Korona, koja se javlja samo pri najvišim naponima (u pravilu: 400 i 220 kV) vodova i postrojenja, zbog intermitentne naravi te pojave (pri frekvenciji 50 Hz, 100 puta u sekundi se pali i 100 puta gasi, jer trenutna vrijednost napona mora preći kritičnu vrijednost) može emitirati radijske smetnje u nevelikoj udaljenosti od voda.

U normalnom pogonu, mrežom ne teku toliko velike struje da bi magnetsko polje uspostavljeno u okolini vodova moglo izazivati osjetnije efekte na biološkoj ili materijalnoj strukturi. Međutim, u kratkotrajnim prilikama kvara u mreži – pri kratkom spoju između vodiča i zemljospoju – teku struje znatno veće od pogonskih i mogu biti nesimetrične, a i povećano izmjenično magnetsko polje u okolini dalekovoda i postrojenja. Time se inducira napon u drugim metalnim objektima (drugim elektroenergetskim vodovima u blizini, žičnim telekomunikacijskim vodovima, metalnim konstrukcijama većih dimenzija – npr. žičanim ogradama ili žicama vinograda i voćnjaka).

Struje kvara i galvanskim putem (time što su aktivni dijelovi vodova ili postrojenja u kontaktu s neutralnim dijelovima, smišljenom ili neizbježnom) izazivaju opasnost na drugim nadzemnim i podzemnim instalacijama, ili prema čovjeku i životinji, što se manifestira naponom dodira i koraka.

Energetski transformatori, ali i neki drugi uređaji, sadrže velike količine ulja (najveći među njima: više desetaka tona), što u slučaju kvara može biti izvor velikog zagađenja okoliša.

Vodovima i transformatorskim stanicama prenose se goleme snage koje opskrbljuju velika područja; nepromišljeni ili neizbježni ispadi iz pogona predstavljaju trenutni prekid svih aktivnosti oslonjenih na korištenje električnom energijom, koji znaju pogoditi istodobno stotine tisuća ili čak milijune ljudi – bez mogućnosti najave. Doživljaji stresa, kolektivne psihoze i sličnih posljedica kod ljudi, te štete u proizvodnji i drugim djelatnostima, ne mogu se potpuno izbjeći i ponekad su naprosto fatalnih razmjera.

Djelovanje okoliša na objekte elektroenergetskog sustava

No elektroenergetski objekti i okoliš djeluju međusobno u oba smjera! Objekti su izloženi prirodnim aktivnostima i pojavama te smišljenim i nesmotrenim aktivnostima ljudi.

Elektroenergetski objekti, znatnim dijelom postavljeni su na otvorenom prostoru – stoga su neizbježni fizičko-kemijski utjecaji atmosfere na njih i oni u tom pogledu moraju imati zadovoljavajuću otpornost. Atmosferska električna pražnjenja (munje) mogu izazvati oštećenja previsokim naponom ili velikim strujama. U tom su pogledu načelno otpornije mreže visokog napona od mreža nižih napona, jer je visokonaponska izolacija dimenzionirana za pogonske prenapone koji znaju biti istog reda veličine kao i prenaponske pojave uzrokovane atmosferskim pražnjenjem.

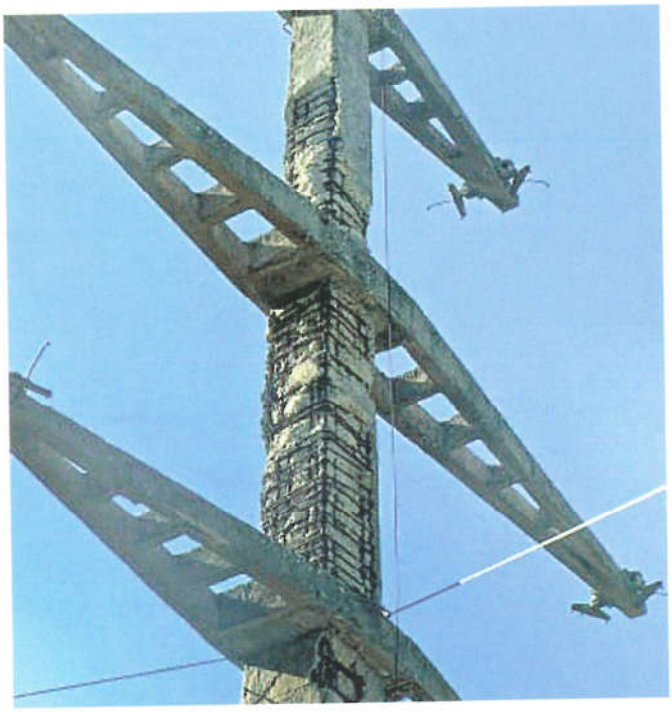
Snijeg i led mogu svojim prianjanjem uz elemente vodova i postrojenja izazvati mehanička naprezanja veća od čvrstoće tih elemenata, te dovesti do kidanja i lomova (slika 14.3).

[146] Zračenje elektromagnetskog polja iz elektroenergetskih postrojenja obrađeno je u poglavlju o zaštiti ljudi i imovine pri korištenju električnom energijom (poglavlje 17).

Slika 14.3. Vodič s ledenim omotačem nakon kidanja, na tlu

Pridruži li se tome i snažnan vjetar nepovoljnog smjera (bočno na vod), šansa za havariju je povećana (slika 14.4). Dakako, objekti se dimenzioniraju za stanovite očekivane veličine tih pojava. No njihov je nastup određen hirom prirode i uvijek je moguće izvanredno odstupanje, na koje nije razumno dimenzioniranje elemenata, jer bi sustav bio preskup.

Slika 14.4. Srušen dalekovodni stup 220 kV *djelovanjem vjetra*



Slika 14.5. Korozija betonskog stupa

Kiša, magla, sumaglica i rosa, isparavanja tla, močvara, jezera i mora, tvore vlažni sloj na izolacijskim površinama komponenata mreže, koji je električki to vodljiviji što je ta površina zagađenija nepovoljnim zagađivačima ili su vodene čestice u zraku prikupile zagađenje. U tom je pogledu neizbježna posolica koja se hvata na izložene površine u primorskom pojasu. Osim električki vodljivo, djeluje i korozijski agresivno (slika 14.5).

Izvori zagađenja izolacije su i prašina iz tla (krupnije i tvrđe čestice djeluju i abrazijski), sredstva za agrokemijsko tretiranje tla (pesticidi, fungicidi, gnojiva), mnoge industrijske djelatnosti (cementare, kemijska industrija, metalurgija, otvoreni rudokopi). Ložišta na ugljen zagađuju finim česticama ugljena, sadržajem dimnih plinova (ugljikovi, sumporovi i dušikovi spojevi, čestice), pa se sve to ovlažuje ishlapljivanjem vode iz okoline (primjerice, ranojutarnjim orošavanjem u toplijem razdoblju godine). Vrlo nepovoljno! Ptičje tjelesne izlučevine vrlo su agresivne prema izolacijskoj površini.

Preniska temperatura zraka može izazvati neželjeno mehaničko naprezanje zbog različitih koeficijenata toplinskog rastezanja materijala koji su u međusobnoj vezi ili nedovoljne rezerve za temperaturnu kompenzaciju. Previsoka temperatura zraka, ili lokalno povećano zagrijavanje zbog povećane apsorpcije Sunčeva zračenja, dovodi do smanjenja mogućeg strujnog opterećenja pojedinih komponenata sustava. Naime, dopušteno strujno opterećenje uvjetovano je ukupnim zagrijavanjem a to je rezultanta zagrijavanja iz okoline i zagrijavanja zbog električne struje. Viša temperatura vodiča nadzemnih vodova vodi njegovu većem istezanju, time i većem njegovu provjesu a manjoj udaljenosti između vodiča i tla; stoga je dopuštena ograničena maksimalna temperatura vodiča.

Nedovoljna briga o drveću u blizini trasa vodova može dovesti do nedopuštenog približavanja grana vodičima te do električnog preskoka. Na isti način mogu djelovati i veće ptice na vodovima i u postrojenjima ne previsokog napona, gdje svojim tijelom mogu izazvati električni preskok. Šumski požari u blizini vodova i postrojenja, a neizazvani tim vodovima

i postrojenjima, mogu načiniti ozbiljnu štetu i na njima (praktički redovita godišnja ljetna pojava u Dalmaciji i Dalmatinskoj Zagori).

Preko 60 posto svih poremećaja u prijenosnoj mreži Hrvatske, koji se svode na prisilni zastoj jedne ili više jedinica mreže, nastupa zbog povoda iz okoliša. U tome sudjeluju (redom prema padajućem učešću): grmljavina (daleko najviše, s udjelom od gotovo 2/3 u tih 60 posto), vjetar, vlažnost zraka s rošenjem te neznatno ostali uzroci iz okoliša.

Čovjekove sveukupne djelatnosti mogu, osim zagađenjem, i na druge načine djelovati na elektroenergetske objekte. Ostvaruju se neželjena fizička djelovanja nepažljivim udarima prometnim sredstvima (cestovnim vozilima, traktorima, letjelicama), kopanjem u blizini kabelskih trasa, nedopuštenim približavanjem (primjerice pri rušenju stabala u blizini vodiča nadzemnog voda), otuđivanjem dijelova čeličnih konstrukcija i sličnim štetama. Osobito štetna mogu biti ratna razaranja dalekovoda, postrojenja (slika 14.6) i elektrana, koji predstavljaju jedan od glavnih ciljeva neprijateljskih napada i diverzija, jer sveobuhvatno i u duljem vremenu bitno ugrožavaju sposobnost obrane napadnutog područja.

Napokon, elektroenergetski objekti, ako se nađu u blizini posjeda ili čak trebaju proći preko posjeda (nadzemni vodovi i dalekovodi), neposredno i objektivno smetaju vlasniku ili ometaju njegovo korištenje posjedom (npr. kod avionskog tretiranja poljoprivrednih parcela), a otežavaju i rad ostale mehanizacije na tlu. Neposredne koristi baš od tog objekta taj vlasnik ne vidi ili doista teško uviđa.

Zbog toga u fazi pripreme izgradnje velikih elektroenergetskih objekata (naglašeno elektrana) socijalni okoliš potencijalne lokacije može imati vrlo odbojan stav (sindrom *ne-u-mome-dvorištu*) i ponekad može uvjetovati rješenja koja nisu ekonomsko-tehnički najbolja,

Slika 14.6. Opljačkani bakar transformatora nakon ratnog razaranja u TS Ernestinovo

što predstavlja dalekosežan i trajan nepovoljni utjecaj na korištenje objektima ili dovoditi do dugotrajna (višegodišnjeg) odgađanja izgradnje objekta.

Na sličan način mogu djelovati i neki drugi raniji *zauzimači* prostora pa se u najnapučenijim područjima svijeta moraju naprosto revidirati zatečena iskorištenja prostora radi nalaženja optimuma za sve (gradovi i naselja, parkovi prirode, turistički zanimljiva područja, kulturno-povijesne cjeline, ceste, pruge, kanali, dalekovodi, elektroenergetski vodovi nižeg napona i telekomunikacijski vodovi).

Eto, smjestili smo objekte elektroenergetskog sustava u njihov prirodni, fizički i socijalni ambijent. Međusobni odnos tih objekata i okoliša prikazan je prema sadašnjem stanju stvari. U ranijoj povijesti primjene električne energije nisu sva ta djelovanja bila toliko izražena, a neka ni danas u svim dijelovima svijeta nemaju jednaku težinu. Ili točnije: nisu sve zemlje svijeta toliko bogate da mogu svim djelovanjima osigurati jednak tretman. Premda, prema tim djelovanjima njihovi stanovnici možda imaju jednak osjećaj[147].

Tijekom više od stogodišnjeg korištenja električnom energijom postupno se ubrzavao proces, koji je danas galopirajući: sve oštriji i brojniji zahtjevi prema elektroenergetskom sustavu u pogledu zaštite okoliša i sve veća i raznovrsnija agresija, tog istog okoliša na objekte sustava.

[147] U tom pogledu zadivljuje gledanje indijanskoga poglavice Seattlea, izneseno u znamenitom pismu američkom predsjedniku polovinom pretprošlog stoljeća (1854). Poglavica se, u tom predivnom eseju posvećenom prirodi, boji da će *brbljave žice zamutiti pogled na brežuljke*, dakle strahuje od vizualno-estetskog opterećenja što ga bijeli čovjek unosi svojim telegrafskim vodovima u prirodu. Što bi tek osjećao premudri poglavica da uskrsne danas i ugleda žice koje istodobno nose svjetlo, crpe vodu, melju brašno, dižu ljude u visinu, pa čak i oganj zamijenjuju u *vatrenom konju*!?

15

Razborito korištenje električnom energijom

Na početku razlučimo pojmove štednje i razboritog korištenja (električnom) energijom. Premda oba nastojanja postižu sličan rezultat, štednjom se promišljeno suzdržavamo od korištenja dijelom energije, odlažemo dio potrošnje danas, kako bi više ostalo za sutra. Time ne uživamo u nekim dobrima, uslugama ili zadovoljstvima a da to nikad ne nadoknadimo. Živimo uz manje predmeta, potpore i ugodnosti za kojima bismo inače mogli posegnuti. Vlastitom voljom, ili čak prisilno; kada se uštede ostvaruju državnim nalogom (kao što je ograničenje potrošnje goriva za motorna vozila ili potrošnje električne energije, *redukcija potrošnje*) ili povećanim porezom.

Razumnijim (razboritijim, racionalnijim, pametnijim) korištenjem energijom to se ostvaruje na energetski što prihvatljiviji način, bez suzdržavanja od uporabe nekog dobra, usluge ili ugodnosti. Dakle: uz što manje utrošenih prirodnih oblika energije, najskuplje energije, uvozne energije, višestruko pretvarane energije, uz što bolji stupanj djelovanja... Postiže se znalačkim bavljenjem energijom[148] u postojećim okolnostima, ali i mijenjanjem tih okolnosti (prepravkom i zamjenama objekata, uređaja, tehnologija), kako u "vlastitom dvorištu" tako u čitavoj društvenoj zajednici.

Teško je utvrditi granicu između štednje i razboritog korištenja, energetski rezultat je isti: manje utrošene energije u određenom razdoblju. No, razumnijom primjenom nije došlo do stagnacije koristi ostvarene tom energijom, a pri štednji se od nekc koristi zauvijek odustalo ili se ostvarenje neke koristi vremenski odložilo. Pri tome je nužno spoznati kako mogućnosti za razborito korištenje i štednju nisu neograničene, da koštaju vremena, eventualno i novca ili– barem – da traže puno djelatnog angažiranja ili suzdržavanja, koje treba biti voljan ili potican činiti uporno i neprekidno, u velikom obuhvatu.

Svakako elementarna mjera razboritog korištenja energijom je izbjegavanje, odnosno potpuno izostavljanje, njezina posve nepotrebnog trošenja – rasipanja (pregrijavanje prostorija, rasvjeta prostora koje se ne koriste, strojevi u praznom hodu...).

Karakteristično je za mnoga europska elektroprivredna poduzeća da posljednjih već četrdesetak godina – od svjetske naftne krize – povećanje svoje produktivnosti ostvaruju širenjem djelatnosti izvan područja dobave energije (*ma-koliko-energije-trebalo*) u područje korištenja energijom (*da-energije-treba-što-razumnije, suzdržljivije*). Osnivajući savjetovališta potrošača-kupaca, svoj iskusni kadrovski potencijal time stavljaju na raspolaganje kupcima, postižući razumljive višekratne učinke. Dakle, elektroenergetska branša s jedne strane utječe na usporavanje rasta svog konvencionalnog posla (opskrbu energijom), ali – s druge strane – razvija svoje aktivnosti na strani korištenja energijom, primjereno znanju i iskustvu koje je stekla kroz dulje od stoljeća.

Mnogi među čitateljima potvrdit će vlastito iskustvo o tome kako brojni zagovornici čistog okoliša – protivnici nuklearnih elektrana, termoelektrana, hidroelektrana, elektrana na obnovljive izvore... (već prema tome što se namjerava graditi *u njihovu dvorištu*) – ljubitelji netaknute prirode – *higijeničari* svih vrsta, sve te ideje zaboravljaju kada je u pitanju vlastita energetska rastrošnost ili vlastita komocija prema okolišu. Znači, u svom kućanstvu, prilikom svojeg putovanja i privatnih aktivnosti izvan doma, u svojoj lokalnoj zajednici, u svom poduzeću-ustanovi.

[148] U Europskoj Uniji uvriježio se naziv: *inteligentno korištenje* i *inteligentna energija.*

Odbijemo li unaprijed vlastito opredjeljivanje o razumnijem ponašanju pri korištenju (električnom) energijom ("*što mogu učiniti ja – jedan od dva milijuna kupaca-potrošača električne energije u Hrvatskoj?*"), nesvjesno se priklanjamo jednoj od uobičajene dvije teze u vezi s mogućnostima razboritog korištenja (električnom) energijom. A ta je: moj doprinos tome je neznatan, pa nema smisla da oko toga petljam.

Druga teza u vezi s mogućnostima ušteda je posve suprotna, ali neostvariva: razumnim korištenjem možemo naglašeno ozbiljno usporiti-odgoditi-posve izbjeći izgradnju novih elektrana (ili drugih energetskih objekata).

Ispravno je gledanje – između ta dva krajnja: i najmanji doprinos je dobrodošao, zbroj upornih malih doprinosa je upravo ono što se može (ali bi se i moralo) postići[149]. Taj zbroj najvjerojatnije neće biti spektakularan, ali ga upravo najbogatiji ne odbacuju, pa je pogotovo nedopustiv naš stvarni (ne deklarativni) nehaj prema njemu.

Razumnije korištenje u kućanstvima

Prosječno se oko 70 posto sveukupno utrošene energije u kućanstvima troši za grijanje prostorija i toplinu (kuhanje, priprema sanitarne vode za higijenske potrebe, pranje rublja i posuđa), stoga je djelovanje u tom području najefektnije. Ne pretjerivati u zahtjevima: podizanje željene temperature u prostorijama za samo jedan Celzijev stupanj povećava godišnju potrošnju energije za grijanje za šest posto. S druge strane, bdjeti nad svakim nepotrebno izgubljenim džulom topline. Toplinska barijera što je čini 125 centimetara betona, jednaka je 38 centimetara pune opeke ili 25 centimetara šuplje opeke ili 15 centimetara plinskog betona ili 8,5 centimetara mekog drveta ili samo 2,5 centimetra efikasne toplinske izolacije. Oko 30 posto topline odvodi se prozorima – ugradnja roleta vrlo je korisna, a i samoljepiva traka za brtvljenje prema okviru bolja je nego li otvorene pukotine na tim mjestima. Dakako prozori s dvostrukim staklima između kojih je vakuum u tom su pogledu najefikasniji.

Slavina koja kapa može povećati mjesečni potrošak vode za 1 000 litara, što također predstavlja i elektroenergetsko rasipanje jer je taj jedan kubični metar vode zauvijek nepotrebno utiskivan elektromotornom crpkom u vodoopskrbnu mrežu. A znamo danima-tjednima-mjesecima (da dopišemo i godinama?) odgađati popravak neispravne slavine ili vodokotlića.

Elektroslavonija-Osijek je 1981. godine uputila svim svojim potrošačima letak s naslovom: "Uštedimo električnu energiju! – Zašto ne?". Objavljivanjem njegova sadržaja u ovoj knjizi, čitatelje podsjećamo na savjete iz tog letka kojih se pridržavaju, kao i na one kojih bi se mogli držati, a ne drže se. Motivi za to, u proteklih dvadeset i pet godina, (slažemo li se?) znatno su ojačali.

---

[149] Jedan jasni primjer. Ako bi polovina od ukupno dva milijuna kućanstava zamijenila samo po jednu žarulju s užarenom niti od 100 W štednom sijalicom od 20 W (slika 15.1) – obje imaju podjednak svjetlosni tok, to bi u večernjim satima smanjilo vršno opterećenje elektroenergetskog sustava Hrvatske za 80 MW, te bi jedna elektrana tolike snage mogla biti obustavljena. Kako je redoslijed angažiranja elektrana prema rastućoj cijeni njihove proizvodnje – to bi bila elektrana s najskupljom proizvodnjom u sustavu! A ta štedna sijalica od 20 W košta danas u maloprodaji oko 25 kuna. Dakako, novčana ušteda je u mjesečnim izdacima za rasvjetu a slijedi i zbog produljenja vijeka trajanja sijalice. Dodajmo: pažljivo birajte temperaturu boje svjetla koje emitiraju te sijalice (najbolje su 2 700 K, daju ugodno toplo svjetlo, one od 4 000 K ili više daju previše bijelo svjetlo – pogodno za rasvjetu industrijskih pogona ili prometnica!).

UŠTEDIMO ELEKTRIČNU ENERGIJU! – ZAŠTO NE?

ZAŠTO?

U vašem se kućanstvu novčani izdaci za električnu energiju („za struju" – kako običavamo kazati) svake godine povećavaju. Energija je sve skuplja a vaše potrebe su – u pravilu – sve veće. Pokušajte se, stoga, razumnije koristiti električnom energijom. Izaberite one mogućnosti koje neće bitno ugroziti udobnost života na koji ste navikli.

KAKO?

Žarulja ne troši mnogo električne energije, ali u svakoj je prostoriji vašeg stana, barem jedna. Nepotrebno uključena, ipak beskorisno troši možda baš uvoznu naftu ili plin u elektrani koja je tog trenutka u pogonu, a i vaš novac. Naviknite se na isključenje rasvjete kad napuštate prostorije. Kupite luster koji dobro propušta svjetlo a zidove ličite svijetlim bojama. Fluo-cijev daje jednako svjetlo uz tri do četiri puta manji utrošak energije od žarulje s užarenom niti[150].

Bojler troši barem 30 puta više električne energije od uobičajene žarulje, ako su jednako dugo uključeni. Namjeravate li ga tek kupiti, neka ima onoliko litara – koliko će za vas biti dovoljno. Inače ćete uvijek zagrijavati i vodu koja vam nije potrebna. Pokušajte dugme za temperaturu vode ne stavljati iznad 60 °C. Najjeftinije je vodu zagrijavati neposredno prije korištenja, uključujući bojler dovoljno vremena ranije. Ne držite slavinu tople vode otvorenu, ako je tog trenutka ne koristite. Jednom godišnje trebali biste očistiti bojler od nataloženog kamenca.

Hladnjak je uporni potrošač električne energije, jer je neprekidno uključen. Postavite ga što dalje od izvora topline, na dovoljnu udaljenost od zida. Rasporedite namirnice u njemu prema potrebama njihova hlađenja (povrće i boce dolje, a meso gore) i izaberite povoljni stupanj hlađenja. U hladnjak ne stavljajte tople namirnice, vrata otvarajte što rjeđe i na kratko. Redovito uklanjajte naslage leda. Ako imate zamrzivač, postavite ga u najhladniju prostoriju. Za održavanje zamrznutih namirnica u njemu, nije potrebna temperatura niža od –18 °C.

Električni štednjak s pećnicom, ako je sve uključeno, troši 2 do 3 puta više energije od kupaonskog bojlera. Kod kuhanja koristite što više brzogrijaću ploču (ekspres-ploču) i ekspres-lonce. Veličina grijaće ploče i posude trebaju biti podjednake. Dno posude i ploče moraju biti čisti, suhi i vrlo ravni. Kuhanje započnite s najvećim položajem dugmeta za uključivanje, pravodobno smanjite temperaturu i isključite zagrijavanje prije uklanjanja posude. Ne zagrijavajte praznu ploču. Ako koristite pećnicu, vrata otvarajte što rjeđe.

Običnu ***električnu grijalicu*** ili ***kalorifer*** koristite doista iznimno. Ako ste se odlučili za cjelokupno zagrijavanje stana električnom energijom, najbolje bilo bi koristiti termoakumulacijsku peć. Izaberite peć prave veličine i stavite

[150] To je napisano 1981. godine; današnje štedne sijalice koriste oko 20 posto energije za isti svjetlosni tok kao i žarulja s užarenom niti.

je na mjesto gdje je najveće odvođenje topline iz prostorije (obično ispod prozora). Odmaknite je dovoljno od zida i poboljšajte ispravnost vrata, prozora i drugih mjesta gdje „bježi" toplina. Zagrijavanje peći isključujte u vremenu od 7 do 21 sat (ljeti), te od 8 do 22 sata (zimi), jer je tada električna energija skuplja (ugradite dvotarifno električno brojilo, ako ga nemate). U hladnije vrijeme udesite jače, a u manje hladno vrijeme slabije zagrijavanje grijača. Uređaj za uključivanje puhanja toplog zraka (termostat), stavite dalje od vrata i prozora i ne udešavajte ga na više od +20 °C. Noću – na još niže ili ga posve isključite.

Ako tek donosite odluku o načinu zagrijavanja stana, ispravno je pretpostavljati da će u budućnosti električna energija biti sve skuplja, jer će se sve više morati proizvoditi u termoelektranama (iz ugljena, nafte, nuklearnog goriva) i u sve skupljim hidroelektranama.

U svakom kućanstvu ima još električnih aparata. Jedni troše mnogo električne energije u svom radu (stroj za pranje rublja i stroj za pranje posuđa), drugi srednje (usisivač, glačalo, televizor), a neki malo (gramofon, radioaparat, mikser, mlin za kavu, fen, ventilator, brijaći aparat). Najjače među njima nastojte koristiti – što je moguće više – izvan vremena najveće potrošnje električne energije: ljeti izvan razdoblja od 7 do 21 sat a zimi izvan razdoblja od 8 do 22 sata.

Ako bi, navečer, svako kućanstvo u Hrvatskoj isključilo samo jedno suvišno trošilo električne energije (primjerice: jednu žarulju) – izvan pogona bi mogla biti jedna manja elektrana s vrlo skupom proizvodnjom električne energije.

Kod korištenja strojem za pranje rublja (ili posuđa), izaberite program prema vrsti i prljavosti rublja (ili posuđa) i nastojte sakupiti količinu koja odgovara veličini stroja, a ne mnogo manju. Svaki aparat u kućanstvu koristite po uputama njegova proizvođača.

Da li ponekad nitko ne gleda program na vašem televizoru, premda on nije isključen? Osim nepotrebnog utroška električne energije, aparat će vam se nepotrebno prije pokvariti.

KOLIKO?

Teško nam je obećati! No, u knjigama se spominju mogućnosti uštede na takve načine i do 30 posto. Mi vam preporučujemo da već danas zapišete brojke na brojčaniku vašeg električnog brojila (one brojke do crvenog pravokutnika, odnosno do zareza) i datum.

Za mjesec dana učinite to ponovno. Oduzmite manji broj od većega. To predstavlja utrošene kilovatsate električne energije. Pokušajte – potom – nekom od opisanih mogućnosti štednje i mjerite sami vaš uspjeh. Možete kilovatsate množiti s cijenom i tako ustanovljavati novčane uštede zbog štednje električne energije.

Zahvaljujemo vam ako ste ovo pročitali i – pokušali! Pomogli ste time sebi i svima nama.

ELEKTROSLAVONIJA – OSIJEK

Slika 15.1. Štedna sijalica

U mikrovalnim pećnicama hrana se priprema brzo; vrlo racionalno koriste se energijom jer griju samo hranu, a ništa drugo. Mikrovalna pećnica koristi mikrovalove frekvencije oko 2 500 MHz (2,5 GHz). U njima se ne smije koristiti metalno posuđe.

U posljednje doba, u srednjoeuropskom području, a tako i u Hrvatskoj, sve se više primjenjuje klimatizacija; uvjetovano je to općim povećanjem životnog standarda, donekle – barem subjektivno – sve toplijim ljetima i raspoloživošću sve jeftinijih i za ugradnju sve jednostavnijih uređaja za klimatizaciju. Ti uređaji su izrađeni na principu *dizalica topline*, uzimaju iz okoline unutarnju toplinsku energiju zraka i – uz korištenje električnom energijom pri tome – spuštaju (kod hlađenja) ili dižu temperaturu (kod grijanja). Time je rashladna ili ogrjevna moć takva uređaja oko tri puta veća od električne snage koju uzimaju iz mreže. Riječ je zapravo o vrlo privlačnim energetskim rješenjima (dizalice topline), kojima se u nekim europskim zemljama pristupa sve otvorenije. No, vratimo se razumnom korištenju klimatizacije. Ne pretjerivati pri hlađenju, namještena temperatura od 26–28 °C bit će sasvim dovoljna, u energetskom i zdravstvenom smislu.

Opći savjet za razumno grijanje ili hlađenje: namjestite temperaturu za 1 °C višu (pri hlađenju prostora) ili za 2 °C nižu (pri zagrijavanju) od željene temperature, uštedjet ćete otprilike 10 posto godišnjih troškova.

Brojni su aparati u kućanstvu (TV-aparati, video-aparati, osobna računala i drugi) načinjeni tako da funkcioniraju prema načelu *uvijek-spremni*, odmah raspoloživi za korištenje (*stand-by*). Pri tome trajno opterećuju električnu mrežu neznatnom snagom, od jednog ili nešto više vata. Međutim, ima li se na umu velik broj kućanstava u kojima su takvi aparati, dolazi se do zapravo velike njihove ukupne potražnje. Zamislimo da u svakom europskom kućanstvu postoji samo po 1 W takve – iskreno, zapravo nepotrebne, doista pretjerano komotne – potražnje, to se za po prilici 250 milijuna kućanstava u Europi neprekidno *vrti* jedna snažna elektrana od 250 milijuna vata, dakle 250 MW. Nije malo; u Njemačkoj je prije

nekoliko godina promovirana poruka kojom se pozivaju kupci-potrošači da se suzdrže od uvijek-spremne uporabe svojih aparata te da ih nakon korištenja apsolutno isključe. Uz još jedan dobitak: potpunu sigurnost prema djelovanju prenapona iz mreže, barem u razdoblju kada se aparat ne koristi.

Razumnije korištenje u ostaloj potrošnji

Ilustrirajmo nekim viđenim primjerima iz europske okoline, slične smo svakako vidjeli ili za njih čuli na kakvom putovanju u inozemstvo, odnos tih društava (najčešće na višem razvojnom stupnju i bogatstvu od nas) prema razumnijem korištenju (električnom) energijom.

U javnim sanitarnim prostorijama susrećemo tehnički svakako dosta složene uređaje kojima je omogućeno korištenje vodom u tim prostorima kada je potrebno, ali i onemogućeno istjecanje vode čim to nije potrebno (slavine na fotoćeliju i sl.). Ugradnja i održavanje takvih uređaja ispravnim sigurno nije jeftino, ali je vrlo vjerojatno i to da bi time izbjegnuto rasipanje energije i dragocjene pitke vode bilo još skuplje.

Primjerice, u Beču je na središnjoj Kärtnerstrasse javna česma s pitkom vodom, čije se istjecanje aktivira pritiskom. Tu je tolika vreva zainteresiranih, da je gotovo nemoguće uhvatiti sekunde tijekom kojih dugme nije pritisnuto. Ipak je ondje!

Ozbiljnost štednje topline kao korisnog oblika energije umnogostručuje se ako se toplina ostvaruje pretvorbom električne energije (a ne izravnom pretvorbom goriva u toplinu na mjestu korištenja). To je čest slučaj kod bojlera za pripremu sanitarne tople vode, pa je štedljivo korištenje takvom vodom naglašeno opravdano!

Onaj tko je noćio u kakvu privatnom pansionu u kojoj od susjednih zemalja, sjetit će se da je doživio naplaćivanje tuširanja izvan cijene pansiona, što ne treba tumačiti samo kao još jedan od načina "guljenja" turista, već i kao sustavno primoravanje na štedljivo i razumno ponašanje, primjereno tamošnjem uobičajenom gledanju na stvari. Česta je i primjena protočnih bojlera kako bi se pripremilo samo tada i toliko vode kada i koliko je potrebno. Ili, niža cijena smještaja u sobi s tušem od cijene smještaja u sobi s kupaonicom (dakle i kadom u kupaonici).

Noćna scena na već spomenutoj Kärtnerstrasse u Beču. U relativno malom izlogu izbrojano je dvadesetak reflekta – žarulja. Takvih nekoliko izloga "nose" gornje katove zgrade, pa noću djeluje kao da je zgrada uronjena u šlag – tolika je bjelina od visoke osvijetljenosti. Rasipanje novca?! Svakako, samo ne iz tuđeg, već posve određenog džepa. Vrlo je vjerojatno da je utržak tog džepa takav da to podnosi. Ali, rasipanje energije? U svakom slučaju: da![151]

Karlov most preko Vltave u Pragu. Najmanje do ponoći, skupljalište mlađarije iz svijeta. Neponovljiv pogled na Hradčane – Praški Grad koji, kao kakav prekooceanski ogroman brod, plovi na brijegu raskošno osvijetljen. Međutim, oko ponoći – njegova se rasvjeta gasi (barem u doba posjeta ovog autora).

Budimpeštanski vizualni simbol je zgrada Parlamenta na peštanskoj obali Dunava. No, rasvijetljeni Parlament možemo doživjeti uglavnom na razglednicama; rasvjeta se uključuje

[151] Ovdje bi bilo korisno spomenuti ključnu misao što je iznesena prilikom svečanog otvorenja zasjedanja CIGRE-a u Parizu 2000. godine. (Ta svečana otvorenja koriste se da najugledniji svjetski elektroenergetičari iznose tekuće temeljne preokupacije i svoje poglede na njih.) Talijanski profesor Paris govorio je tada o ključnom izazovu koji stoji pred elektroenergetičarima 21. stoljeća: **Dok je u dugom prošlom razdoblju osnovni ključ pri odlučivanju bio: prihvatljivo rješenje je ono koje vodi ukupno sagledivom što manjem utrošku *novca*, u 21. stoljeću ključno će biti traženje rješenja koje vodi što manjem svekolikom utrošku *tvari*.**

samo državnim praznicima i onih noći kada u Budimpešti službeno boravi strani gost najvišeg ranga. *Redovitih* noći uključena je samo rasvjeta kupole.

Eiffelov toranj u Parizu. Raskošno rasvijetljen, čini jednu gotovo nestvarnu draperiju uronjenu u noćno pariško nebo. Pola sata nakon ponoći, rasvjeta se gasi.

Konačno o rasvjeti – iz jednog njemačkog gradića. Tamo, očito, smatraju kako javna ulična rasvjeta treba baš takva i tolika – kakva je instalirana. Stoga u određenim intervalima peru prozirne dijelove rasvjetnih armatura i usijavaju njihove refleksne površine. Vađenje uginulih insekata ili skidanje ptičjih gnijezda se podrazumijeva.

Pokretne stepenice podzemne željeznice u Beču. Uđete li u podzemlje kojim slučajem sami, stepenice miruju. Razumljiv svjetlosni signal na njima ukazuje da nisu stavljene izvan pogona. Dolazite do pristupne platforme i stepenice kreću – na potisak. Tu najvjerojatnije nije presudna skupoća platforme s kontaktima, što je treba dodati eskalatoru kako bi stvar tako funkcionirala. Međutim, potreba njezina upornog održavanja u ispravnom stanju u vrlo nepovoljnim okolnostima (nečistoća, vlaga, udarno opterećenje, osjetljivost građana na zastoje, disperzija po velikom području), odgovorila bi nas od primjene ako bismo o tome odlučivali kao gradonačelnici u kojem našem gradu.

U Austriji smo crpili vodu ručno na mjestu gdje bi bilo nerazumno dovođenje električne energije za pogon, a – u krajnjoj liniji – i njezinim korištenjem za tu svrhu. Naprosto postoje primjeri u kojima je upravo hir primjena tehničkih izvora energije, umjesto rješenja koje se oslanja na razumno opterećenje mišića čovjeka-korisnika. U budimpeštanskim tramvajima, poništavanje voznih karata obavlja se također uređajima na ručni pogon.

Konačno biciklistička renesansa po gradovima (u nas i svijetu) koju snažno potiče i nužno osigurava organizirana, ne pretjerano opsežna niti skupocjeno opremljena ali promišljeno izabrana, mreža magistralnih biciklističkih staza – primjer je povratku korištenju neposrednom ljudskom snagom u osobnom gradskom prometu sa širokim spektrom koristi, od kojih je samo jedna (no svakako nezaobilazna) u razumnom korištenju energijom.

Vjerujemo kako svi te, takve i slične primjere opažamo kada boravimo "vani". Znamo da volimo i naširoko o tome raspredati kada se vratimo, započinjući recimo sa: "Zamislite, oni Nijemci (Austrijanci, Mađari itd.)..." Međutim, nerado iščuđavanje i verbalno odušcvljenje zamjenjujemo činom, koji ponekad traži tako malo truda ili neznatno organizacije.

Razborito korištenje u industriji

U visokorazvijenim društvima, udio industrije u neposrednom korištenju električnom energijom najveći je (u zemljama EU iznosi oko 42 posto). Stoga je razborito korištenje električnom energijom u industriji od iznimnog značaja. Dakako, racionalizacija se može i mora ostvarivati pri korištenju svim oblicima energije, dapače, tako ju je jedino moguće utemeljeno sagledavati, no, mi ćemo se ovdje baviti ponajprije sagledavanjem mogućnosti razumnijeg korištenja segmentom električne energije. Razumnije korištenje donosi energetske i novčane uštede; u dobro uređenom gospodarskom sustavu te se uštede potpomažu.

Prvi nezaobilazni korak u racionalizaciji korištenja električnom energijom je ostvarenje uvida u postojeće stanje, a taj uvid ostvaruje se mjerenjem električne energije i novčanim obračunom, u pravilu u jednomjesečnom ritmu. Poznavati treba tarifni sustav za obračun električne energije i započeti sustavno pratiti kretanja veličina koje utječu na taj obračun,

primjerice: utrošena električna energija u doba više i niže dnevne tarife te u doba više i niže godišnje sezone, angažirana snaga i prekomjerno potrošena jalova energija. Tome se, u najnovije doba, izdvojeno iskazuje naknada za prijenos i distribuciju električne energije. U doba koje predstoji, tarifni sustavi biti će složeniji i ovisiti će o opskrbljivaču. To će razlikovati ponude pojedinih opskrbljivača pa će to biti prvi način razumnijeg utroška novčanih sredstava za isporučenu električnu energiju, usporedbom ukupnih troškova koji bi proizlazili primjenom ponuda različitih opskrbljivača.

Drugi korak razumnijeg postupanja pri korištenju električnom energijom može proizaći iz analize komponenata koje čine ukupne troškove za električnu energiju i utvrđivanje redoslijeda njihovih udjela u ukupnim troškovima. To će otvoriti mogućnosti za smanjenje fizičkog udjela jedne komponente na račun povećanja udjela koje druge, jeftinije komponente. Pokušati treba istražiti sve mogućnosti za pomicanje dijela potrošnje iz razdoblja viših dnevnih tarifnih stavki u razdoblja nižih stavki ili iz razdoblja više tarifne sezone u razdoblja niže tarifne sezone. Dakle, nastojati smanjiti potrošnju između 7 i 21 sat (pri zimskom računanju vremena), odnosno u razdoblju 8 do 22 sata (pri ljetnom računanju vremena). Također, treba nastojati smanjiti potrošnju u siječnju, veljači i ožujku te listopadu, studenom i prosincu. Time se smanjuju, kako vlastiti troškovi dobavljene električne energije, tako i troškovi u elektroenergetskom sustavu, jer je sustav u tim razdobljima dana i tim mjesecima godine opterećeniji nego li u preostalim razdobljima. Također, treba utvrditi koja pojedinačna trošila najviše sudjeluju u vršnom opterećenju te nastojati, boljom organizacijom rada, izbjeći ili čak onemogućiti njihovo istodobno angažiranje. Ukoliko je mjesečna potrošnja jalove energije veća od 33 posto potrošnje djelatne energije, taj višak se smatra prekomjerno preuzetom jalovom energijom i tada se ona plaća. Iznos toga plaćanja elementarna je mjera za odluku o uvođenju kompenzacije jalove snage u tvornicu.

Takav višemjesečni uvid u rezultate mjerenja i obračuna električne energije omogućuje postupno sustavno shvaćanje tih rezultata i sagledavanje mogućnosti za njihovo poboljšanje.

Elementarna mjera za povećanje učinkovitosti potrošnje električne energije u nekoj tvornici, sektoru te tvornice (službi, odjelu) ili u tehnološkoj liniji te tvornice jest uvođenje trajnog mjesečnog obavještavanja svih zaposlenika o ostvarenoj učinkovitosti. Ukoliko je riječ o homogenoj proizvodnji kakva proizvoda ili o manjoj skupini proizvoda, korisno je iskazivati učinkovitost utrošene energije omjerom količine ostvarenih proizvoda (komada ili drugih jedinica mjere kojima se iskazuje količina proizvodnje) i utrošene električne energije. Što je taj omjer veći, to je i ostvarena učinkovitost bila veća. Uobičajen je dijagramski prikaz na oglasnim pločama poduzeća na kojem je prikazana ostvarena učinkovitost u prošloj godini, eventualno planirana učinkovitost za tekuću godinu po mjesecima te ostvarena učinkovitost u tekućoj godini koja se docrtava nakon isteka svakog mjeseca. To doista ne košta mnogo, a znatno pridonosi informiranju zaposlenika i potiče ih na aktivniji odnos prema utrošenoj električnoj energiji. U poduzećima koja imaju vrlo raznoliku proizvodnju, učinkovitost se iskazuje omjerom ostvarenog ukupnog prihoda u novčanim jedinicama i utrošene električne energije. Takva stalna informiranost radnika doista je uobičajena u industrijama uzornih europskih zemalja. Omogućuje usporedbu s ostvarenjima u prošloj godini, u proteklom mjesecu, s planiranim veličinama za tekući mjesec, usporedbe među organizacijskim jedinicama u tvornici. Rukovodstvo poduzeća može činiti čak i osobito korisne usporedbe s drugim proizvođačima iste ili slične robe.

U većim ili velikim industrijskim poduzećima korisno je uvođenje mjerenja električne energije (po svim parametrima: radna i jalova energija u doba više i niže tarife, te više i niže sezone, vršno opterećenje) utrošene u pojedinim organizacijskim cjelinama ili tehnološkim linijama. Ako bi uvođenje takvog mjerenja stajalo nekoliko postotaka vrijednosti godišnje proizvodnje u tim cjelinama ili linijama, to bi se očekivane potencijalne uštede mogle vratiti nakon godinu dana. Takvo mjerenje omogućuje još bolje lociranje mjesta potencijalno najvećih mogućih ušteda i stvaraju klimu zadovoljstva, pa čak i natjecateljskog duha među radnicima. Suvremeni uređaji za mjerenje električne energije mogu biti dopunjeni sustavom za kontrolu vršnog opterećenja te davati automatske naloge za isključenje pojedinih trošila ili grupa trošila kada prijeti prekoračenje planiranog vršnog opterećenja, dakako onim trošilima koje je dopušteno obustaviti. Registracijom svih relevantnih veličina omogućuju svakovrsne naknadne energetske i ekonomske analize.

Mogućnosti za razumnije korištenje električnom energijom u industriji mogu se grupirati u one koje se daju neposredno provesti, one koje se mogu ostvariti u kraće dostižnom vremenu i one koje se ostvaruju nakon razmatranja, projektiranja i investiranja u dugoročnijem razdoblju.

Među mjerama koje su provedive samo boljim i pažljivijim organiziranjem posla, praktično bez ikakva ulaganja, nabrojimo nekoliko:

– smanjivanje vršnog opterećenja (*peglanje špica*) izbjegavanjem istodobnog rada velikih trošila, koliko god je moguće; kao poticaj za to može poslužiti redovito mjesečno izvještavanje o ostvarenom trajanju vršnog opterećenja (omjer potrošene energije i vršnog opterećenja), što je ono veće – iskorištenje angažirane snage je veće;

– premještanje moguće potrošnje iz razdoblja više dnevne tarife u nižu dnevnu tarifu, organiziranjem barem dijela tehnološkog procesa u smjeni koja pokriva nižu dnevnu tarifu;

– izbjegavanje preranog uključenja ili prekasnog isključenja zagrijavanja prostorija, rasvjete, ventiliranja, klimatiziranja te rada transportnih traka, kompresora stlačenog zraka i svekolikih drugih elektromotornih pogona;

– primjereno odabiranje radnih parametara energije: temperature, tlaka...;

– apsolutno izbjegavanje rasvjete, grijanja ili hlađenja prostorija kada to nije potrebno;

– izbjegavanje nekontinuiranih radnih procesa s puno zastoja;

– pravodobno periodičko održavanje radnih strojeva s pogonskim elektromotorima, osobito pravodobno podmazivanje radi smanjenja mehaničkih gubitaka;

– redovito čišćenje i pranje svjetiljaka, jer njihova zaprljanost smanjuje svjetlosni tok uz nepromijenjenu potrošnju električne energije;

– redovito čišćenje ulaznih rešetaka i kanala ventilacije jer nečistoće umanjuju ventiliranje uz povećanu potrošnju električne energije;

– apsolutno izbjegavanje praznih hodova elektromotora, koliko god je to moguće; elektromotori u praznom hodu povlače relativno veliku struju (to veću u odnosu spram nazivne struje, što je nazivna snaga motora manja) uz naglašeno nepovoljan faktor djelatne snage (opet to nepovoljniji što je nazivna snaga motora manja), dakle opterećuju priključnu mrežu znatno više i nepovoljnije nego što bi se to u prvi mah očekivalo;

– voditi treba računa da je kod podopterećenog motora povoljniji spoj u zvijezdu nego u trokut: manja je pogonska struja, veći stupanj djelovanja i bolji faktor djelatne snage, to je jednostavna i lako provediva mjera boljeg iskorištenja takvog elektromotora.

Mogućnosti za racionalnije korištenje električnom energijom, ali koje traže ipak nešto razmatranja, ulaganja i nešto vremena za provedbu su:

– zamjena preopterećenih napojnih vodova do velikih trošila ili grupa trošila, jer se preopterećeni vodovi nepotrebno pretjerano zagrijavaju, čime povećavaju gubitke električne energije i na njima se ostvaruje nepotrebno velik pad napona, čime je napon na pogonskim elektromotorima prenizak, pa oni povlače veću struju, što izaziva daljnje povećanje pada napona i daljnje povećanje gubitaka;

– pojačanje toplinske izolacije prostorija ili prostora u kojima je instalirano električno grijanje ili hlađenje (dakako, ta mjera vrijedi i u slučaju grijanja ili hlađenja bilo kojim oblikom energije);

– usklađivanje nazivne snage pogonskoga elektromotora s opterećenjem; podopterećeni elektromotor povlači iz mreže puno veću struju od one koja bi proizlazila primjenom linearne ovisnosti struje o opterećenju (mali elektromotori u praznom hodu povlače 3/4 struje nazivnog opterećenja), ali pri znatno lošijem faktoru djelatne snage nego kod nazivnog opterećenja, stupanj djelovanja podopterećenog motora je manji, stoga treba sagledati mogućnost zamjene trajno podopterećenog elektromotora motorom manje nazivne snage;

– uvođenje učinkovitije rasvjete u radne prostore (svjetlosni tok žarulja i izvora svjetla po jednom vatu potrošnje: žarulje s užarenom niti oko 14 lumena po vatu, visokotlačne živine sijalice do 50 ℓm/W, fluorescentne cijevi oko 55 ℓm/W, natrijeve visokotlačne sijalice oko 100 ℓm/W i suvremene štedne sijalice za masovnu uporabu 70 ℓm/W);

– ujednačeno opterećenje po svim fazama trofaznog sustava;

– preraspodjela priključka pojedinih grupa trošila radi smanjenja udaljenosti do napojnih sabirnica;

– ako je više napojnih transformatora, programiranje njihova uključenja i isključenja u ovisnosti o opterećenju radi optimalnog stupnja djelovanja;

– uvođenje suvremene opreme za regulaciju tehnoloških parametara.

Mogućnosti koje stoje na raspolaganju, a zahtijevaju varijantno razmatranje, projektiranje, bitnije preinake i dogradnje, time i znatnije investiranje, su:

– svakako kompenzacija jalove snage na faktor djelatne snage 0,95 ili bolji (s regulacijom kompenzacije ako je potrebna, kako bi se pouzdano izbjegla prekompenzacija);

– preraspodjela u korištenju pojedinim zamjenjivim oblicima energije, a osobito preorijentacija s korištenja električnom energijom u toplinske svrhe na korištenje nekim drugim izvorom koliko god je moguće;

– promjena priključnog napona, dolazi u obzir samo kod većih ili velikih proizvodnih poduzeća;

– mogućnosti iskorištenja vlastog otpada za proizvodnju električne energije;

– mogućnosti spojene proizvodnje električne i toplinske energije;

– mogućnosti iskorištavanja otpadne topline iz tehnološkog procesa, za predgrijavanje ili zagrijavanje, predgrijavanje zraka za ventilaciju otpadnom toplinom, primjena toplinskih crpka i slično;

– mogućnosti za korištenje nekonvencionalnim oblicima energije, osobito izravnim korištenjem tih oblika u toplinske svrhe (primjerice sunčani kolektori);

– zamjena starijih radnih strojeva modernijim, elektroenergetski učinkovitijim strojevima.

Dobar dio mogućnosti razboritijeg korištenja električnom energijom, koje su spomenute za industriju, primjenjiv je i na restorane, hotele, bolnice te obrtničke, poljoprivredne i ostale gospodarske pogone.

Razumnije korištenje u ustanovama

Pregled mogućnosti koji je iznesen za razumnije postupanje s (električnom) energijom za industriju, vrijedi adekvatno i za ustanove. Tu, naravno, otpadaju mogućnosti koje se pružaju pri korištenju radnim strojevima, jer takvih strojeva u ustanovama nema ili je njihov broj sporadičan. Sve druge opisane mogućnosti za razborito korištenje vrijede i ovdje, a naglašeno: postupanje sa zagrijavanjem, hlađenjem, ventiliranjem, klimatizacijom i rasvjetom radnih prostorija te razumnim korištenjem različitim uredskim strojevima; računalima, fotokopirnim aparatima, telekomunikacijskim uređajima itd...

16

Kvaliteta električne energije

Još prije nekih dvadesetak-tridesetak godina, kvalitetnom električnom energijom smatrali smo električnu energiju isporučenu pod naponom, koji je bio u nekim granicama oko nazivnog napona, uz frekvenciju koja je praktički bila 50 Hz. Na frekvenciju nismo mogli niti utjecati jer smo već gotovo svi u Europi funkcionirali u interkonekciji UCPTE (danas UCTE) koja ima posvuda istu frekvenciju o čijoj veličini smo se svi skupa brinuli da bude u nekim – vrlo uskim – granicama oko 50 Hz. Praktički, u *dubini mreže*, brinuli smo se samo o vrijednosti napona.

U novije doba stvari su se bitno promijenile. S jedne strane trošila su postala sve osjetljivija na čitav niz vrlo skrovito *zapakiranih* obilježja električne energije, a s druge strane upravo su trošila ta koja su najzaslužnija za remećenje normalnog stanja tih obilježja u elektroenergetskom sustavu.

Počnimo od vremenskog oblika izmjeničnog napona; on bi trebao biti sinusan. Generatore smo u stanju proizvesti tako da oni generiraju takav sinusni napon. Vodovi u mreži su pasivni i linearnih svojstava (struja i napon u čvrstoj su linearnoj ovisnosti), ne mogu utjecati na kvarenje takvog oblika napona. Transformatori u mreži, ako im magnetske jezgre nisu u zasićenju, također su gotovo linearnih svojstava. Dolazimo do trošila; među njima ima onih koji nemaju linearna svojstva, dakle pri povećanju napona sinusnog oblika ne povećava se i struja prema sinusnom vremenskom zakonu, nego recimo za male trenutne vrijednosti napona tako, a za veće vrijednosti napona nešto jače. Time struja nije više posve sinusna. Teče svim dijelovima mreže sve do generatora i na svim tim dijelovima izaziva i takav, nesinusni, pad napona. Budući da je napon u nekom čvorištu mreže razlika između generiranog napona i pada napona do tog čvorišta, ni razlika tih napona više neće biti posve sinusna. Time je krug zatvoren: došli smo do – u stanovitoj mjeri – nesinusnog napona u pojedinim čvorištima mreže! A mnoga trošila su osjetljiva na takav nesinusni napon.

Kupci-potrošači opet su postali sve osjetljiviji na prekid napajanja, dakle potpuni izostanak napona. Neki među njima samo na dugotrajnije prekide, a neki i na vrlo kratkotrajne prekide (zamislimo samo brojna računala, koja *padnu* u trenutku prekida napajanja). Prisilni prekidi napajanja mogu nastati višom silom (djelovanjem okoliša, tehničkim razlozima koji se nisu mogli predvidjeti), nepažljivim postupcima te izostajanjem utemeljenih postupaka radnika elektroprivrede ili nepažljivim postupcima kupaca-potrošača, odnosno općenito ljudi iz okoline, izvan elektroprivrede. Planirani i najavljeni prekidi napajanja opet mogu biti *normalni* a mogu biti i pretjerano učestali i dugotrajni zbog slabe organizacije održavanja.

To su samo dva primjera koji su ponukali elektroenergetsko gospodarstvo u svijetu te razne udruge poslodavaca i udruge za zaštitu potrošača da suptilnije i mjerljivo definiraju kvalitetu električne energije, načine njezine kontrole i pridjeljivanje odgovornosti (odgovornost elektroprivrede ili odgovornost kupaca-potrošača) za odstupanje kvalitete od neke normirane, odnosno očekivane.

Kako su kupci-potrošači u najvećem broju priključeni na distribucijsku mrežu, tako oni praktički očekuju od te mreže isporuku kvalitetne električne energije. A opet, kao što je pokazano, baš trošila kupaca-potrošača mogu biti izvor *zagađenja* u tim mrežama. Stoga se upravo distribucijska mreža ponajprije mora osigurati od nepromišljenog priključka onih

trošila koja će izazivati ozbiljnije utjecaje na cjelokupnu mrežu, dakle mora uvjetovati kupcima-potrošačima da te utjecaje svedu na razumnu mjeru.

Izvori tih utjecaja mogu biti sva snažnija trošila koja se koriste u ritmu stalnog uklopa-isklopa (primjerice transformatori za električno zavarivanje, čitav niz raznih strojeva koji rade pod isprekidanim opterećenjem), brojna nelinearna trošila (primjerice elektromotori, svi elektronički uređaji neizravno napajani istosmjernom strujom pa moraju koristiti usmjerivače – radioaparati, televizori, računala...). Teško je naći posve linearno trošilo[152], možda su to samo žarulje s užarenom niti (kakvih je sve manje u korištenju) i električne grijalice, štednjaci, bojleri i peći (u kućanstvima ili industriji). Ako im je toplinska vremenska konstanta vrlo mala (slučaj užarene niti u žarulji), tada – do kraja precizno gledano – ni ta trošila nisu posve linearna, jer im se otpor mijenja s temperaturom.

Dio tih utjecaja svodi se u razumne granice odgovarajućim tehničkim mjerama kod kupaca-potrošača, a dio koji se kumulira od tisuća pojedinačno malenih doprinosa – mora se sanirati u distribucijskoj ili prijenosnoj mreži, opet odgovarajućim tehničkim ili organizacijskim mjerama. Kako bi kvaliteta električne energije na mjestu isporuke kupcima-potrošačima bila zadovoljavajuća.

Kvaliteta električne energije prema Europskoj normi 50 160

Mnoge zemlje imale su već nekoliko desetljeća svoje nacionalne propise o kvaliteti električne energije, koji su bili neujednačeni i ponekad čak kontradiktorni.

Stoga je CENELEC (Europski komitet za elektrotehničku standardizaciju) izradio europsku normu EN 50 160 koja je prihvaćena 1994. godine, uz obvezu da članice CENELEC-a prihvate tu normu do 1995. godine, bez preinaka, i time homogeniziraju uređenje tog područja na dijelu europskog prostora. Za ostale europske države predviđena je 2003. godina kao krajnji rok primjene te norme. Norma EN 50 160 uređuje kvalitetu električne energije vrlo temeljito. Ponajprije, norma se ne primjenjuje u razdoblju poremećenog pogona mreže, u slučaju ako postrojenje kupca-potrošača ili elektrane ne udovoljava uvjetima za priključak, te u izvanrednim prilikama elektroenergetskog sustava na koje nije mogao utjecati opskrbljivač električnom energijom (iznimne vremenske prilike ili prirodne katastrofe, neispravnosti koje je izazvala treća strana, viša sila, ograničenje opskrbne moći zbog vanjskih utjecaja). Norma utvrđuje obilježja napona napajanja u pogledu frekvencije, vrijednosti i vremenskog oblika krivulje napona napajanja, simetrije trofaznog sustava napona, te prekide u napajanju.

Frekvencija napona napajanja mora biti 50 Hz±1 posto u 99,5 posto trajanja svakog tjedna, a 50 Hz+4%/–6% u preostalih 0,5 posto trajanja svakog tjedna. Dakle, frekvencija se normalno smije mijenjati u području 49,5-50,5 Hz. To vrijedi za pogon mreže povezane s elektroenergetskim sustavom, a za možebitni otočni pogon mreža predviđene su blaže granice. Vrijednost napona napajanja u javnim niskonaponskim mrežama je između faznih i neutralnog vodiča je 230 V ±10 posto, a između faznih vodiča 400 V ±10 posto. U Hrvatskoj je *Pravilnikom o normiranim naponima za distribucijske niskonaponske električne mreže*

[152] Linearno trošilo je ono kojem se struja mijenja u linearnoj ovisnosti o naponu, bez obzira na vrijednost napona. Za takvo trošilo vrijedi po Ohmovu zakonu: *napon /struja* = konst.

i električnu opremu propisano da se takva vrijednost napona određena normom EN 50160 postigne najkasnije 2. ožujka 2010. godine. Prijelazno razdoblje do tada mora se iskoristiti za postupno približavanje tom cilju, jer je dosadašnja vrijednost napona bila 220/380 V, pa je potrebno vrijeme za prilagodbu na nove propisane okolnosti. U tom međuvremenu, dopuštene granice u odnosu na napon 230/400 V su +6 posto i –10 posto.

Polagane promjene napona su povišenja ili sniženja efektivne vrijednosti napona, najčešće posljedica uklopa ili isklopa većeg opterećenja u nekom dijelu mreže. Promatraju se srednje vrijednosti pogonskog napona tijekom svakih 10 minuta i to se čini tijekom čitava tjedna. Takve usrednjene vrijednosti napona smiju biti u sljedećim granicama: ±10 posto u 95 posto desetominutnih srednjih vrijednosti, a preostalih pet posto tih vrijednosti u granicama +10%/–15%. To znači da od ukupno 1 008 desetominutnih srednjih vrijednosti faznog napona izmjerenih tijekom jednog tjedna, njih 958 mora imati vrijednost u području od 207 V do 253 V.

Brze promjene napona u normalnim pogonskim uvjetima slijede sa sličnim razlozima kao i polagane promjene, jedino što nastupaju naglije i kraće traju. Za njih je određena granica od ±5 posto nazivnog napona više puta dnevno, a povremeno ta granica može biti ±10 posto.

Propad napona javlja se kao posljedica neispravnosti u postrojenjima potrošača ili u samoj mreži. Propad napona je kratkotrajno smanjenje napona napajanja na vrijednost između 90 posto i jedan posto nazivnog napona nakon kojeg vremena se ponovno uspostavlja prvotna vrijednost napona. U većini slučajeva trajanje propada je reda veličine jedne sekunde, a dubina propada oko 60 posto nazivnog napona. Takvih propada smije biti od 10 do 1000 godišnje. Smanjenja napona manja od 10 posto nazivnog napona ne smatraju se propadom napona.

Treperenje napona napajanja (engl. *flicker*) je pojava koja izaziva subjektivnu nelagodu pri doživljavanju električne rasvjete, a javlja se i na ekranima monitora računala ili televizora. Riječ je o periodičkom moduliranju amplitude napona napajanja frekvencijom između jednog i 33 Hz. Normirana vrijednost **jakosti treperenja** utvrđuje se pomoću pokusne skupine ljudi; ako 50 posto ljudi iz te skupine opaža pojavu nelagode, tada je vrijednost jakosti treperenja jednaka 1. Mjerenjem se utvrđuje kratkotrajna jakost treperenja tijekom 10-minutnih vremenskih intervala i dugotrajna jakost treperenja koja se iskazuje kao treći korijen iz zbroja aritmetičke sredine vrijednosti kratkotrajnih jakosti treperenja na treću potenciju izmjerenih tijekom vremenskog razdoblja od dva sata, dakle, iz 12 uzastopnih vrijednosti kratkotrajne jakosti treperenja. Vrijednost dugotrajne jakosti treperenja ne smije biti veća od jedan.

Nesimetrija napona napajanja utvrđuje se samo u trofaznog mreži i mjeri se na način da se uspoređuju stvarne vrijednosti faznih napona napajanja i njihovi fazni pomaci u odnosu na napone u idealno simetričnom trofaznom sustavu napona u kojem su sve tri vrijednosti faznog napona međusobno jednake, a fazni pomaci među njima jednaki 1/3 periode. U normalnim pogonskim uvjetima u 95 posto srednjih vrijednosti, svakog tjednog intervala, ta razlika ne smije biti veća od dva posto. Iznimno, radi li se o mreži s većim brojem jednofazno ili dvofazno priključenih trošila, ta razlika smije biti najviše tri posto.

Napon viših harmonika je sinusni napon kojem je frekvencija cjelobrojni višekratnik od pogonske frekvencije mrežnog napona (dakle 50 Hz). Time se taj osnovni napon u mreži naziva osnovnim ili prvim harmonikon napona. Drugi harmonik napona ima frekvenciju 100 Hz, treći harmonik 150 Hz itd... Pri tome je važno istaknuti da se harmonici odnose na trenutnu, pogonsku frekvenciju, a ne na nazivnu frekvenciju, dakle i frekvencije viših harmonika napona

blago se mijenjaju, sukladno blagim promjenama pogonske frekvencije. Viši harmonici napona uglavnom su posljedica viših harmonika struje trošila, kako je već rečeno u uvodu. Iskazuju se viši harmonici vrijednostima njihovih amplituda (ili njihovih efektivnih vrijednosti) svedenih na odgovarajuću vrijednost (amplitudnu ili efektivnu) napona osnovnog harmonika. Utvrđuje se i zajedničko, ukupno harmonijsko izobličenje (kraticom: THD, *Total Harmonic Distorsion,* engl.), koje se računa kao drugi korijen iz zbroja kvadrata vrijednosti svih harmonika do 40. harmonika i iskazuje prema naponu osnovnog harmonika u postocima. Ukupno harmonijsko izobličenje napona napajanja ne smije prelaziti vrijednost od osam posto nazivnog napona. Pojedini viši harmonici pri tome imaju različite pojedinačne granice, primjerice: za 2. harmonik ta je granica dva posto, za 3. harmonik ta granica je pet posto, za 4. harmonik ta granica je jedna posto, za 5. harmonik je šest posto, za 7. harmonik pet posto, za 9. harmonik 1,5 posto. I tako redom, za sve ostale harmonike – sve niže granice. Dodajmo još i to da pojedina trošila izazivaju i pojave međuharmonika, dakle, superponirane napone osnovnom harmoniku napona, pri frekvencijama koje nisu cjelobrojni višekratnici pogonske frekvencije osnovnog harmonika narinutog napona.

Signalni naponi su namjerno utisnuti signali superponirani osnovnom naponu napajanja, radi prijenosa tih signala do pojedinih jedinica mreže ili do pojedinih uređaja u postrojenjima kupaca-potrošača. To su primjerice signali mrežnog tonfrekvencijskog upravljanja (MTU) sa signalom u frekvencijskom opsegu od 110 Hz do 3 kHz. Pri tome, 99 posto trosekundnih srednjih vrijednosti signalnog napona, tijekom dana ne smije prelaziti vrijednosti između pet posto i 9 posto nazivnoga napona, donja granica je za više frekvencije, a gornja granica za niže frekvencije signalnog napona.

Povremeni previsoki naponi su razmjerno dugotrajni previsoki naponi pogonske frekvencije koji se javljaju kao posljedica rasterećenja u mreži, zemljospoja ili u razdobljima vrlo malih opterećenja mreže. U niskonaponskoj mreži ne smiju prijeći efektivnu vrijednost od 1,5 kV. U srednjonaponskoj mreži ne smije prijeći vrijednost od 1,7 puta nazivni napon, za mreže kojima je zvjezdište uzemljeno, odnosno dva puta nazivni napon za mreže neuzemljenih zvjezdišta. U tim posljednjim spomenutim mrežama, u slučaju zemljospoja fazni naponi *zdravih* faza porastu na linijske vrijednosti, a fazni napon *bolesne* faze padne na nulu.

Prolazni previsoki naponi između faznih vodiča i zemlje, nastaju zbog sklapanja ili kratkih spojeva u mreži (unutarnji ili sklopni prenaponi) ili zbog atmosferskog električnog pražnjenja u jedinice mreže ili njihovoj blizini (vanjski ili atmosferski prenaponi). Njihova vrijednost ima oblik udarnog naponskog vala čije trajanje je 50 do 250 mikrosekunda, a trajanje čela, vrlo kratko: 1-50 mikrosekunda. U niskonaponskoj mreži ne bi trebali prelaziti tjemenu vrijednost od 6 kV.

Kratkotrajni prekidi napajanja su prekidi napona napajanja na mjestu opskrbe, pri čemu napon padne na vrijednost manju od jedan posto nazivnog napona, a traju do uključivo tri minute. **Dugotrajni prekidi napajanja** predstavljaju isto takvo stanje, ali ono traje dulje od tri minute.

Planirani prekidi napajanja, ako su neizbježni, ubrajaju se u dugotrajne prekide napajanja, unaprijed se planiraju radi održavanja, popravaka ili zamjene komponenata na jedinicama mreže i u pravilu javno najavljuju potrošačima-kupcima.

Prisilni prekidi napajanja mogu biti kratkotrajni i dugotrajni, javljaju se iznenada, a trenutak njihove pojave nije moguće unaprijed predvidjeti. Razlog za takve prekide su prolazne, privremene ili trajne neispravnosti jedinica mreže. Prolazne neispravnosti su one koje

su nestale same od sebe tijekom trajanja beznaponske pauze kod brzog automatskog ponovnog uklopa (APU), i taj APU je uspješno ostvaren. Trajanje beznaponske pauze brzog APU-a ima red veličine do jedne sekunde. U srednjonaponskim mrežama uobičajena je primjena tzv. sporog tropolnog APU-a, kod kojega je trajanje beznaponske pauze tri minute. Prema tome, ako dođe do uspješnog sporog APU-a, ostvario se kratkotrajni prekid napajanja.

Privremena neispravnost postojala je onda ako se uspješan uklop pogođene jedinice mreže obavio bez popravka ili zamjene ikoje komponente te jedinice, ma koliko vremena prošlo od otkaza te jedinice do ponovnog uspješnog puštanja u pogon.

Trajna neispravnost nastupila je onda ako se uspješan uklop pogođene jedinice mogao obaviti tek nakon popravka ili zamjene neispravne komponente te jedinice. Trajnu neispravnost jedinice nazivamo kvar. I to stanje nije ovisno o tome koliko dugo je trajalo. Dakle, privremene neispravnosti mogu trajati i vrlo dugo, a trajne neispravnosti mogu trajati i vrlo kratko.

Ovdje je važno istaći kako sve opisane neispravnosti nemaju uvijek za posljedicu i prekid napajanja električnom energijom. U prijenosnoj mreži sve te neispravnosti pretežno ne izazivaju prekide napajanja električnom energijom, jer je ta mreža u prstenastom pogonu. U distribucijskoj mreži, koja najčešće radi u radijalnom pogonu, te neispravnosti izazivaju i prekid napajanja električnom energijom koji traje sve do otklanjanja neispravnosti ili provedbe prekapčanja u mreži. U niskonaponskim mrežama smije biti 10 do 100 kratkotrajnih prekida napajanja godišnje i 10 do 50 dugotrajnih prekida napajanja godišnje. Broj planiranih prekida napajanja nije ograničen (barem normom EN 50 160) jer se o tim prekidima mora pravodobno obavijestiti javnost, odnosno kupci-potrošači.

Prekid opskrbe električnom energijom elementarno nastupa prekidom napajanja, međutim, prekidanje opskrbe može nastupiti i uz prisutno napajanje, ali pri neispunjenju kakvih komercijalnih obveza potrošača-kupaca prema opskrbljivaču, primjerice neplaćanje računa za potrošenu električnu energiju u zahtijevanom roku. U tom slučaju, ugovoreni način prisiljavanja kupca-potrošača na ispunjenje njegovih obveza je prekid opskrbe. Naravno, takvi prekidi se ne uračunavaju u prekide napajanja izazvane tehničkim razlozima.

Kvalitetu električne energije određuje, dakle, elektroenergetski sustav u cjelini, elektrane, mreže i trošila kod kupaca-potrošača. Na neke komponente kvalitete utječu naglašenije ili posve, samo neke od nabrojanih jedinica elektroenergetskog sustava. Na frekvenciju utječu elektrane, ali i kooperativni rad elektrana i prijenosne mreže putem sekundarne i tercijarne regulacije. Na vrijednost napona napajanja utječu elektrane, regulacija naponjalova snaga, regulacija napona regulacijskih transformatora, pažljivo dimenzioniranje prijenosnih i distribucijskih mreža te kompenzacija jalove snage u mrežama. Na kolebanja napona utječe izbor strukture i dimenzije vodiča u mrežama, kao i dinamika potražnje kupaca-potrošača. Učestalost propada napona, kratkotrajnih prekida napajanja i dugotrajnih prekida napajanja, uvjetovana je kvalitetom raspoložive mreže i kvalitetom održavanja. Povremeni previsoki naponi uvjetovani su ponajprije strukturom mreže te eventualno prekompenzacijom u mreži.

Prolazni prenaponi unutarnjeg i vanjskog podrijetla (sklopni i atmosferski), ograničavaju se pažljivim izborom svojstava i mjesta ugradnje odvodnika prenapona u prijenosnoj i distribucijskoj mreži.

Utjecaji na vrijednost napona napajanja i kolebanja toga napona, od stranc potrošača-kupaca, ograničavaju se pravilnim izborom mjesta njihova priključka, strukture mreže do napojnog čvorišta, te izborom odgovarajućeg presjeka vodiča za njihov priključak. To su u

pravilu potrošači-kupci koji raspolažu trošilima veće snage, osobito takvim jednofaznim trošilima, te trošilima koja izazivaju udarna opterećenja u mreži.

Ostaje briga o višim harmonicima u mreži, koja je sve naglašenija, jer je pojava trošila koja povlače više harmonike struje iz mreže sve brojnija (čak masovna: svi aparati koji imaju usmjerivač na ulazu svoga napajanja iz mreže izmjenične struje – radioaparati, televizori, računala i brojni drugi aparati takvog načina napajanja, čiji se broj neprekidno povećava). Stoga je borba protiv *zagađenja* višim harmonicima u mreži važna aktualna preokupacija operatora prijenosnih i distribucijskih mreža. S jedne strane ograničava se emisija viših harmonika struje iz trošila na dopuštenu mjeru, a s druge strane moraju se poduzimati i odgovarajuće tehničke mjere u prijenosnim i distribucijskim mrežama.

Kompenzacija jalove snage u tim mrežama najčešće se danas koristi i za suzbijanje širenja viših harmonika po mreži. Naime, kondenzatorske baterije koje se priključuju radi kompenzacije jalove snage, mogu poslužiti kao komponenta u sklopu koje će istodobno s kompenzacijom poslužiti i kao filtar za određeni viši harmonik. Dodajući takvom kondenzatoru u seriju spojenu prigušnicu, čiji induktivitet je izabran tako da zajedno s kapacitetom kondenzatora ima rezonantnu frekvenciju jednaku frekvenciji kakva osobito naglašenog višeg harmonika u mreži, takav će sklop djelovati kao filtar širenju tog harmonika dalje po mreži. Struja tog harmonika, čija je frekvencija jednaka rezonantnoj frekvenciji filtarskog sklopa, zatvorit će se kroz taj sklop; taj sklop predstavljat će kratki spoj za struju te frekvencije i ta struja neće teći dalje po mreži.

Elektromagnetska kompatibilnost

U posljednje doba naglašenija je osjetljivost na razne degradacije[153] načina rada naprava, uređaja ili sustava uzrokovana elektromagnetskim smetnjama i nastojanja da se te degradacije spriječe. Elektromagnetskom smetnjom zovemo pojavu neželjenih napona i/ili struja koji uzrokuju poremećaj u radu uređaja. Ti naponi i struje prenose se do uređaja vođenjem kroz vodiče ili elektromagnetskim poljem.

Elektromagnetska kompatibilnost, EMC[154] (elektromagnetska spojivost, elektromagnetska sukladnost) je stanje u kojem sustav radi kako je predviđeno, to je sposobnost naprave, uređaja ili sustava da djeluje zadovoljavajuće u svojem elektromagnetskom okruženju te ne uzrokuje štetne elektromagnetske smetnje drugoj opremi ili sustavima u tom okruženju. Električni i elektronički uređaji elektromagnetski su kompatibilni ako elektromagnetske smetnje koje oni generiraju ne utječu na normalni rad pojedinog ili svih ostalih uređaja u njihovu elektromagnetskom okruženju.

Pojave koje se razmatraju u elektromagnetskoj kompatibilnosti posljedica su mnogih mogućih izvora elektromagnetskih smetnji, koje mogu degradirati rad opreme ili sustava. Izvore elektromagnetskih smetnji klasificiramo u dvije osnovne kategorije: vanjski (prirodni) izvori i unutarnji (pogonski) izvori.

Smetnje klasificiramo pomoću parametara kvalitete nazivnog sinusnog vala napona sustava: frekvencije, tjemene vrijednosti napona (amplitude), valnog oblika napona i simetrije napona u trofaznom sustavu.

---

[153] Neželjeno odstupanje (privremeno ili trajno) od predviđenog načina rada uređaja, opreme ili sustava.

[154] EMC, **E**lektro**M**agnetic **C**ompatibility (engl.)

Promjene frekvencije su rijetke u sustavima priključenim na elektroenergetsku mrežu, ali u sustavu samostalnog generator-motorskog agregata mogu se pojaviti promjene frekvencije uslijed promjena tereta i neispravnosti opreme. Promjene amplitude mogu se pojaviti u rasponu od vrlo kratkotrajnih do kvazistatičkih. Promjene u valnom obliku javljaju se u slučaju nelinearnih opterećenja. Razumijevamo trajnu promjenu valnog oblika koja traje najmanje nekoliko perioda. Tu vrstu smetnji uzimamo kao harmonijske smetnje, jer se daju analizirati kao superpozicija harmonikâ na nazivnu frekvenciju sustava. Nesimetrija se javlja ako su nejednaka jednofazna opterećenja priključena na trofazni sustav. Ta vrsta smetnji najviše utječe na rotacijske strojeve i trofazne ispravljače i izmjenjivače.

Neispravnosti u elektroenergetskom sustavu, koje su uzrokovane neispravnošću opreme ili vanjskim uzrocima, rezultiraju trenutnim sniženjem napona pa sve do prekida napajanja električnom energijom, koji mogu trajati minutama, satima ili danima. Takvi uvjeti prvenstveno štete opremi koja ne može raditi tijekom trajanja sniženog napona. Također neki automatizirani procesi mogu se poremetiti u tim razdobljima; tada procesna oprema ili krajnji rezultat mogu biti uništeni. Primjerice, prestanak rada sustava za obradu podataka ili mrežne komunikacije može uništiti informaciju.

Neke prenaponske smetnje pojavljuju se slučajno i nisu ponovljive ili predvidljive za određeno mjesto, iako može postojati statistička informacija o određenoj pojavi. Prenaponske smetnje koje su posljedica pogona opreme mogu se predvidjeti, one su ponovljive i mogu se analizirati tijekom pogona te opreme.

Prenaponi na elektroenergetskim vodovima, bilo da su uzrokovani udarom groma, sklopnim radnjama ili nekim drugim događajem, najveća su prijetnja opremi. Istraživanja nakon takvih događaja i eksperimentalni podaci pokazuju širok raspon posljedica uzrokovanih prenaponima: preveliko naprezanje izolacije, termička i trenutačna preopterećenja te prelazak granica brzine porasta napona ili porasta struje. Tipični kvarovi uzrokovani prenaponima jesu: električni proboj izolacije ili preskok, kvar na uređaju za zaštitu od prenapona, kvar na poluvodičkim napravama, neispravni rad opreme za obradu podataka, ...

Posljedice svih smetnji treba detaljno ispitati kako bi se mogla razumjeti priroda njihovog nastanka i definirati odgovarajuća rješenja.

Rješenja se svode na izmjene u konstrukciji uređaja, kojima će emitirane elektromagnetske smetnje biti prigušene ili posve izbjegnute, te na oklapanje, međusobno galvansko spajanje i uzemljivanje pojedinih pažljivo izabranih mjesta, na ugradnju odgovarajućih zaslona ili odgovarajućih filtara kojima se sprečava širenje smetnja na ostale uređaje koji su priključeni na sustav ili/i kojima se sprečava ulazak smetnja iz okolnog sustava u štićeni uređaj. Primjer za to je tradicionalno rješenje koje se masovno već dugo godina primjenjuje, a označava na električnim aparatima oznakom RSO (radio-smetnje otklonjene). Sastoji se od filtera na ulazu napojnog kabela u kakav električni uređaj, a taj filter sprečava širenje radio-smetnje nastale radom tog uređaja, po električnoj instalaciji – dakle u elektromagnetsku okolinu.

17

Zaštita zdravlja i imovine pri korištenju električnom energijom

Električna struja može djelovati na čovjeka, prolazi li kroz njegovo tijelo. Kako bi se to ostvarilo, tijelo mora biti barem na dva svoja mjesta u dodiru s vodljivim dijelovima koji pripadaju kakvom strujnom krugu, takvim da između tih dijelova postoji električni napon. Tada će prema Ohmovu zakonu poteći struja, čija je vrijednost ovisna o tom naponu i otporu ili impedanciji (ovisno o tome da li se radi o istosmjernom ili izmjeničnom naponu) ljudskog tijela: struja = napon / otpor (impedancija). O veličini te struje ovisi fiziološko djelovanje na čovjeka; što je ona veća – djelovanje će biti snažnije, sve do fatalnoga.

Tijelo se može naći pod naponom, dođe li istovremeno u dodir:

- s dva vodiča između kojih postoji napon,
- s jednim vodičem pod naponom prema zemlji i sa zemljom,
- s nekim metalnim dijelom kakva električnog uređaja koji je u ispravnom stanju izoliran od napona, ali je neispravnošću izolacije došao pod napon prema zemlji, i sa zemljom,
- sa zemljovodom ili uzemljivačem, koji je za vrijeme protjecanja struje uzemljivačem poprimio napon prema okolnom tlu, i tog tla,
- s dvije točke na tlu između kojih postoji napon zbog prolaza struje tlom,
- ako se osoba nađe u visokonaponskom postrojenju ili pod visokonaponskim vodom na premaloj udaljenosti od dijela pod naponom prema zemlji pa dođe do električnog preskoka u zraku između njegova tijela i tog dijela pod naponom.

Prema našim propisima, trajno dopušteni dodirni napon je manji od 50 V uz izmjeničnu struju 50 Hz odnosno manji od 120 V pri istosmjernoj struji[155]. U težim uvjetima rada i okoliša[156], dopušteni naponi snižavaju se na polovinu tih vrijednosti. Ako bi pri frekvenciji 50 Hz napon dodira bio točno jednak 50 V (odnosno 25 V u težim uvjetima rada i okoliša), dopušteno je izlaganje tijela tom naponu u najduljem trajanju od 5 sekunda.

Otpor (impedancija) ljudskog tijela ovisi o svojstava svake osobe, od stanja kože na mjestu dodira – osobito čistoći i vlažnosti kože, o čvrstini dodira, o ploštini dodira, o vrijednosti napona koji je dodirnut, o vrijednosti struje, o trajanju djelovanja, dakle o mnogo okolnosti pri čemu su možda najpresudnija osobna svojstva, koja je nemoguće predvidjeti. Uzima se da struja koja bi potekla ljudskim tijelom u dodiru s dopuštenim naponom, neće izazvati teže posljedice za osobu koja ga dodiruje.

Osobit način moguće ozljede čovjeka je njegovo izlaganje djelovanju električnog luka – to je vođenje struje kroz ionizirani zrak što slijedi nakon električnog proboja zraka ili u zračnom rasporu nakon otvaranja strujnog kruga kojim teče velika struja, primjerice struja kratkog spoja. Električni luk može izazvati teške ozljede vida i teške tjelesne opekotine na osobi koja bi mu mogla biti izložena. Posredno, a povodom izlaganja električnom naponu, osoba se može ozlijediti padom, posjekotinom, prijelomom...

[155] Čitavo izlaganje u ovom poglavlju treba uzeti načelno-informativnim, ne smije se izravno primjenjivati prilikom zaštite na radu kod primjene električne energije. Za tu svrhu, jedino su mjerodavni Pravilnik o zaštiti na radu pri korištenju električne energije (NN 9/1987) i specijalistička literatura.

[156] Primjerice: rad u mokrim prostorijama ili rad s prenosivim električnim aparatima u metalnom okruženju.

Mjere zaštite od izravnog dodira

Konstrukcijskim i pravnim mjerama onemogućuje se izravno izlaganje čovjeka električnom naponu. To se postiže električnim izoliranjem, kućištima (dakle ograđivanjem, onemogućavanjem dodira), postavljanjem prepreka (ograda), udaljavanjem od dohvata, automatskim isključivanjem dijelova pod naponom u slučaju neispravnosti. Konačno i zabranom pristupa u određene zone jedinica elektroenergetskog sustava koji su pod naponom, bez prethodnog provođenja osobitih zaštitnih mjera, a koje su dopuštene samo profesionalnom osoblju.

Praktički, dakle, u čitavu civiliziranu svijetu, ljudima je onemogućeno da dođu u izravni doticaj s električnim naponom. Ili su vodiči izolirani (primjerice u kabelima), ili su dijelovi pod naponom u zatvorenim kućištima (primjerice u razvodnom ormariću), zatvoreni u zgradama (primjerice u transformatorskoj stanici), ili se vanjska električna postrojenja ograđuju ogradom (opet transformatorske stanice i elektrane), ili su udaljena od tla za sigurnosnu visinu ili od mogućeg bočnog pristupa za sigurnosnu udaljenost (nadzemni vodovi, gdje ta visina i ta udaljenost ovisi o nazivnom naponu voda, te su veće što je nazivni napon viši). Pri normalnom stanju svih tih objekata i normalnom očekivanom ponašanju civilizirana čovjeka nemoguće je da se on nađe u izravnom doticaju.

Mjere zaštite od neizravna dodira

Međutim, znatno veća izloženost općeg stanovništva je neizravnom dodiru dijelova pod naponom, ako se izolacija pojedinih električnih uređaja ošteti ili dotraje, ili se promijeni unutrašnja geometrija, pa metalna kućišta i drugi metalni dijelovi dođu pod stanoviti napon, kojeg napona nema kada je uređaj ispravan. U pravilu taj napon predstavlja napon prema zemlji, pa postaje opasan dodir takva uređaja s tla. Ako je dodirni napon veći od dopuštenoga (ponovimo: manji napon od 50 V izmjenično ili 120 V istosmjerno), opasnost je nedopušteno visoka. Dakle, moramo metalna kućišta ili druge metalne dijelove svih električnih aparata štititi od previsoka napona dodira. Postoje više propisanih načina štićenja, a mi ćemo ovdje spomenuti samo one koji se najčešće primjenjuju za štićenje masovno korištenih električnih aparata i uređaja.

Najčešći način koji se koristi kod konstrukcije malih električnih aparata (primjerice: prijenosne male svjetiljke, brijaći aparati, sušilice za kosu, ventilatori, radioaparati, televizori, osobna računala, mlinovi za kavu, mikseri, usisavači i slični aparati) je štićenje bez isključenja struje kvara. To se postiže izradom kućišta takvih aparata iz izolacijskog materijala te onemogućenjem otvaranja bilo kakvih otvora (poklopaca, vratašaca) na tim kućištima bez primjene odgovarajućeg alata. Pored toga svi se električni dijelovi u unutrašnjosti pogonski izolirani ili zaklonjeni izolacijskim pregradama. Takva trošila nemaju zaštitni kontakt na svome utikaču i nose vidljivu propisanu oznaku, dva kvadratića jedan-u-drugom:

Drugi način, koji se koristi uglavnom za nešto geometrijski gabaritnije i električki nešto snažnije uređaje (električni štednjaci, električne peći, strojevi za pranje rublja i posuđa, hladnjaci, električni bojleri, uređaji koji sadrže nešto snažnije ili snažne elektromotore, praktički svi radni strojevi s elektromotornim pogonom, dolaze u obzir i sva trošila iz prve grupe ali tada nemaju gornju oznaku i imaju zaštitni kontakt na svome utikaču), štićenje je automatskim isključenjem napajanja kada nastupi neispravnost.

Ti uređaju mogu biti primijenjeni samo u instalacijama u kojima je:
– proveden jedan od propisanih sustava zaštite automatskim isključenjem napajanja,
– provedeno izjednačivanje potencijala.

Propisani sustavi zaštite ovise o načinu uzemljenja neutralne točke trofaznog sustava u napojnoj transformatorskoj stanici, pa mogu biti sljedeći:
– *TN-sustav*, u kojem se pored faznih vodiča (oznake faznih vodiča: L1, L2 i L3), odnosno samo jedne faze, ako je riječ o jednofaznoj instalaciji, i nulvodiča (oznaka: N) po čitavoj instalaciji razvodi i zaštitni vodič (oznaka: PE) koji je
  • (u sustavu TN-S) priključen na nulvodič sustava u transformatorskoj stanici
  • (u sustavu TN-C) objedinjen s nulvodičem kao zajednički vodič u čitavoj mreži (tada ima oznaku PEN)
  • (u sustavu TN-C/S) djelomično vođen kao zajednički vodič (PEN), ali se razdvaja u nulvodič (N) i zaštitni vodič (PE) neposredno prije razvoda do pojedinih trošila.
– *TT-sustav*, u kojem je neutralna točka trofaznog sustava uzemljena u napojnoj transformatorskoj stanici, a kućišta trošila se uzemljuju preko svojih uzemljivača.
– *IT-sustav*, u kojem je nultočka trofaznog sustava u napojnoj transformatorskoj stanici izolirana od zemlje, a kućišta trošila se uzemljuju preko uzemljivača.

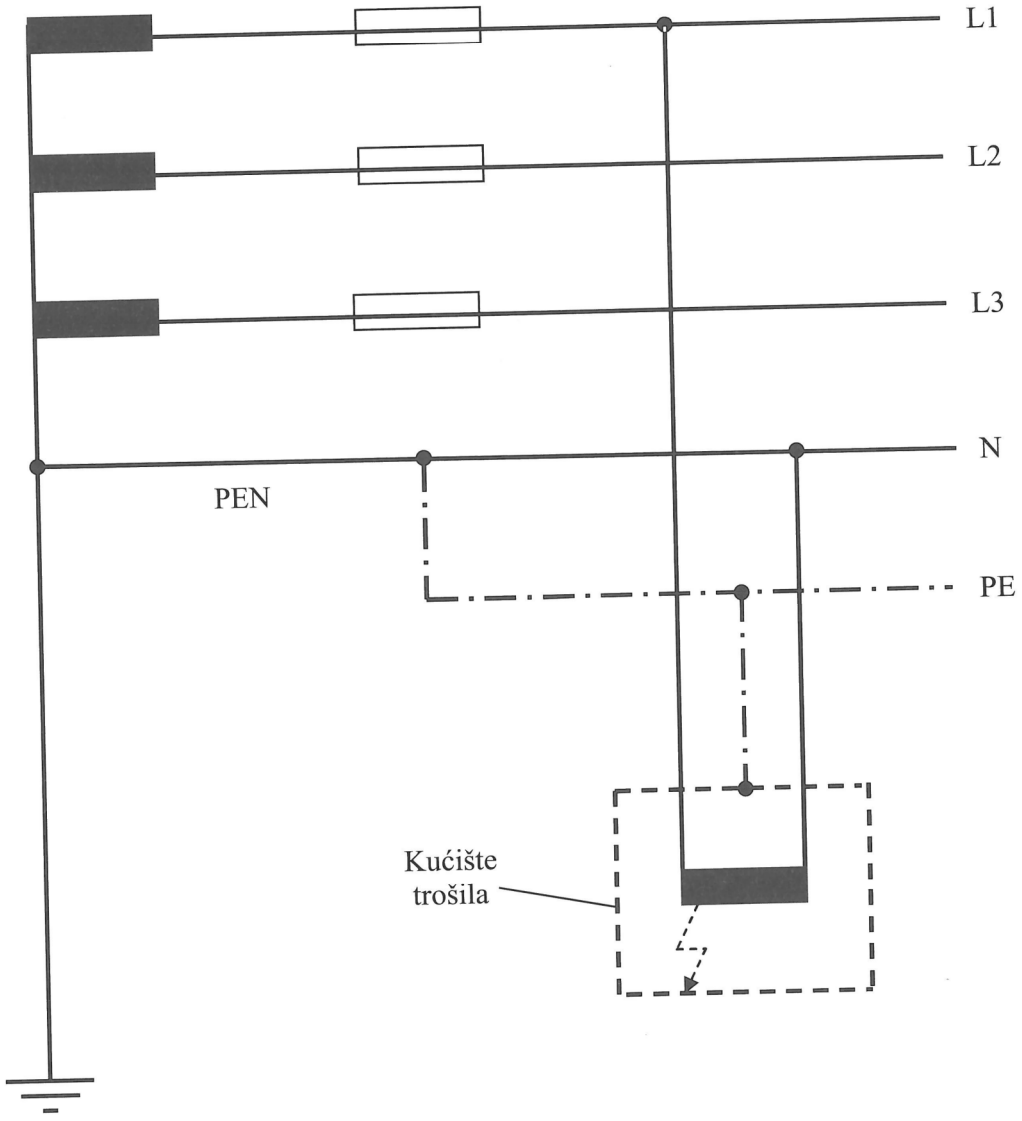
Neutralna točka trofaznog sustava, u svim TN-sustavima zaštite, uzemljena je u napojnoj transformatorskoj stanici. Kućišta trošila priključena su na zaštitni vodič putem utikača i utičnice sa zaštitnim kontaktom.

Zaštita u TN-sustavu (slika 17.1) svodi se na to da pri proboju ili oštećenju izolacije između pojedine faze i kućišta dođe do povećane struje u krugu: pogođena faza – oštećena izolacija – kućište – zaštitni vodič, što dovodi do automatskog isključenja napajanja pregaranjem osigurača (ako je rastalni) ili isklopom osigurača (ako je automatski) ili/i isklopom posebne automatske zaštitne sklopke ugrađene u instalaciju za tu svrhu. Pri tome vrijeme koje proteče do isklopa ovisi o očekivanom dodirnom naponu koji se može javiti na kućištu trošila. Ako bi taj napon bio 50 V tada je to trajanje ograničeno na pet sekunda, a ako bi dodirni napon bio primjerice 105 V, dopušteno trajanje do isklopa je samo 0,4 sekunde. To je predmetom računskog provjeravanja i ispitivanja prilikom davanja dozvole za uporabu električne instalacije.

Zaštita u TT-sustavu funkcionira tako da pri proboju ili oštećenju izolacije između pojedine faze i kućišta dođe do povećane struje u krugu: pogođena faza – oštećena izolacija – kućište – uzemljivač – zemlja – uzemljivač u napojnoj transformatorskoj stanici, što dovodi do automatskog isključenja napajanja pregaranjem osigurača ili isklopom automatske sklopke.

Zaštita u IT-sustavu nema značenja za naše niskonaponske mreže, jer su u njima uvijek nultočke transformatora uzemljene. Međutim ima srednjonaponskih mreža s neuzemljenom nultočkom; tu je onda takva zaštita neizbježna.

Nije dopušteno odvajanje kućišta trošila i zaštitnog vodiča ili zemljovoda dok je štićeno trošilo priključeno na napon. Ako je potreban kakav zahvat na priključcima tih vodiča i kućišta trošila, mora se prethodno isključiti napajanje tog trošila isključenjem osigurača ili odvajanjem tog trošila od napajanja izvlačenjem utikača iz utičnice!



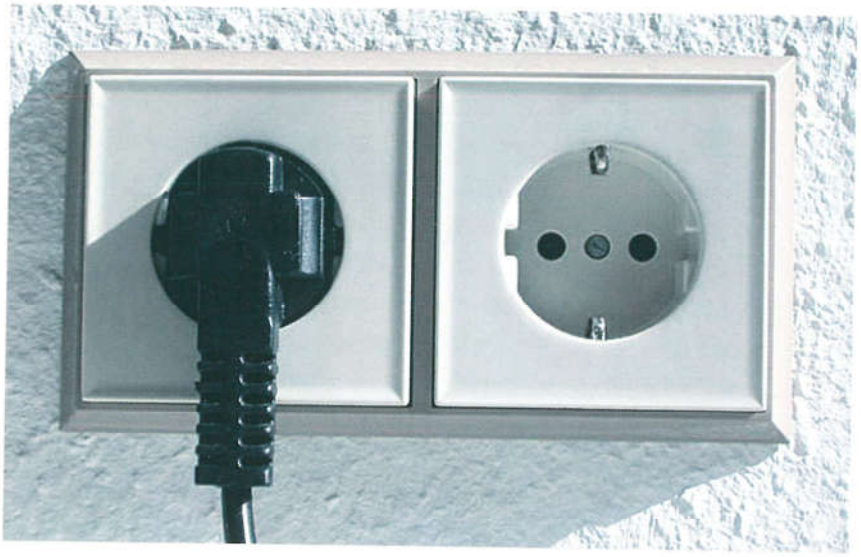
Slika 17.1. Sustav zaštite od neizravnog dodira TN-C/S

Uopće, za bilo kakav zahvat na dijelu električne instalacije (što se ne preporučuje nedovoljno upućenoj osobi, a kamoli djeci) nije dovoljno da je prekidač trošila isključen – mora se prethodno pouzdano isključiti osigurač tog dijela instalacije i provjeriti ispitivačem napona da li je to doista učinjeno na pravom mjestu.

Za ispravno funkcioniranje zaštite od previsokog napona dodira od iznimne je važnosti neprekinutost zaštitnog vodiča u cjelokupnoj instalaciji. Odvajanje jednog segmenta zaštitnog vodiča u galvanski samostalnu cjelinu moglo bi dovesti do dugotrajne pojave previsokog i životno opasnog napona dodira na kućištima aparata koji bi bili priključeni na taj segment!

Također, svi priključni savitljivi vodovi za pojedina trošila („šnure“) moraju imati neoštećenu izolaciju i neoštećene utikače (slika 17.2)!

Obvezno se provodi i izjednačivanje potencijala koje se postiže međusobnim galvanskim spajanjem svih metalnih dijelova različitih instalacija i zaštitnog vodiča u nekoj instalaciji. Time se postiže to da se između zaštitnog vodiča i metalnih instalacija ne može



Slika 17.2. Utičnice sa zaštitnim kontaktom i neoštećeni utikač

uspostaviti napon, jer se radi o galvanski spojenoj cjelini. Na sabirnicu za izjednačivanje potencijala priključuju se:

- zaštitni vodič električne instalacije,
- vodovodna instalacija na mjestu gdje je ona izvedena metalnim cijevima,
- plinska instalacija,
- instalacija centralnog ili etažnog grijanja,
- zemljovod prema uzemljivaču,
- drugi metalni konstrukcijski elementi zgrade (ako ih ima).

Osobito je važno da je provedeno izjednačivanje potencijala u sanitarnim i vlažnim prostorijama!

Ostale mjere zaštite od previsokog napona dodira, rjeđe se primjenjuju i prilagođene su nekim osobitim okolnostima. To su, primjerice: primjena sigurnosnog malog napona i galvansko odvajanje.

U svakom slučaju, za sigurno korištenje ma kakvim električnim uređajem bitno je njegovo ispravno instaliranje uz osobitu brigu da je potpuno provedena predviđena mjera zaštite od previsokog napona dodira, te korištenje i održavanje sukladno uputi za korištenje i održavanje koju je izdao isporučitelj tog uređaja. U slučaju bilo kakve neispravnosti u radu, valja se obratiti za pomoć ovlaštenom servisu.

Nije dopušteno zadržavanje i trajno bavljenje ma čime u koridorima nadzemnih vodova, te nošenje bilo kakvih duljih predmeta u blizini vodiča pod naponom koji bi ugrozili sigurnosnu visinu tih vodiča nad tlom; osobito opasno može biti razvlačenje i zatezanje vodljive užadi ili žica u blizini vodova. Može doći do nekontroliranog odskakivanja takve užadi ili žica i opasnog približavanja ili čak kontakta s vodičem pod naponom. Ne približavajte se eventualno prekinutom električnom vodiču koji je pao na tlo, on je moguće još uvijek pod naponom ili može naknadno doći pod napon.

Prilikom posjete kakva elektroenergetskog postrojenja, strogo se valja pridržavati uputa pogonskog osoblja i obilazak otpočeti isključivo u njihovoj pratnji.

Zaštita profesionalnih radnika

Sve što je naprijed izneseno odnosi se na opće stanovništvo prilikom korištenja električnom energijom. Profesionalni radnici u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije, te radnici kupaca-potrošača kojima je posao vezan uz električne vodove i postrojenja pridržavaju se pored iznesenih i posebnih mjera zaštite. Stoga što su svakodnevno izloženiji opasnostima (te su mjere prilagođene toj činjenici, u pravilu su još strože i razrađenije) ali i stoga što su posebno osposobljeni i opremljeni te provjereno zdravstveno spremni za takav rad (pa im je u određenim uvjetima dopušteno raditi i ono što je općem stanovništvu zabranjeno).

Kako bismo ilustrirali ozbiljnost pristupa radu na dijelu pouzdano isključenom od visokog napona, navedimo tzv. *pet zlatnih pravila sigurnosti* kojih se obvezno i svakako moraju pridržavati pri tome, u svakom novom navratu:

1. isključi, odvoji od napona
2. osiguraj od nesmotrenog uključenja
3. provjeri beznaponsko stanje
4. uzemlji i kratko spoji isključene dijelove
5. ogradi i označi isključene dijelove.

O svim se tim koracima mora odgovorni rukovoditelj posla pismeno očitovati uz potpis. Tek nakon toga može on i svi radnici iz radne ekipe pristupiti mjestu rada. Po završetku takva rada ne može se pristupiti ponovnom uključenju na napon, dok odgovorni rukovoditelj posla pismeno uz potpis ne izjavi da su svi radnici iz njegove radne ekipe napustili mjesto rada, uklonili sav alat i materijal koji su koristili za vrijeme rada, te uklonili privremeni uzemljivač koji je korišten radi provedbe 4. pravila sigurnosti.

Prva pomoć kod električnog udara

U svakom slučaju električnog udara bitna je:
- brzina djelovanja i promišljenost spasitelja
- oslobađanje od napona (pouzdanim isključivanjem, za spasitelja sigurnim odvajanjem unesrećenog od dijelova pod naponom).

Ako je unesrećeni **bez svijesti**:
- stavljanje unesrećenog u ležeći položaj na leđa i oslobađanje oko vrata, zabacivanje glave unazad
- masaža srca, svake sekunde snažan pritisak na prsnu kost
- umjetno disanje, nakon svakog trećeg pritiska prsne kosti, najbolje usta-na-usta uz zatvaranje nosnih otvora; spoznaja da se spašava ljudski život mora poticati na odlučnost pri tome
- polaganje u bočni položaj
- pozivanje liječnika, odnosno hitne medicinske pomoći.

Ako je došlo do težih povreda unesrećenog, ali je **pri svijesti**:
- zaustavljanje krvarenja (koje je posljedica kakve ozljede prilikom električnog udara)
- oprezno pomicanje povrijeđenog, ako je ozlijeđena kralježnica
- pozivanje liječnika, odnosno hitne medicinske pomoći.

Ako je došlo do **električnog luka**:
- ne trgati dijelove odjeće s tijela, ali zaustaviti gorenje
- nikakva sredstva ne stavljati na opekotine i rane
- dopustiti unesrećenom uzimanje tekućine (voda, čaj), ali ne pretjerivati kako bi bio spreman za eventualnu anesteziju
- imobilizacija udova, otopljivanje prije dolaska liječnika
- pozivanje liječnika, odnosno hitne medicinske pomoći.

Ako je došlo do električnog udara ili djelovanja električnog luka na čovjeka, mora se obaviti liječnički pregled, neovisno o subjektivnom osjećaju, čak i protivljenju, unesrećenog. Takve nezgode mogu imati posljedice s višednevno zakasnjelim djelovanjem, čak s fatalnim ishodom, te nije dopušteno laičko zaključivanje o nepotrebnosti liječenja.

Zaštita imovine pri korištenju električnom energijom

Zaštita imovine svodi se na to da pravilnom izvedbom električne instalacije te pravilnim korištenjem električnim trošilima ne dovedemo do situacije da elektrika bude izvorom požara. Sve opisane mjere zaštite ljudi pri korištenju električnom energijom vode i zaštiti imovine. Najčešći uzroci za požar izazvan korištenjem električnom energijom:
- neispravne električne instalacije u blizini zapaljivih tvari, osobito na tavanima i pomoćnim prostorijama,
- nedovoljno dimenzionirane električne instalacije, pa dolazi do njihova pretjerana zagrijavanja zbog preopterećenja,
- „krpanje“ rastalnih osigurača, umjesto uporabe samo novih osigurača, nazivne struje primjerene vodičima strujnog kruga kojeg štite[157],
- loši ili korodirani spojevi u električnoj instalaciji, pretjerano zagrijavanje spojnih mjesta,
- neispravni priključni savitljivi vodovi do pojedinih aparata,
- nesmotreno ostavljanje termičkih aparata (glačala, štednjaka, grijalica) uključenih a bez nadzora,
- korištenje jačom žaruljom u svjetiljci nego što je ograničeno konstrukcijom svjetiljke,
- postavljanje električne svjetiljke u blizini zapaljivih tvari.

Šumski požari mogu nastati u sušno doba godine, kada se grane drveća približe vodičima vodova na nedopuštenu udaljenost i dovedu do električnog preskoka koji ih zapali. Iz sličnih razloga može doći do požara na poljoprivrednim imanjima u prilikama nesmotrenog postavljanja sijena, slame ili drugih otpadaka pod vodiče dalekovoda.

[157] Dopuštene nazivne struje osigurača u ovisnosti o presjeku bakrenih vodiča u višežičnim izoliranim vodovima izoliranim PVC-izolacijom u izvedbi poput kabela, pri temperaturi okoline +30 °C, smještenih u žbuci ili na žbuci i uz trajno opterećenje vodiča strujom:

Presjek (mm²)	0,75	1	1,5	2,5	4	10	16	25	35	50
Struja osigurača (A)	6	10	10	20	25	35	50	63	80	100

Dopuštena nazivna struja osigurača *snižava se* za jedan standardni stupanj ako su vodiči uloženi u instalacijsku cijev. Pri tome za jedan stupanj niži od osigurača 20 A je 16 A, ostali su prikazani tablicom. Vodiči ispod 1,5 mm² ne smiju se rabiti u instalacijskoj cijevi.
Dopuštena nazivna struja osigurača *povisuje se* za jedan standardni stupanj ako su vodiči povremeno opterećeni strujom. Pri tome za jedan stupanj viši od osigurača 10 A je 16 A.

Ostale štete teško su zamislive, osim dakako na samom uređaju na kojem je došlo do neispravnosti, ili na pojedinom uređaju te na drugim uređajima ako promatrani uređaj nije elektromagnetski kompatibilan svojoj elektromagnetskoj okolini[158].

Tipična pogreška zbog koje mogu stradati uređaji priključeni na električnu mrežu je nepromišljeno puštanje dijela mreže u pogon nakon izgradnje ili preinaka u postojećoj mreži a da prethodno nije provjeren siguran spoj nulvodiča i mjesta napajanja. Tada dolazi do umjetnog formiranja nultočke na strani trošila, što vodi povišenom faznom naponu jednih trošila a sniženom faznom naponu drugih trošila i time naponskog ugrožavanja prvih trošila. Ponovno iskažimo i naglašeni značaj neprekinutosti zaštitnog vodiča u instalaciji.

Zaštita od elektromagnetskog polja

U okolini svakog vodiča koji je pod naponom uspostavlja se električno polje, a u okolini vodiča kojim teče struja uspostavlja se magnetsko polje; zajednička pojava tih polja naziva se elektromagnetskim poljem. Električno i magnetsko polje raste s vrijednošću napona i struje, a opada po svojoj vrijednosti udaljavanjem od vodiča, proporcionalno toj udaljenosti; na dvaput većoj udaljenosti od vodiča – polja su dva puta manja.

Nedvojbeno nije utvrđeno kako izlaganje tim poljima, razumne vrijednosti i u razumnom trajanju, uzrokuje oštećenja biološke strukture koja je izložena, ali nije niti znanstveno utemeljeno utvrđena njihova potpuna neopasnost. Stoga su u svijetu, prema načelu predostrožnosti, utvrđene granične vrijednosti tih polja i dopušteno trajanje njihovom izlaganju u različitim uvjetima, ovisno o frekvenciji tih polja. Odgovarajućim direktivama Europske Unije utvrđena je zaštita od elektromagnetskog polja u zemljama-članicama Europske Unije.

Zaštita od elektromagnetskog polja u nas, uređena je posebnim Pravilnikom[159] koji utvrđuje granične razine elektromagnetskih polja, postupke njihova provjeravanja i uvjete za dobivanje ovlasti za obavljanje tih postupaka, kao i posebne zahtjeve za uređaje, postrojenja i građevine koje su izvori elektromagnetskih polja ili sadrže izvore elektromagnetskih polja. Pri tome, našim su Pravilnikom utvrđene granice niže ili najviše jednake onima što ih određuju direktive Europske Unije.

Izvori elektromagnetskih polja koji nas zanimaju u okviru razmatranja u ovoj knjizi su postrojenja, transformatorske stanice, nadzemni ili kabelski elektroenergetski vodovi za prijenos ili distribuciju električne energije napona većeg od 1 kV[160], frekvencije 50 herca. Pri tome, *novi izvor* je onaj koji na dan stupanja na snagu tog Pravilnika nije imao pravovaljanu dozvolu za rad ili svaki izvor nakon rekonstrukcije tog izvora. *Zatečeni izvor* je onaj koji je na dan stupanja na snagu tog Pravilnika imao pravovaljanu dozvolu za rad prema propisima koji su vrijedili prije njegova stupanja na snagu. Pravilnik je stupio na snagu početkom 2004. godine.

Područja povećane osjetljivosti prema elektromagnetskom zračenju su: područja stambenih zona, škole, vrtići, rodilišta, bolnice, turistički objekti te dječja igrališta, u kojima se osobe mogu zadržavati i 24 sata dnevno. *Područja profesionalne izloženosti* su područja

---

[158] O elektromagnetskoj kompatibilnosti vidjeti završetak prethodnog poglavlja 16.

[159] Izlaganje u ovom dijelu ovog poglavlja treba uzeti načelno-informativnim, ne smije se izravno primjenjivati prilikom zaštite od elektromagnetskog polja. Za tu svrhu, jedino su mjerodavni Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskog polja (NN 204/2003) i specijalistička literatura.

[160] Vodovi i postrojenja nižeg napona ne smatraju se značajnim izvorima elektromagnetskog polja.

radnih mjesta koja nisu u području povećane osjetljivosti i na kojima se pojedinci mogu zadržavati do 8 sati dnevno.

Svaki izvor elektromagnetskog polja pri uporabi mora imati valjano izvješće o mjerenjima elektromagnetskog polja, izdano od ovlaštene pravne osobe, kojim se potvrđuje kako razine elektromagnetskih polja u okolini izvora pri njegovu radu zadovoljavaju uvjete iz Pravilnika. Ako se mjerenjem utvrdi nezadovoljavajuće stanje, naredit će se rekonstrukcija ili smanjenje opterećenja ili prestanak rada objekta. Takva mjerenja moraju se za sve objekte provoditi jedanput svake druge godine.

Rekonstrukcija izvora elektromagnetskog polja obavit će se mjerama koje su tehnički i operativno moguće, te gospodarski prihvatljive.

Korisnik izvora elektromagnetskog polja, za uporabu toga izvora mora pribaviti odobrenje ministra zdravstva. Odobrenje se izdaje na temelju izvješća o prvim mjerenjima razina elektromagnetskih polja u okolini stacionarnog izvora, s mišljenjem o udovoljavanju uvjetima Pravilnika, izdanim od ovlaštene pravne osobe.

Korisnik zatečenog izvora elektromagnetskog polja, koji nema odobrenje ministra zdravstva, mora obaviti prva mjerenja razina elektromagnetskih polja u okolini tog izvora te dostaviti Ministarstvu zdravstva zahtjev za izdavanjem odobrenja za rad.

U slučaju da su tijekom dva uzastopna periodička mjerenja u okolini izvora elektromagnetskog polja izmjerene razine elektromagnetskih polja, koje su manje od 10 posto iznosa graničnih razina, ministar zdravstva može vlasnika ili korisnika tog izvora, na njegov zahtjev, osloboditi obveze obavljanja periodičkih mjerenja.

Navedimo, na kraju, da su granične razine polja za područja profesionalne izloženosti za frekvenciju 50 herca: 5 kV/m za električna polja i 100 mikrotesla za magnetsku indukciju. Za područja povećane osjetljivosti te su vrijednosti niže: 2 kV/m za električna polja i 40 mikrotesla za magnetsku indukciju i odnose se na nove objekte. Za zatečene objekte, propisane su iste granične razine za područja povećane osjetljivosti kao i za područja profesionalne izloženosti.

18

Organiziranje elektroprivrednog gospodarstva – elektroprivrede[161]

Povijesno gledano, vraćajući se sto godina unatrag, javna elektroprivreda javljala se unutar gradova i u najbližoj okolini tih gradova a obuhvaćala je djelatnosti proizvodnje električne energije u kakvoj elektrani i distribuciju električne energije po mreži priključenoj na tu elektranu. Prvotna elektroprivredna poduzeća bavila su se objedinjeno tim dvama djelatnostima. O dobavi goriva (u slučaju termoelektrane) ili uređenju korištenja vodnim snagama (u slučaju dopunskog korištenja i hidroelektrane) te o pogonu i održavanju elektrane brinuo se proizvodni dio takvog poduzeća, a o pogonu i održavanju mreže te o prodaji električne energije kupcima-potrošačima brinuo se distribucijski dio takva poduzeća. Tu se obavljala i novčana naplata isporučene električne energije. Prikupljena novčana sredstva morala su pokrivati troškove poslovanja i ostvarivati stanovitu dobit, koja je najvećim dijelom usmjeravana na potrebne dogradnje elektrane i mreže jer se korištenje električnom energijom naglo širilo.

U početnim desetljećima prošlog stoljeća došlo je do primjene visokonaponskog povezivanja takvih do tada izoliranih poduzeća, postupno se profilirao prijenos električne energije a velike elektrane počele su se priključivati na prijenosnu mrežu. Tako su se te veće i velike elektrane s prijenosnom mrežom na koju su bile povezivane postupno organizacijski odvajale, kao proizvodno-prijenosna poduzeća, od distribucije i lokalne proizvodnje električne energije. Ta, lokalna proizvodnja, donekle je zamirala, ako se radilo o elektranama male snage i značajnije neekonomičnijim elektranama od novijih i većih elektrana.

Takav prikaz povijesnih zbivanja odnosi se na većinu europskih zemalja. Osamdesete-devedesete godine prošlog stoljeća dočekale su uz organizaciju elektroprivrede u nekoliko velikih proizvodno-prijenosnih poduzeća i većeg broja distribucijskih poduzeća, čak i više stotina distribucijskih poduzeća (primjerice: Njemačka i Austrija, uz mnoge druge europske zemlje).

U manjem broju zemalja (primjerice: u Francuskoj i Italiji) na nacionalnoj razini, u razdoblju nakon završetka Drugog svjetskog rata, nacionalizirana je i udružena je sva proizvodnja-prijenos-distribucija u jedinstveno elektroprivredno poduzeće, organizirano u nekoliko proizvodno-prijenosnih jedinica i veći broj distribucijskih jedinica. U Francuskoj, to je bilo poduzeće EDF (Electricite de France), a u Italiji ENEL (Ente nazionale dell'energia elettrica). Takvo stanje uspostavilo se i u tadašnjoj Hrvatskoj (Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, ZEOH).

Kupci-potrošači u oba slučaja razlikovali su se po tome da li su priključeni na distribucijsku mrežu (najvećim brojem između njih: na niskonaponsku mrežu a manjim dijelom na srednjonaponsku mrežu) ili su priključeni izravno na prijenosnu mrežu (te su nazvani izravni, direktni kupci-potrošači).

---

[161] Elektroprivreda je *electricity industry, electric power industry* ili samo *power industry* (engl.), odnosno *Elektrizitätswirtschaft* (njem.).

Prikaz konvencionalnog uređenja sektora elektroprivrede

Elektrane i prijenosna mreža na koju su one povezane, tvore elektroenergetski sustav u najužem poimanju. Prema takvom pristupu, na elektroenergetski sustav priključeni su njegovi korisnici: kupci-potrošači izravno priključeni na prijenosnu mrežu i distribucijske mreže koje razvode električnu energiju do kupaca-potrošača priključenih na distribucijsku mrežu. Razumijeva se ograničenje na neko zemljopisno područje, najčešće državno. U uobičajenim europskim okolnostima, susjedne prijenosne mreže povezane su spojnim vodovima. Šire poimanje elektroenergetskog sustava obuhvaća i distribucijske mreže. Korisnici tako shvaćenog sustava su samo kupci-potrošači.

Dispečerska služba, najčešće na državnoj razini, vodila je pogon elektroenergetskog sustava, usklađujući tekuću potražnju za električnom energijom s mogućnostima proizvodnje na vlastitom području i dobave iz drugih područja, udovoljavajući pritom zahtjevima sigurnosti, kvalitete i što niže cijene energije isporučene kupcima-potrošačima. Očekivana svojstva električne energije (sigurnost, kvaliteta, cijena), dispečeri osiguravaju kooperativnim a najpovoljnijim angažmanom raspoloživih elektrana, kakav omogućuje raspoloživa prijenosna mreža.

Prikaz novog svjetskog/europskog gledanja na sektor elektroprivrede

Prema novom europskom/svjetskom tržišnom gledanju[162] na elektroprivredu, prijenosna mreža je *pozornica* na kojoj se razdvojeno trebaju pratiti energetsko-tehnički i energetsko-komercijalni procesi. Svi ostali sudionici elektroenergetskog procesa postaju korisnici prijenosne mreže: elektrane, izravni kupci, i distribucijske mreže. Distribucijske mreže su korisnici prijenosne mreže zbog priključenih kupaca-potrošača na distribucijske mreže. Moguć je i pristup po kojemu se prijenosna i distribucijska mreža promatraju zajedno, tada su korisnici tih mreža elektrane i kupci. Voditelji mreža omogućuju ravnopravan pristup mreži svim njezinim korisnicima. Elektrane nude svoj proizvod, natječući se cijenom na tržištu električne energije. Kupci-potrošači električne energije izabiru opskrbljivača koji za dobavu koristi prijenosnu mrežu (ako su izravni kupci) ili, uz prijenosnu, i distribucijsku mrežu (ako su kupci priključeni na distribucijsku mrežu). Voditelji prijenosne i distribucijske mreže utvrđuju tehničku izvodivost kupoprodajnih aranžmana i – ako je ona ispunjena – daju pristanak na takve aranžmane.

Na prijenosnu mrežu priključuju se dakle *korisnici prijenosne mreže*: elektrane, izravni kupci i distribucijske mreže. Susjedne prijenosne mreže povezuju spojni vodovi, koji omogućuju razmjenu energije među takvim mrežama ili tranzit jednom mrežom za potrebe korisnika izvan te mreže. Energetsko-tehničko upravljanje u tako nastalom pravnom ustrojstvu (dakle vođenje pogona prijenosne mreže i na nju priključenih elektrana – vođenje elektroenergetskog sustava, prema konvencionalnom a nezaobilaznom tehnološkom poimanju) stavljeno je u nadležnost voditelja prijenosne mreže, koji se naziva *operator prijenosnog sustava*. U njegovoj su nadležnosti pored vođenja elektroenergetskog sustava i pogon, održavanje i dogradnja prijenosne mreže.

---

[162] Ta gledanja, u Europskoj su Uniji pravno formulirana prihvaćanjem Direktive o unutarnjem tržištu električne energije 1996. godine, te stavljanjem izvan snage te Direktive i prihvaćanjem nove Direktive o električnoj energiji 2003. godine. Detaljnije vidjeti u poglavlju 19.

Vođenje pogona, održavanja i dogradnje distribucijske mreže stavljeno je u nadležnost *operatoru distribucijskog sustava (*DSO, *Distribution System Operator*).

Kako bi se omogućila razvidnost u poslovanju i onemogućilo nekontrolirano prelijevanje sredstava iz jedne djelatnosti u drugu elektroprivrednu djelatnost, postavio se imperativni zahtjev o pravnom, financijskom i rukovodnom razdvajanju tih djelatnosti (*unbundling*), makar se nalazile i u okviru zajedničke kompanije.

Opskrbljivač električnom energijom je novi sudionik na elektroprivrednom tržištu. On dobavlja električnu energiju gdje stigne, nudi je kupcima kako zna, i oni kupuju od njega ili od drugoga opskrbljivača, kupac *bira* opskrbljivača (slika 18.1). Opskrbljivač novčano funkcionira tako da plati naknadu za korištenje distribucijskom mrežom, naknadu za korištenje prijenosnom mrežom i cijenu dobavljene električne energije elektrani ili elektranama, te ostvari stanovitu zaradu. I on se morao odvojiti od distribucijskog operatora, kako je tradicionalno bilo uređeno[163], a osnivani su i brojni novi opskrbljivači.

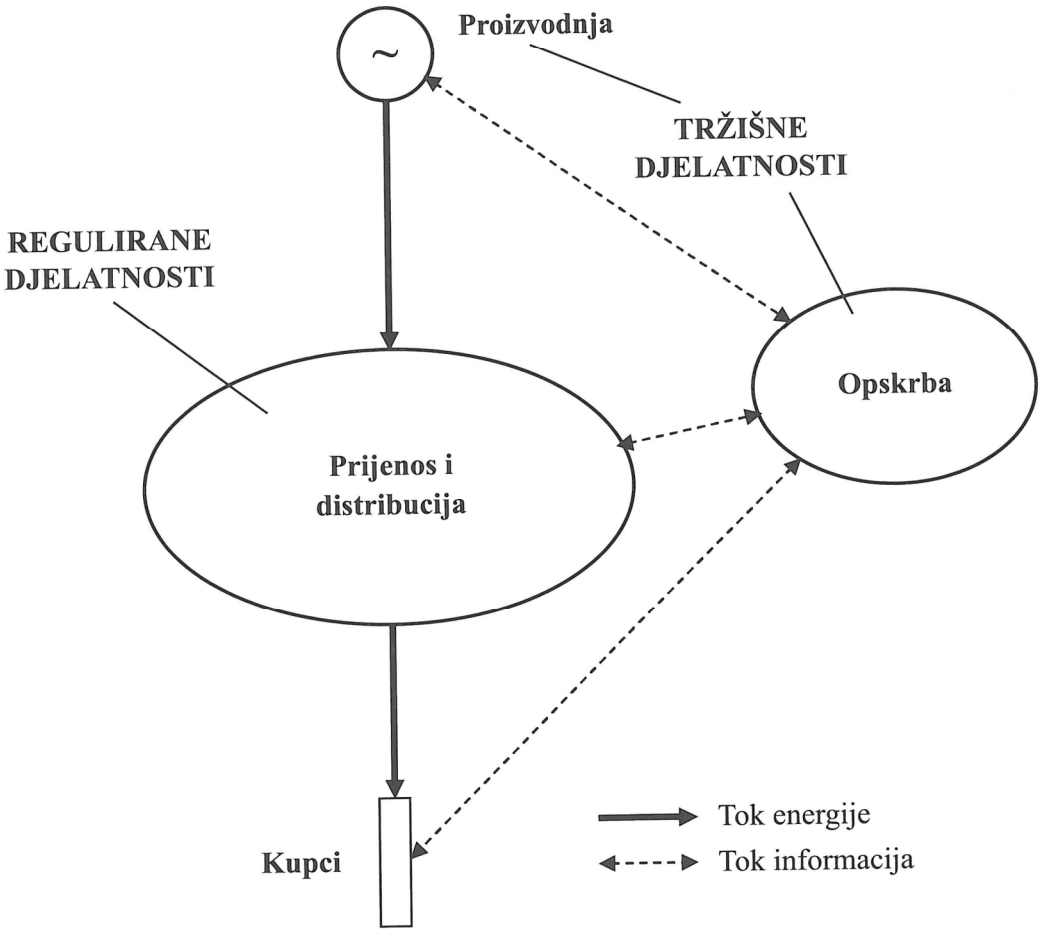
Neke, doduše malobrojne, zemlje (primjerice Italija, do 2004. godine te Mađarska i Grčka) stavile su vođenje elektroenergetskog sustava u nadležnost posebnog tzv. neovisnog operatora elektroenergetskog sustava (ISO, *Independent System Operator*) koji je izdvojen kao samostalni akter na tržištu električne energije, a pogon, održavanje i dogradnju prijenosne mreže ostavile su u nadležnosti operatora prijenosne mreže, odnosno u nadležnosti prijenosnog poduzeća[164]. Neovisni operator trebao je osigurati potpunu neutralnost pri odobravanju pristupa prijenosnoj mreži svim zainteresiranim proizvođačima i opksrbljivačima, čak neovisno i o operatoru same te mreže, kako bi se izbjegla i najmanja moguća diskriminacija pri tome. Velika većina preostalih europskih zemalja ulogu vođenja elektroenergetskog sustava ostavila je u nadležnosti voditelja prijenosne mreže, dakle operatora prijenosnog sustava (TSO, *Transmission System Operator*).

---

[163] To izdvajanje prodaje električne energije iz distribucije i formiranje opskrbe, u prvi mah jedne, a nakon toga i više novih opskrba, najdiskutabilnije je područje restruktuiranja. Nedvojbeno, donosi novi trošak u ukupnoj elektroenergetskoj opskrbi (u najmanju ruku još jedan sudionik kojeg do tada nije bilo; udvostručavanje opsežne dokumentacije o mreži i kupcima; novi činovnici i *mešetari*), a donosi dvojbeni dobitak (koji bi trebao proizaći iz međusobno konkurentski okrenutih opskrbljivača, utemeljen ponajviše na konkurentski suprotstavljenim proizvođačima). Dok je ideja restruktuiranja europske elektroprivrede još sazrijevala, razmatrana su barem tri nova modela. Prvi model je bio model *jedinog kupca* (*single buyer*, engl.), prema kojemu se od tradicionalne elektroprivrede trebala odvojiti samo proizvodnja, a preostatak bi činio tog jedinog kupca koji bi kupovao energiju od konkurentski suprotstavljenih proizvođača. Ne bi bilo uopće opkrbljivača, prodaja električne energije obavljala bi se na zatečeni način. Prema drugom modelu trebala se uvesti samo konkurencija na veleprodajnom tržištu, a maloprodaja bi ostala u zatečenom stanju. Prema trećem, izabranom modelu u Europskoj Uniji, i maloprodaja je podvrgnuta konkurenciji, formiranjem opskrbljivača.

Švicarska se dvoumila oko prihvaćanja gledanja iz Europske Unije (nije članica i ne mora prihvatiti to gledanje, ali nastoji biti u svakom pogledu što koherentnija s Unijom). Prema procjeni neovisnog konzultanta, zahtjevi Europske Unije za razdvajanje do sada integriranih distribucije i opskrbe električnom energijom stajat će švicarska gradska i regionalna elektroprivredna poduzeća između tri i deset milijuna eura po poduzeću. A dovodit će i do konflikta tih dvaju komplementarnih djelatnosti. Izostat će dosadašnji sinergijski efekt od njihova integriranog organiziranja (www.strom.ch/30.7.2004). No, izmjenjenim zakonom o elektroprivredi, od 1. 1. 2008. švicarski kupci s više od 100 MWh godišnje potrošnje, a – nakon pet godina – svi kupci, moći će slobodno birati svoga opskrbljivača.

[164] Zakonodavno, tako je bilo uređeno i u Hrvatskoj, u razdoblju između 2001. i 2004. godine. Unutar HEP, ali kao izdvojena jedinica, formiran je Hrvatski neovisni operator sustava i tržišta (HNOSIT), koji se trebao sasvim odvojiti kao samostalna ustanova. Do toga nije došlo jer je izmjenama Zakona o tržištu električne energije, 2004. godine, vođenje elektroenergetskog sustava stavljeno u nadležnost operatoru prijenosnog sustava (HEP-OPS).



Slika 18.1. Tržišne i regulirane djelatnosti te položaj opskrbe

Restruktuiranje zatečene elektroprivrede

Takvo preoblikovanje javne elektroprivrede u tržišnu elektroprivredu u Europi počelo je prije dvadesetak godina, pod različitim nazivima: restrukturiranje, liberalizacija, deregulacija, demonopolizacija, uvođenje tržišta u elektroprivredu. Doista, do tada je elektroprivreda bila ekskluzivno monopolizirana. Svojstva električne energije: njezina neuskladištivost i *neobojivost* proizvodnog podrijetla, javna posvemašnja dosežnost a kapitalintenzivnost, sve naglašenija nesupstituabilnost, vodila su tome da su izrasle velike nacionalne kompanije koje su se ekskluzivno i nedovoljno razvidno prema javnosti bavile elektroprivrednim poslom i – s vremenom – razvijale se *komotno* i donekle relativno rastrošno, ne vodeći dovoljno brige i obzira prema svojim kupcima, koliko su to sve izbirljiviji kupci očekivali. Cijena električne energije je bivala sve manja u odnosu na nadnicu kupaca[165] a ostavljala je ipak dovoljno prostora za stanovite neracionalnosti i pretjerivanja. Recimo, gradile su se elektrane po principu *idemo je graditi – svakako će trebati.* Uz stalni rast potražnje, tako se i ostvarivalo – međutim ne uvijek na najracionalniji i najštedljiviji način. Državna vodstva, pod pritiskom javnosti, postaju sve više zainteresirana za uvođenje tržišnoga nadmetanja i u tom sektoru gospodarstva – ili barem dijelu tog sektora.

[165] Vidjeti uvodne dijelove poglavlja 21.

Mreže, prijenosnu i distribucijsku, nije moguće izložiti konkurenciji – nezamislivo je i ekonomski neprihvatljivo da bi na jednom području bile izgrađene dvije ili više paralelnih mreža, kako bi kupci mogli birati iz koje će se opskrbljivati. Stoga mreže moraju ostati u *reguliranom* ekonomskom položaju. Dakle, po državi općim zakonom propisanom obvezom javne opskrbe u propisanim uvjetima i dobivanja opet po državi kontrolirane novčane naknade za izvršenje te obveze. Međutim, elektrane se mogu natjecati koja će biti više a koja manje angažirana za opskrbu kupaca pomoću tih mreža, a opskrbljivači se mogu natjecati u tome kako složiti najpovoljniju kombinaciju tih elektrana i ponuditi kupcima najzanimljiviji konačni proizvod (u pogledu cijene, kvalitete, sigurnosti, i drugih – sve raznovrsnijih i čak, donekle, isforsiranih – svojstava), koristeći opet prijenosnu i distribucijsku mrežu za isporuku tog proizvoda, električne energije (slika 18.1). Dakle, elektrane i opskrbljivači trebaju se naći u *tržišnom* položaju.

Na državnim razinama uvedeni su državni *regulatori*, neovisne institucije koje vode brigu o naknadama za regulirane djelatnosti i o kontroli njihova rada, te o zaštiti kupaca-potrošača i proizvođača električne energije (elektrana) od diskriminacije.

U nekim elektroprivredama (Španjolska, Italija, Hrvatska), nadzor nad komercijalnom stranom energetskih transakcija stavljen je u ruke *operatora tržišta* (*Market Operator*). Naravno, bilo kakvi komercijalni aranžmani postaju izvršni ako ih potvrdi operator prijenosne mreže (on vodi računa o mrežnim ograničenjima, kao i ispunjenjima nužnih sustavnih okolnosti pri tome – regulacija frekvencija-snaga i napon-jalova snaga, te očuvanje sigurnosnog kriterija kao najbitnije). Isto vrijedi i pri formuliranju elektroenergetske bilance: tehničko-tehnološka ograničenja i okolnosti su ispred komercijalnih interesa.

Očekivanja su bila da će cijena električne energije padati. To se počelo, u početnom razdoblju uvođenja tržišta, u blagoj mjeri i ostvarivati. Elektroprivrede su *gasile* stare i neekonomične elektrane, otpuštale nedovoljno iskorištene radnike (u Njemačkoj po desetak tisuća njih svake godine, sedam godina uzastopno), izdvajale neelektroprivredne djelatnosti, razdvajale se po vertikali (proizvodnja-prijenos-distribucija), udruživale po horizontali (velike kompanije kupovale su manje po Europi), štedjele i ekonomizirale na održavanju, a ponajviše se susprezale od izgradnje novih elektrana, naglašenije koristeći postojeće. Zapadnoeuropske zemlje povećavale su svoju dobavu iz istočnoeuropskih zemalja, koje su nakon *pada berlinskog zida* najednom imale viškove jeftinije električne energije, jer se urušila njihova industrijska proizvodnja, pa im je bilo stalo proizvoditi i izvoziti barem električnu energiju po – uvjetno govoreći – ma kojoj cijeni.

Doduše, točnije govoreći, nisu krajnje cijene za kupce u zapadnoeuropskim zemljama ostale posve imune od porasta, ako se stvar promatra duž dovoljno duge vremenske crte. *Istopili* su se početni izvori redukcija cijene i nakon toga cijene sporo ali uporno – u pravilu – rastu. Ili barem raste udio od države propisanih opterećenja na cijenu, pak za krajnjeg kupca stvari ostaju praktički jednake! U početnom razdoblju, eventualno je došlo do blage preraspodjele: cijene za industriju postale su u nekim zemljama nešto niže (svaka država svoju industriju nastoji održati što konkurentnijom) a cijene za kućanstva u tim zemljama postale su nešto više (jer to dostignuta kupovna moć stanovništva dopušta).

Gledajući dovoljno otvorenih očiju na proteklu gotovo dvadesetogodišnju vremensku crtu, dogodilo se zapravo to da su sve elektroprivredne djelatnosti pod naglašenim nadzorom, da štede na svakom koraku, prvenstveno nedovoljnim investiranjem. To će

se – u krajnjoj konzekvenci – odraziti na bitno smanjenje sigurnosti opskrbe i povećanje cijene električne energije, jer bi mogla nastupiti – za jedno pet do deset godina – njezina nestašica u europskim razmjerima! Elektroprivreda sve naglašenije funkcionira po principu *od danas do sutra* a elektroprivreda je djelatnost u kojoj treba misliti *danas za prekosutra.*

Parcelacija proizvodnje, uz njezino komercijalno strogo odvajanje od mreže, može voditi tome da elektrane s najnižom proizvodnom cijenom ugovaraju prodaju svoje proizvodnje po cijeni višoj od njihove proizvodne cijene, a svatko će ih angažirati jer su njihove ponude po cijeni ipak niže od prosječne. Elektrane kojima je proizvodna cijena podjednaka prosječnoj, po takvoj cijeni će i ugovarati isporuku i niti će posebno zaraditi – niti biti u gubitku. Opskrbljivači će ih *hoćeš-nećeš* angažirati, jer je njihova ponuda po cijeni zapravo očekivana i najbrojnije su. Elektrane s najvišom proizvodnom cijenom orijentirat će se na pružanje pomoćnih usluga (sekundarna regulacija, pokriće energije uravnoteženja, spremnost za start iz hladnog stanja ili uz beznaponsko stanje na mjestu priključka, proizvodnja jalove energije i sl.), a te usluge će se obilnije naplaćivati. Neće biti središnje *blagajne* proizvodnje, štoviše neće se niti znati koliko je proizvodnja ukupno ubrala sredstava, dapače to će biti poslovna tajna – ugovorena cijena proizvodnje. Suma izdataka za proizvodnju mogla bi biti veća no u predtržišnoj elektroprivredi, kada se proizvodnja koordinirala s jednog mjesta i vodilo se računa o ukupnom optimumu. Osobito kada u nedostatku dovoljne ponude – prema tržišnom zakonu ponuda-potražnja – dođe do skokovitog povećanja ponuđenih cijena. Sigurnost opskrbe također bi se mogla smanjiti jer će se više voditi računa o pojedinačnim transakcijama a manje o sustavu u cjelini, vodit će se pogon s povećanim rizikom.

Praktički, najizloženije pomnom, ponekad čak i neutemeljenom *stiskanju* svih troškova, našla se prijenosna i distribucijska mreža, jer je djelatnost prijenosa i distribucije regulirana (nadzirana, dakle, po državi ili od po državi uspostavljenog regulatora) te izložena neprestanoj pažnji i kritici javnosti. To se može odraziti na usporavanje nužne dogradnje tih mreža, prvenstveno prijenosnih, jer je za potrebu dogradnje ili rekonstrukcije distribucijske mreže lakše osigurati razumijevanje lokalne zajednice. Ta mreža nam izravno treba i tu je, neposredno oko nas, a prijenosna – tamo negdje – *koga briga!*

Restrukturiranje elektroprivrede su praktički sve zemlje iskoristile za postizanje kakva *ionako značajnog cilja*, primjerice forsiranu izgradnju elektrana na plin namjesto elektrana na ugljen (Ujedinjeno Kraljevstvo), forsiranu izgradnju kogeneracijskih elektrana ili elektrana na nekonvencionalne i obnovljive izvore te smanjenje broja radnika u elektroprivredi (Njemačka), ili stanovito *udovoljavanje* (naglašeno izlaženje u susret) postojećim kupcima-potrošačima (Francuska).

Primjer Italije

U Italiji je '50. godina prošlog stoljeća provedena nacionalizacija cjelokupnog elektroprivrednog gospodarstva, te je formirana nacionalna kompanija ENEL, jedinstvena za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije na čitavu državnom području. Donošenje prve Direktive Europske Unije o električnoj energiji 1996. godine zateklo je Italiju s vrlo visokom elektroenergetskom uvoznom ovisnošću, jer je ona prethodno zaustavila

korištenje svojih do tada izgrađenih nuklearnih elektrana a imala je i dosta elektrana na naftu, koja je bivala sve skuplja. Stoga je Italija bila spremna otvoriti se tržištu što je više moguće, kako bi što pouzdanije dolazila do najjeftinije europske električne energije.

U takvom stanovitom *tržišnom zanosu,* Italija se odlučila za najradikalnije organizacijsko rješenje: formirala je neovisnog operatora prijenosne mreže, operatora tržišta, državnog regulatora, kompaniju za prijenos, za distribuciju, te više proizvodnih kompanija i opskrbljivača. Dakle od doskora najjednostavnijeg organizacijskog modela (jedinstvena elektroprivreda-kupci, uz državni nadzor), prešla je u organizacijski prekapacitirani model (od barem osam odvojenih cjelina) koji je trebao skladno funkcionirati na tržištu, osiguravajući sigurnost, kvalitetu i ekonomičnost opskrbe električnom energijom. Najosjetljivija a najsuptilnija u elektroenergetskom sustavu, nadležnost nad sigurnošću opskrbe prva je radikalno zatajila.

Nakon velikog raspada elektroenergetskog sustava u Italiji, odlukom predsjednika talijanske vlade iz svibnja 2004. godine, dispečiranje električnom energijom, dakle vođenje elektroenergetskog sustava, te razvoj prijenosa i prijenosne mreže preneseni su s dotadašnje nadležnog neovisnog operatora prijenosne mreže GRTN (Gestore della Rete di Transmissione Nazionale) na nacionalnu prijenosnu kompaniju *Terna* (Rete Elettrica Nazionale). Provodeći tu odluku, u studenom 2005. godine, GRTN je promijenio ime u Gestore del Sistema Elettrico i postao nadležan za upravljanje, promociju i intenziviranje korištenja obnovljivim izvorima energije u Italiji, te za upravljanje tržištem energije zasnovanim na zelenim certifikatima.

Terna, istom odlukom, postala je kompanija za prijenos i dispečiranje električne energije putem visokonaponske i ekstravisokonaponske mreže u Italiji. Visokonaponska mreža u Italiji je od srednjeg napona do 150 kV, a ekstravisokonaponska je mreža iznad tog napona. *Terna* je nadležna za:

- vođenje i pogon elektroenergetskog sustava
- izgradnju, pogon i održavanje prijenosne mreže
- razvoj prijenosne mreže.

Dispečiranje električnom energijom neodvojivo je od infrastrukture kojom se to obavlja, a to je prijenosna mreža i u nju integriran sustav daljinskog vođenja, to je *bazen* koji se smišljeno puni (proizvodnjom) i istodobno prazni (potrošnjom); brigu o koordinaciji sigurnog punjenja i pražnjenja – trenutnoj i sagledivoj budućoj – nije razumno prepustiti nekome tko je izvan tog sustava, a tako je neoprezno učinjeno u Italiji (doduše: i u još nekim zemljama; Mađarska, Grčka). Briga o sigurnosti *starija* je od brige o ekonomičnosti, potrebna sigurnost *plaća* se stanovitim odstupanjem od idealnog ekonomskog rješenja.

Terna je posjedovala u 2004. godini ukupno 35 000 kilometara dalekovoda (380 kV – 9,3 tisuće kilometara, 220 kV – 8,2 tisuća i napona nižeg od 150 kV – 17,5 tisuća), 300 transformatorskih i rasklopnih stanica te tri centra daljinskog vođenja.

Terna posluje na osnovi tarifa za korištenje prijenosnom mrežom i za vođenje elektroenergetskog sustava, koje odobrava državni regulator AEEG (Autorita per l'Energia Elettrica ed il Gas), a revidira ih svake četiri godine.

Pred *Ternom* su ozbiljne razvojne zadaće. Prema desetogodišnjem planu (2005-2014), očekuje ulaganja od ukupno 2,1 milijarde eura, za novih 3 120 kilometara vodova i novih 57 transformatorskih i rasklopnih stanica.

Produktivnost elektroprivrede

Produktivnost elektroprivrede je omjer godišnje električne energije i broja radnika zaposlenih u elektroprivredi, dakle mjera za ovo: koliko se električne energije ostvari po jednom zaposlenom radniku u jednoj godini. Dakako, težnja je da taj omjer bude što veći; za neku elektroprivrednu tvrtku, za neki sektor unutar te tvrtke ili za neku nacionalnu elektroprivredu.

Produktivnost fizički ovisi o stupnju otpisanosti osnovnih sredstava (radi li se o pretežno starim ili pretežno novim-modernim objektima), stupnju automatizacije pojedinih procesa, o potpomognutosti radnika što brojnijim, prilagođenijim i učinkovitijim radnim strojevima (npr. odgovarajućim vozilima) i pomagalima za rad, o ugrađenoj opremi u jedinice elektroenergetskoga sustava koja traži manje ili više radnika za pogon i održavanje, o gustoći potrošnje električne energije na cjelokupnom teritoriju djelovanja, o pristupačnosti elektroenergetskim objektima (osobito trasama vodova; ima li mnogo naseljenih otoka na teritoriju djelovanja) i o prosječnoj topografiji terena na kojima su objekti, o klimatskim uvjetima, o tome koliko se posla obavlja vlastitim radnicima a koliko angažmanom sa strane (osobito za razne pomoćne a radno intenzivne poslove, primjerice: čuvanje objekata, održavanje čistoće, restoran prehrane u tijeku rada, prijevoz radnika i sl., ali i za poslove većeg ili manjeg dijela održavanja objekata), o tome da li se dogradnja sustava te zamjene i rekonstrukcije obavljaju vlastitim radnicima ili angažmanom sa strane.

Produktivnost nadalje ovisi o organizaciji rada, racionalnom poslovanju, te o ukupnom upravljanju ljudskim potencijalima. Povoljnija produktivnost postiže se što boljim usklađivanjem potrebne i stvarne kvalificiranosti radnika po stupnju i smjeru te kvalifikacije, stalnim izobražavanjem i prekvalifikacijom, sukladno stalnim izmjenama radnih i poslovnih okolnosti, normiranjem radnih postupaka, radnom disciplinom, boljom zaštitom na radu, smanjenjem odsustava s rada.

Za iskazivanje produktivnosti služi, dakle, omjer energije i broja radnika. Odmah se upitajmo: koje energije (u brojniku)? Brutoproizvodnje, netoproizvodnje, raspoložive energije na razini prijenosne mreže (dakle netoproizvodnje uvećane za uvoz ili uvećane za saldo uvoza i izvoza), netopotrošnje električne energije!? Broj radnika (u nazivniku)? Sveukupni broj radnika, radnika koji rade samo na strogo elektroprivrednim poslovima, koji rade samo na pogonu i održavanju ili i onih koji rade na zamjenama i rekonstrukcijama, što je s radnicima koji rade na doista pomoćnim poslovima? I tako dalje.

Zaključimo: za međunarodne usporedbe – vrlo osjetljivo područje!

Prikažimo, stoga, kretanje produktivnosti Hrvatske elektroprivrede u posljednjih deset godina, tablica 18.1.

Tablica 18.1. Produktivnost Hrvatske elektroprivrede

Godina	Raspoloživa energija (GWh)	Ukupni broj elektroprivrednih radnika	Produktivnost (GWh/radniku)
1995	11 404	14 330	0,80
1996	12 058	14 960	0,81
1997	12 793	15 360	0,83
1998	13 354	15 180	0,88
1999	13 685	15 330	0,89
2000	13 836	15 360	0,90
2001	14 455	14 521	1,00
2002	14 831	14 400	1,03
2003	15 526	14 360	1,08
2004	16 095	14 360	1,12
2005	16 706	14 450	1,16

Izvor: Godišnji izvještaji o poslovanju HEP

Za energiju uzeli smo ukupno raspoloživu energiju na razini prijenosne mreže (netoproizvodnja plus saldo uvoza i izvoza) a za radnike – ukupan broj radnika u HEP-u zadnjeg datuma u godini, umanjen za radnike zaposlene u HEP-Plinu i HEP-Toplinarstvu, te odgovarajući broj radnika koji rade na zajedničkim poslovima za čitav HEP, ali isto za ta dva člana HEP-Grupe.

Iskazi o energiji HEP-a u toj tablici razlikuju se od iskaza za cijelu Hrvatsku, jer u Hrvatskoj ima i proizvodnje električne energije izvan HEP-a (industrijski i privatni proizvođači).

Treba odmah istaći to da u Hrvatskoj postoje velika područja s vrlo malom gustoćom potrošnje i dosta je naseljenih otoka, te da je obuhvat svih poslova pogona, održavanja, dogradnja, zamjena i rekonstrukcija te raznim pomoćnim poslovima, vlastitim radnicima, u HEP-u vrlo visok.

Opažamo povoljno kretanje produktivnosti Hrvatske elektroprivrede, doduše sporo ali uporno povećava se u tih deset promatranih godina.

Međutim, pokušajmo obaviti barem jednu međunarodnu usporedbu. Uza sve navedene ograde (u pogledu brojnika i nazivnika u izrazu za produktivnost), prema podacima njemačke elektroprivrede VDEW, ona je 1992. godine ostvarila produktivnost od okruglo dva gigavat sata po radniku, a deset godina kasnije – 2002. godine, ostvarila je produktivnost od 3,7 GWh/radnik[166]. Zahvaljujući upornom i radikalnom smanjenju broja radnika (već smo ranije naveli: otpuštano je po desetak tisuća njih svake godine, sedam godina uzastopno!). Rezultat je to i zatvaranja starih elektrana, racionalizacije poslovanja, kooperacije i znatnih fuzioniranja u elektroprivredi. Godine 2000. nastao je koncern E.ON, fuzijom tvrtki Bayernwerk i Preussen-Elektra i iste godine koncern RWE, fuzijom dotadašnjeg RWE i tvrtke VEW. Tome valja dodati i povećani angažman radnika izvan elektroprivrede, primjerice za elektroničku obradu podataka ili za održavanje elektrana i mrežnih postrojenja.

Produktivnost hrvatske elektroprivrede u 2002. godini bila je 1,03 GWh/radnik, dakle je omjer produktivnosti njemačke i hrvatske elektroprivrede u 2002. godini čak oko 3,6. Znači li to da bi bilo poželjno da Hrvatska elektroprivreda otpusti više od 2/3 sadašnjih radnika

[166] Izvor: www.strom.de/7.7.2003

kako bi se po produktivnosti izjednačila s njemačkom elektroprivredom? Odlučno: ne! Da bismo potkrijepili tu tvrdnju, iskoristimo neke bitne okolnosti.

Najprije pogledajmo kolik je omjer njemačke i hrvatske ukupne društvene produktivnosti u 2002. godini. To je omjer njemačkog i hrvatskog bruto domaćeg proizvoda po stanovniku, iskazan paritetom kupovne moći. Tako iskazan bruto domaći proizvod u toj godini je za Njemačku 24 731 eura po stanovniku, a za Hrvatsku 9 520 eura po stanovniku[167]. Omjer njemačke i hrvatske ukupne društvene produktivnosti je, dakle: 2,6. Manji od omjera produktivnosti njihovih elektroprivreda. Zaključujemo da je produktivnost hrvatske elektroprivrede manja od ukupne hrvatske društvene produktivnosti, u odnosu na te iste ali njemačke pokazatelje.

Ali njemačko društvo je 2,6 puta po stanovniku bogatije od hrvatskoga; može si priuštiti više izdvajanja i za što produktivniju elektroprivrednu infrastrukturu.

Broj radnika prijenosa a pogotovo distribucije u stanovitoj je mjeri srazmjeran površini teritorija kojeg pokrivaju, neovisno od toga kolika je potrošnja na tom teritoriju. Veća gustoća potrošnje time *a priori* osigurava bolju produktivnost radnika. U Njemačkoj je gustoća potrošnje 2002. godine bila oko 500 TWh na teritoriju od 357 tisuća četvornih kilometara, dakle 1,4 GWh/km^2, a u Hrvatskoj oko 15 TWh na teritoriju od 56,5 tisuća četvornih kilometara, dakle 0,27 GWh/km^2 ili čak 5 puta manja! Pri tome, duljina vodova svih naponskih razina po četvornom kilometru Njemačke samo je dva puta veća od one u Hrvatskoj (vidi završetak poglavlja 7: u Njemačkoj 1650 tisuća kilometara/357 tisuća km^2 = 4,6 km vodova/km^2 a u Hrvatskoj 137 tisuća kilometara/56,5 tisuća km^2 = 2,4 km vodova/km^2).

S druge strane, treba promatrati udio bruto-plaća u ukupnim troškovima poslovanja i onda zaključivati o prevelikom ili premalom broju radnika. Veći ukupan broj slabije plaćenih radnika dat će jednak udio u ukupnim troškovima kao i manji ukupan broj bolje plaćenih radnika. O tome raspolažemo s podacima austrijskog operatora prijenosne mreže Verbund-APG (Austrian Power Grid) u 2004. godini. Udio bruto troškova radnika u ukupnim troškovima bio je 20,4 posto u austrijskom Verbund-APG, a 16,5 posto u hrvatskom operatoru prijenosnog sustava HEP-OPS!

Zaključimo: produktivnost elektroprivrede nedvojbeno je pokazatelj koji valja uporno, iz-godine u godinu, poboljšavati. Ali, pri tome, ne valja nesmotreno i nekritički posezati za inozemnim primjerima, ako ne znamo sve okolnosti koje su uzete u obzir pri inozemnim iskazima produktivnosti i ako ne vodimo računa o ukupnoj društvenoj produktivnosti zemalja koje uzimamo za primjer, o udjelu bruto troškova radnika u ukupnim troškovima poslovanja elektroprivrede te o ukupnom materijalnom bogatstvu društva kako bi opremilo elektroprivredu najproduktivnijom opremom.

[167] Izvor: Eurostat

19

Direktive Europske Unije o električnoj energiji

Zemlje-članice Europske Unije su: Belgija, Njemačka, Francuska, Italija, Luksemburg i Nizozemska, kao osnivači Europske zajednice za ugljen i čelik (1950), koja kasnije prerasta u Europsku ekonomsku zajednicu (1957), Europsku zajednicu (1967) i – konačno – u Europsku Uniju (1992), te Danska, Irska i Ujedinjeno Kraljevstvo, članice od 1973. godine, Grčka od 1981. godine, Španjolska i Portugal od 1986. godine, te Austrija, Finska i Švedska od 1995. godine. Od 1. svibnja 2004. godine članice su i Estonija, Latvija (Letonija), Litva, Malta, Poljska, Slovačka, Slovenija, Češka, Mađarska i Cipar, a 1. siječnja 2007. godine u europsku *obitelj* primljene su Rumunjska i Bugarska.

Pravni akti i glavna tijela Europske Unije

Postoje tri grupe pravnih akata u Europskoj Uniji, koji se zajednički nazivaju *acquis communautaire* (pravna stečevina): primarni akt, sekundarni akti i presude.

Primarni akt je ugovor kojeg moraju ratificirati parlamenti zemalja-članica Europske Unije, jednako kao i njegove kasnije izmjene i dopune. On je mijenjan tijekom vremena:
- Jedinstveni europski akt (1987)
- Ugovor o Europskoj Uniji – „Ugovor iz Maastrichta" (1992)
- Ugovor iz Amsterdama (1997), koji je stupio na snagu 1. svibnja 1999.

Sekundarni akti; ugovorom o osnivanju Europske zajednice uređena su četiri tipa tih akata:
- *uredbe* (Verordnungen, regulations) – neposredno važeće u svim zemljama-članicama Europske Unije, bez ikakvih nacionalnih izmjena;
- *smjernice* (Richtlinien, directives) – moraju se provesti nacionalnim zakonodavstvom, u nas uvriježio se naziv *direktiva* – prema engleskom;
- *odluke i zaključci* (Entscheidungen und Beschlüsse, decisions) – one su za primatelja pravno obvezatne, mogu se odnositi na zemlje članice EU-a, poduzeća i osobe;
- *preporuke i stajališta* (Empfehlungen und Stellungsnahmen, recommendations and opinions) – nisu obvezatne.

Presude (Rechtsprechung, case-law); to su presude Europskog suda ili Suda prvog stupnja, koje imaju pravnu snagu prema zemljama članicama Europske Unije na koje se odnose ili prema osobama.

Glavna tijela Europske Unije su: Europsko vijeće, Europski parlament, Vijeće Europske Unije, Europska komisija, Europski sud i Sud prvog stupnja, Europska (financijska) revizija, Odbor regija i ostala tijela (primjerice Gospodarsko-socijalni odbor, Europska policija, Europska središnja i Europska investicijska banka itd.).

Slika 19.1. Europa, noćni satelitski snimak

Europsko vijeće, čine predsjednici zemalja-članica EU i predsjednik Europske komisije. To je najviše političko tijelo, utvrđuje opću politiku Europske Unije[168].

Europski parlament, ima službe u Strasbourgu, Bruxellesu i Luxembourgu, ali mu se glavna vijećnica nalazi u Strasbourgu. U doba EU-15 parlament je sačinjavalo 626 zastupnika, određenih prema broju stanovnika pojedinih zemalja. Zastupnici se biraju na pet godina neposrednim izborima u zemljama članicama EU-a. Na posljednjim izborima, koji su održani 10.-13. lipnja 2004. godine, izabrano je ukupno 665 zastupnika, obuhvaćajući naravno EU-25.

Vijeće Europske Unije, skraćeno samo *Vijeće* ili *Ministarsko vijeće*, u pravilu se sastaje prema temi i tada je svaka zemlja članica EU-a predstavljena ministrom koji pokriva to područje (vanjski poslovi, socijala, financije, promet, poljoprivreda...). Operativnim radom rukovodi generalni sekretar, a sjedište je u Bruxellesu. Predsjedavajuća zemlja ima mandat od pola godine, a zastupa Uniju pred Ujedinjenim narodima i u Svjetskoj trgovačkoj organizaciji. Predsjednik te zemlje ujedno predsjedava i Vijeću Europske Unije i Europskom vijeću.

Europska komisija ima sjedište u Bruxellesu. To je izvršni organ Europske Unije – rekli bismo: „vlada" Europske Unije. Predsjednik je na čelu 30 *komesara*. Članovi Komisije zadu-

[168] Europsko vijeće ne treba zamijenjivati s *Vijećem Europe* (organizacijom osnovanom 1949., objedinjuje sve europske zemlje osim Bjelorusije, Monaka i Vatikana), kao ni s ovdje opisanim *Vijećem Europske Unije*.

ženi su za pojedine resore, primjerice za promet i energiju, tržišnu utakmicu, poljoprivredu i ribarstvo, za gospodarstvo, za vanjske poslove, trgovinu, razvoj, istraživanja, zdravlje, kulturu, okoliš, regionalnu politiku, kućanstva, pravo i unutarnje poslove, te za proširenje Unije. Komisija, s mandatom do 2009. godine, konstituirana je 1. studenog 2004. godine.

Europski sud ima sjedište u Luxembourgu, kao i *Europska* (financijska) *revizija. Odbor regija*, kao najmlađe tijelo, utemeljeno 1992. godine, ima sjedište u Bruxellesu.

Od 1. siječnja 2002. godine 12 zemalja članica Europske Unije (Belgija, Njemačka, Finska, Francuska, Grčka, Irska, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Austrija, Portugal i Španjolska) uvelo je jedinstvenu europsku valutu *euro,* napustivši nacionalne valute. Stoti dio eura je *cent (eurocent).* Od 1. siječnja 2007. godine euro-zoni se priključila Slovenija.

Zastava Europske Unije je pravokutna, tamnoplave boje, s dvanaest zlatnih peterokrakih zvjezdica složenih u kružnicu, oko središta zastave. Dvanaest je tradicionalno broj koji simbolizira dobrodošlicu, cjelovitost i jedinstvo (dakle nije izabran kao eventualni broj zemalja-članica u trenutku prihvata zastave). Himna Europske Unije je *Oda radosti* iz Devete simfonije Ludwiga van Beethovena, komponirana 1823. godine. Radi uspomene na začetak Europske Unije iz 1950. godine, slavi se 9. svibnja kao Dan Europe.

Direktiva Europske Unije o tržištu električne energije

Europski parlament i Vijeće Europske Unije prihvatili su 26. lipnja 2003. godine novu Direktivu 2003/54/EC o unutarnjem tržištu električne energije[169], kojom se stavlja izvan snage dotadašnja Direktiva 96/92/EC, donesena 19. prosinca 1996. godine. Struktura novog dokumenta slijedi strukturu dotadašnjeg dokumenta, ali unosi izmjene i dopune, uvjetovane dotadašnjim i željenim razvojem prilika na tržištu električne energije Europske Unije.

Direktiva utemeljuje zajednička pravila za proizvodnju, prijenos, distribuciju i opskrbu električnom energijom.

Direktiva poznaje samo operatora prijenosnog i distribucijskog sustava[170] a ne poznaje operatora tržišta. Operator prijenosnog sustava odgovoran je za pogon, održavanje i razvoj prijenosne mreže na određenom području. Analogno, operator distribucijskog sustava odgovoran je za distribucijsku mrežu na određenom području. Zanimljivija je i definicija vertikalno integriranog poduzeća, koja kaže da je to poduzeće/grupa koja obavlja najmanje jednu od djelatnosti prijenosa ili distribucije i barem jednu od djelatnosti proizvodnje ili opskrbe električnom energijom.

Direktiva favorizira postupak izdavanja odobrenja (autorizacije) za izgradnju novog proizvodnog objekta (elektrane). Samo iznimno, ako postupkom odobravanja nije postignuta zadovoljavajuća sigurnost opskrbe u nekom predstojećem razdoblju (koju potrebu pravodobno signalizira operator prijenosnog sustava), može se pristupiti javnom natječaju *(tendering)* za izgradnju nove elektrane.

Uvodi se pojam povećanja energetske učinkovitosti i upravljanja potražnjom električne energije, kao mjerom za smanjenje potrošnje prirodnih oblika energije i vršnog opterećenja, te mjerom za smanjenje opterećenja okoliša.

---

[169] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0054:DE:HTML

[170] Prijenosni sustav u smislu Direktive tvori prijenosna mreža i elektrane priključene na prijenosnu mrežu, a distribucijski sustav tvori distribucijska mreža i elektrane priključene na tu mrežu. Ti sustavi su, dakle, podsustavi cjelokupnog elektroenergetskog sustava.

Slika 19.2. Rotor parne turbine

Operator prijenosnog sustava je vlasnik prijenosne mreže, jedan ili više njih na državnom području, odgovoran za: dugoročnu sposobnost mreže prema udovoljavanju prijenosnim zatijevima, sigurnost opskrbe putem odgovarajuće pouzdanosti mreže, upravljanje tokovima snage i osiguranje usluga sustava, koordinaciju s drugim povezanim prijenosnim mrežama, osiguranje nediskriminacije između korisnika mreže i osiguranje informacija svim korisnicima mreže. Operator prijenosnog sustava mreže odgovoran je za dispečiranje elektrana na svome području, te za korištenje spojnim vodovima prema drugim prijenosnim mrežama. Mora nabaviti energiju za pokriće gubitaka u mreži, te za uravnoteženje ponude i potražnje u mreži, na tržišnim osnovama. Mora dati prednost obnovljivim izvorima i stanovitu prednost proizvođačima koji koriste domaće izvore prirodnih oblika energije. Ako je operator prijenosnog sustava dio vertikalno integriranog poduzeća, mora biti neovisan o drugima,

barem u pogledu zakonske forme, organizacije i odlučivanja. To ne znači odvajanje vlasništva nad objektima mreže od vertikalno integriranog poduzeća. Osobe koje rukovode operatorom prijenosnog sustava ne mogu sudjelovati u svakodnevnom vođenju proizvodnje, distribucije i opskrbe, a operator prijenosnog sustava mora biti neovisan o integriranom poduzeću s obzirom na sredstva potrebna za pogon, održavanje i razvoj mreže.

Operator distribucijskog sustava je vlasnik distribucijske mreže, jedan ili više njih na državnom području, odgovoran za: siguran, pouzdan i učinkovit pogon mreže uz vođenje brige o zaštiti okoliša, osiguranje nediskriminacije između korisnika mreže i osiguranje informacija svim korisnicima mreže. Operator distribucijskog sustava mora nabaviti energiju za pokriće gubitaka u mreži, na tržišnim osnovama. Pri planiranju razvoja mreže, mora uzeti u obzir mjere povećanja energetske učinkovitosti i mjere za upravljanje potražnjom. Ostale odredbe o operatoru distribucijskog sustava analogne su odredbama koje se odnose na operatora prijenosnog sustava.

Dopušta se i kombinirani mrežni operator, zajednički za prijenosnu i za distribucijsku mrežu.

Opskrbljivač može biti izdvojeni prodajni odjel vertikalno integriranog poduzeća ili izdvojeni odjel prodaje iz distribucije, ali i posve neovisna tvrtka za opskrbu. Obvezuje se da uz račun za utrošenu električnu energiju iskaže mješavinu energenata koja je prethodne godine iskorištena za proizvodnju električne energije, te pokazatelje o utjecaju na okoliš što su ga izazvala postrojenja za proizvodnju električne energije.

Slika 19.3. Rotor Peltonove vodne turbine

Operator prijenosnog sustava dobiva, od državnog regulatora potvrđenu, naknadu za korištenje prijenosnom mrežom koja pokriva pogon i održavanje mreže, gubitke u mreži, angažiranje elektrana za regulacijske, potporne i rezervne potrebe (dakle za njihovo pružanje pomoćnih usluga) te sredstva za po državi odobren razvoj prijenosne mreže. Elektrane dobivaju naknadu za isporučenu energiju po cijeni kakvu su postigle na tržištu (to im plaćaju kupci) i naknadu za pomoćne usluge koje su eventualno pružale operatoru prijenosne mreže (tu im naknadu plaća taj operator). Operator distribucijskog sustava dobiva naknadu za korištenje distribucijskom mrežom, također potvrđenu od državnog regulatora. Kupci plaćaju kupljenu električnu energiju, naknadu za korištenje prijenosnom mrežom, naknadu za korištenje distribucijskom mrežom (ako su priključeni na tu mrežu) te naknadu opskrbljivaču.

Posebnim prilogom uz Direktivu, određene su mjere zaštite kupaca-potrošača, primjerice: o naknadi u slučaju neispunjenja ugovorene kvalitete usluge ili o nezaračunavanju promjene opskrbljivača, te o jeftinom postupanju prema žalbama.

Elektroprivredna vertikalno integrirana poduzeća moraju u svojem internom vođenju poslovnih knjiga držati odvojene račune za prijenosne i distribucijske poslove, kao što bi se to od njih tražilo ako bi te poslove obavljala odvojena poduzeća.

Sve zemlje članice moraju ustrojiti regulatorna tijela, neovisna o elektroprivredi, za nadzor provedbe odredbi Direktive, uključujući i odobravanje naknada za korištenje prijenosnom i distribucijskom mrežom.

Odredbe o otvaranju tržišta – obuhvatu povlaštenih kupaca, dakle onih koji mogu slobodno birati svojeg opskrbljivača:

- do 1. srpnja 2004. godine – kupci koji troše više od 9 GWh godišnje,
- najkasnije od 1. srpnja 2004. godine – svi kupci-nekućanstva, osim iznimaka odobrenih po Komisiji Europske Unije u najduljem trajanju od 18 mjeseci,
- od 1. srpnja 2007. godine – svi kupci, bez ikakvih daljih iznimaka.

Stara Direktiva 96/92/EC ukinuta je 1. srpnja 2004. godine, do kada su zemlje-članice Europske Unije bile obvezne svoja zakonodavstva uskladiti s novom Direktivom. Direktiva 2003/54/EC stupila je na snagu 4. kolovoza 2003. godine.

Direktiva EU-a o obnovljivim izvorima energije

Direktiva Europske Unije 2001/77/EC o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora na unutarnjem tržištu električne energije[171], objavljena je 27. listopada 2001. godine, te je tada stupila na snagu. U prvoj rečenici stoji kako je svrha te direktive porast udjela obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije na unutarnjem tržištu električne energije; tu se pod *unutarnjim* tržištem razumijeva tržište Europske Unije.

U Direktivi se pod obnovljivim izvorima smatraju: obnovljivi nefosilni izvori, dakle vjetar, Sunce, toplina Zemlje, energija valova te plime i oseke, vodne snage, biomasa, deponijski plin, kanalski plin i bioplin. U tome pod biomasom treba razumijevati: biološki razgradivi dio proizvoda, otpadaka i preostalih tvari iz poljoprivrede (uključivo biljne i životinjske tvari) i šumarstva te s njima povezanih industrija, kao i biološki razgradivi dijelovi industrijskog, komunalnog i kućanskog otpada. Odmah istaknimo: Direktiva obuhvaća *sve* vodne snage iskorištene u proizvodnji električne energije, a ne samo u malim hidroelektranama.

[171] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0077:DE:HTML

Direktiva se mora provesti sukladno obvezama koje je Europska Unija prihvatila zaključivši protokol Ujedinjenih naroda o klimatskim promjenama iz Kyota.

S Direktivom su se morala uskladiti nacionalna zakonodavstva do 27. listopada 2003. godine. Svaka država-članica mora svake dvije godine podnositi izvještaj Komisiji Europske Unije o napretku u ostvarenju nacionalnog cilja, a svake pete godine moraju aktualizirati nacionalni cilj o postotnom udjelu obnovljivih izvora u brutopotrošnji električne energije za sljedećih deset godina unaprijed.

Nacionalni ciljevi koji se imaju ostvariti do 2010. godine su povećanje udjela obnovljivih izvora u potrošnji ukupne energije na 12 posto (stanje pred donošenje Direktive je oko 6 posto) te osobito udjela u domaćoj brutopotrošnji električne energije od 22,1 posto (pred donošenje Direktive 13,9 posto), na razini cijele Europske Unije. Dakle, treba u manje od deset godina praktički udvostručiti postotne udjele korištenja obnovljivim izvorima energije. Kako je zatečeno stanje u pojedinim zemljama-članicama EU-a vrlo različito, to je ukupna zadaća različito pridijeljena pojedinim članicama, sukladno njihovom zatečenom stanju, prirodnim okolnostima, objektivnim mogućnostima i rasporedu obveza prema protokolu iz Kyota.

Slika 19.4. Rotor Francisove vodne turbine

Direktiva je donesena s 15 članica Europske Unije te se odnosi do njezine dopune samo na tih 15 članica (tablica 19.1). Dopuna zadanim ciljevima za novih deset članica, učinjena je 2004. godine (tablica 19.2). Time se u startnoj godini (1997) udio obnovljivih izvora u namirenju brutopotrošnje električne energije snizio na 12,9 posto, a zadani udio u 2010. godini također snizio na 21 posto (prosječno za sve članice EU-25).

Zadaće su vrlo raznolike, od Portugala koji praktički ne mora bitnije povećati udio obnovljivih izvora, do Ujedinjenog Kraljevstva (koje treba ostvariti povećanje udjela s 1,7 posto na 10 posto) ili Belgije (koja treba ostvariti povećanje udjela s 1,1 posto na 6 posto). Vidimo da su postojeći udjeli najveći u Austriji (70 posto) i Švedskoj (okruglo 49 posto). Obje zemlje daju – u okviru Direktive – opasku da bi se udio zatečene i ciljane hidroelektrične proizvodnje trebao sagledavati u višegodišnjem nizu, uzevši u obzir hidrološke i klimatske prilike baš u promatranoj godini[172]. Švedska ističe da u vlažnoj godini njezine hidroelektrane mogu proizvesti 78 TWh a u sušnoj samo 51 TWh.

Tablica 19.1. Povećanje udjela obnovljivih izvora u brutopotrošnji električne energije prema Direktivi 2001/77/EC

Zemlja	Udio obn. izvora 1997 (%)	Udio obn. izvora 2010 (%)
Belgija	1,1	6,0
Danska	8,7	29,0
Njemačka	4,5	12,5
Grčka	8,6	20,1
Španjolska	19,9	29,4
Francuska	15,0	21,0
Irska	3,6	13,2
Italija	16,0	25,0
Luksemburg	2,1	5,7
Nizozemska	3,5	9,0
Austrija	70,0	78,1
Portugal	38,5	39,0
Finska	24,7	31,5
Švedska	49,1	60,0
Ujed. Kraljevstvo	1,7	10,0
Ukupno EU-15	13,9	22,1

Hrvatska je prema udjelu obnovljivih izvora energije odmah iza Austrije, Švedske i Letonije; 1997. godine ostvarila je udio korištenja vodnim snagama u ukupnoj potrošnji energije od 15 posto (kada se tome doda i ogrjevno drvo onda je taj udio bio 20 posto), a udio

[172] Direktiva dovoljno ne sagledava osjetljivost obuhvata proizvodnje u hidroelektrama, ako elektroenergetski sustav sadrži ozbiljniji udio hidroelektrana. Znak je da su pečat pri formuliranju Direktive dale zemlje koje nemaju značajniji udio hidroelektrana. Primjerice, što nastupa u slučaju da je startna godina (1997) bila osobito vlažna, a kontrolna godina (2010) bude osobito suha – ili obrnuto!? Vrijedi i za druge oblike nestalne prirodne energije (vjetar, Sunčevo zračenje).

hidroelektrana u ukupnoj *proizvodnji* električne energije od 55 posto (u *brutopotrošnji* električne energije taj je udio bio 41 posto, zbog relativno velikog uvoza). Varijacija proizvodnje samo u posljednjih desetak godina iz nepromijenjenog hidroelektranskog parka u Hrvatskoj bila je između 7,2 TWh (1996) i 4,3 TWh (1993).

Tablica 19.2. Povećanje udjela obnovljivih izvora u brutopotrošnji električne energije prema dopuni Direktive 2001/77/EC

Zemlja	Udio obn. izvora 1997 (%)	Udio obn. izvora 2010 (%)
Mađarska	0,7	3,6
Cipar	0,05	5,0
Malta	0,0	5,0
Estonija	0,2	5,1
Litva	3,3	7,0
Poljska	1,6	7,5
Češka	3,8	8,0
Slovačka	17,9	31,0
Slovenija	29,9	33,6
Letonija	42,4	49,3
Ukupno EU-25	12,9	21,0

U nastavku, Direktiva govori o potpori koju države članice – netržišno – smiju davati proizvođačima električne energije radi postizanja nacionalnog cilja, te da ta potpora treba trajati najmanje sedam godina kako bi se takvim proizvođačima pružila sigurnost u ulaganju. Države-članice morale su do 27. listopada 2003. godine uvesti izdavanje jamstva

Slika 19.5. Rotor Kaplanove vodne turbine

neovisne institucije, o porijeklu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora (takav *zeleni* certifikat dobile su HEP-ove hidroelektrane).

Iz odredbi Direktive koje govore o dobitku što bi trebao imati elektroenergetski sustav ako je elektrana koja koristi obnovljivi izvor priključena eventualno izravno na distribucijsku odnosno niskonaponsku mrežu, te da time ne angažira prijenosnu mrežu, proizlazi bitno nepoznavanje sustava.[173].

Direktiva Europske Unije o mjerama za zaštitu sigurnosti opskrbe električnom energijom i ulaganju u infrastrukturu

Direktiva 2005/89/EC o mjerama za zaštitu sigurnosti opskrbe električnom energijom i ulaganju u infrastrukturu[174], stupila je na snagu u siječnju 2006. godine. Određuje mjere za ostvarenje sigurnosti opskrbe i to: prikladnom razinom instaliranih snaga elektrana, prikladnom ravnotežom ponude i potražnje električne energije te prikladnom razinom međusobne povezanosti mreža u državama-članicama.

Pri tome, države-članice EU-a uzimaju u obzir:
- važnost osiguranja neprekidne opskrbe električnom energijom
- važnost razvidnog i stabilnog regulatornog okvira
- mogućnosti međusobne suradnje radi ostvarenja sigurnosti opskrbe
- potrebu za redovitim održavanjem i obnovom prijenosnih i distribucijskih mreža, kako bi se održao stabilan pogon tih mreža
- važnost pravilne primjene Direktive EU-a o obnovljivim izvorima energije i Direktive EU-a o kogeneraciji, odnose li se njihove odredbe na sigurnost opskrbe
- potrebu za osiguranjem dovoljnih rezervi prijenosne moći u prijenosnoj mreži i dovoljne rezerve snage elektrana
- važnost poticanja likvidnih veleprodajnih tržišta.

Države-članice također mogu uzimati u obzir:
- što veći stupanj raznolikosti prirodnih oblika energije u proizvodnji električne energije
- važnost smanjenja dugoročnih učinaka rasta potražnje električne energije
- važnost poticanja energetske učinkovitosti i prihvaćanja novih tehnologija, kao što su: upravljanje potražnjom, korištenje obnovljivim izvorima energije i disperziranom proizvodnjom
- važnost uklanjanja administracijskih prepreka pri ulaganjima u mreže i elektrane.

Države-članice osiguravaju da mjere u skladu s ovom Direktivom, nisu diskriminantne i ne predstavljaju nerazumno opterećenje sudionicima na tržištu, a prije usvajanja mjera – države-članice uzimaju u obzir i djelovanje tih mjera na cijenu električne energije. Također,

[173] Nedovoljan je utjecaj tehnologa i tehničara, a prevelik pravnika i ekonomista, pri pisanju takvih direktiva! Elektrana na obnovljivi izvor angažira i prijenosnu mrežu i elektrane preostaloga sustava, bez obzira na naponsku razinu priključka. Naime, što u slučaju da je izostao dotok obnovljivog izvora (vjetar, Sunce) ili je on smanjen (vodne snage) ili je pak elektrana na obnovljivi izvor (na biomasu ili toplinu Zemlje) u kvaru!? Takozvane *usluge sustava* (održavanje frekvencije i napona, vođenje sustava i ponovna uspostava napajanja nakon poremećaja) *strûje* po povezanoj mreži te se u mnogim zemljama troškovi usluga sustava obračunavaju i na ukupnu vlastitu proizvodnju neovisno o tome je li ijedan kilovatsat preuzet iz mreže, samo ako je elektrana vezana za sustav.

[174] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:033:0022:01:DE:HTML

države-članice trebaju osigurati razumnu ravnotežu između troškova gradnje novih spojnih vodova i koristi od tih vodova za krajnje korisnike mreža, te osigurati da se postojeći spojni vodovi koriste što učinkovitije.

U pogledu operativne sigurnosti mreža, moraju se urediti pravila pogona tih mreža glede sigurnosti u predvidljivim okolnostima, te obveza pridržavanja tih pravila i obveza održavanja operativne sigurnosti mreža (rezerve u prijenosnoj moći i suradnja međusobno povezanih operatora prijenosnih sustava). Pri tome, države-članice ne smiju razlikovati prekogranične od nacionalnih ugovora. Ograničenje opskrbe u izvanrednim prilikama smije uslijediti prema ranije utvrđenim kriterijima.

Radi održavanja ravnoteže ponude i potražnje električne energije, države-članice:
- potiču stvaranje okvira za tržišta na veliko
- zahtijevaju od operatora prijenosnih sustava da osiguraju dovoljnu rezervu u snazi elektrana za potrebe uravnoteženja
- potiču izgradnju novih proizvodnih jedinica
- potiču primjenu tehnologija za upravljanje potražnjom
- potiču mjere za razumno korištenje i očuvanje energije.

Direktiva se naglašeno okreće pravodobnom i primjerenom ulaganju u mreže (jer su ta ulaganja pod reguliranim a ne tržišnim režimom, a bitna su za očuvanje i podizanje sigurnosti opskrbe), osobito davanju signala za potreban razvoj mreže sukladan predvidljivoj potražnji te olakšavanju održavanja i obnove mreža.

Izvještavanje država-članica o provedbi ove Direktive uključuje: izvještaje o operativnoj sigurnosti mreže, planiranu ravnotežu ponude i potražnje za sljedećih pet godina, predviđanja o sigurnosti opskrbe u narednih 5 do 15 godina, namjere ulaganja u sljedećih pet godina u prekogranične spojne vodove i ulaganja u izgradnju unutarnjih vodova koji utječu i na prekogranične prijenosne moći.

Rok za usklađivanje zakonodavstava država-članica s ovom direktivom je veljača 2008. godine, a prvi izvještaj o napretku podnosi se u veljači 2010. godine.

Što reći za obveze koje proizlaze iz ove Direktive? Obveze su taksativno pobrojane i jasne same po sebi – treba ih pojedinačno provesti zakonima. Za Hrvatsku, njihovo je provođenje bilo predmetom dubinske analize (*screening*) u procesu pridruživanja Europskoj Uniji, iz područja energetike (kao i provođenje drugih, naprijed spomenutih direktiva).

Direktiva Europske Unije o vodama

Direktiva 2000/60/EC o uspostavi poretka u mjerama Europske Unije na području vodne politike[175] stupila je na snagu u prosincu 2000. godine. Cilj te direktive je uspostava poretka za zaštitu vôda, kako nadzemnih unutarnjih (u Europskoj Uniji) tako i vôda koje prelaze izvan granica Unije, obalnog mora te podzemnih vôda. Direktiva EU-a o vodama ima bitne reperkusije na sektor elektroenergetike, pa se stoga ovdje prikazuje.

Direktiva, u prvoj rečenici svoje preambule kaže: *Voda nije uobičajena roba za prodaju; to je naslijeđeno dobro, koje moramo zaštititi i braniti te primjereno postupati s njim.* To je najopćenitiji cilj Direktive.

[175] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:DE:HTML

Ciljevi koji se žele ostvariti tom vrlo opsežnom Direktivom, postići će se:
- zaustavljanjem daljnjeg pogoršanja, kao i zaštitom i poboljšanjem stanja u vodnom ekosustavu, te tla i zraka koji su s njime u izravnom doticaju
- poticanjem održivog korištenja vodama na osnovi dugoročne zaštite postojećih resursa
- snažnom zaštitom i poboljšanjem stanja vodnog okoliša, između ostalog specifičnim mjerama za stupnjevanu redukciju transporta, emisije i gubitaka opasnih tvari ili čak njihovom stupnjevanom obustavom
- stupnjevanom redukcijom zagađenja podzemnih vôda i sprečavanjem njihovih daljnjih onečišćenja
- smanjenjem utjecaja poplava i suša.

To će dovesti do:
- zadovoljavajuće opskrbe nadzemnim i podzemnim vodama dobre kvalitete, što će osigurati (ponajprije) opskrbu stanovništva pitkom vodom
- bitnog smanjenja zagađenja podzemnih vôda
- zaštite visinskih i morskih vôda
- konačnog cilja: sniženja koncentracije štetnih tvari u morima – za prirodne tvari blizu donje granične vrijednosti, a za antropogene sintetske tvari blizu nule.

S više elektroprivrednih strana upozorava se na kontradiktorne zahtjeve dviju direktiva Europske Unije, one o obnovljivim izvorima energije i ove o vodama i naziva se to svojevrsnim paradoksom europske energetske politike[176].

No, vratimo se Direktivi o vodama. Kako je rečeno, glavna očekivanja od provedbe su u roku od najkasnije 15 godina. Odredbe se odnose na nadzemne i podzemne vode, a osobito su obimne za zaštićena područja (zaštićena, u smislu vôda). Tako se daju odredbe o ispitivanju djelovanja na okoliš čovjekovih aktivnosti u prostoru, te ekonomska analiza korištenja vodama. Svakih šest godina ta se ispitivanja i analize moraju ponavljati.

Slijede odredbe o popisu zaštićenih područja i o vodama koje se koriste za piće, te o nadzoru stanja nadzemnih i podzemnih vôda i stanja zaštićenih područja. Zanimljivo, u Direktivi nijednom nije spomenuta riječ *hidroelektrana* ili *elektrana,* a europsku elektroprivredu će toliko pogoditi. Jedino mjesto je ono u kojem se navode ljudske aktivnosti u zaštićenom vodnom području, koje mogu imati negativno djelovanje na stanje vode u takvom području, u što je ubrojena i akumulacija vode radi proizvodnje električne energije.

---

[176] Provodeći Direktivu o vodama, primjerice u Austriji bi trebalo doći do redukcije proizvodnje električne energije u hidroelektranama od oko 10 posto (pored ostalog i radi izgradnje uzvodnih ribljih putanja i prigušenja bujica), što znači izostanak ekološke proizvodnje od oko 4 TWh godišnje. Istodobno se prema Direktivi o obnovljivim izvorima namjerava dograditi, ali postojeći, sustav s oko 2,5 TWh godišnje. Primjenivši obje direktive, sustav treba dograditi sa 6,5 TWh godišnje proizvodnje, sve iz obnovljivih izvora. I to sve u 15 godina koliki je rok za provedbu Direktive o vodama!
Ako bi se htjelo 10 posto izostale proizvodnje hidroelektrana, radi provođenja Direktive o vodama, nadoknaditi ekološkom proizvodnjom iz samo jednog obnovljivog izvora (naravno tako je samo teoretski moguće, jer potencijal pojedinih izvora nije tolik) trebalo bi godišnje ulagati u Austriji – tijekom preostalih 13 godina:
- 100 milijuna eura ako bi se nadoknada ostvarila gradnjom malih hidrolektrana
- 220 milijuna eura ako bi se nadoknada ostvarila gradnjom vjetroelektrana
- 300-500 milijuna eura ako bi se supstitucija ostvarila elektranama na biomasu
- nedostižne dvije milijarde eura ako bi se nedostatak supstituirao fotonaponskim sunčanim elektranama.

Sredstva za ostvarenje nekave realne kombinacije svega toga, a vjerojatno takva kombinacija postoji, treba uračunati u dodatak na cijenu električne energije, jer se novac ne može stvoriti ni iz čega.

Slika 19.6. Elisa vjetroagregata

Dalje se navodi obveza donošenja programa mjera zaštite vôda svake države-članice. Za taj program daju se i neki precizni uvjeti kojih se valja pridržavati radi zaštite vôda (primjerice: postupak s ponovnim utiskivanjem one vode u tlo, koja se javlja kao nusprodukt pri pridobivanju ili istraživanju nafte i plina).

Za svaki riječni tok mora svaka država odrediti plan upravljanja tim područjem. Ako se riječni tok cjelokupno nalazi na području Europske Unije, ali na teritoriju više država-članica, mora se odrediti koordinator. Ako riječni tok prelazi granice Europske Unije, opet je određen postupak usklađivanja na međunarodnoj razini. Javnost mora biti obaviještena o vremenskom planu i programu radova na riječnom toku, najmanje tri godine prije početka razdoblja na koje se taj plan odnosi. A tri mjeseca prije početka radova mora biti obaviještena Komisija EU i članice, koje ti radovi mogu doticati.

Komisija Europske Unije obavještava Parlament i Vijeće EU-a, najkasnije 12 godina nakon donošenja Direktive i dalje svakih šest godina, o stanju provedbe Direktive, a najkasnije 19 godina nakon donošenja predlaže možebitne promjene Direktive. Dakle, riječ je o jednom dokumentu čija se provedba proteže na dugi rok. Za zakonska i druga usklađivanja u zemljama-članicama, određen je kao rok prosinac 2003. godine, tri godine od usvajanja Direktive.

Ponovimo još jednom, Direktiva je vrlo obuhvatan dokument, prema kojemu treba sagledati sve posljedice koje ima na postojeće hidroelektrane, u krajnjoj liniji i na sve termoelektrane, jer i one koriste rashladnu vodu i vodu za proizvodnju vodene pare, te one elektrane koje se namjeravaju graditi.

Uredba EU-a o prekograničnoj trgovini električnom energijom

Uredba Europske Unije 1228/2003 o uvjetima pristupa mreži radi prekogranične trgovine električnom energijom[177], objavljena je 15. srpnja 2003. godine (istodobno s opisanom Direktivom 2003/54 o električnoj energiji), a primjenjuje se od 1. srpnja 2004. godine. Razlika između uredbe i direktive je ta što se *uredba izravno i doslovno obvezatno primjenjuje u državama-članicama*, a direktiva traži provedbu putem zakonodavstava zemalja-članica.

Spomenuta uredba o prekograničnoj trgovini ima važnost za Europsko ekonomsko područje (European Economic Area = EEA) koje čine, pored članica EU, i tri države koje nisu članice EU-a: Island, Lihtenštajn te Norveška. Uredba je donesena u vrijeme kada je Europska Unija imala 15 članica, ali njezine odredbe vrijede i za svih deset novih članica (od 2004. godine).

Cilj te uredbe je donošenje pravila o prekograničnoj trgovini električnom energijom, radi poboljšanja nadmetanja na unutarnjem tržištu (*unutarnjem*, u smislu Europske Unije) uzimajući u obzir specifičnosti nacionalnih i regionalnih tržišta. To uključuje ustroj za utvrđivanje naknada za prekogranični prijenos (početno nazvan CBT-ustroj, *Cross-Border-Tarification-Mechanism,* a od početka 2005. godine zvan ITC-ustroj, *Inter-TSO-Compensation-Mechanism)* i dodjelu raspoložive prijenosne moći spojnih vodova, dakle vodova koji prelaze državne granice među zemljama-članicama Europske Unije.

Prekogranični tok električne energije je fizički tok električne energije prijenosnom mrežom zemlje-članice koji je posljedica utjecaja aktivnosti elektrana (proizvođača) i/ili kupaca izvan te zemlje-članice. Tamo gdje prijenosne mreže više zemalja čine regulacijski blok, može se odlučiti da se tokovi unutar bloka ne smatraju prekograničnim tokovima i ne budu razlogom plaćanja naknade.

Zagušenje je prilika u kojoj interkonekcijski vod koji povezuje nacionalne prijenosne mreže ne može prihvatiti sve fizičke tokove koje su posljedica internacionalne trgovine koju zahtijevaju tržišni sudionici, zbog nedostatka prijenosne moći interkonekcijskog voda i/ili tangiranih nacionalnih prijenosnih mreža.

Deklarirani izvoz električne energije znači otpremu električne energije u jednoj zemlji-članici na osnovi ugovora prema kojem će istovremeno odgovarajuće preuzimanje (*deklarirani uvoz*) električne energije biti obavljeno u drugoj zemlji-članici ili trećoj zemlji.

Deklarirani tranzit električne energije je prilika u kojoj se obavlja deklarirani izvoz električne energije i prema kojem put za zaključeni posao uključuje zemlju u kojoj neće doći do dispečiranja te energije niti istovremenog odgovarajućeg preuzimanja električne energije.

Operatori prijenosnog sustava primit će *naknadu* za troškove koji nastanu kao posljedica prihvata prekograničnih tokova na njihovim mrežama. Tu naknadu *plaćaju* operatori nacionalnih prijenosnih mreža iz kojih dolaze prekogranični protoci i mreža gdje ti protoci završavaju. Te naknade neće se povezivati s daljinom prijenosa. Naknade se primjenjuju jednako, bez obzira na zemlje porijekla električne energije ili odredišta članica EU-a. Komisija Europske Unije odredit će iznose za moguće plaćanje naknada. Postupak će se svoditi na to da se za svaku zemlju-članicu utvrdi njezina obveza plaćanja te naknade i njezino pravo za naknadu troškova tranzita preko njezina teritorija i potom provede kompenzacija tih dvaju iznosa. Tek iznosom salda bit će terećen operator prijenosnog sustava iz te zemlje ili će saldo dobiti u svoju korist. To je razlog zašto se taj ustroj nazvao inter-TSO-kompenzacijom.

[177] http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003R1228:DE:HTML

Komisija Europske Unije će donijeti smjernice, koje uređuju detalje postupka oko plaćanja naknade za prekogranične tokove i raspodjelu naknade na operatore prijenosnih mreža iz kojih počinju i u kojima završavaju ti prekogranični tokovi, o dodjeli raspoložive prijenosne moći i upravljanju zagušenjem. Te smjernice su doista donesene zajedno s uredbom.

Uredba predviđa i novčano kažnjavanje poduzeća koja bi davala neistinite ili nepotpune informacije o pitanjima iz uredbe i to najviše do 1 posto ukupnog prometa tog poduzeća u prethodnoj godini.

Provedbenim aktima ETSO[178], Europske udruge operatora prijenosnih sustava (*CBT-Mechanism, odnosno ITC-Mechanism*, kako se ti provedbeni akti nazivaju) regulirano je (a) utvrđivanje tzv. horizontalne mreže svake zemlje-članice, (b) utvrđivanje tzv. tranzitnog ključa za svaku zemlju-članicu koji određuje povlačenje sredstava iz kompenzacijskog fonda za namirenje troškova tranzita te (c) naknada što ju za svaki neto uvoz/izvoz plaća zemlja-članica u taj fond.

Horizontalna mreža određuje se na način da se na svaki pojedini spojni vod na modelu VN-mreže zemlje-članice narine 100 MW i na svaki preostali spojni vod zamisli povlačenje tih 100 MW te odrede tokovi snaga kroz mrežu. To se ponavlja za sve spojne vodove. Vodovi i transformatori u mreži koji u svim tim računima imaju tok manje od 1 MW ne ulaze u horizontalnu mrežu, a vodovi i transformatori koji su opterećeni s 1 MW ili više (dakle jedan posto ili više) tvore horizontalnu mrežu.

Tako ustanovljena horizontalna mreža sadrži vodove i transformatore načelno napona 400, 220 i 110 kV, te se načini zbroj duljina vodova i zbroj instaliranih snaga transformatora u toj mreži. Množeći s konvencijom utvrđenom jedinstvenom standardnom vrijednosti vodova (u eurima/km) i isto takvim vrijednostima transfomatora (u eurima/MVA) dolazi se do ukupne vrijednosti horizontalne mreže. Kao godišnji trošak te mreže uzima se određeni postotak ukupne vrijednosti.

Prekogranični tok utvrđuje se kao godišnji zbroj vrijednosti koja je manja od ove dvije: (a) ukupnog uvoza ili (b) ukupnog izvoza, u svakom od 8760 sati u godini. (Manja od te dvije vrijednosti predstavlja ostvareni tranzit u svakome satu.) Ako je uvoz jednak izvozu, tranzit je upravo tolik koliki je uvoz odnosno izvoz. Ako je uvoz manji od izvoza, upravo je uvoz jednak tranzitu. Ako je izvoz manji od uvoza, upravo je izvoz jednak tranzitu! Razlika u prvom slučaju određuje neto izvoz iz promatrane zemlje, a u drugom slučaju neto uvoz u promatranu zemlju.

Tranzitni ključ određen je omjerom tako utvrđenog prekograničnog toka i godišnjeg konzuma promatranog regulacijskog područja uvećanog za taj prekogranični tok.

Udio u povlačenju sredstava iz kompenzacijskog fonda za namirenje troškova tranzita pojedine zemlje-članice je umnožak tog tranzitnog ključa i godišnjeg troška horizontalne mreže.

Udio u punjenju tog kompenzacijskog fonda svake zemlje-članice ovisi o zbroju prekograničnih satnih neto tokova za svih 8 760 sati godišnje. Satni neto tokovi predstavljaju apsolutnu vrijednost uvoza minus izvoza, dakle svejedno je da li se u određenom satu uvozi manjak energije ili izvozi višak energije preko granica.

Cijena uvoza/izvoza, dakle cijena prekograničnog neto toka utvrđena je u 2004. i 2005. godini u iznosu od 0,05 eurocenta/kWh, za zemlje-članice CBT/ITC-ustroja, a za uvoz iz zemalja izvan CBT/ITC-ustroja (Ujedinjenog Kraljevstva, Maroka, Hrvatske, Albanije, Bugarske, Rumunjske, Rusije, Ukrajine, Bjelorusije te Srbije i Crne Gore) u iznosu 0,1 eurocent/kWh.

[178] ETSO, European Transmission System Operators

Konačno, udio u punjenju kompenzacijskog fonda za namirenje troškova tranzita pojedine zemlje-članice je umnožak cijene i godišnjeg neto toka za tu zemlju.

Zemlje koje su naglašene izvoznice (npr. Francuska) ili koje su naglašene uvoznice (npr. Italija) više će sredstava uplatiti u kompenzacijski fond nego li što će povući iz njega. Te zemlje svojim naglašenim izvozom ili uvozom opterećuju tranzitom preostale mreže, njihova se energija *razlije* po gotovo cijeloj europskoj mreži, pak je *pravedno* da plate više u kompenzacijski fond. Za zemlju koja bi bila naglašeno tranzitna, dakle da postoji znatniji uvoz i izvoz, ali za koju zemlju je u većini godišnjih sati izvoz minus uvoz približno jednak nula, *pravedno* je da dobije iz tog fonda više nego li u njega uplati.

HEP-Operator prijenosnog sustava je postao pridruženi član ETSO-a krajem svibnja 2007. godine, te pristupio sporazumu o ITC-ustroju za razdoblje lipanj-prosinac 2007. godine, a nastavit će i dalje. Teško je reći hoće li njegove obveze prema kompenzacijskom fondu biti manje od njegovih prava povlačenja sredstava iz tog fonda; velik je tranzit preko njezina teritorija ali velik je i neto uvoz u Hrvatsku (na razini oko 25 posto ukupne dobave električne energije, u proteklih desetak godina).

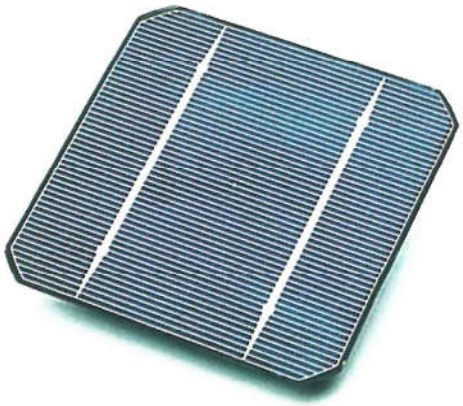
Međunarodni ugovor o Energetskoj zajednici

U listopadu 2005. godine u Ateni je potpisan Međunarodni ugovor o Energetskoj zajednici, kojim je uspostavljen okvir za jedinstveno tržište električne energije i plina koje obuhvaća sve tadašnje zemlje članice Europske Unije te zemlje jugoistočne Europe: Albaniju, Bosnu i Hercegovinu, Bugarsku, Crnu Goru, Hrvatsku, Makedoniju, Rumunjsku, Srbiju te Privremenu upravu Ujedinjenih naroda na Kosovu. Ugovor se odnosi na ukupno 33 europske zemlje. Ugovor je Zakonom ratificiran u Hrvatskom saboru u lipnju 2006. godine (Narodne novine-Međunarodni ugovori br. 6/2006).

Zadaće Energetske zajednice su:

- stvaranje stabilnih uvjeta za privlačenje ulaganja u plinske mreže, proizvodnju električne energije te prijenosne i distribucijske mreže, kako bi sve stranke imale pristup stabilnoj i stalnoj opskrbi energijom
- stvaranje stabilnog regulatornog okvira za trgovinu umreženom energijom (električna energija i prirodni plin)
- povećanje sigurnosti opskrbe poticanjem povezivanja s kaspijskim, sjevernoafričkim i bliskoistočnim rezervama plina i iskorištavanjem vlastitih rezerva prirodnog plina, ugljena i vodnih snaga
- poboljšavanje stanja okoliša i energetske učinkovitosti, poticanje korištenja obnovljivih izvora energije i uvjeta za trgovinu energijom u jedinstvenom prostoru
- razvijanje tržišnog nadmetanja umrežene energije.

U Energetskoj zajednici primjenjuju se pravne stečevine Europske Unije glede energije, okoliša, tržišnog natjecanja i obnovljivih izvora energije, prilagođene posebnim okolnostima u svakoj od ugovornih stranaka. Pojedinačno su popisane direktive i uredbe koje tvore tu pravnu stečevinu, a među najznačajnijima su one navedene u provom poglavlju ove knjige. Dodaju se i općenito primjenjivane norme Europske Unije, kao npr. norme Europskog komiteta za elektrotehničku normizaciju (CENELEC) i Unije za koordinaciju prijenosa električne energije (UCTE).



Slika 19.7. Fotonaponska ćelija

U odnosu na Europsku Uniju, odredbe ugovora o mehanizmu djelovanja tržišta umrežene energije primjenjuju se i na područje Austrije, Grčke, Mađarske, Italije i Slovenije (dakle zemlje članice Europske Unije koje su susjedi zemljama jugoistočne Europe, te time imaju spojne električne vodove odnosno plinovode prema tim zemljama).

Stvaranje jedinstvenog tržišta energije obuhvaća sve zemlje članice Europske Unije i potpisnice ugovora iz jugoistočne Europe. Energetska zajednica može poduzeti mjere za stvaranje jedinstvenog tržišta umreženom energijom, bez unutarnjih granica.

Ugovorom o Energetskoj zajednici uređene su institucije Zajednice: Vijeće ministara, Stalna skupina na visokoj razini, Regulatorni odbor, forumi Zajednice i Tajništvo, te njihove odgovornosti i ovlasti. Sjedište Tajništva nalazi se u Beču. Trajanje ugovora određeno je za razdoblje od 10 godina. Dodajmo još i to da su određeni doprinosi proračunu Zajednice i to: 94,9 posto Europska Unija, a preostatak zemlje jugoistočne Europe, tako da za Hrvatsku iznosi 0,5 posto.

20

Zakonodavno uređenje elektroenergetskog sektora u Hrvatskoj

Hrvatski sabor na svoj je sjednici 3. prosinca 2004. godine donio izmjene i dopune Zakona o energiji, novi Zakon o tržištu električne energije i novi Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti, kojima su izmijenjeni odnosno nanovo doneseni zakoni koji su bili izvorno doneseni u srpnju 2001. godine. Novi zakoni objavljeni su u „Narodnim novinama" broj 177/2004, 15. prosinca 2004. godine. Manje izmjene i dopune svakoga od tih zakona donesene su polovinom 2007. godine i objavljene u „Narodnim novinama" broj 76/2007.

Temeljna polazišta za te zakone su direktive Europske Unije o: (1) zajedničkim pravilima za tržište električnc energije, (2) zajedničkim pravilima tržišta prirodnog plina, (3) promicanju korištenja električnom energijom proizvedenom iz obnovljivih izvora energije na tržištu električne energije, (4) promicanju kogeneracije na tržištu energije, te o(5) promicanju korištenja biogorivom te ostalim obnovljivim gorivima u transportu. Sve te direktive donesene su u razdoblju 2001.-2003. godine, dakle nakon izvornog donošenja zakona u energetskom sektoru Hrvatske (2001)[179].

Zakon o energiji

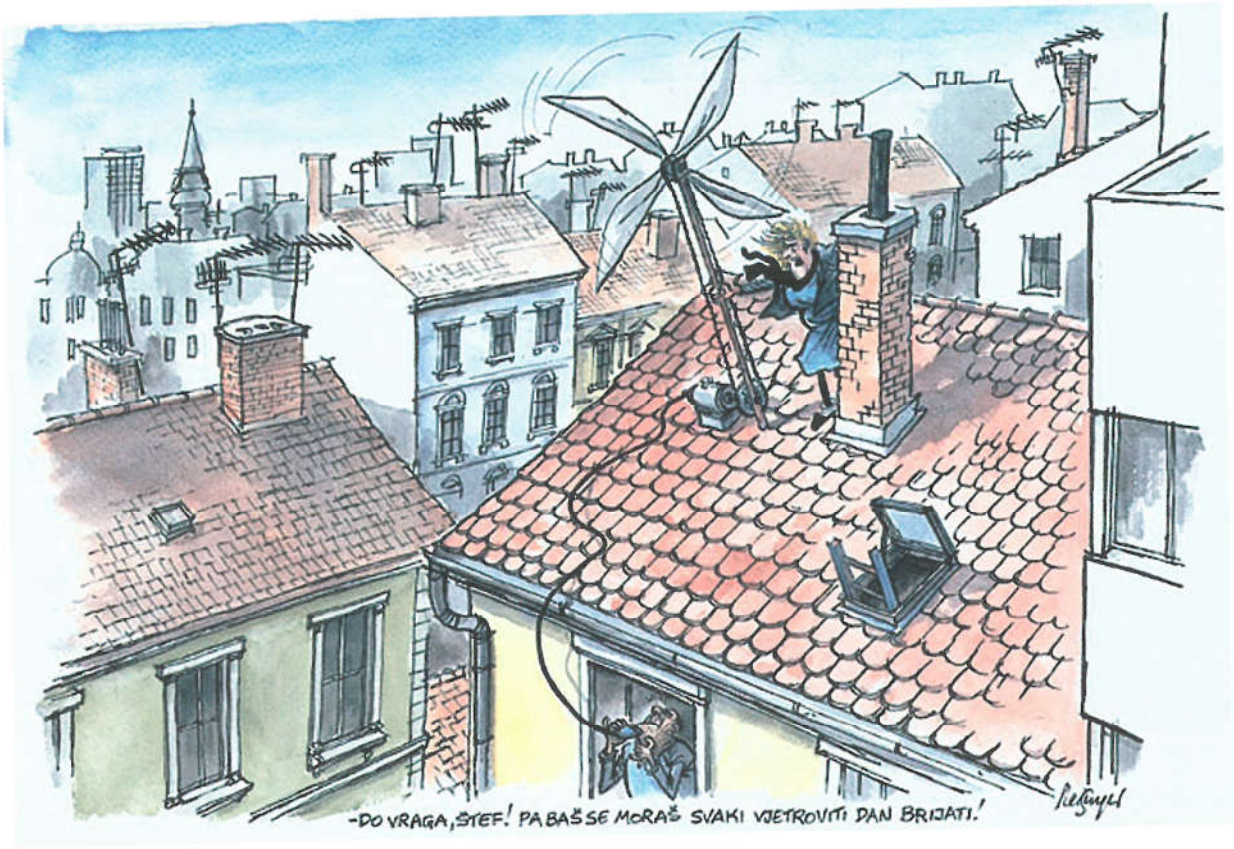
U Zakonu o energiji (NN 177/2004), ponajprije, u popisu energetskih djelatnosti, vođenje elektroenergetskog sustava smatra se sastavnicom energetske djelatnosti prijenosa električne energije. (Takvo rješenje uobičajeno je za veliku većinu europskih zemalja i potpuno je u skladu s direktivom Europske Unije o električnoj energiji.)

Značajnije su uređena područja: obnovljivih izvora energije i kogeneracije, mjerâ očuvanja okoliša, energetske učinkovitosti, javnih usluga u energetskim djelatnostima, te cijena i tarifnih sustava.

Određeni su uvjeti pri kojima *nije* potrebna dozvola za obavljanje energetskih djelatnosti: za proizvodnju električne energije ako se proizvodi isključivo za vlastite potrebe ili za elektrane snage do 1 MW, za proizvodnju topline ako se proizvodi isključivo za vlastite potrebe ili se proizvodi u objektima snage do 0,5 MW, za proizvodnju biogoriva ako se proizvodi isključivo za vlastite potrebe ili se proizvodi energije do 1 TJ godišnje, za uskladištavanje nafte i naftnih derivata isključivo za vlastite potrebe te za trgovine na malo naftnim derivatima. Fizičkoj osobi može se izdati dozvola za proizvodnju biogoriva, transport nafte, derivata i biogoriva cestovnim vozilima, te za trgovanje, posredovanje i zastupanje na tržištu energije. Ostale dozvole izdaju se samo pravnoj osobi.

Jednoznačno su utvrđene regulirane cijene energije i slobodne cijene energije. Obje skupine cijena energije sadrže regulirane tarifne stavke za korištenje mrežama (za prijenos i distribuciju električne energije, prirodnog plina i topline iz centraliziranih toplinskih

[179] Karikature Otta Reisingera, razmještene po ovome poglavlju, preuzete su iz kalendara Energetskog instituta *Hrvoje Požar* za 2002. godinu.



sustava), te naknade za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije, za obavljanje poslova regulacije energetskih djelatnosti, za naslijeđene troškove te za obavljanje poslova organiziranja tržišta električne energije (samo za električnu energiju). Regulirana cijena sadrži i dio cijene za proizvodnju ili dobavu i opskrbu električnom energijom, prirodnim plinom i toplinom za tarifne kupce, a slobodna cijena taj dio prepušta tržišnom natjecanju, odnosno slobodnom ugovaranju između povlaštenih kupaca i opskrbljivača energijom.

Kako se prvi puta u Hrvatskoj javlja naknada za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije, važno je istaći to da je zakonom predviđeno prikupljanje tih naknada kao sastavnog dijela kako regulirane tako i slobodne cijene energije, te – iz tako prikupljenih naknada – otkup proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije po poticajnoj cijeni iz tarifnog sustava kojeg donosi Vlada Republike Hrvatske.

Za sve umrežene oblike energije (električnu energiju, prirodni plin i toplinu iz centraliziranih toplinskih sustava) obvezno je donošenje metodologija za utvrđivanje tarifnih stavaka s njihovim visinama te je utvrđena nadležnost nad donošenjem tih metodologija i visine tarifnih stavaka: Vlada Republike Hrvatske – nadležno Ministarstvo – Agencija za regulaciju energetskih djelatnosti – energetski subjekti. Jednako tako, za te oblike energije postoji obveza donošenja metodologija i visine naknade za priključenje ili povećanje priključne snage kupaca.

Uređeni su i: sadržaj općih uvjeta za opskrbu energijom i mjere zaštite kupaca, obveze energetskih subjekata i kupaca u poštivanju tehničkih propisa i posebnih uvjeta, zabrana priključivanja objekata bez građevinske dozvole na energetske mreže, te viša sila u smislu Zakona o energiji.

Među izmjenama i dopunama Zakona o energiji (NN 76/2007) izdvojimo samo odredbu prema kojoj se distributer kućanskih uređaja (hladnjaci, ledenice, perilice i sušilice rublja, električne pećnice, perilice posuđa, klimatizacijski uređaji, električni izvori svjetla, grijači i spremnici tople vode) obvezuje da vidljivo istakne oznaku energetske učinkovitosti i upozna kupca tih uređaja, prije kupnje, o učinkovitosti.

Zakon o tržištu električne energije

U Zakonu o tržištu električne energije (NN 177/2004) ponajprije su definirane tržišne djelatnosti: proizvodnja električne energije i opskrba električnom energijom za povlaštene kupce te trgovanje, posredovanje i zastupanje na tržištu energijom, a regulirane djelatnosti su proizvodnja i opskrba za tarifne kupce, prijenos i distribucija električne energije za sve kupce i organiziranje tržišta električne energije za sve kupce.

Uređeno je stjecanje statusa povlaštenog proizvođača: to su elektrane na obnovljive izvore energije i za istodobnu proizvodnju električne energije i topline (kogeneracija) s tim da pravo na poticajnu cijenu otkupa energije imaju svi ti povlašteni proizvođači osim hidroelektrana snage veće od 10 MW (no i one su povlašteni proizvođači u smislu prioritetnog preuzimanja u njima proizvedene električne energije).

Uređen je postupak izdavanja odobrenja za izgradnju novih elektrana, ali je – u slučaju da nema dovoljno zainteresiranih za izgradnju prema postupku odobrenja ili ih uopće nema a potencijalno je ugrožena sigurnost opskrbe električnom energijom – predviđen i postupak javnog natječaja te donošenja odluke o izboru ponuditelja za izgradnju novih elektrana (nadležnost Vlade Republike Hrvatske: za elektrane snage preko 50 MW, a Agencije za regulaciju energetskih djelatnosti za elektrane snage do 50 MW).

Uveden je operator prijenosnog sustava nadležan za razvoj, izgradnju, pogon i održavanje prijenosne električne mreže te za vođenje elektroenergetskog sustava, te operator distribucijskog sustava odgovoran za razvoj, izgradnju, pogon i održavanje distrubucijske električne mreže te za vođenje distribucijskog sustava.

Za donošenje trogodišnjih planova razvoja i izgradnje ovlašteni su operatori prijenosnog i distribucijskog sustava, ali uz prethodnu suglasnost Agencije za regulaciju energetskih djelatnosti. Tarifne stavke za prijenos odnosno distribuciju električne energije sadrže i dio koji se odnosi na ostvarenje tih planova razvoja i izgradnje.

Detaljno je uređena neovisnost operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava u vertikalno integriranom poduzeću od djelatnosti koje nisu mrežne djelatnosti (proizvodnja i opskrba električnom energijom, ostale djelatnosti) i njihova međusobna neovisnost. Uređene su nadležnosti i odgovornosti operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava, gdje se osobito ističe zabrana trgovanja električnom energijom operatoru prijenosnog sustava, pri čemu se dobava energije za usluge sustava i pokriće gubitaka u mreži ne smatra trgovanjem, kao i obveza preuzimanja električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije.

Utvrđena je neovisnost opskrbe električnom energijom od djelatnosti prijenosa i distribucije električne energije, obveza minimalnog udjela električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije za sve opskrbljivače, obveze opskrbljivača o javnom informiranju kupaca, te zaštita kupaca iz kategorije kućanstvo i mali kupac, uz definiranje obveze javne usluge opskrbe.

Zakonom se oblikuje neovisni operator tržišta čija je uloga organiziranje tržišta električnom energijom prema pravilima djelovanja tržišta, koja donosi uz prethodno mišljenje operatora prijenosnog i distribucijskog sustava, uz osobitu njegovu ulogu oko prikupljanja i raspodjele sredstava naknade za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije.

Uspostavlja se nova granica godišnje potrošnje električne energije za stjecanje statusa povlaštenog kupca (20 GWh) i dinamika otvaranja tržišta do potpune otvorenosti: 1. srpnja 2006. godine za kupce s godišnjom potrošnjom većom od 9 GWh, 1. srpnja 2007. godine za sve kupce iz kategorije poduzetnici i 1. srpnja 2008. godine za sve kupce.

U prijelaznim i završnim odredbama ističu se: obveza Hrvatske elektroprivrede za obavljanje javne usluge i za uspostavu novog ustroja vertikalno integriranog poduzeća, obveza razdvajanja opskrbe i distribucije do 1. srpnja 2007. godine, obveza izdvajanja operatora tržišta iz Hrvatske elektroprivrede i obveza Hrvatske elektroprivrede za javnu uslugu opskrbe kupaca koji ostanu bez opskrbljivača ili ne žele steći status povlaštenog kupca.

Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti

Radi provođenja sustava reguliranog djelovanja energetskih subjekata, posebice onih koje se obavljaju kao javne usluge i u javnom interesu, te uspostave i uređenja tržišta energije, Zakonom o regulaciji energetskih djelatnosti (NN 177/2004) osniva se samostalna, neovisna i neprofitna javna ustanova pod nazivom Hrvatska energetska regulatorna agencija – HERA. Osnivač Agencije je Republika Hrvatska, osnivačka prava ostvaruje Vlada Republike Hrvatske, a Agencija za svoj rad odgovara Saboru Republike Hrvatske.

Zakonom se uređuje unutarnje ustrojstvo Agencije i precizno se određuju njezini poslovi i aktivnosti kao djelatnosti od posebnog državnog interesa, primjerice: izdavanje i oduzimanje dozvola za obavljanje energetskih djelatnosti, donošenje metodologija i nadzor nad primjenom tarifnih sustava, te nadzor nad radom energetskih subjekata.

Dužnost je Agencije da primjenjuje mjere za zaštitu potrošača i mjere za zaštitu tržišnog natjecanja.

Proračun Agencije se temelji na naknadi za regulaciju energetskih djelatnosti sadržanoj u cijenama svih oblika energije, o čijoj visini odlučuje Vlada Republike Hrvatske.

Agencija Hrvatskom saboru podnosi godišnje izvješće o analizi energetskog sektora i razvoju energetskih tržišta i javnih usluga. Energetski subjekti su pod prijetnjom sankcije dužni dostavljati podatke koje od njih zatraži Agencija.

Agencija je pravna sljednica Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti. Svi opći i pojedinačni dotadašnji akti Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti te sva njegova rješenja i dozvole vrijede za vrijeme na koje su izdana.

Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom

Najvažniji podzakonski akt, a donesen je u veljači 2006. godine, su Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom (NN 14/06).

Općim uvjetima za opskrbu električnom energijom uređuju se: postupak izdavanja prethodne elektroenergetske suglasnosti i stvaranja uvjeta za priključenje na elektroenergetsku mrežu; postupak izdavanja elektroenergetske suglasnosti; uvjeti za priključenje, opskrbu

električnom energijom i korištenje mrežom; kvaliteta opskrbe električnom energijom; međusobni ugovorni odnosi između energetskih subjekata i korisnika mreže; prava i dužnosti energetskih subjekata i korisnika mreže; uvjeti mjerenja, obračuna i naplate isporučene električne energije; uvjeti za primjenu postupaka ograničenja ili obustave isporuke električne energije; postupci utvrđivanja i obračuna neovlaštene potrošnje električne energije.

Elektroenergetska suglasnost je isprava kojom operator prijenosnog sustava ili operator distribucijskog sustava utvrđuje tehničke parametre priključenja i korištenja mrežom. *Korisnici elektroenergetske mreže* su sve fizičke i pravne osobe koje isporučuju električnu energiju u prijenosnu ili distribucijsku mrežu (proizvođači) ili iz nje preuzimaju električnu energiju (kupci) ili koje koriste mrežu za protok električne energije (trgovci), a *korištenje mrežom* je usluga operatora prijenosnog sustava (ovdje nazvanog: OPS) i/ili operatora distribucijskog sustava (ovdje nazvanog: ODS) korisniku mreže kojom se omogućuje protok električne energije po prijenosnoj i/ili distribucijskoj mreži, te korištenje uslugama sustava.

Prethodna elektroenergetska suglasnost izdaje se radi sagledavanja mogućnosti priključenja, određivanja tehničkih, ekonomskih i ostalih uvjeta priključenja građevine na mrežu i izgradnje građevine te uvjeta korištenja mrežom. Izdaje se i na zahtjev postojećeg kupca ili proizvođača u slučaju: povećanja priključne snage; promjene na priključku, u kategoriji potrošnje ili mjerne opreme; spajanja više obračunskih mjernih mjesta u jedno na istoj lokaciji; dijeljenja jednog obračunskog mjernog mjesta na veći broj na istoj lokaciji i priključenja novih ili povećanja snage postojećih vlastitih izvora napajanja. Na temelju prethodne elektroenergetske suglasnosti ne može se priključiti građevina niti povećati priključna snaga. OPS ili ODS može odbiti zahtjev za izdavanje prethodne elektroenergetske suglasnosti u slučaju ograničenih tehničkih ili pogonskih mogućnosti u mreži.

Elektroenergetsku suglasnost izdaje OPS ili ODS za svako obračunsko mjerno mjesto vlasniku građevine, odnosno pravnoj ili fizičkoj osobi koja ima neko drugo stvarno pravo na građevini. Na jednom obračunskom mjernom mjestu može biti priključen samo jedan kupac, kao vlasnik građevine ili dijela građevine. Troškove izdavanja elektroenergetske suglasnosti plaća podnositelj zahtjeva. Kupac ili proizvođač dužan je podnijeti zahtjev za izdavanje elektroenergetske suglasnosti i zahtjev za priključenje.

Naknadu za priključenje na mrežu i za povećanje priključne snage plaća podnositelj zahtjeva[180], a investitor priključka je OPS ili ODS. Priključak se izvodi u skladu s prethodnom elektroenergetskom suglasnošću, ugovorom o priključenju, tehničkim uvjetima za priključenje koje utvrđuje OPS ili ODS, tehničkim propisima i normama. Priključenjem građevine kupca ili proizvođača na mrežu, priključak postaje sastavni dio mreže.

Priključnu snagu određuje u prethodnoj suglasnosti ili elektroenergetskoj suglasnosti OPS ili ODS, temeljem zahtjeva kupca ili proizvođača i tehničkih i pogonskih uvjeta u mreži, a korištenje se uvjetuje ugradnjom uređaja za mjerenje snage kod priključne snage iznad 30 kW. Odobrena priključna snaga vrijedi samo za obračunsko mjerno mjesto definirano u pripadnoj elektroenergetskoj suglasnosti i neprenosiva je na drugu lokaciju. OPS ili

[180] Ta je naknada za priključenje na niskom, srednjem i visokom naponu jednaka i iznosi (od 10. 5. 2006.), bez PDV, 1 350 kn/kW, na čitavom području Hrvatske, osim na području Grada Zagreba, gdje iznosi 1 700 kn/kW. Najmanja snaga koja se može zakupiti za kupce na niskonaponskoj mreži je 4,4 kW (kod jednofaznog priključenja) odnosno 11 kW (kod trofaznog priključenja). Ti se iznosi naknade primjenjuju i pri povećanju priključne snage postojećih kupaca. Ukoliko stvarni troškovi priključenja (uključujući i udjel tog kupca u možebitno potrebnim pojačanjima u mreži) premašuju iznos naknade za više od 20 posto, naknada za priključenje određuje se prema stvarnim troškovima priključenja. Opširnije u Pravilniku o naknadi za priključenje (NN 28/2006) te u Odluci o iznosu naknade za priključenje (NN 52/2006).

ODS dužan je: izraditi i ishoditi potrebnu dokumentaciju za priključenje; ostvariti tehničke uvjete u mreži (dakle, ako je potrebno, pojačati mrežu *dublje* u mreži od samog priključka); izgraditi priključak; opremiti mjerno mjesto kupca, provesti potrebna ispitivanja, izvršiti priključenje; održavati priključak o svome trošku; po potrebi zamijeniti priključak o svome trošku, osim u slučaju kada zamjenu zahtijeva ili uzrokuje kupac ili proizvođač.

Ako je kupac ili proizvođač u obračunskom razdoblju *koristio snagu veću od priključne snage*, OPS ili ODS dužan je u pisanom obliku pozvati kupca ili proizvođača da svede korištenje snagom u granice priključne snage ili podnese zahtjev za izdavanje prethodne elektroenergetske suglasnosti. Ako kupac ili proizvođač ni nakon pisane obavijesti ne svede korištenje snagom u granice priključne snage, ili ne podnese zahtjev za izdavanje prethodne elektroenergetske suglasnosti, OPS ili ODS dužan je ograničiti preuzimanje snage na bilo koji tehnički moguć način, a kao krajnju mjeru primijeniti mjeru obustave isporuke/preuzimanja električne energije te o tome obavijestiti opskrbljivača.

Svaki kupac, bez obzira na potrošnju, obvezno mora zadovoljiti uvjet ograničenja ili mjerenja vršnog opterećenja iz elektroenergetske suglasnosti. Za kupce, čija je priključna snaga manja od 30 kW, ograničenje se provodi ugradnjom ograničavala strujnog opterećenja – limitatora[181].

OPS ili ODS dužan je temeljem elektroenergetske suglasnosti, te zaključenih ugovora o opskrbi i ugovora o korištenju mrežom, *priključiti građevinu kupca ili proizvođača na mrežu.*

[181] Kako živjeti uz limitator? Nešto neudobnije no bez njega, ali brzo se naviknemo da istodobno ne smijemo uključiti grijaću ploču štednjaka, pećnicu i bojler u kupaonici ili bojler u kupaonici istodobno s perilicom rublja. Prevarimo li se ipak, limitator će nas odvojiti od mreže; nakon isključenja krivca, ponovno ćemo ručno uklopiti limitator, a vodovi, transformatori i generatori u našem sustavu bit će osigurani od toga da naše domaćinstvo ne potegne više nego što je određeno limitatorom. Gledajući neki stari poslijeratni film, iza leđa Jeana Gabina – uz brojilo i osigurače na zidu realističkog interijera, ovaj autor opazio je i limitator. Dakle, u Francuskoj se limitator koristi barem pedeset godina.

Odnosi između OPS-a ili ODS-a, odnosno opskrbljivača, i kupca ili proizvođača uređuju se sljedećim ugovorima:

- ugovor o priključenju;
- ugovor o opskrbi;
- ugovor o opskrbi i korištenju mrežom i
- ugovor o korištenju mrežom.

Ugovor o priključenju zaključuju OPS ili ODS i kupac ili proizvođač u postupku priključenja na mrežu ili povećanja priključne snage, temeljem prethodne elektroenergetske suglasnosti. Ugovorom se uređuju uvjeti priključenja na prijenosnu mrežu ili distribucijsku mrežu te sve pojedinosti izgradnje priključka, te se utvrđuje iznos naknade za priključenje. Temeljem prethodne elektroenergetske suglasnosti, ugovorne strane mogu zaključiti predugovor o priključenju kojim se uređuju međusobni odnosi na pripremi stvaranja uvjeta u mreži i priključka za priključenje građevine do uključivo građevinske dozvole. OPS ili ODS dužan je izgraditi priključak i priključiti građevinu kupca ili proizvođača na mrežu u roku iz ugovora o priključenju.

Naknada za priključenje plaća se: 50 posto u roku od osam dana od dana zaključenja ugovora o priključenju i obročno, ovisno o opsegu i dinamici izgradnje priključka i stvaranja tehničkih uvjeta u mreži kod priključenja građevine kupca ili proizvođača na niskonaponsku mrežu. Naknada se plaća obročno, ovisno o opsegu i dinamici izgradnje priključka i stvaranja tehničkih uvjeta u mreži kod priključenja građevine kupca ili proizvođača na srednjonaponsku mrežu ili visokonaponsku mrežu.

Ugovor o opskrbi tarifnog kupca zaključuju opskrbljivač tarifnog kupca i tarifni kupac. Ugovor osobito sadrži podatke o kategoriji potrošnje, odnosno tarifnom modelu. Ugovor se zaključuje u pravilu na neodređeno vrijeme. Ugovor se zaključuje za svako obračunsko mjerno mjesto, a može se zaključiti za više ili za sva obračunska mjerna mjesta kupca. Ako tarifni kupac ima s opskrbljivačem tarifnih kupaca zaključeno više ugovora o opskrbi, pravo na isporuku električne energije na obračunskom mjernom mjestu za koje je zaključen ugovor ostvaruje nakon podmirenja ukupnih dospjelih novčanih obveza za isporučenu električnu energiju na svim drugim obračunskim mjernim mjestima.

Ugovor o opskrbi povlaštenog kupca zaključuju opskrbljivač povlaštenog kupca i povlašteni kupac. Ugovorom ugovorne strane slobodno ugovaraju količine i cijene električne energije. Ugovor se zaključuje na određeno vrijeme, uz otkazni rok od najmanje mjesec dana. Ugovor se zaključuje za svako obračunsko mjerno mjesto, a može se zaključiti za više ili za sva obračunska mjerna mjesta kupca. Povlašteni kupac na jednom obračunskom mjernom mjestu može zaključiti ugovor samo s jednim opskrbljivačem.

Ugovor o korištenju mrežom kupca, zaključuju OPS ili ODS i kupac (tarifni ili povlašteni). Ugovor se zaključuje na neodređeno vrijeme za svako obračunsko mjerno mjesto, a može se zaključiti za više ili za sva obračunska mjerna mjesta kupca. Uvjet za zaključenje ugovora je postojanje važećeg ugovora o opskrbi. Ima li kupac zaključeno više ugovora o korištenju mrežom s OPS-om ili ODS-om, pravo na korištenje mrežom na obračunskom mjernom mjestu za koje je zaključen ugovor ostvaruje nakon podmirenja ukupnih dospjelih novčanih obveza za korištenje mrežom na svim drugim obračunskim mjernim mjestima. Nakon uplate cjelokupnog iznosa financijskih obveza i izvršenja u cijelosti svih obveza iz ugovora o priključenju, izdane elektroenergetske suglasnosti te zaključenog ugovora o opskrbi i ugovora o korištenju mrežom, operator prijenosnog sustava ili operator distribucijskog sustava dužan je staviti priključak u funkciju u skladu s rokom iz ugovora o priključenju.

Ugovor o korištenju mrežom proizvođača, zaključuju na neodređeno vrijeme OPS ili ODS i proizvođač. Ugovor sadrži među ostalim i način obračuna odstupanja od ugovorenih energetskih veličina. Nakon uplate cjelokupnog iznosa financijskih obveza i izvršenja u cijelosti svih obveza iz ugovora o priključenju, izdane elektroenergetske suglasnosti te zaključenog ugovora o korištenju mrežom, operator prijenosnog sustava ili operator distribucijskog sustava dužan je staviti priključak u funkciju u skladu s rokom iz ugovora o priključenju.

Tarifni kupac i opskrbljivač tarifnih kupaca mogu zaključiti (jedinstveni) *ugovor o opskrbi i korištenju mrežom tarifnog kupca.* Ugovor tada sadrži sve bitne sastojke iz ugovora o opskrbi i ugovora o korištenju mrežom.

Tarifni kupac koji je stekao status povlaštenog kupca zaključuje ugovor o opskrbi s opskrbljivačem povlaštenog kupca i ugovor o korištenju mrežom s OPS-om ili ODS-om, u roku od šest mjeseci od dana stjecanja statusa.

Povlašteni kupac *ima pravo slobodno izabrati*, odnosno promijeniti opskrbljivača jednom godišnje ili prema pravilima tržišta. Povlašteni kupac može promijeniti opskrbljivača samo s danom očitanja brojila prema obračunskom razdoblju koje se smatra standardnim. Novi opskrbljivač dužan je ugovor o opskrbi, osim komercijalnih podataka, dostaviti OPS-u ili ODS-u najkasnije u roku od 20 dana prije početka primjene. OPS ili ODS dužan je u daljnjem roku od 10 dana dati pisanu suglasnost o usklađenosti toga ugovora s ugovorom o korištenju mrežom ili u istom roku obavijestiti podnositelja zahtjeva o potrebnim promjenama. Nakon potvrđivanja usklađenosti novoga ugovora o opskrbi s ugovorom o korištenju mrežom, OPS ili ODS dužan je obavijestiti prethodnog opskrbljivača o zaključivanju novog ugovora, očitati brojila na obračunskom mjernom mjestu i podatke dostaviti prethodnom i novom opskrbljivaču te kupcu i operatoru tržišta.

U slučaju da je tarifni kupac iz kategorije kućanstvo ili mali kupac stekao status povlaštenog kupca, a *ne želi koristiti pravo povlaštenog kupca*, ugovara opskrbu električnom energijom s nositeljem obveze javne usluge opskrbe električnom energijom (to je Hrvatska elektroprivreda).

U slučaju da je ugovor o opskrbi povlaštenog kupca prestao vrijediti zbog *prestanka rada opskrbljivača*, povlašteni kupac ima pravo na opskrbu električnom energijom prema tarifnom sustavu opskrbe električnom energijom, s iznimkom povlaštenih kupaca, putem nositelja obveze javne usluge (Hrvatska elektroprivreda) dok ne pronađe novog opskrbljivača. Rok za pronalaženje novoga opskrbljivača je 30 dana od dana prestanka rada opskrbljivača. Ako povlašteni kupac nakon isteka roka ne zaključi novi ugovor o opskrbi s novim opskrbljivačem, može zaključiti taj ugovor s nositeljem obveze javne usluge opskrbe električnom energijom, u kojem slučaju se za takvu opskrbu električnom energijom primjenjuje cijena električne energije prema pravilima za zaračunavanje naknade koje plaćaju korisnici mreže za elektroenergetsku neravnotežu. Ako povlašteni kupac ne zaključi novi ugovor o opskrbi s nositeljem obveze javne usluge opskrbe električnom energijom, OPS ili ODS ima pravo isključiti ga s mreže. (Vrijedi jednako i u slučaju prestanka ugovora o opskrbi povlaštenog kupca.)

OPS i ODS *dužni su osigurati standardnu razinu kvalitete* opskrbe električnom energijom na obračunskom mjernom mjestu korisnika mreže, sukladno odredbama Općih uvjeta, mrežnih pravila elektroenergetskog sustava i uvjetima koje odobri Agencija prilikom donošenja planova razvoja i izgradnje prijenosne i distribucijske mreže. Standardna razina kvalitete opskrbe električnom energijom iskazuje se pokazateljima kvalitete napona, pokazateljima pouzdanosti napajanja električnom energijom i ostalim pokazateljima kvalitete usluge opskrbe. Korisnik

mreže i operator prijenosnog sustava ili operator distribucijskog sustava mogu ugovoriti i višu razinu kvalitete opskrbe električnom energijom u odnosu na standardnu. OPS ili ODS dužan je korisniku mreže na pisani zahtjev podnijeti pisano izvješće o razini kvalitete opskrbe električnom energijom na njegovom obračunskom mjernom mjestu (od 1. siječnja 2009).

Za utvrđivanje pokazatelja standardne razine *kvalitete napona* primjenjuju se odredbe hrvatskih propisa, norma i mrežnih pravila elektroenergetskog sustava. OPS i ODS obvezuju se na primjenu odredaba o odstupanjima napona u niskonaponskoj mreži, sukladno Pravilniku o normiranim naponima za distribucijske niskonaponske električne mreže i električnu opremu. U pojedinačnim slučajevima postojećih korisnika mreže u udaljenim područjima s dugačkim vodovima, odstupanja pokazatelja kvalitete napona mogu biti veća od propisanih, dovođenje pokazatelja kvalitete napona na propisanu razinu rješava se sukladno rokovima koje odobri Agencija za regulaciju energetskih djelatnosti, ukoliko OPS ili ODS nije u mogućnosti riješiti taj problem u trogodišnjem planu razvoja i izgradnje.

Pokazatelji *pouzdanosti napajanja* su ukupni broj svih prekida i vrijeme trajanja svih prekida na jednom obračunskom mjernom mjestu u jednoj kalendarskoj godini. Nakon uvođenja sustava za prikupljanje, obradu i pohranu podataka o poremećajima utvrdit će se (do 1. siječnja 2008):

– dopušteni ukupni broj prekida napajanja;
– dopušteno ukupno vrijeme trajanja prekida napajanja.

Odredbe odnose se samo na prekide koji traju dulje od tri minute. Dopušteni ukupni broj prekida i vrijeme trajanja prekida ne odnose se na prekide koji su posljedica djelovanja više sile, neispravnosti i kvarova uzrokovanih od strane korisnika mreže i trećih osoba, *radova održavanja, rekonstrukcije, drugih radova nužnih za dogradnju postojeće mreže ili*

priključenje novih korisnika, te prorade podfrekvencijske zaštite. Radovi održavanja, rekonstrukcije, dogradnje mreže i priključenje novih kupaca ili proizvođača na mrežu trebaju biti planirani i izvedeni tako da kumulativni iznos broja prekida napajanja i vrijeme trajanja prekida u zadnjih pet godina ne prelazi pet godišnjih dopuštenih vrijednosti. U prekide ne uračunavaju se prekidi koji su posljedica postupaka radi utvrđivanja dijela mreže u kvaru. Za prekid u mreži, koja nije pod sustavom izravnog tehničkog nadzora operatora, korisnik mreže dužan je odmah po nastanku prekida izvijestiti OPS ili ODS. Vrijeme trajanja prekida napajanja u tom slučaju računa se od trenutka prijave prekida napajanja.

OPS i ODS *ne može jamčiti napajanje bez prekida* zbog neispravnosti i kvarova, planiranih radova te ostalih okolnosti na koje ne može utjecati. OPS i ODS dužan je poduzeti odgovarajuće mjere radi ponovne uspostave napajanja u najkraćem mogućem roku, ali nije odgovoran za bilo kakvu posrednu ili neposrednu štetu ili gubitke koji nastanu kod kupca[182].

Kupac/proizvođač, odnosno korisnik mreže *odgovoran je* za sigurnost, pogon i tehničku ispravnost svojih elektroenergetskih objekata i instalacija. Ako OPS ili ODS utvrdi da su objekti i instalacije kupca/proizvođača neispravni, a njihovo bi korištenje moglo dovesti do opasnosti za život i zdravlje ljudi ili oštećenja bilo čije imovine, dužan je pisanim putem obavijestiti kupca/proizvođača o svom nalazu i dati mu primjeren rok za otklanjanje neispravnosti te o tome obavijestiti opskrbljivača. Ako kupac/proizvođač u ostavljenom roku ne dovede svoje objekte i instalacije u ispravno stanje, OPS ili ODS privremeno će mu obustaviti isporuku električne energije i o tome obavijestiti opskrbljivača i elektroenergetskog inspektora.

Objekti i instalacije kupca/proizvođača trebaju biti izvedeni, održavani i vođeni u pogonu tako da njihov *povratni utjecaj na mrežu*, odnosno poremećaji i smetnje budu u granicama koje ne ugrožavaju propisanu razinu kvalitete opskrbe električnom energijom.

Kupac/proizvođač odgovoran je za štetu drugim kupcima/proizvođačima i OPS-u i ODS-u koja je nastala zbog poremećaja i smetnji tijekom pogona njegovih objekta i instalacija. Ukoliko kupac/proizvođač ne provede zatražene mjere i ne svede poremećaje i smetnje u granice određene u elektroenergetskoj suglasnosti ili ugovoru o korištenju mrežom, OPS ili ODS može kao krajnju mjeru primijeniti i mjeru obustave isporuke električne energije. Kupac ili proizvođač dužan je poduzeti sve potrebne mjere da faktor snage bude u granicama određenim u elektroenergetskoj suglasnosti ili ugovoru o korištenju mrežom.

Korisnicima mreže zabranjeno je koristiti mrežu za prijenos informacija i signala bez posebnog ugovora s OPS-om ili ODS-om.

Kupac/proizvođač nema pravo omogućiti drugoj osobi priključenje na svoje objekte i instalacije i korištenje električnom energijom preko svog obračunskog mjernog mjesta.

Korisnik mreže i opskrbljivač imaju pravo prigovora na rad OPS-a ili ODS-a u roku od 30 dana od dana nastanka razloga. Korisnik mreže ili opskrbljivač podnosi prigovor OPS-u ili ODS-u. OPS ili ODS dužan je donijeti odluku o prigovoru korisnika mreže ili opskrbljivača u roku od 30 dana od dana primitka. Ako OPS ili ODS ne udovolji prigovoru kupca ili ne donese odluku o prigovoru u roku, dužan je predmet u daljnjem roku od osam dana ustupiti na rješavanje Agenciji za regulaciju energetskih djelatnosti. Odluka Agencije je konačna. Kupac ima isto pravo prigovora na rad opskrbljivača tarifnih kupaca.

Električna energija mjeri se mjerilima (brojilima) na *obračunskom mjernom mjestu* koje je na mjestu preuzimanja ili mjestu predaje električne energije. Svako obračunsko

[182] Kupac koji bi bio objektivno izložen šteti u slučaju prekida napajanja, mora sâm osigurati vlastiti izvor napajanja u nuždi (dizelski agregat, sustav besprekidog napajanja oslonjen na akumulatorsku bateriju i sl.); nema drugog rješenja!

mjerno mjesto opremljeno je mjernom opremom određenom elektroenergetskom suglasnošću. OPS ili ODS za svako obračunsko mjerno mjesto određuje tehničke značajke mjerila i ostale mjerne opreme, mjesto i način ugradnje, a sve sukladno Zakonu o mjeriteljstvu, pravilnicima o mjeriteljskim zahtjevima i mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava. Mjerna oprema na obračunskom mjernom mjestu kupca vlasništvo je OPS-a ili ODS-a i on ju je dužan održavati i ovjeravati o svom trošku. Mjerna oprema na obračunskom mjernom mjestu proizvođača vlasništvo je proizvođača a održava je i ovjerava OPS ili ODS o trošku proizvođača.

Brojila za tarifne kupce i za povlaštene kupce *očitavaju* se prema obračunskom razdoblju mjesečno unutar razdoblja od 30±3 dana ili šestomjesečno unutar razdoblja od 180±15 dana, ovisno o kategoriji potrošnje, što se smatra standardnom uslugom. Brojila za proizvođače očitavaju se mjesečno unutar razdoblja od 30±3 dana, što se smatra standardnom uslugom očitanja. Povlašteni kupac/proizvođač može ugovoriti i drukčije razdoblje očitanja, što se posebno plaća. OPS ili ODS dužan je uspostaviti sustav prikupljanja, obrade i pohrane mjernih podataka. OPS ili ODS dužan je očitati brojila i na poseban zahtjev opskrbljivača povlaštenog kupca ili korisnika mreže, o njihovom trošku. Očitanja brojila, OPS ili ODS dužan je dostaviti opskrbljivaču s kojim kupac ima zaključen ugovor o opskrbi, u roku i na način utvrđen ugovorom o međusobnim odnosima između opskrbljivača i OPS-a ili ODS-a.

Ispostava računa za utrošenu električnu energiju: tarifnim kupcima ispostavlja opskrbljivač jedan račun koji sadrži:

- dio koji proizlazi iz cijene prema tarifnim stavkama za električnu energiju;
- dio koji proizlazi iz cijene prema tarifnim stavkama za korištenje mrežama;
- dio koji proizlazi iz pojedinih naknada koje su određene posebnim zakonima.

Povlaštenim kupcima opskrbljivač ispostavlja dva računa:

- prvi, temeljem ugovora o opskrbi, koji sadrži osobito dio koji proizlazi iz cijene koji se slobodno ugovara i
- drugi, temeljem ugovora o korištenju mrežom, koji sadrži osobito dio koji proizlazi iz tarifnih stavaka za korištenje mrežom, te pojedinih naknada koje su određene posebnim zakonima.

Neovlaštenim korištenjem električnom energijom razumijevaju se slučajevi:

- kupac troši električnu energiju bez mjerne opreme ili mimo nje ili kada je ona onesposobljena za ispravan rad;
- kada se fizička ili pravna osoba samovoljno priključi na mrežu;
- kupac daje netočne podatke za određivanje kategorije potrošnje;
- kupac troši električnu energiju preko mjerila ili ostale mjerne opreme s kojih je skinuta ili oštećena plomba.

Za neovlašteno korištenje električnom energijom OPS ili ODS mora obračunati naknadu za takvu potrošnju koja sadrži:

- naknadu za električnu energiju;
- naknadu za snagu;
- ostale troškove prouzročene neovlaštenim korištenjem električnom energijom.

OPS ili ODS može korisnicima mreže *privremeno obustaviti isporuku električne energije* radi sljedećih planiranih radova:

– pregled, ispitivanje ili kontrolno mjerenje;
– redovno ili izvanredno održavanje;
– remont;
– priključenje novih kupaca ili proizvođača;
– dogradnja ili rekonstrukcija mreže.

OPS ili ODS dužan je o planiranim prekidima, koji su duži od tri minute, pravodobno obavijestiti kupca ili proizvođača ili opskrbljivača o planiranom trajanju prekida napajanja električnom energijom, i to: za kupce kategorije visoki napon, srednji napon i kategorije niski napon – poduzetništvo preko 30 kW, izravnim načinom (telefonom, telefaksom ili elektroničkom poštom) najmanje 48 sati prije prekida. Za ostale kategorije kupaca na niskom naponu ta se obveza provodi putem sredstava javnog priopćavanja najmanje 24 sata prije prekida. Ukoliko se to ne učini, takav prekid se smatra nenajavljenim prekidom, koji se uračunava u prekide napajanja za koje je odgovoran OPS ili ODS.

U slučaju *prekida isporuke zbog neispravnosti i kvarova na mreži* ili više sile, kada se procjenjuje trajanje prekida duže od dva sata, OPS ili ODS dužan je putem sredstava javnog priopćavanja obavijestiti kupce o procijenjenom trajanju prekida isporuke.

OPS ili ODS ima pravo obustaviti isporuku kupcu *nakon prethodne obavijesti*:

– ako kupac/proizvođač ne svede korištenje snagom u granice odobrene priključne snage,
– u nizu samih po sebi razumljivih okolnosti.

OPS ili ODS ima pravo obustaviti isporuku kupcu *bez prethodne obavijesti*:
- ako su izravno ugroženi životi ili zdravlje ljudi, u okolini jedinica mreže koje zahtijevaju isključenje;
- u slučaju pojave požara, poplave, potresa i drugih događaja u okolini jedinica mreže koje zahtijevaju isključenje;
- izvanrednog pogona mreže u kojem prijeti opasnost od raspada dijelova elektroenergetskog sustava;
- u svim slučajevima neovlaštenog korištenja električnom energijom;
- u slučaju onemogućavanja postupka kontrole i/ili utvrđivanja neovlaštenog korištenja.

OPS ili ODS ne odgovara za štetu kupcu koja bi nastala zbog takve obustave isporuke. Te obustave ne uračunavaju se u prekide napajanja za koje je odgovoran OPS ili ODS.

U dijelu mreže OPS-a ili ODS-a, gdje je ugovorena razina kvalitete opskrbe viša u odnosu na standardnu, OPS ili ODS će zbog neispunjavanja obveza glede kvalitete opskrbe, ako je do toga došlo njegovom krivnjom, *nadoknaditi kupcu nastalu štetu*. Kupac ima pravo na naknadu štete ako mu je bez opravdanog razloga obustavljena opskrba električnom energijom. Kupac je dužan o šteti podnijeti pisani zahtjev za naknadu štete u kojem je dužan opisati nastalu štetu. U slučaju oštećenja elektroenergetskih objekata i instalacija kupca uzrokovanih namjerom ili grubom nepažnjom OPS-a ili ODS-a, taj operator dužan je nadoknaditi štetu kupcu. Kupac ima pravo na naknadu štete od OPS-a ili ODS-a i ako pretrpi štetu na svojim elektroenergetskim objektima i instalacijama uzrokovanu nedopuštenim utjecajima proizvođača i/ili drugog kupca i/ili treće osobe, a OPS ili ODS ima pravo na naknadu štete od proizvođača i/ili drugog kupca i/ili treće osobe koja je uzrokovala štetu.

Ako niti OPS niti ODS niti kupac *nemaju elektroenergetsku suglasnost* ni podatak o odobrenoj priključnoj snazi, priključna snaga se odobrava:
- za kupce kategorije potrošnje na niskom naponu, kućanstva – prema glavnom osiguraču priključka, ali najviše 35 A kod jednofaznog ili 3×25 A kod trofaznog priključenja
- za kupce na visokom naponu, srednjem naponu i niskom naponu – poduzetništvo iznad 30 kW – prema najvećoj vršnoj snazi unutar 12 uzastopnih mjeseci izmjerenoj mjerilom s registracijom vršne snage.

OPS ili ODS dužan je, najkasnije do roka otvaranja tržišta električne energije izdati elektroenergetsku suglasnost i utvrditi priključnu snagu. OPS ili ODS dužan je takvom kupcu uskladiti priključak prema uvjetima iz elektroenergetske suglasnosti najkasnije u roku 10 godina.

Mrežna pravila Hrvatske elektroprivrede

Mrežna pravila Hrvatske elektroprivrede (NN 36/06), drugi su značajan podzakonski akt, a uređuju vođenje elektroenergetskog sustava, korištenje prijenosnom i distribucijskom mrežom, te obveze i ovlaštenja energetskih subjekata-korisnika tih mreža i energetskih subjekata-nadležnih za te mreže, radi pouzdane opskrbe kvalitetnom električnom energijom. Također, sastavni su dio Mrežnih pravila i mjerna pravila (pravila o mjerenju i obračunu električne energije).

Mrežna pravila podijeljena su na dio koji se odnosi na prijenosnu i dio koji se odnosi na distribucijsku mrežu. U pogledu vođenja sustava, odnosno vođenja distribucijske mreže, uređeno je osobito: planiranje pogona tih mreža, korištenje mrežama, upravljanje prijenosnom odnosno distribucijskom mrežom, nadzor elektroenergetskog sustava odnosno analiza pogona distribucijske mreže, te usluge sustava odnosno usluge u distribucijskoj mreži. Sustav vodi operator prijenosnog sustava.

Zanimljiviji primjer rješenja iz tog područja je da dopustivo odstupanje mjesečno kumuliranih istodobnih satnih maksimalnih opterećenja u odnosu na planirana, na određenim mjestima preuzimanja, iznosi ±10 posto. Operator prijenosnog sustava može s korisnikom mreže ugovoriti raspon podnošljivog odstupanja i do ±20 posto.

Radi uravnoteženja dobave i potražnje, operator prijenosnog sustava za te potrebe ugovara planiranu snagu i energiju s energetskim subjektima za proizvodnju.

Radi održavanja sigurnog pogona, operator prijenosnog sustava smije poduzimati sljedeće mjere sukladno silaznom prioritetu:

- ako jedan ili više korisnika mreže povuče snagu koja nije ugovorena, primjerice ako se kod korisnika pojavi odstupanje koje prelazi podnošljiv raspon, operator prijenosnog sustava mora učiniti dostupnom zamjensku energiju u trajanju do jednog sata – uključivši i slučaj ispada elektrane za vlastite potrebe ili ispada elektrane s kojom je povlašteni kupac ugovorio isporuku,
- ako se potražnja za neugovorenom snagom ponavlja ili se u nabavi zamjenske energije očekuju manjkovi snage, odnosno preopterećenja prijenosnih vodova – operator prijenosnog sustava mora osigurati nužnu rezervnu snagu u trajanju do jednog sata,
- ako operator sustava u krajnjim slučajevima ne može osigurati dovoljno zamjenske energije za uravnoteženje dobave i potražnje, temeljem svoje odgovornosti za pouzdanost pogona i zaštite ostalih korisnika, smije spriječiti nezakonitu kupnju korisnika mreže koji ne ispunjava svoju obvezu za uravnoteženjem, njegovim isključenjem s mreže. To rješenje moguće je samo u slučajevima jasnog prepoznavanja odgovornog korisnika.

Dakle, neće biti lako korištenje zakonskog prava o povlaštenom kupcu. Samo jedan sat je obveza operatora prijenosnog sustava da „uskoči“ s rezervnom snagom u slučaju zastoja ili poremećene dobave za povlaštenog kupca, nakon tog vremena takav kupac (točno govoreći: njegov opskrbljivač) mora imati ugovorom riješenu isporuku energije uravnoteženja s operatorom prijenosnog sustava.

Uređene su zadaće u planiranju razvoja prijenosne mreže, obrazložen kriterij (n–1), te stabilnost elektroenergetskog sustava u odnosu na potreban razvoj i planiranje razvoja distribucijske mreže.

Kod planiranja razvoja prijenosne mreže, operator prijenosnog sustava mora ispuniti zadaće kako slijedi.

- Mora planirati razvoj prijenosne mreže tako da raspolaže prijenosnom mrežom koja je odgovarajuće dimenzionirana za obavljanje ugovorenih ili predviđenih prijenosa električne energije, te koja omogućuje pouzdano vođenje elektroenergetskog sustava, kao i ekonomično napajanje pri naponu čija je kvaliteta u skladu s normama.
- Rezerva mreže mora biti dimenzionirana u skladu s općenito prihvaćenim (n–1) kriterijem. Posljedice višestrukih poremećaja i rjeđe višestrukih grešaka, koje nastaju u prijenosnoj mreži, a ne mogu se uzeti u obzir pri planiranju razvoja prijenosne mreže

zbog ekonomskih razloga, moraju se ograničiti odgovarajućim strategijama obrane od stanja većih poremećaja i strategijama ponovne uspostave napajanja.
- Prilikom izrade planova razvoja prijenosne mreže mora se uzeti u obzir ekonomski kriterij i to na temelju aktualnih opterećenja i proizvodnje elektrana, kao i planiranih potreba distribucijske mreže i korisnika prijenosne mreže koji su već priključeni ili će biti priključeni na prijenosnu mrežu u doglednoj budućnosti.

Operator prijenosnog sustava odgovoran je za pokretanje postupka dobivanja suglasnosti i dozvola koje su mu potrebne kako bi realizirao planirani razvoj prijenosne mreže.

Operator distribucijskog sustava je zadužen za planiranje razvoja distribucijske mreže, s tim da se jamči siguran i pouzdan rad te mreže. Pri tomu mora biti ispunjeno ovo što je nabrojano u nastavku.
- Operator distribucijskog sustava trajno prati i analizira podatke o iskorištenosti mreže i sve druge parametre te donosi planove razvoja.
- Koncept sigurnosti i pouzdanosti mora uvažavati tehničke i pogonske uvjete distribucijske mreže, posebno na mjestima povezivanja s postrojenjima korisnika, prijenosnom mrežom i susjednim mrežama. Koncept električne zaštite posebno mora obuhvatiti mjesta razgraničenja distribucijske mreže s prijenosnom mrežom te instalacijama i postrojenjima korisnika.
- Operator distribucijskog sustava određuje: vrstu zaštite, stupnjevanje rezervne i osnovne zaštite, vrstu telekomunikacijskih uređaja te vrstu uređaja automatike.
- Prigodom planiranja mreže 110 kV, koja je u nadležnosti operatora distribucijskog sustava, primjenjuju se odredbe distribucijskih pravila i mrežnih pravila za prijenosnu mrežu.
- Prigodom planiranja distribucijskih objekata koji će se priključiti na prijenosnu mrežu, primjenjuju se odredbe za priključak na prijenosnu mrežu. Operator distribucijskog sustava usklađuje plan razvoja tih objekata s operatorom prijenosnog sustava.
- Na srednjonaponskoj razini, mreža se planira uz poštivanje kriterija (n–1) tamo gdje je to gospodarski opravdano (s obzirom na troškove neisporučene električne energije te zahtjeve Agencije za regulaciju energetskih djelatnosti). U ostalim slučajevima, mreža se planira radijalno.
- Korisnici distribucijske mreže dužni su operatoru distribucijskog sustava, na njegov zahtjev, dostaviti podatke nužne za planiranje razvoja mreže.

Uvjeti priključenja na prijenosnu mrežu uređuju odnose između operatora prijenosnog sustava, energetskih subjekata za proizvodnju i operatora distribucijske mreže, te kupaca električne energije.

U normalnim pogonskim uvjetima i pri radu hrvatskog sustava u interkonekciji, frekvencija se održava u granicama od 49,95 do 50,05 Hz. U izoliranom radu hrvatskog sustava, frekvencija se održava u granicama od 49,5 do 50,5 Hz. U poremećenim uvjetima pogona, frekvencija se može kretati od 47,5 do 51,5 Hz.

U normalnim pogonskim uvjetima, iznos napona na mjestima priključka korisnika mreže na prijenosnu mrežu održava se u sljedećim granicama:
- u mreži 400 kV: 400 –10%/+5% = 360-420 kV,
- u mreži 220 kV: 220 ±10% = 198-242 kV,
- u mreži 110 kV: 110 ±10% = 99-121 kV.

U poremećenom pogonu, iznosi napona na mjestima priključka korisnika mreže na prijenosnu mrežu mogu biti u sljedećim granicama:

- u mreži 400 kV: 400 kV ±15% = 340-460 kV,
- u mreži 220 kV: 220 kV ±15% = 187-253 kV,
- u mreži 110 kV: 110 kV ±15% = 94-127 kV.

Posebnim odredbama ugovora o priključku postrojenja korisnika mreže i uslugama sustava može se za pojedini priključak sporazumno ugovoriti i veće ili manje dopušteno odstupanje napona od nazivne vrijednosti na mjestu priključka.

Prije početka izgradnje priključka, budući korisnik distribucijske mreže mora zatražiti elektroenergetsku suglasnost za priključenje na tu mrežu. Elektroenergetsku suglasnost izdaje operator distribucijskog sustava. Pri tome vrijede polazišta:

- Uvjeti za priključenje na distribucijsku mrežu vrijede za sve proizvođače i kupce koji se žele priključiti na distribucijsku mrežu, bez obzira na naponsku razinu priključka.
- Uvjeti za priključenje služe i za osiguranje urednog pogona distribucijske mreže, sprečavanje nedopuštenog povratnog djelovanja na mrežu te uređenje najvažnijih organizacijskih pitanja u postupku priključivanja.
- Operator distribucijskog sustava i korisnik sklapaju ugovor o priključenju na mrežu.
- Pri izgradnji, priključenju i pogonu instalacija i postrojenja proizvođača i kupaca postupa se sukladno zakonskim i podzakonskim aktima, odlukama Agencije za regulaciju, važećim standardima i propisima te granskim normama operatora distribucijskog sustava.
- Sve promjene na instalacijama i postrojenjima proizvođača i kupaca koje bitno utječu na način priključenja i na pogon mreže, uređuju se promjenom izdane elektroenergetske suglasnosti i ugovora o priključenju na mrežu.

Dodajmo, da je u mrežama srednjeg napona (10, 20, 30 i 35 kV) dopušteno odstupanje napona ±10 posto, a za niskonaponske mreže +6%/–10% (do 2010. godine) te ±10 posto (nakon 2010. godine).

Na kraju, nabrojimo još glavne sastavnice iz sadržaja Mrežnih pravila:

- Pojmovnik Mrežnih pravila obuhvaća nazive i definicije preko 200 elektroenergetskih pojmova
- Opće odredbe (načela na kojima se temelje Mrežna pravila, podaci koji se koriste u provođenju, odredbe o operatorima prijenosnog i distribucijskog sustava)
- Osiguranje kvalitete, učinkovito korištenje eklektičnom energijom i zaštita okoliša
- Pravila za prijenosnu mrežu (vođenje elektroenergetskog sustava, planiranje razvoja prijenosne mreže, priključenje na prijenosnu mrežu)
- Pravila za distribucijsku mrežu (vođenje distribucijske mreže, planiranje razvoja distribucijske mreže, priključenje na distribucijsku mrežu)
- Mjerna pravila (odgovornosti, obračunsko mjerno mjesto, odobravanje i ovjeravanje mjerila, mjerne usluge)
- Tehnička dokumentacija i razmjena tehničkih podataka.

Ostali podzakonski akti

Među donesenim podzakonskim aktima iz sektora električne energije, izdvojimo sljedeće:

Pravilnik o naknadi za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage (NN 28/06)

Odluka o iznosu naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu i za povećanje priključne snage (NN 52/06)

Program za osiguranje i primjenu načela razvidnosti, objektivnosti i nepristranosti rada HEP-OPS (internetske stranice HEP-OPS; www.hep.hr/ops)

Pravila o dodjeli i korištenju prekogranične prijenosne moći (internetske stranice HEP-OPS)

Pravila o uravnoteženju elektroenergetskog sustava (NN 133/06)

Metodologija za pružanje usluga uravnoteženja električne energije u elektroenergetskom sustavu (NN 133/06)

Pravila djelovanja tržišta električne energije (NN 135/06)

Tarifni sustav za prijenos električne energije, bez visine tarifnih stavki (NN 143/06)

Tarifni sustav za distribuciju električne energije, bez visine tarifnih stavki (NN 143/06)

Tarifni sustav za proizvodnju električne energije, s iznimkom za povlaštene kupce, bez visine tarifnih stavki (NN 143/06)

Tarifni sustav za opskrbu električne energije, s iznimkom za povlaštene kupce, bez visine tarifnih stavki (NN 143/06)

Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče (NN 33/07)

Uredba o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije (NN 33/07)

Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/07)

Kriterij za određivanje kandidata za dobivanje prethodnih elektroenergetskih suglasnosti za priključenje vjetroelektrana na prijenosnu i distribucijsku mrežu (Internet stranice HEP-OPS)

Pravilnik o označavanju energetske učinkovitosti kućanskih uređaja (NN 133/05)

Odluka o naknadi za korištenje usluge tranzita električne energije prijenosnom mrežom (NN 40/2007)

Pravila o dodjeli i korištenju prekogranične prijenosne moći (HEP-OPS, prosinac 2006)

Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari iz stacionarnih izvora (NN 108/2003)

Uredba o jediničnim naknadama na emisiju u okoliš sumporovog dioksida i dušikovog dioksida (NN 71/2004)

Pravilnik o naknadi na emisiju u okoliš sumporovog dioksida i dušikovog dioksida (NN 95/2004)

Pravilnik o naknadi na emisiju u okoliš ugljikovog dioksida (NN 77/2007)

Uredba o jediničnim naknadama na emisiju u okoliš ugljikovog dioksida (NN 73/2007)

Pravilnik o gospodarenju otpadnim električnim i elektroničkim uređajima i opremom (NN 74/2007)

Podzakonski akti o obnovljivim izvorima energije i kogeneraciji

Opišimo još glavne odredbe raspoloživih hrvatskih akata o obnovljivim izvorima energije i kogeneraciji, jer su zanimljivi i aktualni – objavljeni su nedavno. Unaprijed recimo da se odnose samo na obnovljive izvore bez velikih hidroelektrana, dakle hidroelektrana snage veće od 10 MW. Stoga bismo ih – konzekventno primjenjujući nazivlje iz ove knjige – trebali zvati aktima o nekonvencionalnim izvorima. Također, odnose se samo na onu kogeneraciju koja se ne koristi za javnu opskrbu toplinom[183]. Akti su stupili na snagu 1. srpnja 2007. godine.

Ponajprije o **Uredbi o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče**. Odnosi se na ona postrojenja koja su na temelju rješenja Agencije za regulaciju energetskih djelatnosti stekla status povlaštenog proizvođača električne energije. Svu proizvedenu električnu energiju tih proizvođača otkupljuje operator tržišta po poticajnim cijenama, a preuzimaju je obvezno svi pojedini opskrbljivači. Dakle, svaki opskrbljivač mora svoje kupce opskrbiti i obveznim udjelom energije proizvedene iz obnovljivih izvora i kogeneracije, a za preostatak energije mora se pobrinuti samostalno.

Udio je propisan predmetnom Uredbom a odnosi se na ukupnu proizvodnju te saldo uvoza i izvoza električne energije u Hrvatskoj (dakle odnosi se na brutopotrošnju). Taj udio

[183] Pogrešno je što se poticanje kogeneracije ne proteže i na javne termo-elektrane toplane; električni dio njihove proizvodnje odvija se pri sniženom stupnju djelovanja u odnosu na konvencionalne termoelektrane, međutim povoljno ukupno iskorištenje goriva ostvaruje se istodobnom proizvodnjom topline. Stoga su, primjerice Njemačka i Austrija, uvele naknadu za poticanje *svih* kogeneracija (a ne samo onih koje služe vlastitoj opskrbi toplinom) koju plaćaju *svi* kupci, jer je u nacionalnom interesu ukupna štednja goriva!

mora biti prema tablici 20.1. Ministar gospodarstva, rada i poduzetništva propisat će tražene udjele za 2008. i 2009. godinu, sukladno objektivnoj dinamici puštanja u pogon novih izvora na obnovljive izvore i kogeneraciju.

Tablica 20.1. Udio proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije u brutopotrošnji Hrvatske (%)

Proizvodnja	2007	31.12.2010.
– iz obnovljivih izvora	1,8	5,8
– iz kogeneracije	0,6	2,0

Ograničenje operatoru tržišta da sklapa nove ugovore s proizvođačima je postizanje cilja: udjela predviđenog za ostvarenje 31. prosinca 2010. godine.

Uredbom o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije određen je način korištenja, visina i plaćanje naknade za poticanje, kao dodatak na cijenu električne energije koju plaćaju svi tarifni i povlašteni kupci električne energije u Hrvatskoj.

Sredstva naknade za poticanje koriste se za:
- isplatu poticajne cijene za isporučenu energiju povlaštenim proizvođačima
- pokrivanje troškova uravnoteženja elektroenergetskog sustava zbog odstupanja ostvarene i planirane proizvodnje električne energije povlaštenih proizvođača
- financiranje poslova koje operator tržišta obavlja u vezi s proizvodnjom iz obnovljivih izvora i kogeneracije.

Visina naknade za poticanje prikazana tablicom 20.2.

Tablica 20.2. Naknada za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije, bez PDV-a, plaćaju je svi kupci u Hrvatskoj (kn/kWh)

Godina	Naknada
2007.	0,0089
2008.	0,0198
2009.	0,0271
2010.	0,0350

Operator tržišta prikuplja sredstva naknade od opskrbljivača sukladno prodaji električne energije pojedinog opskrbljivača, a raspoređuje ih povlaštenim proizvođačima sukladno njihovoj proizvodnji i tarifnom sustavu za proizvodnju iz obnovljivih izvora i kogeneracije, te za plaćanje obveza prema operatoru prijenosnog sustava radi namirenja troškova uravnoteženja elektroenergetskog sustava koje su izazvali ti proizvođači.

Tarifnim sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije utvrđene su tarifne stavke koje se primjenjuju prilikom otkupa električne energije proizvedene u postrojenjima na obnovljive izvore i kogeneraciju. Tarifne stavke za postrojenja na obnovljive izvore daju se u tablici 20.3. a za kogenerativna postrojenja u tablici 20.4.

Tablica 20.3. Otkupne cijene električne energije iz postrojenja na obnovljive izvore (kn/kWh)

Tip postrojenja	do 1 MW	preko 1 MW
Sunčane elektrane do 10 kW	3,40	-
Sunčane elektrane preko 10 kW do 30 kW	3,00	-
Sunčane elektrane preko 30 kW	2,10	-
Hidroelektrane do 1 MW	0,69	-
Hidroelektrane preko 1 MW do 10 MW – godišnja proizvodnja do 5 000 MWh – godišnja proizvodnja preko 5 000-15 000 MWh – godišnja proizvodnja preko 15 000 MWh	–	 0,69 0,55 0,42
Vjetroelektrane	0,64	0,65
Elektrane na šumsko-poljprivrednu biomasu	1,20	1,04
Elektrane na industrijsku biomasu	0,95	0,83
Geotermalne elektrane	1,26	1,26
Elektrane na bioplin i otpad	1,20	1,04
Elektrane na tekuća biogoriva	0,36	0,36
Elektrane na deponijski i kanalski plin	0,36	0,36
Elektrane na ostale obnovljive izvore	0,60	0,50

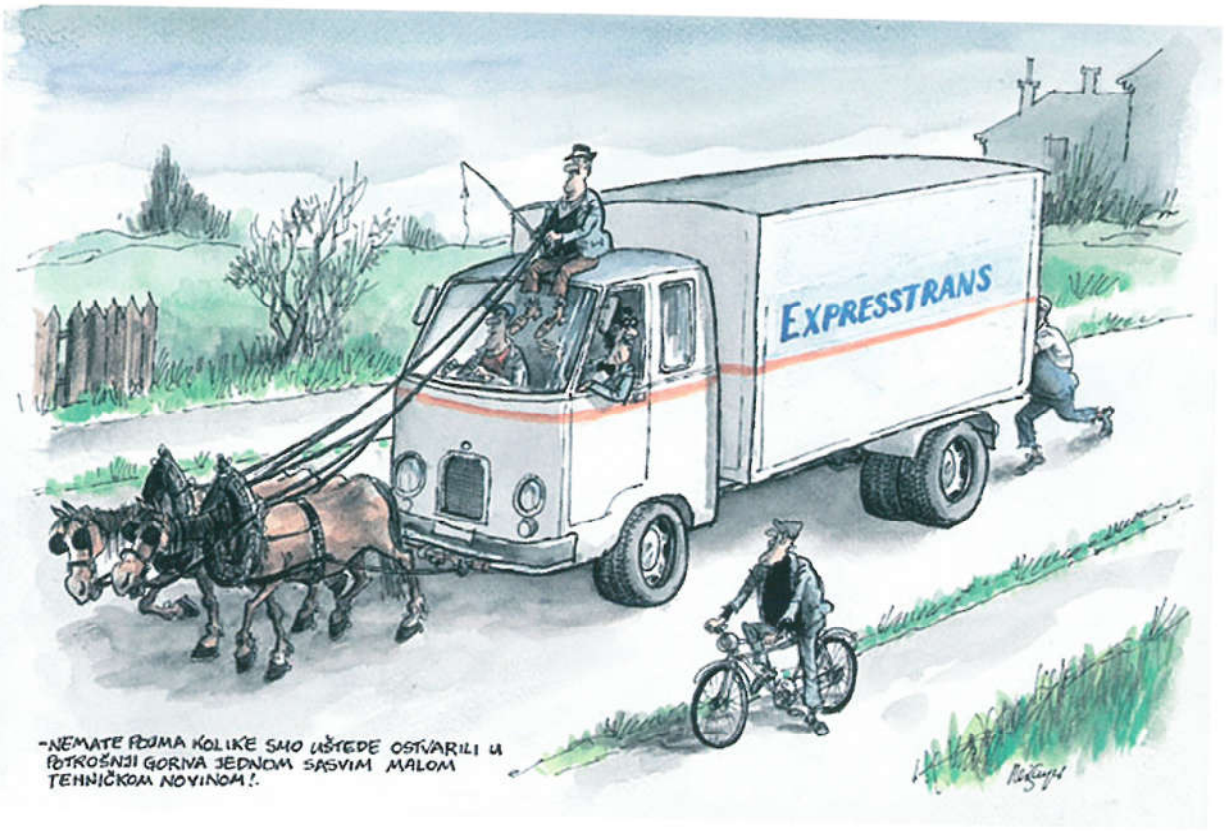
Visina tarifnih stavki iz tablice 20.3. množi se korekcijskim faktorom ovisnim o udjelu domaće komponente (*p*) u postrojenju:

Udio domaće komponente p	Korekcijski faktor
uključivo 60% i više	1,00
više od 45% do manje od 60%	p·(7/1500) + 0,72
45% i manje	0,93

Tablica 20.4. Otkupne cijene električne energije iz kogeneracijskih postrojenja u razdobljima više (VT) i niže (NT) dnevne tarife (kn/kWh)

Tip postrojenja	VT	NT
Kogeneracije do 50 kW i sve gorivne ćelije	0,61	0,32
Kogeneracije preko 50 kW do 1 MW	0,51	0,26
Kogeneracije preko 1 MW do 35 MW	0,44	0,22
Kogeneracije preko 35 MW i sve kogeneracije priključene na prijenosnu mrežu	0,30	0,15

Opaska uz tablicu: Razdoblje VT je između 7 i 21 pri ljetnom računanju vremena, odnosno između 8 i 22 sata pri zimskom računanju vremena.



Utvrđen je i način korigiranja tih cijena godišnjim indeksom kretanja cijena na malo prema službenim podacima Državnog zavoda za statistiku.[184]

Operator tržišta sklapa ugovore o otkupu s proizvođačima koji koriste postrojenja na Sunčevu energiju i proizvođačima koji koriste gorivne ćelije na vodik, sve dok ukupna instalirana snaga tih postrojenja u Hrvatskoj ne dosegne 1 MW, za svaku od tih skupina. Za svaki drugi tip postrojenja vrijedi ograničenje dok ne postigne 80 posto udjela u ukupnoj proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora.

Tim aktom utvrđena je i cijena po kojoj pojedini opskrbljivač otkupljuje obvezni udio električne energije (taj obvezni udio riješen je Uredbom o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče, vidjeti raniji prikaz) proizvedene iz obnovljivih izvora i kogeneracije: 0,2625 kn/kWh. Nova vrijednost bit će jednaka cijeni proizvodnje električne energije za tarifne kupce iz kategorije kućanstva s jednotarifnim brojilom, kada se ona utvrdi.

Dodatno, određena je obveza vlasnika vjetroelektrana snage veće od 1 MW, geotermalnih elektrana i malih hidroelektrana da plaćaju naknadu jedinicama lokalne samouprave (općinama) na čijem području je izgrađen proizvodni objekt u iznosu od 0,01 kn/kWh isporučene električne energije.

Konačno, aktom HEP-Operatora prijenosnog sustava **Kriterij za određivanje kandidata za dobivanje prethodnih elektroenergetskih suglasnosti za priključenje vjetroelektrana na prijenosnu i distribucijsku mrežu** utvrđena je, među ostalim, maksimalna ukupna instalirana snaga vjetroelektrana koju elektroenergetski sustav Hrvatske sa sadašnjim svojim

[184] Time štitimo proizvođače od inflacije; međutim istodobno smo trebali predvidjeti da se na isti način korigira i naknada za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije, inače će doći do neravnoteže u pražnjenju i punjenju fonda za poticanje.

svojstvima (ponajprije regulacijskim) može prihvatiti. To je ukupno 360 MW. U sadašnje vrijeme, u sustavu Hrvatske nalaze se u pogonu dvije vjetroelektrane, ukupne snage 18 MW (na otoku Pagu i u zaleđu Šibenika).

Dakle, podzakonskim aktima uređeno je koliki se udio nekonvencionalnih izvora za proizvodnju električne energije očekuje u bližoj budućnosti u Hrvatskoj, naknada za poticanje takvih izvora koju od 1. srpnja 2007. plaćaju svi kupci električne energije, te tarifni sustav prema kojemu će se plaćati proizvedena električna energija u tim postrojenjima.

21

Cijene električne energije

Učinilo se najprikladnijim za uvod u ovo poglavlje iskoristiti razmišljanja koja vrlo koncizno a temeljito iznosi akademik Božo Udovičić u svojoj knjizi *Elektroenergetski sustav*[185]. Prepričajmo te stavove.

Kod određivanja razine cijena svih neposredno isporučenih oblika energije potrebno je poći od sljedećih kriterija:

- da se energetskim granama osigura povoljan ekonomski položaj, odnosno prosta i dijelom proširena reprodukcija;
- da se višom razinom cijena pojedinih oblika energije i njihovim međusobnim odnosom (trajnijeg karaktera) privuku kupci-potrošači na racionalan izbor i korištenje energijom;
- da se izbjegnu, zbog nestalnog odnosa cijena, preorijentacije s jednog na drugi oblik energije;
- da se što je moguće više poveća vlastita opskrbljenost energijom;
- da se cijenama energije odnosno troškovima za energiju ne umanji konkurentna sposobnost nacionalnog gospodarstva na svjetskom tržištu.

Svaki tarifni sustav (to je sustav kojim se utvrđuju pojedine komponente ukupne cijene), bez obzira na koji se oblik energije odnosi, mora se temeljiti na tri osnovna principa:

- da svaki kupac-potrošač snosi troškove koje svojim načinom korištenja (i karakteristikama potrošnje) izaziva;
- da potiče potrošača na racionalno korištenje energijom;
- da se zaštite potrošači koji ne mogu sniziti troškove a nemaju sredstava za njihovo pokriće, ali ne općim sniženjem tarifa[186] (pa da bogati postanu još bogatiji) nego socijalnom i poreznom politikom društva.

Za istu količinu električne energije kupac-potrošač s većim vršnim opterećenjem mora platiti višu cijenu (jer je za njegov način korištenja potrebno izgraditi veću snagu u elektroenergetskom sustavu). Kupac-potrošač sâm donosi odluku o korištenju električnom energijom, kako u odnosu na trenutak korištenja tako i na intenzitet tog korištenja. Ta sloboda potrošača izaziva oscilacije u potrošnji električne energije (od dnevnih do sezonskih) što stvara veće troškove u elektroenergetskom sustavu. Na te oscilacije može se djelomično utjecati pogodnim tarifnim sustavom.

Povijesno gledajući, tarifni sustavi za prodaju električne energije razvijali su se tako da se općenito iskristalizirao manje ili više homogen pristup koji se svodi na to da se određuju posebne tarife (tarifne stavke) za:

- utrošenu djelatnu energiju u dnevno doba višeg i nižeg dnevnog opterećenja elektroenergetskog sustava, eventualno i u doba više opterećenih i manje opterećenih dana u tjednu,
- utrošenu djelatnu energiju u mjesecima višeg i nižeg sezonskog opterećenja elektroenergetskog sustava,

[185] B. Udovičić: Elektroenergetski sustav. Kigen, Zagreb, 2005, str.280.

[186] Eventualno: za malu mjesečnu potrošnju niska tarifa, a zatim progresivno za veću potrošnju – sve viša tarifa (talijanski tarifni sustav). Opaska M.K.

– vršno djelatno opterećenje koje ostvari kupac-potrošač u obračunskom razdoblju (najčešće mjesec),
– prekomjerno utrošenu jalovu energiju, kako bi se kupac-potrošač potaknuo na vlastitu kompenzaciju jalove energije.

Konačna cijena električne energije ostvaruje se primjenom takvog tarifnog sustava na pojedine obračunske elemente tog sustava i iskazuje su – u konačnici – kao ukupni iznos iskazan novčanim jedinicama podijeljen s ukupno preuzetom djelatnom energijom iskazanom kilovatsatima. Dakako, kupci različitih karakteristika potrošnje imat će i različitu konačnu cijenu električne energije. Povoljno je i traži se od dobro uređenog tarifnog sustava da ta cijena bude najniža za kupce-potrošače koji najpovoljnije opterećuju elektroenergetski sustav: dakle da uz što manje vršno opterećenje ostvare što veću energiju u (dnevno, tjedno, godišnje) doba najnižeg opterećenja elektroenergetskog sustava.

Tako određena cijena električne energije bivala je realno, povijesno gledajući – duž dovoljno duge vremenske crte, sve manja, osobito gledajući u odnosu spram nadnice kupaca[187]. U najnovije i buduće doba, realna cijena električne energije rasla je i rast će; tomu su razlozi sve skuplji i sve nedostupniji prirodni oblici konvencionalne energije (fosilna i nuklearna goriva), daljnja dogradnja elektroenergetskih sustava sve nepovoljnijim hidroelektranama (ako sustav uopće ima priliku za to) i elektranama na ostale obnovljive izvore energije, kao i sve kompleksniji zahtjevi prema mjerama zaštite okoliša.

Cijene električne energije u Europskoj Uniji

Statistička služba Europske Unije, Eurostat, izdaje svake godine detaljni pregled cijena električne energije u svim zemljama Europske Unije sa stanjem 1. siječnja te godine. Iznose se najzanimljiviji podaci iz tog statističkog prikaza za desetogodišnje razdoblje, prosječno za cjelinu Europske Unije od 15 članica (EU-15) od 1999.-2003. godine te za Uniju od 25 članica (EU-25) od 2004-2007. godine, tablica 21.1. Prosječna cijena dobivena je dijeljenjem godišnjih izdataka za električnu energiju (bez poreza i doprinosa) i godišnje potrošnje električne energije.

Cijene za kućanstva utvrđene su za neposrednu godišnju potrošnju 3 500 kWh, u tome je noćna potrošnja 1 300 kWh, bez poreza i doprinosa. Dakle u tablici je iskazan onaj dio cijene koji predstavlja naknadu za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije, bez dodataka koje uzima društvo.

Cijene za industriju utvrđene su za neposrednu godišnju potrošnju 2 000 MWh, uz vršno opterećenje 500 kW (godišnjeg trajanja vršnog opterećenja, dakle, 4 000 sati), ponovno bez poreza i doprinosa.

U razdoblju do 2004. godine zapaža se uporni lagani pad prosječnih cijena za kućanstva i industriju (elektroprivrednog dijela cijena), a dodaju li se porezi i doprinosi, pitanje je što bi bilo s krajnjim cijenama koje plaćaju kupci-potrošači! Vidjeti dalje!

U razdoblju nakon 1. srpnja 2004. uočava se rast cijena električne energije u Europi, zbog rasta cijena prirodnih oblika energije, ponajprije sirove nafte. Tako je burzovna cijena

187 Prosječni Nijemac morao je u 2002. godini za 200 kilovatsati električne energije raditi dva i pol radna sata. U 1991. godini prosječni Nijemac za istu količinu električne energije morao je raditi jedan radni sat dulje, dakle 3,5 radna sata. Protegne li se to unazad do 1960. godine, tada je Nijemac radio deset radnih sati za 200 kilovatsati električne energije. (Godine 1911. njemački je radnik morao raditi dva sata za *jedan* kilovatsat!)

temeljne električne energije na Europskoj energetskoj burzi (EEX u Leipzigu) bila početkom 2004. godine 3,285 eurocenta/kWh a krajem te godine 3,463 eurocenta/kWh. Veletrgovačka cijena bazne električne energije na Leipziškoj burzi u razdoblju listopad-prosinac 2005. godine porasla je 30 posto u usporedbi s istim razdobljem u 2004. godini. Uvjetovano je to ponajprije njemačkim prilikama, gdje je visok udio termoelektrične proizvodnje električne energije. Cijene ugljena porasle su 20 posto, cijene prirodnog plina 15 posto, cijene loživog ulja vrtoglavo rastu, a europske rezerve u instaliranoj snazi elektrana se sve više smanjuju. Cijena temeljne energije, u razdoblju travanj-lipanj 2006. godine, bila je 5,82 eurocenta/kWh. Na početku 2007. godine, cijena je temeljne energije bila 5,155 eurocenta/kWh, a ugovarana cijena takve energije u 2007. godini za isporuke početkom 2008. godine je oko 5,5-6,5 eurocenta/kWh.

Tablica 21.1. Prosječne cijene električne energije u Europskoj Uniji (EU-15 od 1996-2007. godine, odnosno za EU-25 od 2004. godine), 1. siječnja promatrane godine, bez poreza i doprinosa (eurocent/kWh)

Godina	EU-15			EU-25		
	Cijene za kućanstva	Cijene za industriju	Omjer cijena	Cijene za kućanstva	Cijene za industriju	Omjer cijena
1996.	11,00	6,89	1,60			
1997.	10,81	6,79	1,59			
1998.	10,73	6,63	1,62			
1999.	10,50	6,36	1,65			
2000.	10,31	6,25	1,65			
2001.	10,27	6,44	1,59			
2002.	10,32	6,20	1,66			
2003.	10,36	6,48	1,60			
2004.	10,27	6,34	1,62	10,02	6,23	1,61
2005.	10,42	6,82	1,53	10,23	6,72	1,52
2006.	10,94	7,66	1,43	10,77	7,55	1,42
2007.	12,05	8,39	1,44	11,83	8,25	1,43

Izvor: Eurostat, 14. 5. 2007

Dok je omjer cijena u kućanstvima prema cijenama u industriji bio gotovo stalan (po prilici je iznosio 1,60) do 2004. godine, od te godine pada taj omjer – znak je da se za industriju podižu cijene brže nego za kućanstva (*država vodi brigu o stanovitom dodvoravanju pred svojim glasačima*). U početno doba '90. godina, kretanje je bilo obrnuto, samo tom tablicom nije obuhvaćeno. Cijene za kućanstva bile su na višoj razini prema cijenama za industriju – nastojalo se industriju držati što konkurentnijom uz stanoviti veći teret kupaca u kućanstvima.

Vidi se i neznatni pad prosječnih cijena, ako se – od 2004. godine – promatra i Unija s 25 članica u odnosu na Uniju od 15 članica. Znak da je novopridošlih 10 članica zatečeno s nešto nižom razinom cijena (što je karakteristično za razdoblje socijalizma u većem dijelu

tih zemalja do 1990. godine, u kojem razdoblju je cijena električne energije držana – iz socijalnih razloga – na neekonomskoj razini).

Na kraju treba naglasiti i to da tablica 21.1. daje prosječnu cijenu za svih 15 odnosno 25 država Europske Unije, a da su odnosi cijena za kućanstva i industriju i njihovo kretanje bitno ovisili o pojedinoj državi i ni u kojoj državi nisu odnosi kao za Europsku Uniju u cjelini. Radi primjera, pogledajmo prilike u nekoliko karakterističnih država (Italiji, s najvišom cijenom za kućanstva i vrlo visokom cijenom za industriju, Francuskoj, s vrlo visokim omjerom cijena kućanstva/industrija, te Danskoj, s vrlo niskom cijenom ali u početnom razdoblju za obje kategorije kupaca), tablica 21.2.

Tablica 21.2.Prosječne cijene električne energije u Italiji, Francuskoj i Danskoj 1. siječnja promatrane godine, bez poreza i doprinosa (eurocent/kWh)

Godina	Kućanstva, 3500 kWh/god			Industrija, 2 GWh/god uz 500 kW		
	Italija	Francuska	Danska	Italija	Francuska	Danska
1996.	15,08	10,22	6,46	6,38	6,50	4,73
1997.	16,71	10,05	6,39	7,13	6,35	4,67
1998.	16,82	9,62	6,73	7,21	5,96	5,12
1999.	15,70	9,49	6,81	6,46	5,83	4,85
2000.	15,00	9,28	7,18	6,93	5,67	5,04
2001.	15,67	9,14	7,81	9,19	5,57	5,58
2002.	13,90	9,23	8,65	7,76	5,62	6,39
2003.	14,49	8,90	9,47	8,26	5,29	6,97
2004.	14,34	9,05	9,15	7,90	5,33	6,31
2005.	14,40	9,05	9,27	8,43	5,33	6,46
2006.	15,48	9,05	9,97	9,34	5,33	7,24
2007.	16,58	9,21	11,70	10,27	5,41	6,38

Izvor: Eurostat, 14.5.2007

Danska je povećala omjer cijena kućanstva/industrija, brinula se o povećanju konkurentnosti svoje industrije, Francuska je zadržavala taj omjer na približno stalnoj razini, a Italija ga je smanjivala i ima (2007) gotovo dvostruku cijenu za industriju u odnosu na Francusku!

Ostaje još jedan parametar koji je utjecajan na takve iskaze prosječnih cijena: godišnja potrošnja i godišnje vršno opterećenje uzeti su za neke karakteristične prilike; razlika u odnosu na te prilike rezultirala bi i drugačijim cijenama.

Pogledajmo stanje prosječnih cijena električne energije u pojedinim državama Europske Unije i Hrvatskoj početkom 2007. godine. Opet je riječ o prosječnom kućanstvu koje godišnje troši 3 500 kWh (u noći 1 300 kWh), te o industriji koja troši 2 000 MWh uz vršno opterećenje 500 kW, bez poreza i doprinosa. Dakle, prikazuje se ono što novčano dobiva ukupna elektroprivreda za jedan kilovatsat, tablica 21.3.

Tablica 21.3. Prosječne cijene električne energije u Europskoj Uniji i Hrvatskoj 1. siječnja 2007. godine, bez poreza i doprinosa (eurocent/kWh)

Zemlja	Cijene za kućanstva	Cijene za industriju	Omjer cijena
Italija	16,58	10,27	1,61
Luksemburg	15,09	9,63	1,57
Irska	14,65	11,25	1,30
Njemačka	14,33	9,46	1,51
Portugal	14,20	8,60	1,65
Nizozemska	14,00	9,20	1,52
Slovačka	12,92	9,32	1,39
Ujedinjeno Kraljevstvo	12,54	9,50	1,32
Belgija	12,29	8,39	1,46
Cipar	11,77	10,48	1,12
Danska	11,70	6,38	1,83
Švedska	10,88	6,26	1,74
Austrija	10,50	7,86	1,34
Mađarska	10,19	8,12	1,25
Španjolska	10,04	8,10	1,24
Malta	9,40	8,97	1,05
Francuska	9,21	5,41	1,70
Poljska	9,19	5,41	1,70
Češka	8,98	7,83	1,15
Slovenija	8,87	7,50	1,18
Finska	8,77	5,42	1,62
Grčka	6,61	6,98	0,95
Litva	6,58	5,48	1,20
Estonija	6,35	5,34	1,19
Latvija	5,83	4,43	1,32
EU-25	**11,83**	**8,25**	**1,43**
Rumunjska	8,55	8,42	1,02
Bugarska	5,47	4,65	1,18
EU-27	**11,72**	**8,22**	**1,43**
Hrvatska	7,60	5,97	1,27

Izvor: Eurostat, 14. 5. 2007

Izlazi da je omjer najviše i najniže cijene za kućanstva oko tri, te da je električna energija za kućanstva najskuplja u Italiji a najjeftinija u Bugarskoj. Nižu cijenu za kućanstva od Hrvatske imaju kupci u Grčkoj, Litvi, Estoniji, Latviji i Bugarskoj. Cijena za kućanstva u Hrvatskoj za 35 posto je manja od prosječne europske (EU-27) a za 54 posto je manja od talijanske.

Omjer najviše i najniže cijene u industriji je 2,5. Električna energija za industriju najskuplja je u Irskoj a najjeftinija u Latviji. Od Hrvatske imaju nižu cijenu za industriju kupci u Francuskoj, Poljskoj, Finskoj, Litvi, Estoniji, Latviji i Bugarskoj. Hrvatska industrijska cijena manja je za 17 posto od prosječne europske (EU-27) ili za 47 posto je manja od irske industrijske cijene.

Švedska ima najveći omjer cijene u kućanstvu spram cijene u industriji, a Grčka čak ima veću cijenu u industriji od cijene za kućanstva. Hrvatska ima taj omjer premalen; manji od cjeline Europske Unije – znak da nesmotreno, čuvajući standard stanovništva preniskom cijenom za kućanstva, činimo industriju manje konkurentnom na europskom tržištu! Trebalo bi preraspodijeliti opterećenje između industrije i kućanstava, tako da se nešto više opterete kućanstva a manje industrija.

Stanje u Hrvatskoj iskazano je u tablici 21.3. onako kako ih je donio Eurostat. Idemo to provjeriti!

Cijene u kućanstvu uzete su za kućanstvo koje troši godišnje 3 500 kilovatsati, i to 2 200 kWh u dnevnoj (višoj) a 1 300 kWh u noćnoj (nižoj) tarifi. (To je nešto više nego što troši prosječno kućanstvo u Hrvatskoj, takvo kućanstvo troši danas oko 3 166 kWh, u 2005. godini, ali je uobičajeno u europskim promatranjima.) Za Hrvatsku je uzet tarifni sustav koji vrijedi od 1. rujna 2005. godine i izabran je *bijeli model* (to je obračun prema dvotarifnom mjerenju električne energije: u višoj dnevnoj tarifi 61 lipa/kWh, u nižoj dnevnoj tarifi 32 lipa/kWh, stalna mjesečna naknada 15,75 kune)[188].

Dakle, hrvatski kupac-potrošač platio bi u tom slučaju godišnje, bez poreza:

– naknada za potrošenu djelatnu energiju pri višoj tarifi 2200 × 0,61 = 1 342 kune
– naknada za potrošenu djelatnu energiju pri nižoj tarifi 1300 × 0,32 = 416 kuna
– stalna mjesečna naknada 12 × 15,75 = 189 kuna,

ukupno, dakle, 1 947 kuna. Prosječna cijena bila bi
194 700 lipa/3 500 kWh = 55,6 lipa/kWh, ili – uz tečaj 1 euro = 7,35 kuna – prosječna cijena je
55,6/7,35 = 7,56 eurocenta/kWh.

Rezultat se dobro slaže s onim što je objavljeno u Eurostatu (7,60)!

Za hrvatske industrijske prilike uzeta je cijena iz bijelog modela za srednji napon i pretpostavljeno je da jednu četvrtinu godišnje energije (dakle 2 000 MWh/4) kupac koristi u doba više sezone pri višoj dnevnoj tarifi, drugu četvrtinu u doba više sezone pri nižoj dnevnoj tarifi, treću četvrtinu u doba niže sezone pri višoj i posljednju četvrtinu u doba niže sezone pri nižoj dnevnoj tarifi, te da mu je vršno opterećenje svih 12 mjeseci bilo po 500 kW. Uz takve pretpostavke, prosječna godišnja hrvatska industrijska cijena bi izašla, bez poreza na dodanu vrijednost:

– naknada za vršno opterećenje u višoj sezoni 6 × 500 × 63,60 = 190 800 kuna
– naknada za vršno opterećenje u nižoj sezoni 6 × 500 × 42,40 = 127 200 kuna
– naknada za energiju pri višoj tarifi u višoj sezoni 500000 × 0,38 = 190 000 kuna
– naknada za energiju pri nižoj tarifi u višoj sezoni 500000 × 0,18 = 90 000 kuna
– naknada za energiju pri višoj tarifi u nižoj sezoni 500000 × 0,35 = 175 000 kuna
– naknada za energiju pri nižoj tarifi u nižoj sezoni 500000 × 0,16 = 80 000 kuna
– naknada za prekomjerno utrošenu jalovu energiju 0 × 0,14 = 0 kuna
– stalna mjesečna naknada 12 × 106 = 1 272 kune,

[188] Tarifne stavke u tom hrvatskom tarifnom sustavu vidjeti na kraju ovog poglavlja.

ukupno, dakle, 854 272 kune. Prosječna cijena izašla bi
85 427 200 lipa/2 000 000 kWh = 42,7 lipa/kWh, ili – uz tečaj 1 euro = 7,35 kuna – prosječna cijena je
42,7/7,35 = 5,81 eurocenta/kWh.

I taj rezultat, dosta dobro se slaže s onim što je objavljeno u Eurostatu (5,97); očigledno su tamo pretpostavke za izračun cijene bile samo neznatno drugačije.

Porezi i doprinosi na cijenu električne energije

Kada se dodaju svi porezi i doprinosi na elektroprivredni dio cijene električne energije, prosječno tročlano njemačko kućanstvo je u 2006. godini trošilo 57 eura mjesečno za električnu energiju, ako mu je godišnja potrošnja 3 500 kilovatsati, tablica 21.4. To je za 54 posto više nego li 1990. godine, ili 40 posto više nego li 2000. godine. Pri tome, u cijelom tom razdoblju (1990-2006), elektroprivredni dio porastao je za 30 posto, a dio izdataka za poreze i doprinose više je nego li udvostručen, porastao je za 115 posto.

Tablica 21.4. Mjesečni račun za električnu energiju u Njemačkoj (euro/mjes)
(Tročlana kućanstva s godišnjom potrošnjom 3 500 kWh*)*

Opis	1990	1998	2000	2002	2003	2004	2005	2006
Porez na dodanu vrijednost	4,54	6,90	5,60	6,48	6,92	7,24	7,51	7,98
Dodatak za koncesiju	3,65	5,22	5,22	5,22	5,22	5,22	5,22	5,13
Zaštita spojenog procesa	0	0	0,38	0,76	0,90	0,85	0,93	1,14
Zaštita domaćih ugljenokopa	2,47	0	0	0	0	0	0	0
Dodatak za obnovljive izvore	0	0,23	0,58	1,02	1,23	1,58	1,64	2,28
Porez na el. energiju *(eko-porez)*	0	0	3,73	5,22	5,97	5,97	5,97	6,27
Proizvodnja, prijenos i distribucija	26,34	37,60	25,15	28,29	29,90	31,52	33,16	34,20
Ukupno	**37,00**	**49,95**	**40,66**	**46,99**	**50,14**	**52,38**	**54,43**	**57,00**

Izvor: www.strom.de

U tom izdatku su 40 posto porezi i dodaci (2006), dok su petnaestak godina ranije bili samo 29 posto (1990). Uređeni su državnim odlukama: porez na dodanu vrijednost (1990: 13 posto, 1998: 16 posto, od 1.1.2007: 19 posto), koncesijski dodatak (koji se plaća raznoliko po općinama, ovdje su uzete prosječne prilike), dodatak za zaštitu spojenog procesa proizvodnje električne i toplinske energije (koji plaćaju svi kupci električne energije, od 2000. godine), te porez na električnu energiju (tzv. *eko-porez* koji je uveden također 2000. godine

radi destimuliranja potrošnje električnog oblika energije i – time – smanjenja opterećenja okoliša). Za elektroprivredu ostaje *čistoga* oko 60 posto (2006). Taj odnos je još 1998. godine bio znatno drugačiji: država/elektroprivreda odnosili su se kao 25/75, s tendencijom upornog rasta od 2000. godine, kada je njemačka elektroprivreda bila snažnije zahvaćena liberalizacijom. Apsolutno najviše narastao je eko-porez i dodatak za obnovljive izvore, tako da je s ta dva naslova 2005. godine ubrano u Njemačkoj ukupno oko 10 milijarda eura (to je više od trećine ukupnog bruto domaćeg proizvoda Hrvatske!).

Porezi i doprinosi na cijenu električne energije za industriju porasli su od oko 1,4 eurocenta/kWh (1998) na oko tri eurocenta/kWh (2006), bez uračunavanja poreza na dodanu vrijednost, koji je u tom čitavom razdoblju bio 16 posto[189].

U austrijskim prilikama, uz godišnju potrošnju 3 500 kWh, 2006. godine bila je cijena električne energije za kućanstvo opterećena s 32 posto poreza, doprinosa, doplataka i pristojbi, dakle trećina cijene okrenuta je različitim davanjima koja uređuje državna ili općinska vlast. Preostale oko dvije trećine cijene (68%) usmjereno je izravno na elektroprivredu i to: čak 39 posto cijene kao naknada za korištenje mrežama, a samo 29 posto cijene kao naknada za proizvodnju električne energije (tako nizak udio cijene za proizvodnju Austrija zahvaljuje vrlo visokom udjelu hidroenergije).

Mjesečni račun za električnu energiju takvog kućanstva iznosio je prosječno oko 50 eura (2006). Prosječna cijena u kućanstvima, s uključenim porezima i doprinosima, bila je u Austriji oko 16 eurocenta/kWh (siječanj 2006); za osam godina porasla je s 12,5 eurocenta/kWh (siječanj 1998).

Porez na dodanu vrijednost, koji se u Austriji obračunava kao 20 posto na ukupan zbroj prije tog oporezivanja, sudjeluje najviše u dodacima na cijenu. Slijedi doprinos (porez) na električnu energiju, radi poticanja štednje i racionalnog korištenja; taj porez je univerzalno 1,5 eurocent/kWh krajnje potrošnje. Ta dva poreza *pune* savezni budžet. Doplatak za obnovljive izvore energije je na niskonaponskoj mrežnoj razini od 0,464 eurocenta/kWh, služi isplati naknade za preuzimanje električne energije iz tih izvora. Doplatak za kogenerativnu proizvodnju iznosi 0,07 eurocenta/kWh, služi plaćanju povećanih troškova proizvodnje u spojenom procesu. Ta dva doplatka, zamijenjena su od 1. 1. 2007. godine jednokratnim godišnjim paušalom od 15 eura. Konačno, općine određuju i posebnu potrošačku pristojbu za *punjenje* općinskog budžeta, koja je na opskrbnom području Wienstrom najveća u Austriji i iznosi 0,5 eurocenta/kWh.

Na austrijskom i njemačkom primjeru uočavaju se dvije poruke: porezi i doprinosi uvećavaju danas približno za 50 posto dio cijene namijenjen elektroprivredi i ti porezi i doprinosi brže rastu od dijela cijene namijenjene elektroprivredi.

Austrijska *mrežarina* za korištenje prijenosnom mrežom

Praktički od početka novog stoljeća, radi provedbe Direktive EU-a o električnoj energiji, u cijenama električne energije posebno se iskazuje, i tako obračunava, dio cijene za korištenje prijenosnom i distribucijskom mrežom i dio cijene za proizvodnju električne energije, namijenjen elektranama. To je stoga da bi – u konačnici – bilo razvidno koji novci se kamo usmjeravaju, a – u prijelaznom razdoblju, do potpunog otvaranja tržišta – kako bi se vidio dio cijene koji je reguliran (naknada za korištenje mrežama) i koji plaćaju svi kupci i dio cijene koji je

[189] Od 1.siječnja 2007. godine porez na dodanu vrijednost u Njemačkoj obračunava se po stopi 19 posto.

djelomice – a u mnogim zemljama već potpuno – okrenut tržištu: za proizvodnju električne energije, koji plaćaju tarifni kupci prema reguliranom tarifnom sustavu, a povlašteni kupci onako kako postignu na tržištu. Prikažimo karakterističnim austrijskim primjerom pristup utvrđivanju prijenosne *mrežarine*, kako se popularno naziva naknada za prijenosnu mrežu.

Naknada za korištenje sustavom u Austriji (tako se ta sveukupna naknada zove prema austrijskom zakonu o elektroprivredi) sadrži:

- naknadu za korištenje mrežom
- naknadu za pokriće gubitaka u mreži
- naknadu za korištenje uslugama sustava
- naknadu za mjerenje
- naknadu za spremnost mreže
- naknadu za pristup mreži
- naknadu za internacionalne transakcije.

Metodologiju za izračunavanje potrebne naknade za korištenje sustavom propisao je austrijski regulator E-Control, a on je nadležan za javnu objavu visine naknada, nakon odobrenja austrijske vlade.

Naknada za korištenje mrežom služi mrežnom operatoru za pokriće troškova uspostave, izgradnje, održavanja i pogona mreže, a među ostalim za:

- održavanje napona i spremnosti za dobavu jalove snage
- vođenje pogona
- ponovnu uspostavu napajanja
- uklanjanje uskih grla u mreži – sprečavanje zagušenja
- prijenos, pamćenje i obradu pogonskih podataka.

Naknada za korištenje mrežom obračunava se prema metodi poštanske marke, dakle nije ovisna o udaljenosti od mjesta preuzimanja do mjesta isporuke električne energije, uvažavajući naponsku razinu mjesta predaje električne energije.

Naknadu za korištenje uslugama sustava plaćaju sve elektrane raspoložive snage veće od 1 MW (uključujući i elektrane za vlastitu opskrbu). Prikupljena sredstva od te naknade koristi voditelj regulacijskog područja ponajprije za angažiranje sekundarne regulacije. Osnova za obračun je brutoproizvodnja na priključnicama generatora.

Naknadu za spremnost mreže plaćaju kupci jednokratno, a prema tarifi iskazanoj u eurima po kilovatu angažirane snage ili povećanja angažirane snage. Naknada omogućuje predfinanciranje dogradnje mreže na pojedinoj naponskoj razini, radi spremnosti mreže za prihvat novoga ili povećanje snage postojećeg korisnika mreže.

Naknadu za pristup mreži plaćaju kupci i elektrane jednokratno, prema neposrednim troškovima za konkretno potrebnu izvedbu priključka na mrežu, prilikom pojave tog kupca/elektrane ili prilikom povećanja angažirane snage. Ostale uvodno spomenute naknade razumljive su same po sebi.

Ovdje će biti prikazane temeljne okolnosti koje se tiču naknade za korištenje mrežom, za pokriće gubitaka u mreži, te za korištenje uslugama sustava. Udio ostalih naknada u ukupnoj mrežarini nije znatan.

Koncepcija odnosa tih naknada na godišnjoj razini prikazana je tablicom 21.5. Austrijska elektroprivreda izborila se za gledanje prema kojem ukupna energija u sustavu opterećuje ukupnu prijenosnu mrežu, prvo jer je doista prenesena prijenosnom mrežom i drugo (ako

doista nije prenesena prijenosnom mrežom nego je riječ o proizvodnji i potrošnji priključenoj na distribucijsku mrežu) barem pružanjem usluga sustava za koje je usluge nadležan operator prijenosne mreže. Na taj način razlikuju brutoenergiju i netoenergiju.

Tabela 21.5. Koncepcija naknade za korištenje prijenosnom mrežom u Austriji

Opis	Udio	Plaćaju
Brutokomponenta naknade za prijenosnu mrežu	**40%**	
– prema brutoenergiji	23,5%	Kupci
– za usluge sustava, prema proizvedenoj energiji	16,5%	Elektrane
Netokomponeta naknade za prijenosnu mrežu	**60%**	
– prema netosnazi	24,5%	Kupci
– prema netoenergiji	24,5%	Kupci
– za pokriće troškova gubitaka, prema netoenergiji	11%	Kupci
Ukupno, sve naknade	**100%**	

Brutoenergija je sveukupna opskrba energijom *bez obzira* na naponsku razinu s koje je ta energija povučena. U brutoenergiju ne ulazi namirenje potrošnje vlastitom proizvodnjom kupaca koji imaju svoju elektranu.

Netoenergija je energija (i s njom vezana snaga) doista povučena iz prijenosne mreže od strane izravnih kupaca i pokrajinskih distribucijsko-proizvodnih poduzeća, to je energija (i snaga) koju pokazuju brojila na sučelju prijenosne mreže i izravnih kupaca odnosno distribucije. U Austriji je distribucija kupac energije na prijenosnoj mreži i dakako ima *svoju* mrežarinu koja nije predmetom ovog prikaza.

Postoji sedam naponskih razina mjesta isporuke, odnosno mjesta preuzimanja energije u mreži Austrije:

1. razina – mreža 380 i 220 kV
2. razina – donjonaponska strana transformatora 380/110 kV i 220/110 kV
3. razina – mreža 110 kV
4. razina – srednjonaponska strana transformatora gornjeg napona 110 kV
5. razina – srednjonaponska mreža
6. razina – niskonaponska strana transformatora srednji napon/niski napon
7. razina – niskonaponska mreža.

Naknada za korištenje mrežom treba pokriti troškove uspostavljanja, izgradnje, održavanja i pogona mreže. Utvrđuje se planom potrebnih sredstva za poslovanje i za izgradnju, koji se donosi krajem svake godine za sljedeću godinu uz projekciju za sljedećih pet godina. Regulator (E-Control) dobiva na uvid godišnji izvještaj, revidiran po neovisnom revizoru, i prema ostvarenju iz tog izvještaja odlučuje o tome da li su mrežarine dovoljne, premalene ili previsoke, te poduzima eventualno potrebne njihove korekcije!

Naknada za korištenje mrežom dijeli se na brutokomponentu i netokomponentu. Brutokomponenta je mrežarina za brutoenergiju (u smislu ranijeg prikaza) i tu cijenu primaju samo operatori prijenosnih mreža, a plaćaju je *svi* kupci u Austriji, to je 2005. godine bilo 0,1086 eurocenta/kWh. Ako je kupac priključen na naponsku razinu 1, on plaća i netokomponentu cijene (to je u 2005. godini bilo za energiju 0,2089 eurocenta/kWh i za snagu 7,5288 eura/kWgod, bez obzira na sezonu i doba dana). Ako je kupac priključen na niže

naponske razine plaća mrežarinu u kojoj je sadržana brutokomponenta (koja ide prijenosu), a preostatak ide distribuciji. Za sve naponske razine, mrežarina je utvrđena različito, ovisno o prilikama u pojedinoj pokrajinskoj distribucijskoj mreži. Primjerice, za područje Beča, mrežarina je na 110 kV razini 0,33 eurocenta/kWh i 23,27 eura/kWgod.

Naknadu za usluge sustava plaćaju sve elektrane snage veće od 1 MW, jer su te usluge okrenute ponajprije elektranama, a najvažnija među njima je regulacija frekvencija-snaga i minutna rezerva, elektrane upravo i priključujemo na sustav radi korištenja tih usluga. (Elektrana, zamišljena u izoliranom radu ne bi koristila te usluge, frekvencija njezine isporuke bila bi nestalna a pouzdanost njezine isporuke posve neprihvatljiva.) Plaća se operatoru prijenosne mreže prema ostvarenoj brutoproizvodnji (na priključnicama generatora) svake elektrane, bila ona priključena na distribucijsku ili je priključena na prijenosnu mrežu u regulacijskom području pojedinog operatora prijenosne mreže. Iz obveze nisu izuzete niti elektrane u vlasništvu kupaca za vlastitu opskrbu, dakako ako su priključene na sustav, niti eko-elektrane. Ta je naknada jednaka na cijelom teritoriju Austrije i ona je 2005. godine iznosila 0,0639 eurocenta/kWh.

Konačno, *naknadu za pokriće gubitaka u mreži*, plaćaju kupci prema povučenoj netoenergiji i služi operatorima mreža za pokriće izdataka što ih imaju za dobavu energije radi nadoknade gubitaka. Ona 2005. godine iznosi za kupce na 1. mrežnoj razini 0,0827 eurocenta/kWh a na 3. mrežnoj razini na bečkom području 0,0331 cent/kWh.

Zanimljivo je dodati da Austrija uopće nema mrežarinom uređen dio za pokriće prekomjerno preuzete jalove energije jer je kompenzacija jalove snage na nižim naponskim razinama provedena toliko obuhvatno da se na najvišim naponskim razinama ne javlja prekomjerno preuzeta jalova energija! Inače, u austrijskoj mreži nižih napona *benevolentniji* su od nas u pogledu granice prekomjerno preuzete jalove energije. Ta je granica prekoračena ako se jalove energije povlači više od 50 posto radne energije (u Hrvatskoj: 33 posto).

Na kraju ovog prikaza austrijske mrežarine, navedimo da se u prosječnim europskim prilikama, sveukupna naknada za korištenje prijenosnom mrežom kreće u visini od oko 0,5–1,5 eurocenta po kilovatsatu. Naknada za korištenje distribucijskom mrežom je oko tri puta veća od tog iznosa (za korištenje na niskonaponskoj razini).

Cijene električne energije prema zakonima o energiji i o električnoj energiji u Hrvatskoj

Način uređenja cijena energije, u tome i cijene električne energije, svakako je jedno od najzanimljivijih rješenja koja uređuju zakoni u energetskom sektoru.

Na početku, iznesimo nekoliko kratica koje ćemo neprestano primjenjivati u ovome prikazu:

- *Agencija* je Hrvatska energetska regulatorna agencija
- *Ministar* je ministar gospodarstva, rada i poduzetništva
- *Ministarstvo* je ministarstvo nadležno za energetiku, dakle danas Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva
- *Vlada* je dakako Vlada Republike Hrvatske.

Cijena električne energije može biti regulirana (*regulirana*, dakle određena zakonom ili drugim propisom) ili slobodna (dakle prepuštena tržištu). Kažimo odmah da bi do kraja točna formulacija bila: cijena električne energije može biti regulirana u cijelosti (za tarifne kupce),

odnosno djelomice slobodna a djelomice regulirana (za povlaštene kupce). Dok je za tarifne kupce ta cijena regulirana i za proizvodnju električne energije te opskrbu električnom energijom, povlašteni kupci slobodno biraju svog opskrbljivača, prema tržišno ugovorenoj cijeni proizvodnje i opskrbe električnom energijom. Svi drugi dijelovi cijene električne energije, regulirani su za obje skupine kupaca. Dakle, i povlašteni kupac plaća dio cijene za korištenje prijenosnom i distribucijskom mrežom, ako je na nju priključen (*mrežarinu*), kao i sve druge naknade u cijeni, prema *istim tarifnim stavkama* koje vrijede za tarifne kupce.

Kažimo odmah i to da povlašteni kupac stječe taj status u sljedećim rokovima:
- do stupanja na snagu Zakona o tržištu električne energije, dakle do 11. prosinca 2004, kupci s godišnjom potrošnjom od 40 GWh,
- od stupanja na snagu Zakona o tržištu električne energije, dakle od 11. prosinca 2004, kupci s godišnjom potrošnjom većom od 20 GWh
- od 1. srpnja 2006. godine, kupci s godišnjom potrošnjom većom od 9 GWh
- od 1. srpnja 2007. godine, svi kupci kategorije poduzetnici
- od 1. srpnja 2008. godine, svi kupci, dakle uključivo kućanstva.

Nakon stjecanja statusa, povlašteni kupac u roku od šest mjeseci mora izabrati svog opskrbljivača, do tada ima pravo na opskrbu od Hrvatske elektroprivrede – a, naravno, može izabrati i dalje Hrvatsku elektroprivredu (odnosno odgovarajuću organizacijsku jedinicu: HEP-Opskrbu) kao svog opskrbljivača. Mali kupci i kućanstva, ako ne žele koristiti pravo povlaštenog kupca, ugovaraju opskrbu s Hrvatskom elektroprivredom. Ako kupčev opskrbljivač prestane s radom, obveza je Hrvatske elektroprivrede kao nositelja javne usluge da ga opskrbljuje 30 dana.

Cijena električne energije sastoji se od pojedinih dijelova:
- dio cijene prema tarifnim stavkama
- naknada za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije
- naknada za obavljanje poslova regulacije energetskih djelatnosti
- naknada za naslijeđene troškove
- naknada za obavljanje poslova organiziranja tržišta električnom energijom
- ostale naknade, ako je to propisano posebnim zakonom.

Dio cijene prema tarifnim stavkama sastoji se od stavki koje plaćaju i povlašteni i tarifni kupci:
- za prijenos električne energije
- za distribuciju električne energije,

te stavki koje prema tarifnom sustavu plaćaju samo tarifni kupci, a povlašteni kupci taj dio plaćaju svome izabranom opskrbljivaču prema slobodno ugovorenoj cijeni:
- za proizvodnju električne energije
- za opskrbu električnom energijom.

Metodologije za utvrđivanje tarifnih stavki u tarifnom sustavu, ali bez određivanja visine pojedinih tarifnih stavki, donosi Agencija, nakon što pribavi mišljenje energetskih subjekata na koje se taj sustav odnosi (dakle, primjerice, kod određivanja metodologije za prijenos električne energije, Agencija će pribaviti mišljenje Operatora prijenosnog sustava) i nakon što pribavi mišljenje Ministarstva.

Visinu tarifnih stavki (primjerice koliko će kuna stajati kilovatsat proizveden u određeno doba dana i u određenoj sezoni, koliko će kuna stajati kilovat ostvarenog vršnog opterećenja ili koliko će kuna stajati kilovatsat prenesene ili distribuirane energije) određuje Vlada na prijedlog Ministarstva, koji se opet bazira na početnom prijedlogu odgovarajućeg energetskog subjekta, o kojem je Ministarstvo pribavilo mišljenje Agencije. Pri određivanju visine tarifnih stavki za prijenos i distribuciju električne energije, uključivat će se namirenje sredstava za planove razvoja i izgradnje prijenosne odnosno distribucijske mreže. Te planove donose operatori prijenosnog odnosno distribucijskog sustava, svake godine za iduće tri godine, a opet uz suglasnost Agencije.

Visinu *naknade za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije* određuje Vlada, na prijedlog Agencije uz pribavljeno mišljenje Ministarstva. Tu naknadu plaćaju svi kupci električne energije. Prikupljenim sredstvima upravljat će Operator tržišta, plaćajući – proizvođačima električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije – preuzetu energiju po cijenama prema posebnom tarifnom sustavu za proizvodnju takve energije. Taj tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije donosi Vlada, na prijedlog Ministarstva koje je pribavilo mišljenje Agencije. U njemu će se, primjerice, naći cijena otkupa energije iz vjetroelektrana ili elektrana na biomasu.

Naknada za obavljanje poslova regulacije energetskih djelatnosti, služi za pokrivanje troškova iz godišnjeg proračuna Agencije, a određuje je Vlada na prijedlog Agencije uz pribavljeno mišljenje Ministarstva. Plaćaju je kupci svih oblika energije.

Naknadu za naslijeđene troškove, Ministarstvu predlaže Hrvatska elektroprivreda ako smatra da posjeduje objekte čiji troškovi korištenja u cijelosti ne bi mogli biti pokriveni u tržišnim uvjetima poslovanja. Morala je to učiniti u roku od 12 mjeseci od stupanja na snagu Zakona o energiji. Odluku o iznosu te naknade donosi Vlada na prijedlog Ministarstva uz pribavljeno mišljenje Agencije.

Konačno, *naknadu za obavljanje poslova organiziranja tržišta električne energije* plaćaju svi kupci električne energije. Određuje je Vlada, na prijedlog Ministarstva koji se zasniva na prijedlogu Operatora tržišta, uz pribavljeno mišljenje Agencije.

Posebnim zakonima mogu se utvrditi i *ostale naknade* koje će u cijeni energije plaćati kupci električne energije ili kupci pojedinog oblika energije.

U tablici 21.6. prikazuje se pregled dijelova cijene električne energije kakvi su utvrđeni aktualnim zakonodavstvom u Hrvatskoj, za tarifne kupce i za povlaštene kupce. Istaknimo ponovno, da će od 1. srpnja 2008. kupci iz kategorije kućanstva i mali kupci (mali kupac je poduzetnik, koji kupuje električnu energiju za vlastite potrebe, s manje od 50 radnika i ukupnim prihodom koji nije veći od 70 milijuna kuna) moći zadržati kao opskrbljivača nositelja javne usluge Hrvatsku elektroprivredu, ali i oni kao i svi ostali kupci moći će birati svoga opskrbljivača, između Hrvatske elektroprivrede i drugih opskrbljivača.

Tablica 21.6. Dijelovi cijene električne energije u Hrvatskoj, bez PDV

Dio cijene	Tarifni kupci	Povlašteni kupci	
	Regulirani dio	Regulirani dio	Tržišni dio
Za proizvodnju el. energije	✓		✓
Za prijenos el. energije	✓	✓	
Za distribuciju el. energije	✓	✓	
Za opskrbu el. energijom	✓		✓
Za obn. izvore i kogeneraciju	✓	✓	
Za poslove regulacije	✓	✓	
Za naslijeđene troškove	✓	✓	
Za organiziranje tržišta	✓	✓	
Ostale naknade	✓	✓	

Početak provođenja opisanog sustava cijena električne energije određen je rokom od dvije godine za donošenje metodologija za utvrđivanje tarifnih stavki, za koji postoji zakonska obveza stavljena pred Agenciju.

Do tada primjenjivat će se postojeći tarifni sustav za usluge energetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge (NN 101/2002[190], 129/2002, 121/2002 i 98/2005). Također, na snazi je i Odluka o naknadi za korištenje prijenosnom odnosno distribucijskom mrežom, donesena u Vijeću za regulaciju energetskih djelatnosti (čije sve ranije odluke preuzima novouspostavljena Agencija) od 31. 10. 2003., sve dok se ona ne izmijeni ili dopuni.

[190] Tim je tarifnim sustavom, od 2002. godine, ukinuto plaćanje naknade za obračunsku snagu kupcima-potrošačima kojima je ta snaga manja od 30 kW (kupci-potrošači kojima je ta snaga jednaka ili veća od 30 kW plaćaju tu naknadu). Do tada, svi su kupci-potrošači bili obveznici plaćanja i naknade za obračunsku snagu. Apsolutno najčešće postavljano pitanje široke publike do tada bilo je: *Zašto se, u račun za utrošenu električnu energiju uračunava i naknada za obračunsku snagu?* Evo odgovora:

Ne poznajemo neko dobro ili uslugu u suvremenom civiliziranom društvu, čija je raspoloživost po mjestu i vremenu toliko sveprisutna, kao što je slučaj s električnom energijom. U svakoj prostoriji našeg stana, ureda ili tvornice su prekidač rasvjete i po koja utičnica. Bez ikakve najave ikome, uključimo ili isključimo trošilo, ako tako želimo ili trebamo. Na milijunima mjesta u jednoj zemlji. Svakog trena, tekuća proizvodnja mora se uskladiti s nastalom potrošnjom, jer se električna energija ne može uskladištiti.
Stoga neprekidno (svih 24 sata svakog od 365 dana u godini) mora biti dovoljno generatora u vrtnji, dovoljno raspoloživih vodova i transformatora u mreži te prisutnih radnika na cjelokupnom državnom teritoriju, kako se elektroenergetski sustav ne bi "srušio" (kod prevelike potražnje) ili "pobjegao" (kod smanjene potražnje). Sve to mora biti u pogonskoj pripravi, kako bi bilo spremno – posegnuli mi, i kada, za mogućnošću korištenja ili ne. Troškovi te spremnosti moraju se nadoknaditi, što se čini plaćanjem obračunske snage. Ti se troškovi ne mogu uračunati u utrošenu energiju, jer se isti utrošak energije može ostvariti uz manje ili veće angažiranje snage.

Tarifni sustav za elektroenergetske djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge u Hrvatskoj (vrijedi od 1. rujna 2005)[191]

Uvodno valja naglasiti da tarifne stavke koje se ovdje prikazuju vrijede za ukupnu isporuku (dakle za proizvodnju, prijenos, distribuciju i opskrbu) električne energije tarifnim kupcima.

Djelatna snaga je najveće vršno prosječno 15-minutno opterećenje izmjereno tekućeg mjeseca u razdoblju više dnevne tarife. Prekomjerno utrošena jalova energija je pretičak iznad 33 posto djelatne energije. U višoj sezoni obračunava se energija isporučena u studenom, listopadu, prosincu, siječnju, veljači i ožujku. Po višoj dnevnoj tarifi obračunava se energija isporučena između 7 i 21 sat (pri ljetnom računanju vremena), odnosno između 8 i 22 sata (pri zimskom računanju vremena).

U tablicama 21.7. do 21.11. navedene su tarifne stavke bez uračunatog poreza na dodanu vrijednost (PDV); konačni iznos računa treba povećati za PDV u vrijednosti od 22 posto.

Tablica 21.7. Tarifni model za kupce na visokom naponu (110 kV)

Obračunski element	Tarifne stavke			Tarif. model
	Jed. mjere	Sezonska	Dnevna	Bijeli
Djelatna snaga	kn/kW/mjes.	Viša	–	53,00
		Niža	–	36,00
Djelatna energija	kn/kWh	Viša	Viša (VT)	0,28
			Niža (NT)	0,13
		Niža	Viša (VT)	0,26
			Niža (NT)	0,12
Prekomjerna jalova energija	kn/kvarh	–	–	0,11
Mjesečna naknada	kn/mjes.	–	–	106,00

Stalna mjesečna naknada služi za očitanje, obradu mjernih podataka i obračun te nadzor, baždarenje i zamjenu mjernih uređaja (brojila).

[191] Dodajmo: od 1. srpnja 2007. godine propisan je iznos naknade za poticanje obnovljivih izvora i kogeneracije, koju naknadu plaćaju svi kupci-potrošači električne energije (tarifni i povlašteni) srazmjerno njihovoj potrošnji. U 2007. godini ta je naknada 0,89 lipa/kWh, da bi u 2010. godini narasla na 3,5 lipe/kWh, bez PDV. U svim obračunima koji se odnose na razdoblje nakon 1. 7. 2007. treba obuhvatiti i taj obračunski element. Opširnije o tome u zaključnom dijelu prethodnoga poglavlja.

Tablica 21.8. Tarifni model za srednji napon (10, 20, 30 i 35 kV)

Obračunski element	Tarifne stavke			Tarif. model
	Jed. mjere	Sezonska	Dnevna	Bijeli
Djelatna snaga	kn/kW/mjes.	Viša	–	63,60
		Niža	–	42,40
Djelatna energija	kn/kWh	Viša	Viša (VT)	0,38
			Niža (NT)	0,18
		Niža	Viša (VT)	0,35
			Niža (NT)	0,16
Prekomjerna jalova energija	kn/kvarh	–	–	0,14
Mjesečna naknada	kn/mjes.	–	–	106,00

Tablica 21.9. Tarifni modeli za niski napon – kućanstva

Obračunski element	Tarifne stavke		Tarifni model			
	Jed. mjere	Dnevna	Plavi	Bijeli	Naranč.	Crni
Djelatna energija	kn/kWh	Viša (VT)	0,58	0,61	0,85	0,26
		Niža (NT)	–	0,32	–	0,26
Mjesečna naknada	kn/mjes.	–	15,75	15,75	–	5,25

Plavi model – mjerenje jednotarifnim brojilom
Bijeli model – mjerenje dvotarifnim brojilom
Narančasti model – bez stalne mjesečne naknade
Crni model – s upravljanom potrošnjom, dio trošila se daljinski isključuje/uključuje

Najvažnije pitanje, za kupce-potrošače u kućanstvima je kada se odlučiti za dvotarifni obračun, ugradnjom dvotarifnog brojila (dakle za bijeli tarifni model), umjesto jednotarifno brojila (plavog tarifnog modela). Odgovorimo na to pitanje simuliranjem mjesečnog obračuna (bez PDV) za mjesečnu potrošnju električne energije od 100 kWh. Okvirno, zaključak vrijedi i za veće mjesečne potrošnje od te, ali se račun može kontrolirati za bilo koju mjesečnu potrošnju i variranje udjela potrošnje u razdoblju niže dnevne tarife.

Uz jednotarifno mjerenje (plavi model), mjesečni račun za utrošenu električnu energiju bio bi:

– 100 kWh × 0,58 kn/kWh = 58,00 kn
– 1 mjes. × 15,75 kn/mjes. = 15,75 kn

Ukupno 73,75 kn ili prosječna cijena oko 74 lipe/kWh.

Uz dvotarifno mjerenje (bijeli model), i 12 posto električne energije iskorišteno u razdoblju niže dnevne tarife, račun za utrošenu električnu energiju bio bi:

– 88 kWh × 0,61 kn/kWh =	53,68 kn
– 12 kWh × 0,32 kn/kWh =	3,84 kn
– 1 mjes. × 15,75 kn/mjes. =	15,75 kn
Ukupno	73,27 kn ili prosječna cijena oko 73 lipe/kWh.

Dakle, prosječna cijena je već niža za približno jednu lipu od cijene prema plavom modelu. Za manje udjele energije u razdoblju nižih tarifnih stavki, prosječna cijena po bijelom modelu bila bi veća od prosječne cijene po plavom modelu.

Utvrdimo daljnje sniženje prosječne cijene primjenom bijelog modela na način da pretpostavimo 25 posto energije iskorištene u razdoblju niže dnevne tarife:

– 75 kWh × 0,61 kn/kWh =	45,75 kn
– 25 kWh × 0,32 kn/kWh =	8,00 kn
– 1 mjes. × 15,75 kn/mjes. =	15,75 kn
Ukupno	69,50 kn ili prosječna cijena 69,5 lipa/kWh.

Dakle, zamjena se jednotarifnog brojila dvotarifnim isplati ako je očekivana ili ostvarivana potrošnja električne energije u razdoblju niže dnevne tarife veća od 12 posto ukupne potrošnje električne energije, uz sadašnji tarifni sustav.

Istaknimo ponovno da od 1. 7. 2007. valja svim tim izračunatim prosječnim cijenama dodavati naknadu za poticanje obnovljivih izvora i kogeneracije (u 2007. godini: 0,89 lipa/kWh).

Tablica 21.10. Tarifni modeli za niski napon – poduzetništvo

Obračunski element	Tarifne stavke		Tarifni model			
	Jed. mjere	Dnevna	Plavi	Bijeli	Crveni	Naranč.
Djelatna snaga	kn/kW/mjes	–	–	–	31,50	–
Djelatna energija	kn/kWh	Viša (VT)	0,58	0,61	0,55	0,85
		Niža (NT)	-	0,32	0,25	-
Prekomj. jalova en.	kn/kvarh		0,16	0,16	0,16	–
Mjesečna naknada	kn/mjes.	–	15,75	15,75	–	–

Tablica 21.11. Tarifni model za javnu rasvjetu

Obračunski element	Tarifne stavke		Tarifni model
	Jed. mjere	Dnevna	Bijeli
Djelatna energija	kn/kWh	Viša (VT)	0,47
Mjesečna naknada	kn/mjes.	–	31,50

Naknade za korištenje mrežama *(mrežarine)* u Hrvatskoj (vrijede od 1. studenog 2003.)

Ove naknade služe pri obračunu za korištenje mrežama povlaštenim kupcima (koji proizvodnju električne energije i opskrbu ugovaraju s izabranim opskrbljivačem). Također, tako utvrđene naknade služe utvrđivanju udjela djelatnosti: prijenosa i distribucije, te proizvodnje električne energije i opskrbe, u ukupnim sredstvima prikupljenom od tarifnih kupaca.

Opet su u tablicama 21.12. do 21.14. navedene tarifne stavke bez uračunatog poreza na dodanu vrijednost (PDV); konačni iznos računa treba povećati za PDV u vrijednosti od 22 posto.

Tablica 21.12. Naknada za korištenje prijenosnom mrežom u Hrvatskoj

Naponska razina priključka kupca	Djelatna snaga kn/kW/mjes.	Djelatna energija kn/kWh		
		VT	NT	Jednotarifno mjerenje
VN (110 kV)	16,20	0,026	0,013	–
SN (10,20,30,35 kV)	16,20	0,026	0,013	–
NN (0,4 kV)	16,20	0,026	0,013	–
NN bez mjerenja snage	–	0,062	0,031	0,056

Dakle, za korištenje prijenosnom mrežom nije bitna naponska razina priključka kupca, bitne su samo vrijednosti djelatne snage i djelatne energije koje povlači kupac u obračunskom razdoblju. Dakako, iznimka je u slučaju da se povlačenje djelatne snage ne mjeri – tada mora naknada za energiju biti veća (jer se samo s tog naslova ostvaruje potrebni prihod). Također mora postojati neka uprosječena naknada ako se mjerenje djelatne energije obavlja jednotarifnim brojilom.

Tablica 21.13. Naknada za korištenje distribucijskom mrežom u Hrvatskoj

Naponska razina priključka kupca	Djelatna snaga kn/kW/mjes.	Djelatna energija kn/kWh		
		VT	NT	Jednotarifno mjerenje
SN (10,20,30,35 kV)	9,40	0,054	0,027	–
NN (0,4 kV)	13,80	0,188	0,094	–
NN bez mjerenja snage	–	0,262	0,131	0,238

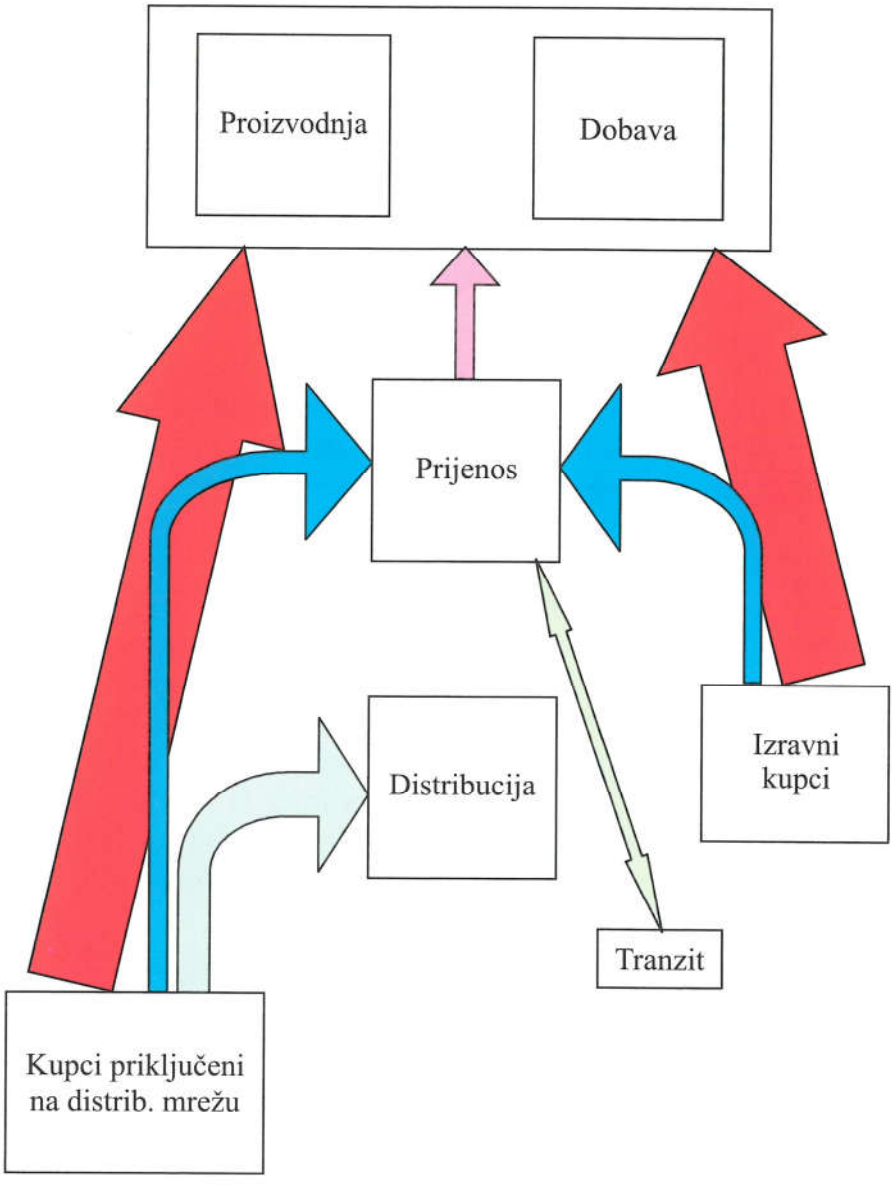
Kod korištenja distribucijskom mrežom bitno je da li je kupac priključen na srednji ili niski napon, jer time angažira manji ili veći dio mreže po dubini te mreže. Naglasimo još i to da kupac priključen primjerice na niski napon, mora platiti naknadu za distribucijsku mrežu i naknadu za prijenosnu mrežu, dakle ako ima jednotarifno brojilo plaća 0,238 + 0,056 = 0,294 kn/kWh ukupne naknade za korištenje mrežama.

Uz naknadu za korištenje mrežom dodaje se i stalna mjesečna naknada za svako mjerno mjesto u iznosima iz tablice 21.14.

Tablica 21.14. Mjesečna naknada za korištenje mrežom (kn/mjes.)

Naponska razina priključka kupca	Mjesečna naknada
VN (110 kV)	35,00
SN (10,20,30,35 kV)	35,00
NN (0,4 kV)	20,00
NN bez mjerenja snage	5,00

Konačno, naknada za prekomjerno preuzetu jalovu energiju (onu jalovu energiju što prelazi 33 posto preuzete djelatne energije) iznosi za sve naponske razine priključka kupca: 0,1 kn/kvarh.



Slika 21.1. Plaćanje naknade za kupljenu energiju i za korištenje mreža

Istaknimo još jednom: naknade za korištenje mrežama plaćaju samo povlašteni kupci (prema tablicama 21.12. i dalje), koji naknadu za preuzetu električnu energiju plaćaju prema ugovoru s opskrbljivačem (koji obračunava i naknadu troškova svoje usluge), slika 21.1.

Tarifni kupci ne plaćaju izdvojeno naknade za korištenje mrežama; ona im je uračunata u tarifnim stavkama za isporuku električne energije (tablice 21.7 do 21.11), koje obuhvaćaju kako naknadu za preuzetu električnu energiju i opskrbu, tako i naknadu za korištenje mrežama; to im se specificirano prikazuje u računima za potrošenu električnu energiju.

Operator prijenosnog sustava plaća naknadu elektranama za njihovu isporuku pomoćnih usluga, osobito za pružanje usluge uravnoteženja između planirane i ostvarene isporuke ili preuzimanja električne energije (a prima naknadu za tu neravnotežu od subjekata odgovornih za odstupanja)[192], prima naknadu za tranzit od korisnika njegovom mrežom za tranzit električne energije, te daje naknadu za tranzit drugim operatorima prijenosnog sustava putem čijih mreža se prenosi energija za njegove kupce, prema opisanom ITC-ustroju[193]. Također prima naknadu od izravnih kupaca, te od kupaca priključenih na distribucijsku mrežu, za korištenje prijenosne mreže.

Operator distribucijskog sustava prima naknadu za korištenje distribucijskom mrežom od kupaca priključenih na tu mrežu.

Umjesto Reykjavika i Finske, zašto ne München i Klagenfurt?[194]

London, Monako, Reykjavik, Finska, Melbourne, Sydney, Montreal – što povezuje te zemljopisne pojmove? Melbourne i Sydney, veže zajednički – a nama daleki – kontinent. Reykjavik i Finsku, povezuje to da su taj grad i ta zemlja u Europi, a – opet – vrlo daleki od nas. London, Monako? Jedan megalopolis (prostranstva veličine tri Baranje i stanovništva maltene kao dvije Hrvatske – 7 milijuna) i jedna mala državica (1,9 četvornih kilometara s 27 tisuća stanovnika). Pak, preostaje jedino to da su i oni – bar psihološki – dosta daleko od nas. Doista, zašto su napisani zajedno ti pojmovi? Ako bismo napisali, recimo: Trst, Klagenfurt, Graz, Maribor, Pečuh i zapitali se jednako, odgovor bi bio jednostavan – pa to su gradovi iz našeg susjedstva, nekako su nam „blizu". Čak i za Rim, Beč, Ljubljanu, Budimpeštu, pak i München, isto tako bismo odgovorili.

E, ali, novine ne pišu kolike su cijene struje u Trstu, Klagenfurtu, Grazu, Mariboru, Pečuhu (ili Rimu, Beču, Ljubljani, Budimpešti, Münchenu), već obavještavaju čitaoce o cijenama *struje* u gradovima, nabrojanim u prvoj rečenici, te se čude kako je tamo *struja* jeftinija od hrvatske. Eto, to je jedina veza među nabrojanim zemljopisnim pojmovima. Usput, u tim novinama možemo pročitati da je jedinica za mjerenje električne energije kW/h (*molim tipografe da to ne ispravljaju*) ili kilovat.

[192] Prema Pravilima o uravnoteženju elektroenergetskog sustava (NN 133/2006) i Metodologiji donesenoj na osnovi tih pravila, operator prijenosnog sustava ugovara s pružateljem usluge uravnoteženja da povećanjem ili smanjenjem proizvodnje električne energije ostvare uravnoteženje elektroenergetskog sustava. Odgovornim za neravnotežu (opskrbitelji, proizvođači i trgovci), zaračunat će se električna energija uravnoteženja po cijeni koja je načelno viša od redovite cijene a razlikuje se za slučaj prebačaja i podbačaja planiranih vrijednosti. Za uravnoteženja proizvodnje elektrana na obnovljive izvore i kogeneraciju, plaćanja obavlja Operator tržišta iz naknade za poticanje obnovljivih izvora i kogeneracije. Pravila su stupila na snagu 1. siječnja 2007. godine, a do 31. prosinca 2008. godine uslugu uravnoteženja pruža proizvodnja Hrvatske elektroprivrede.

[193] Opisanom u poglavlju 19 (Uredba EU o prekograničnoj trgovini električnom energijom).

[194] Članak što ga je autor ove knjige objavio u HEP-Vjesniku u listopadu 2002. godine.

Pišimo o cijenama električne energije u Njemačkoj i Austriji, iz barem dva razloga: prvo – to su uzorne i nama bliske zemlje i drugo – njihovi prikazi na internetu do kraja su razvidni (modernim bismo rekli *transparentni*). Zapravo, protumačit ćemo ono od čega se sastoji mjesečna naknada za korištenje električnom energijom u kućanstvima u tim dvjema zemljama.

Idemo najprije u njemačka kućanstva. Gledamo na prosječne podatke za cijelu Njemačku, prema tarifama u 2002. godini. I, riječ je o relativno dobroj opskrbljenosti kućanstva električnom energijom (godišnja potrošnja 3 500 kWh, mjesečno dakle oko 290 kWh, što je samo nešto više od doista prosječnog njemačkog kućanstva), tablica 21.15. Radi usporedbe: naše prosječno kućanstvo koristi godišnje otprilike 3 000 kWh ili mjesečno 250 kWh (2001. godine) – zapravo smo vrlo rastrošni u pogledu potrošnje u kućanstvima, usporedimo li se s ukupnim njemačkim bogatstvom.

Kažimo odmah na početku, da cijena električne energije za takvo kućanstvo u Njemačkoj izlazi (diobom 46,99 eura s točno 291,7 kWh) 16,11 eurocenta/kWh (ili 1,19 kuna/kWh, uz tečaj 100 eurocenta = 7,4 kune).

Udio proizvodnje u dijelu mjesečne naknade koji se odnosi na električnu energiju je nešto preko polovine, distribucije točno jedna trećina, a prijenosa 12,5 posto. Ukupno, električna energija i mreža sudjeluju s 60 posto u naknadi što ga plaća takvo kućanstvo, a 40 posto čine porezi i davanja državi, odnosno lokalnoj zajednici, koji će – jednim dijelom – biti „vraćeni" elektroprivredi.

Tablica 21.15. Mjesečni račun „za struju" 2002. godine kućanstva u Njemačkoj uz godišnju potrošnju 3 500 kWh

Element računa	**euro/mjes.**	**%**	**%**
Proizvodnja	15,33	54,2	
Prijenos	3,54	12,5	
Distribucija	9,42	33,3	
Ukupno za električnu energiju	**28,29**	**100**	**60,2**
Naknada za koncesiju	5,22		11,1
Zaštita spojenog procesa	0,76		1,6
Poticanje obnovljivih izvora	1,02		2,2
Porez na električnu energiju	5,22		11,1
Porez na dodanu vrijednost (16 posto na zbroj)	6,48		13,8
Mjesečni račun, sveukupno	**46,99**		**100**

Izvor podataka: www.strom.de

Koncesijska naknada je nešto što u Njemačkoj postoji od početaka javne elektrifikacije. Daje se radi pridobivanja koncesije za bavljenje tim poslom na općinskom prostoru (trajno zauzimanje prostora i „smetanje" na tom prostoru) i zadržala se do danas i zadržat će se, dakako, i sutra. Nije svuda jednako, ovdje je riječ o prosječnoj veličini.

Zaštitu spojenog procesa proizvodnje električne i toplinske energije plaćaju svi, jer korist imaju svi uštedom goriva za proizvodnju električne energije i topline u spojenom procesu (*ne samo oni koji koriste toplinu iz spojenog procesa*). Termoelektrane-toplane, koje su brojne u Njemačkoj, ne bi izdržale tržišnu utakmicu bez tog poticaja a ne smiju se gasiti već

moraju raditi sukladno potražnji topline. Ekološki i energetski su privlačne jer povećavaju iskorištenje goriva i time smanjuju opterećenje okoliša. Po posebnom zakonu, ta su izdvajanja bila godinu dana ranije 0,59 eura/mjes. (za promatrano kućanstvo) – dakle povećavaju se iz godine u godinu. (Mi smo zapisali u Zakon o tržištu električne energije, logičnu, obvezu da termoelektrane-toplane moraju imati prednost pri dispečiranju, ali nismo istodobno predvidjeli nikakvu naknadu za njih – teoretski: kada jednog dana svi kupci budu povlašteni, one bi mogle ostati bez kupaca električne energije.)

Naknadu za poticanje obnovljivih izvora opet plaćaju *svi*, kako bi se udio obnovljivih izvora (vodne snage, vjetar, biomasa, otpad, Sunce...) u proizvodnji električne energije od sedam posto (2000. godine) udvostručio u godini 2010. (To nije naknada za tzv. eko-struju, kod koje se jamči da je sva dobavljena iz obnovljivih izvora, i za koju dobrovoljno pristali kupci plaćaju znatno veću tarifu.) Prema posebnom zakonu, ta se naknada postupno također povećava, u 2001. godini bila je 0,63 eura/mjes. (za promatrano kućanstvo). Mi imamo udio obnovljivih izvora (vodnih snaga) u proizvodnji električne energije između 43 posto i 69 posto (ovisi o vlažnosti pojedine godine) i nama je – osim po principu *vidjela žaba da se konj potkiva, pa i ona digla nogu* – sasvim neprimjerena odredba našeg Zakona o tržištu električne energije[195], koja daje ovlaštenje Vladi da može propisati najmanji udio malih obnovljivih izvora u opskrbi *tarifnih* kupaca, što će voditi (ako bi se tako postupilo) neprimjerenom povećanju cijena za tarifne kupce, jer će ih s vremenom biti sve manje a obnovljivi izvori su skupi. U Njemačkoj se danas obvezno otkupljuje energija iz sunčanih elektrana po cijeni od približno 45 eurocenta/kWh – to je *deseterostruko* više od prosječne proizvodne cijene u konvencionalnim elektranama!

Konačno, u Njemačkoj su uveli još jedan porez 1999. godine, prilikom donošenja odluke o obustavi korištenja nuklearnim elektranama nakon isteka njihova 30-godišnjeg vijeka trajanja. Taj porez plaćaju svi kupci električne energije, naprosto da bi se destimuliralo korištenje tim najplemenitijem oblikom energije i usmjeravali kupce u zahvaćanje alternativnih oblika, gdje god je to moguće. Zovu ga strujni porez ili eko-porez, i on s vremenom raste. Godine 2001. ga je promatrano kućanstvo platilo 4,47 eura/mjes.

Na kraju, na čitav zbroj dodaje se i porez na dodanu vrijednost, koji je za električnu energiju (kao i općenito) u Njemačkoj jednak 16 posto.

Za Austriju ne raspolažemo prosječnim podacima. Izabrali smo stoga primjer poduzeća EVN iz Enzersdorfa i primjenom njegove tarife Optima-midi, utvrdili mjesečni račun za utrošenu električnu energiju – za kućanstvo koje troši 3 500 kWh godišnje, prema tarifnom sustavu koji vrijedi u doba pisanja ovog članka (dakle polovinom listopada 2002. godine), tablica 21.16.

[195] Opaska se odnosi na danas nevažeći zakon iz 2001. godine.

Tablica 21.16. Mjesečni račun „za struju" 2002. godine u kućanstvima kod EVN/Austrija uz godišnju potrošnju 3 500 kWh

Element računa	**euro/mjes.**	**%**	**%**
Proizvodnja	11,22	35,7	
Naknada za korištenje prijen. i distr. mrežom	17,40	55,4	
Naknada za mjerenje i obračun	2,18	6,9	
Naknada za pokriće gubitaka u mrežama	0,64	2,0	
Ukupno za električnu energiju	**31,44**	**100**	**73,5**
Dodatak za pokriće naslijeđenih troškova	0,125		0,3
Dodatak za obnovljive izvore	0,320		0,7
Dodatak za spojeni proces	0,117		0,3
Porez na energiju	4,375		10,2
Rabat (7 dana godišnje besplatno)	–0,709		–1,7
Porez na dodanu vrijednost (20 posto na zbroj)	7,13		16,7
Mjesečni račun, sveukupno	**42,80**		**100**

Izvor:www.evn.at

Cijena je električne energije za takvo kućanstvo u Austriji izašla (diobom 42,80 eura s 291,7 kWh) dakle 14,67 eurocent/kWh (ili 1,09 kuna/kWh). Uspoređujući s današnjim prosječnim cijenama u Njemačkoj, ovo poduzeće iz Austrije, ima nižu cijenu za 9 posto.

Udio proizvodnje u mjesečnoj naknadi je po prilici trećina, a prijenosne i distribucijske mreže više od polovine (!). Ne začuđuje što je cijena proizvodnje niža no u Njemačkoj, tâ Austrija ima udio hidroelektrana približno 70 posto u proizvodnji električne energije. Naknada za mjerenje i obračun sudjeluje sa 7 posto, a naknada za gubitke s 2 posto. Ukupno, električna energija i mreža sudjeluju sa 73,5 posto u naknadi što ga plaća takvo kućanstvo, a 26,5 posto čine porezi i davanja državi, koji će opet – jednim dijelom – biti „vraćeni" elektroprivredi.

Dodatkom za pokriće naslijeđenih troškova namiruju se oni troškovi u tržišnoj elektroprivredi, nastali u doba predtržišne elektroprivrede, koji bi – da se ne namire – vodili nekonkurentnosti pojedinih elektroenergetskih objekata na tržištu. Najčešće, riječ je o vraćanju nepovoljnijih zajmova i s vremenom će taj dodatak nestati.

Dodatak za unapređenje obnovljivih izvora i poticanje korištenja termoelektranama-toplanama u proizvodnji električne energije opet plaćaju svi, kako bi se potaknulo korištenje „malim" obnovljivim izvorima (vjetar, biomasa, otpad, Sunce...) i spojenog procesa, jer udio „velikog" obnovljivog izvora (vodne snage) u Austriji je doista zavidan.

I u Austriji su uveli 1996. godine porez na energiju koji plaćaju svi kupci električne energije i prirodnog plina, naprosto da bi destimulirali korištenje tim dobrima. Iznosi 1,5 eurocent/kWh plus PDV.

Dio austrijskih opskrbljivača električnom energijom nudi popust za stalnost ugovora o isporuci. Ovo poduzeće nudi rabat od besplatnih sedam dana godišnje, ako se ugovor o isporuci zaključi na 1 godinu.

Na kraju, na čitav zbroj dodaje se i porez na dodanu vrijednost, koji je za električnu energiju (kao i općenito) u Austriji jednak 20%.

Pri kraju ovoga članka iznesimo tablicu 21.17. mjesečnih računa za električnu energiju desetak europskih država, opet za kućanstvo koje troši 3 500 kWh godišnje. Podaci se odnose na prosječna ostvarenja u 2001. godini, a iznosi ih ugledno Udruženje njemačke elektroprivrede (VDEW).

Tablica 21.17. poredak država prema mjesečnom računu „za struju" u 2001. godini uz potrošnju kućanstava 3 500 kWh/god

Država	euro/mjes.
Finska	23,70
Grčka	31,50
Velika Britanija	31,50
Irska	34,80
Francuska	40,00
Njemačka	41,72
Nizozemska	46,70
Španjolska	47,20
Danska	51,60
Belgija	54,90
Portugal	60,90
Italija	69,00

Izvor: www.strom.de

Odredimo još mjesečni račun hrvatskog kućanstva, koje godišnje potroši 3 500 kilovatsati i koristi svu energiju uz jednotarifno brojilo (da ne špekuliramo o omjeru noćne i dnevne potrošnje), prema tarifi od 10. listopada 2002. Koja tarifa je s PDV-om 0,55 × 1,22 = 0,671 kuna/kWh plus 15 × 1,22 = 18,30 kune. Mjesečni račun takvog hrvatskog kućanstva je 291,7 kWh × 0,671 kuna/kWh + 18,30 kuna = 214,03 kune ili 28,92 eura, dakle veći je od računa za kućanstvo, doduše 2001. godine, u – najjeftinijoj – Finskoj, ali jeftiniji nego za kućanstvo u Grčkoj ili gotovo dva i pol puta manji nego li u tada – najskupljoj – Italiji. Cijena za takvo hrvatsko kućanstvo izlazi 73,37 lipa/kWh ili okruglo 10 eurocenta/kWh.

Jedna minuta razgovora – kao jedan kilovatsat![196]

U prosincu 2000. godine održan je 9. Forum Hrvatskog energetskog društva. Nakon Foruma, u večernjem razgovoru ispred *Lisinskoga*, jedan sugovornik reče: Nevjerojatno, naša javnost benevolentno prihvaća – kao nešto najnormalnije – najjeftiniju tarifu pri korištenju mobilnim telefonom od 50 lipa po **minuti** a ne može se pomiriti da jedan kilovatsat električne energije, dakle jedan kilovat korišten čitav **sat** košta isto 50 lipa. Danima sam pod dojmom tog razgovora, višekratno ga prepričavajući, sad – evo – i pišući našem *HEP-Vjesniku.*

Sagledajmo najprije činjenice. U kojim okolnostima minuta razgovora stoji 50 lipa (što vjerojatno pamtimo kao promidžbenu poruku s televizijskih ekrana), a u kojim okolnostima jedan kilovatsat stoji isto toliko (što HEP iznosi kao prosječnu cijenu za potrošnju u kućanstvima, nakon promjene tarifa za prodaju električne energije od 1. listopada 2000)?

[196] Članak što ga je autor ove knjige objavio u HEP-Vjesniku u prosincu 2000. godine.

Najprije, cijena telefonskog razgovora mobilnim telefonom od 50 lipa po minuti može se naći samo ako se gleda u cjenike s tarifama iskazanim bez PDV. To je tarifa po kojoj VIP obračunava razgovor s *friendom*, a SIMPA sa *simpatijom*, jednim-jedinim unaprijed određenim pozivanim brojem unutar vlastite mreže. CRONET obračunava takav razgovor, s *favoritom*, po tarifi od 49 lipa po minuti, a MOBITEL ne poznaje takvu mogućnost. Naravno, takva minuta košta za 22% više, uračunavanjem PDV, dakle 61 lipu u mreži VIP i SIMPA, odnosno 60 lipa u mreži CRONET. Pogledajmo tablicu 21.18.

Tablica 21.18. Tarife nekih mobilnih telefonskih usluga, bez PDV

Trošak	Jed.	SIMPA	CRONET	VIPme	VIPsmart	MOBITEL
Naknada za priključak	kn	244-82[1]=162	162	0	250	99
Min. mjes. naknada	kn/mj	0	56	0	60+12,5[2]	70[3]
Izabranik u mreži	kn/min	0,50	0,49	0,50		–
Razgovor u mreži	kn/min	0,98		1,00		0,62
Izvan mreže, razd. A	kn/min	2,19	2,49	2,49	2,25 3,00	2,60 0,62
Izvan mreže, razd. B	kn/min		1,79	1,79	1,50	1,20 0,465
Razd. A rad. danom	–	–	7-19h		–	8-18h 7-16h

[1]/ uračunato 82 kune za plaćanje početnih razgovora
[2]/ 12,5 kuna je naknada za korištenje radio-frekvencije (oslobođeno PDV)
[3]/ u tome 20 kuna za plaćanje mjesečnih razgovora

Samo u tarifnom sustavu VIPme, to je doista jedini trošak koji ima korisnik, razgovarajući jednu minutu s *friendom*. Naime, u tarifnom sustavu VIPme nema mjesečne naknade, niti plaćanja naknade za priključak.

U tarifnom sustavu SIMPA, također nema mjesečne naknade, ali postoji jednokratna startna naknada koja košta 244 kune u čemu je uračunato i 82 kune za prvi bon početnog telefoniranja.

Već u tarifnom sustavu VIPsmart, najniža je mjesečna naknada 60 kuna. Ako bi se obavljali razgovori samo s *friendom*, svakodnevno četiri minute (120 minuta mjesečno), stvarna cijena minute takva razgovora udvostručila bi se – umjesto 50 lipa, koštala bi 1 kunu. Mjesečna naknada za korištenje radio-frekvencijom od 12,50 kuna (oslobođena PDV) dodatno bi povećala cijenu takve prosječne minute za 10 lipa, dakle na 1,10 kuna. Uz sve to, VIPsmart obuhvaća i naknadu za priključak od 250 kuna.

U mreži CRONET, naknada za priključak je 162 kune, a najniža mjesečna naknada je 56 kuna. Nešto manje no u tarifnom sustavu VIPsmart, a i bez naknade za korištenje radio-frekvencijom.

Tarifni sustavi u svim mobilnim telefonskim mrežama s mjesečnim naknadama sadrže u pravilu nekoliko varijanata odnosa mjesečna naknada-tarifa za minutu razgovora (manja naknada-veća tarifa, veća naknada-manja tarifa). Jedino u mreži MOBITEL, uz naknadu za priključak

od 99 kuna, postoji samo jedna mjesečna naknada od 70 kuna, te jedna tarifa za minutu razgovora unutar mreže i s drugim mrežama, koja tarifa ovisi o danu i razdoblju – radnim danom u razdoblju između 7-16 sati je 62 lipa, a izvan tog razdoblja i neradnim danima 46,5 lipa po minuti. Dio mjesečne naknade u toj mreži od 20 kuna koristi se kao pretplata za plaćanje razgovora.

U mrežama SIMPA, CRONET i VIP, minuta razgovora unutar vlastite mreže – a pri najnižoj mjesečnoj naknadi, stoji 0,98–1 kunu po minuti, a razgovori iz svoje mreže prema drugim mobilnim mrežama i fiksnoj telefonskoj mreži u Hrvatskoj stoje 2,19–3 kune, ovisno o kojoj se mreži i o kojem se vremenskom razdoblju dana radi.

Što zaključiti? Uzeti doduše postojećom, ali *doista iznimnom* tarifu od okruglo 50 lipa po minuti razgovora u mobilnim telefonskim sustavima. To je razgovor s *friendom-simpatijom.* Minuta razgovora s CRONET-*favoritom* doduše košta 49 lipa, ali CRONET obračunava i mjesečnu naknadu. Nešto jeftinija je i mobitelska minuta ali samo radnim danom izvan 7-16 sati i neradnim danima, kada stoji 46,5 lipa, no također uz mjesečnu naknadu. Svi drugi razgovori su skuplji. Minuta košta u rasponu 0,62–3 kune, a tarifni sustavi (osim SIMPA i VIPme) sadrže i minimalnu mjesečnu naknadu od 50–72,50 kuna.

Pronađimo neke primjere mjesečne potrošnje električne energije po prosječnoj cijeni od 50 lipa po kilovatsatu, uračunavanjem mjesečne naknade za snagu i za potrošnju električne energije, bez PDV. Evo nekoliko primjera, prikazanih tablicom 21.19.

Primjeri su izabrani za kućanstva koja imaju limitator. Tarife za snagu i energiju uzete su prema tarifnom sustavu HEP-a, koji od 1. listopada 2000. godine vrijedi za kućanstva (objavljeni tarifni stavovi za kućanstva umanjeni za popust od 4 posto, prema odluci Vlade). Prva dva primjera su za kućanstva koja imaju jednotarifno brojilo, a sljedećih pet primjera su za kućanstva koja imaju dvotarifno brojilo. Varirane su snage limitatora od 3,3 do 6,6 kW. Mjesečno utrošene energije u tim kućanstvima kreću se u rasponu od 155 do 350 kilovatsati. U svim tim primjerima je ostvarena prosječna cijena bez PDV-a od 50 lipa po kilovatsatu (koja se dobije ako se ukupni mjesečni trošak za snagu i energiju podijeli s ukupnom potrošnjom). Mjesečni račun za električnu energiju u tim primjerima je (zaokruženo) između 100 i 175 kuna, odnosno između 122 i 213 kuna s PDV-om.

Tablica 21.19. Primjeri mjesečnih potrošnji električne energije po prosječnoj cijeni 50 lipa/kWh, *bez PDV*

Limit. snaga	Tarifa	Nakn. za snagu	Mjesečna potrošnja i tarifa, ovisno o brojilu						Nakn. za energiju	Ukupno	Prosj. cijena
kW	kn/kW	kn	kWh	kn/ kWh	VT	kn/ kWh	ST	kn/ kWh	kn	kn	kn/ kWh
1	2	3=1x2	4	5	6	7	8	9	10	11=3+10	12=11/4
3,3	11,46	37,83	260	0,36					92,35	130,18	0,50
4,4	11,46	50,43	350	0,36					124,32	174,75	0,50
3,3	11,46	37,83	155		50	0,44	105	0,17	40,22	78,05	0,50
3,3	11,46	37,83	200		100	0,44	100	0,17	61,44	99,27	0,50
4,4	11,46	50,43	210		70	0,44	140	0,17	55,10	105,54	0,50
5,5	11,46	63,04	270		90	0,44	180	0,17	70,85	133,89	0,50
6,6	11,46	75,65	315		105	0,44	210	0,17	82,66	158,31	0,50

Primjeri, usput kazuju da mjesečne naknade za snagu variraju između 38 i 76 kuna, što je manje ili podjednako najmanjim mjesečnim naknadama koje se plaćaju pri korištenju većinom tarifa pri mobilnom telefoniranju (osim kod tarifa SIMPA i VIPme).

Primjeri ne služe raspravi o tarifnom sustavu ili o načinu kako je obavljena promjena cijene električne energije od 1. listopada 2000. Njima se samo hoće pokazati kako postoje takve mjesečne potrošnje električne energije u kućanstvima pri kojima se ostvaruju prosječne cijene od 50 lipa po kilovat**satu**, jednake cijeni najpovoljnije i najiznimnije korištene **minute** pri mobilnom telefoniranju u nas (sve bez PDV-a).

(U mnogim drugim primjerima ostvarivala bi se prosječna cijena električne energije manja od 50 lipa/kWh. Autor ovih redaka ima dvotarifno brojilo i limitator od 4,4 kW. Ostvario je mjesečnu potrošnju u višoj tarifi od 57 kWh i u nižoj tarifi od 314 kWh. Prosječna ostvarena cijena mu je 35 lipa/kWh bez PDV-a.)

Telefonske žice svi smo vidjeli (promjera bitno manjeg od milimetra, o svjetlovodičima da ne govorimo), a i čelično-rešetkaste stupove antena za posredovanje pri mobilnoj telefoniji. Dalekovodne žice i vodiče u srednjonaponskim i niskonaponskim mrežama, promjera vodiča i do tri centimetra, uz tisuće i tisuće dalekovodnih stupova (samo u prijenosnoj mreži oko 20 tisuća komada!), najmanje velikih poput antenskih, također poznajemo. Jednostavno nije moguće da telekomunikacijska mreža nije jeftinija od elektroenergetske. U elektroenergetskom sustavu su još elektrane koje nemaju svoga *para* u telekomunikacijskom sustavu. U ukupnoj vrijednosti elektroenergetskog sustava, elektrane koštaju nešto više od prijenosne i distribucijske elektroenergetske mreže zajedno.

Zamišljamo što se sve može učiniti korištenjem jednom minutom telefonskog razgovora s *friendom-simpatijom*. Ovisi o sugovorniku i predmetu razgovora. Od toga da tu minutu ne iskoristimo nikako – do toga kako je moguće izreći baš sudbonosni *da*, čija vrijednost može biti neiskaziva i nenadoknadiva. Pribivajući, nehotice i nenamjerno, izloženi zapravo neuviđavnošću govornika, poneki put dijelovima takvih razgovora, teško bismo se složili da prevladavaju sudbonosni.

Što se može učiniti neposrednim iskorištenjem jednog kilovatsata električne energije? Potpuno egzaktno: može se podignuti teret mase 36 tona na visinu od 10 metara, može se voda u električnom bojleru od 80 litara zagrijati za 11 stupnjeva, može se kuhati jedan sat na kuhalu štednjaka od 1000 W ili štedna sijalica od 20 W može svijetliti 50 sati. Nije malo!

A što u nekoj elektrani valja učiniti kako bi se potrošačima stavio na raspolaganje jedan kilovatsat električne energije? U hidroelektrani treba oko 47 tona vode dostrujati s visine od 10 metara. U konvencionalnoj termoelektrani treba nepovratno spaliti oko 40 dekagrama najkvalitetnijeg kamenog ugljena, ili oko tri decilitra loživog ulja ili oko 0,35 kubičnih metara prirodnog plina. Dakako, to nije malo – a sve se prodaje po cijeni jedne minute najpovoljnijeg mobilnog telefoniranja. Doista: nevjerojatno!

22

Povijest elektrifikacije u Hrvatskoj

Najraniji primjeri javnih mjesnih elektrifikacija u Hrvatskoj javljaju se desetak godina nakon prvih takvih pojava u svijetu, devedesetih godina pretprošlog stoljeća. Tome prethode primjeri isključivo industrijskog korištenja električnom energijom (za rasvjetu raznih pogona, u mlinovima, pilanama, na željeznici i u lukama) ili privatnog korištenja (hoteli, lječilišta, kazališta, druge ustanove i posjedi). Ubrzo, korištenje se širi i "izvan ograde": mješovitim korištenjem istim izvorom električne energije: za industrijske i za javne potrebe. Konačno, samo nekoliko je godina trebalo za zasnivanje prvih postrojenja i organizacije kojima je jedina gospodarska svrha proizvodnja i prodaja električne energije: javna elektroprivreda. Tamo, gdje su se interes javnosti i zainteresiranost kakva ulagača uspješno dopunili.

Sadašnje područje Hrvatske, u početno doba javne elektrifikacije – posljednje desetljeće pretprošlog stoljeća do Prvog svjetskog rata – ima neujednačen državnopravni položaj, u okviru Austro-Ugarske monarhije. Tadašnja Hrvatska (središnja Hrvatska, Gorski kotar, Hrvatsko primorje, Lika) i Slavonija, pod upravom su Hrvatskog sabora i bana, u okviru ugarskog dijela Monarhije. Baranja je u ugarskoj županiji baranjskoj, a Međimurje u ugarskoj Zalaskoj županiji. Rijeka s užom okolinom je autonomna oblast u Ugarskoj. Istra pripada Austrijskom primorju, s namjesništvom u Trstu. Dalmacija je austrijska pokrajina s vladom i saborom u Zadru.

Ukupan broj stanovnika na području sadašnje Hrvatske, u to je doba 2,85 milijuna (1890. godine), 3,16 milijuna (1900), odnosno 3,46 milijuna (1910). Godine 1910. ukupno je 23 grada s brojem stanovnika većim od 5 000. Zagreb ima oko 75 tisuća stanovnika, Rijeka 47, Pula 38, Osijek 29, a Split 21 tisuću stanovnika. Karlovac, Varaždin, Zadar, Šibenik, Rovinj i Vukovar imaju između 10 i 20 tisuća stanovnika, a Sisak, Koprivnica, Bjelovar, Đurđevac, Brod, Požega, Vinkovci, Ogulin, Sušak, Dubrovnik, Korčula i Hvar imaju između pet i 10 tisuća stanovnika. U četrdeset godina, od 1869. do 1910. godine, najveći rast zbio se u Zagrebu: broj stanovnika je gotovo učetverostručen (povećao se 3,8 puta). U Rijeci i Puli, također, ostvareno je veliko povećanje stanovništva u tom razdoblju (2,7 puta).

Gospodarski razvoj hrvatskih krajeva u posljednjim desetljećima pred Prvi svjetski rat brži je u sjevernim nego li južnim područjima. Odvija se proces krupnijeg investiranja u industrijalizaciju: pilane, proizvodnja tekstila, prehrambena proizvodnja, prva rafinerija nafte, ugljenokopi, brodogradnja, cement i kemijska industrija, te razvoj brodarstva, trgovine i bankarstva. Industrijsko radništvo, u dvadeset godina – između 1890. i 1910. godine – najviše je poraslo u Osijeku; povećalo se 7,8 puta; u Zagrebu povećalo se u tom razdoblju 3,5 puta. U više gradova, industrijsko i obrtničko stanovništvo čini preko četvrtinu aktivnih stanovnika, premda prevladavaju obrtnici, osim u Zagrebu, gdje je već više industrijskih radnika.

Prije početka elektrifikacije, do osamdesetih godina pretprošlog stoljeća, izgrađene su prve željezničke pruge u hrvatskim krajevima: Zidani Most–Zagreb–Sisak, čime je ostvareno povezivanje s Trstom, Bečom i Budimpeštom (1862); Koprivnica–Zagreb–Rijeka, direktan pravac Budimpešta–Jadran (1873); te Subotica–Dalj–Osijek i Dalj–Slavonski Brod (1869-1879). Na magistralu Beč–Trst priključuje se 1876. godine odvojak Pula–Divača i s njega Kanfanar–Rovinj. Godine 1877. završen je i pravac Split–Siverić s odvojkom do Šibenika. Taj pravac produljen je do Knina, prije Prvog svjetskog rata, do kada je u središnjoj

Hrvatskoj i Slavoniji postavljena praktički ona željeznička mreža kojom se i danas koristimo: podravski i posavski pravac sa sedam poprečnih grana.

Javnoj elektrifikaciji u prvome trenutku primjene bilo je nezaobilazno – i često presudnim prvotnim motivom – korištenje za javnu rasvjetu ulica, obale, trgova. Javna elektrifikacija zbila se kasnije u onim gradovima gdje je njen potencijalni nailazak zatekao već ranije uspostavljeno korištenje gradskim plinom, za javnu rasvjetu i korištenje u kućanstvima. Plinare u to doba imaju: Rijeka (od 1852), slijede Zagreb (1863), Pula (1871), Osijek (1884), Rovinj (1906), Pazin (1907), Poreč (1907), Koprivnica (1910), a Slavonski Brod, Split, Bjelovar, Vinkovci i Crikvenica imaju plinare izgrađene prije Prvog svjetskog rata.

Elektrifikacija, od svog najranijeg vremena, znači izvor svjetla – rekli bismo i sjaja, izvor mehaničke snage za rad te mogućnost udobnijeg i učinkovitijeg kretanja u gradovima – tramvajem. Zanimljiv je pregled hrvatskih gradova u kojima je došlo do korištenja električnim tramvajem. Prvi električni tramvaj prometuje u Rijeci, od 1899. godine. Slijedi Pula (od 1904. godine) i Zagreb, od 1907. godine (kojim je zamijenjen konjski tramvaj iz 1892), te Opatija (1908) i Dubrovnik (1910). Do danas, korištenje električnim tramvajem zadržalo se samo u Zagrebu i Osijeku (u kojem je uveden 1926. godine, zamjenom konjskog tramvaja iz 1884. godine). Elektrifikacije željezničkih pruga javljaju se u nas nakon Prvog svjetskog rata.

U razdoblju do Prvog svjetskog rata, a i nakon toga doba, dolazilo je do uspostavljanja trajnih odnosa između elektrificirane industrije i grada u kojem je ta industrija locirana, radi trajne isporuke električne energije za javne potrebe. Primjeri iz najranijeg doba su: Marchesi&Comp. u Vodnjanu, Kudjeljara u Vukovaru, Pivovara u Daruvaru i Centralna mljekara u Belom Manastiru.

Počeci elektrifikacije u središnjoj Hrvatskoj

Posljednjih desetljeća pretprošlog stoljeća, okupljanje trgovačkoga kapitala radi investiranja u industrijske pothvate i prerastanje trgovačkog građanstva u industrijske poduzetnike, najjače je u hrvatskim zemljama izraženo u sjevernoj i središnjoj Hrvatskoj, u tome po broju takvih pothvata prednjači Zagreb. Od ukupno 14 industrijskih poduzeća, koja 1883. godine imaju preko 50 radnika, u središnjoj Hrvatskoj, šest ih je u Zagrebu (primjerice: paromlin s parnim strojem od 100 konjskih snaga, tvornica duhana sa 750 radnika ili tvornica papira sa 780 radnika). U ostalim dijelovima središnje Hrvatske veći pogoni su ugljenokopi (Zagorje), prehrambena industrija (Petrinja, Karlovac), tekstilna industrija (Duga Resa), prerada kože (Karlovac) i kemikalija (Koprivnica), a u Podravini pilane.

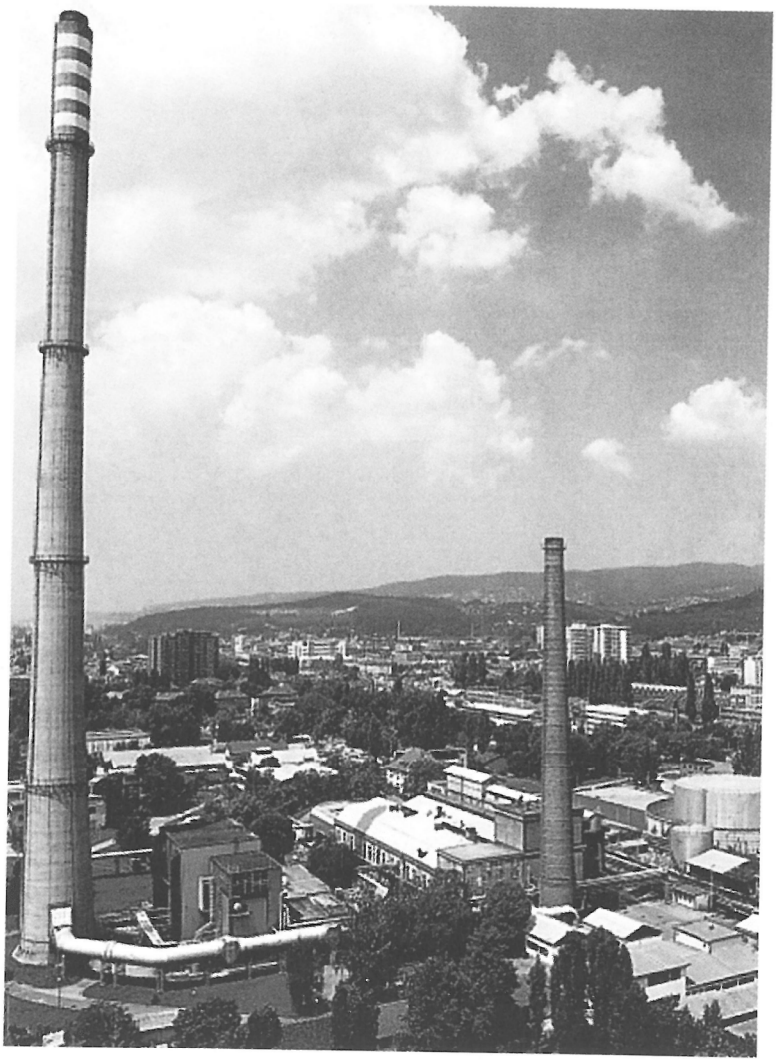
U **Čakovcu** je donesenu odluku o plinskoj gradskoj rasvjeti prekinula ponuda gradnje novog mlina zajedno s elektranom. Grad je ponudu prihvatio, dao je besplatno zemljište za novi mlin, te je 1. listopada 1893. godine grad rasvijetljen sa 131 električnom svjetiljkom. Ujedno, je priključeno i 105 kuća sa 1 400 rasvjetnih mjesta. Prvi ugrađeni stroj bio je generator istosmjerne struje. Nakon deset godina, 1903. godine, pojačava se elektrana a mjesna mreža proširuje. Daljnje pojačanje obavljeno je dvadesetih godina, da bi se takva opskrba – mješovitim korištenjem postrojenjima u mlinu – prekinula tek 1932. godine, priključkom Čakovca na hidroelektranu Fala u Sloveniji, dalekovodom u korištenju pod naponom 35 kV.

Varaždinska industrijska zadruga dobila je od grada **Varaždina** koncesiju na 50 godina za provođenje elektrifikacije ulica, trgova i javnih mjesta. Trebalo je izvesti rasvjetu s 280 polunoćnih i 100 cjelonoćnih svjetiljaka, za što će grad davati Zadruzi godišnju naknadu.

Upisuju se dionice na ime Prvo hrvatsko varaždinsko d.d. za električnu rasvjetu, kako se Zadruga preimenovala. Električno svjetlo zasjalo je prvi put 17. prosinca 1895. godine. Elektrana je u početku sadržavala tri parna stroja s generatorima izmjenične struje od po 50 kVA, a kasnije je proširivana. Postala je rezervna, nakon priključka Varaždina vodom pod naponom 35 kV na hidroelektranu Fala, 1928. godine.

Daruvarska dionička pivovara dobila je od **Daruvara** koncesiju na 20 godina za opskrbu mjesta električnom energijom, izgradnjom elektrane u Pivovari. Elektrana sadržavala je u početku generator istosmjerne struje 18 kW, pokretan parnim strojem, kasnije motorom na upojni plin. U svibnju 1907. godine, mjesto je rasvijetljeno žaruljama na 106 rasvjetnih mjesta i lučnim svjetiljkama na šest mjesta. Odmah je priključeno i 36 kućanstava. Nakon isteka koncesije, općina je izgradila svoju elektranu, u pogonu od 1928. godine.

Praška tvrtka "F. Križik" dobila je pravo korištenja elektranom na pet godina kako bi projektirala, dobavila opremu i u **Sisku** izgradila elektranu, koja je na takav način ostvarena i ušla u pogon 1907. godine. Sadržavala je dva parna kotla s dva parna stroja i dva generatora istosmjerne struje od po 65 kW. Također, elektrana je sadržavala akumulatorsku bateriju,



Slika 22.1. Munjara (danas EL-TO) u Zagrebu, u pogonu od 1907. godine

koja je služila kao izvor električne energije kad strojevi nisu radili. Niskonaponska mreža korištena je uz napon 2×110 V za rasvjetu i uz napon 220 V za motore.

Gradska plinara je u **Zagrebu** od 1863. godine, a konjski tramvaj koristi se od 1892. U tom vremenskom razmaku počinje ugradnja prvih vlastitih agregata za opskrbu električnom energijom: Dom Streljačkog društva (1882), zgrada današnjeg Rektorata Sveučilišta za potrebe tadašnje Gospodarske izložbe (1891), kazalište u Gornjem gradu (oko 1893), također Paromlin (1886), Tvornica parketa i Tvornica kože. Na poziv gradonačelnika Milana Amruša, u Zagreb 1892. dolazi Nikola Tesla, preporučujući gradu izgradnju vlastite elektrane i sustav izmjenične struje. Kolebanje grada oko elektrifikacije prekida ponovno načelnikovanje Amruševo, koji 1904. raspisuje natječaj za gradnju elektrane. Nastaje spor Zagreba s Karlovcem oko korištenja Kupe kod Ozlja za gradnju hidroelektrane. Odlučeno je da se izgradi termoelektrana na području vodocrpilišta, vodovod prepravi na električni pogon, plinara rastereti potrošnje plina za rasvjetu, a električnim tramvajem zamijeni konjski. Žarulje javne rasvjete zasjale su u Zagrebu 5. studenog 1907. godine. Tada, elektrana (slika 22.1) je sadržavala parne strojeve, jedan trofazni generator 865 kVA i drugi generator istosmjerne struje 200 kW za opskrbu električnog tramvaja. Iz elektrane položeni su kabeli 5 kV do 9 transformatorskih stanica (slika 22.2), početne ukupne duljine 7,5 km. Jednofazna mreža 500 V imala je oko 20 km kabela. Pojedine zgrade na tu su mrežu priključivane transformatorima 500/2×55 V. Polovinom 1907. godine bilo je 247 kućnih priključaka, a koncem godine priključena su i prva tri elektromotora, osim vodocrpnih. Već 1910. godine

Slika 22.2. Transformatorska stanica 5 kV *u Zagrebu oko 1910. godine*

Slika 22.3. Hidroelektrana Ozalj, u pogonu od 1908. godine

elektrani su dograđeni kotlovi i turbine te trofazni generator 1250 kVA i još jedan generator istosmjerne struje 200 kW. Godine 1914. slijedi daljnje povećanje: trofaznim generatorom od 3 000 kVA.

Građevni dio projekta hidroelektrane Ozalj, koja će riješiti rasvjetu grada **Karlovca**, načinio je gradski inženjer Valerijan Riezner, ostvarivši branom na Kupi pad od 9 metara. Gradnju elektrane izvela je karlovačka tvrtka Peyer i drug. U početku ugrađena su dva hidroagregata s trofaznim generatorima od po 750 kVA. Iz elektrane položena su dva nadzemna voda: jedan, duljine 17 km do Karlovca pod naponom 20 kV i drugi do Ozlja pod naponom 5 kV. U Karlovcu je izgrađena transformacija 20/5 kV s dva kabelska voda 5 kV prema gradu, u kojem je postavljeno 13 transformatorskih stanica. Mreža 5 kV bila je duga 5,3 km a niskonaponska 20 km. Grad je odatle dobio električnu rasvjetu 18. kolovoza 1908. godine. Već 1913. godine ugrađen je još jedan hidroagregat s generatorom 750 kVA. Prirodna kolebanja vodostaja Kupe onemogućavala su ravnomjerniju isporuku električne energije, te je uz elektranu 1925. godine dograđen dizelski agregat s generatorom 900 kVA.

Hidroelektrana Ozalj (slika 22.3) bila je izvorom javne elektrifikacije **Ozlja** od 1908. godine. To je svakako lijep primjer; iz hidroelektrane koja je prvenstveno građena za opskrbu grada Karlovca (i danas na zgradi stoji: *Munjara grada Karlovca*), omogućena je istodobno i elektrifikacija manjeg mjesta, u čijoj su se blizini stekle prirodne okolnosti iskorištavanjem kojih je i bilo moguće zasnovati izvor električne energije, za tadašnje prilike, velikih mogućnosti.

Gradska uprava **Petrinje** gradnju je Gradske munjare počela novcem koji je namakla prodajom šume. Elektrana ulazi u pogon 1911. godine. Sadrži tada tri dizelska motora s generatorima istosmjerne struje: dva od 60 kW i jednim od 18 kW. Ugrađena je i akumulatorska baterija za izravnavanje opterećenja elektrane. Iz elektrane položeni su kabeli do stupova nadzemne mreže, čiji je napon za rasvjetu bio 2×110 V, a za motore 220 V. Gradskim Štatutom za upravu munjare, uređeno je vođenje i upravljanje munjarom, pravila za izvedbu instalacija i odnos prema potrošačima. Također, određene su i tarife za svekoliku potrošnju i za motorsku potrošnju (omjer 2,4:1).

"Hrvatsko zemaljsko lječilište" u **Topuskom** rješavalo je crpljenje termalne vode na način da su u strojarnicu ugrađena dva dizelska motora s generatorima istosmjerne struje od po 30 kW, 230 V. U lječilištu, pokusna električna rasvjeta zasjala je u svibnju 1911. godine. Odatle je izvedena mjesna električna mreža napona 2×110 V te je mjesto prvi put rasvijetljeno u siječnju 1912. godine.

Pakrac je elektrificiran iz Električne centrale trgovišta Pakrac, u pogonu od 1906. godine, s generatorom istosmjerne struje od 68 kW pokretanim motorom na upojni plin. **Novska** ima munjaru od 1909. godine s vodnom turbinom koja je pokretala generator istosmjerne struje od 10 kW. **Križevci** imaju Gradsku munjaru od 1912. godine s tri dizelska agregata i generatorima istosmjerne struje ukupne snage 150 kW. U **Novoj Gradiški**, Općinska munjara ima od 1913. godine u pogonu dva dizelska agregata ukupne snage generatora istosmjerne struje od 130 kW. U **Ivanić-Gradu** je javna električna centrala Hubeny od 1914. godine, s dva dizelska motora i generatorima istosmjerne struje ukupne snage 27 kW. U Topličko-klimatskom lječilištu u **Lipiku** ugrađena je 1894. godine elektrana s parnim kotlom loženim drvom, parnim strojem i generatorom istosmjerne struje 16,5 kW, odakle se širi ulična rasvjeta i uvodi elektrika u susjedne bogataške vile.

Počeci elektrifikacije u Istri i Hrvatskom primorju

Istarsku tržišnu ponudu s konca pretprošlog stoljeća tvore: vino, ulje, riba, drvo, sol i drugi ratarsko-stočarski proizvodi, uz pridobivanje ugljena i kamena, te preradu kože. Lošinjsko brodograditeljstvo je pred propadanjem zbog nadolaska brodova od čelika i na paru, namjesto drvenih i s jedrima. Veliki investicijski zahvati prate odluku Austrije da u Puli stvori glavnu ratnu luku Austro-Ugarske monarhije. Godine 1890. dolazi do prvih korištenja električnom energijom, u Arsenalu, u kazalištu i u kavani "Miramare" u Puli.

Otočje **Brijuni**, zapušteno i malarično, od 1894. godine počinje uređivati bečki industrijalac čelika Paul Kupelwieser, nakon što ih je kupio od jednog tršćanskog trgovca. Za polijevanje brojnih donesenih novih nasada bilja i drveća, voda je crpljena iz jezerca vjetrenjačom, koja je ujedno pokretala i drobilice kamena te rashladne uređaje. Uređuju se prometnice, sportski tereni, kupalište, postavlja pošta s telefonskom centralom, počinje gradnjom velikih hotela – pripreme prestižnog mondenog centra Europe pred Prvi svjetski rat. Godine 1898. postavlja se parni lokomobil 25 KS s generatorom istosmjerne struje, kojim se pored gospodarskih potreba opskrbljuju i stanovi tadašnjih otočana. Godine 1904. izgrađena je elektrana s dizelskim motorom od 50 KS, koja se dopunjuje s dva dizelska motora, tako da 1910. godine ima ukupnu snagu motora od 300 KS.

Pietro Marchesi koristi od 1883. godine u **Vodnjanu** dva parna lokomobila s generatorom istosmjerne struje za vlastite industrijske potrebe i rasvjetu pogona. Od 1889. godine počeo je službeno vršiti distribuciju električne energije u mjesto, za rasvjetu ulica i za korištenje u javnim lokalima, pod imenom Električna centrala Marchesi&Compani. Centrala je proizvodila i distribuirala električnu energiju do 1928. godine, od kada tvrtka ostaje i dalje distributer, ali dobavljajući energiju od Societa Elettrica Istriana iz Pule.

Pula od 1871. godine ima gradsku plinaru, ali ipak već 1900. godine polaže kamen temeljac za gradnju elektrane, radi javne opskrbe grada i pogona tramvaja. Električni tramvaj krenuo je 24. travnja 1904. godine (slika 22.4) a prvi potrošači priključeni su na električnu

Slika 22.4. Električni tramvaj u Puli, 1904. godine

mrežu 26. travnja 1904. Plinska javna rasvjeta ostaje na ulicama u prvo vrijeme elektrifikacije; tek koncem 1906. godine postavljene su dvije pokusne svjetiljke s žaruljama kod Zlatnih vrata. U elektrani bila su ugrađena tri motora na upojni plin koji su pokretali generatore istosmjerne struje od po 50 kW. Godine 1915. ugrađen je prvi dopunski dizelski motor s generatorom 250 kW, da bi do 1921. godine instalacija narasla na ukupno četiri dizelska motora.

Rijeka, izdvojeno područje pod neposrednom ingerencijom mađarskih vlasti i pod snažnim mađarskim interesom prema izlazu na more, osamdesetih godina razvija rafineriju nafte i ljuštionicu riže, uz postojeće tvornice papira, duhana, prerade kože, torpeda, pomorsku djelatnost, a brodograđevnu djelatnost postupno usmjerava prema gradnji parobrodova. U Gorskom kotaru i Lici, u sklopu tadašnje uže Hrvatske, glavne su gospodarske aktivnosti vezane uz pridobivanje i primarnu preradu drveta. Do Prvoga svjetskog rata na tom području nije došlo do javne elektrifikacije.

Rijeka ima gradsku plinaru od 1852. godine – prvu u hrvatskim krajevima. Svečano otvorenje kazališta 4. listopada 1885. godine bilo je uveličano sjajem električnog svjetla (slika 22.5) s čak 800 žarulja (!) u kazalištu i šest uličnih svjetiljaka. Godine 1890. izgrađena je u Rijeci prva elektrana, s generatorom istosmjerne struje 22 kW, ali za vlastite potrebe; za rasvjetu novoizgrađene željezničke stanice, njezinih kolosijeka i lučkih postrojenja. Prijedlozi da se izgradi javna elektrana za opće potrebe grada traju od 1886. godine. Konačno, 1892. godine takva je elektrana izgrađena, s parnim strojevima i tri jednofazna generatora od po 120 kVA. Ta je elektrana zamijenila prvu, preuzevši rasvjetu željezničke postaje, lučkih postrojenja i silosa. Uskoro počinje elektrifikacija stanova i ureda duž obale luke. Razdioba je bila jednofazna, pomoću dva nadzemna voda pod naponom 2 kV, s tri transformatorske stanice 2/0,1 kV, odakle se energija vodila do potrošača. Ta elektrana nije dugo radila, jer ju je već 1897. godine zamijenila elektrana "Ponsal" s tri parna stroja ukupne snage 400 KS. Od godine 1908. u pogonu je četvrta termoelektrana uz izvor Zvir na Rječini, koja ima dva turboagregata s trofaznim generatorima od po 1 500 kVA. Pod imenom Termoelektrana Rijeka zamjenjuje elektranu "Ponsal", koja se obustavlja. Posljednjih sedam godina pred Prvi svjetski rat potrošnja je usedmerostručena, tako da je 1913. godine ugrađen treći turboagregat 1 600 kVA.

Slika 22.5. Kazalište Ivana pl.Zajca u Rijeci; električna rasvjeta na premijeri Aide, 4. listopada 1885. godine

Također u Rijeci, 7. studenog 1899. godine pušta se u promet električni tramvaj na pruzi Rječina–Torpedo, duljine 4,4 km. U Rijeci se od 1904. godine koristi i spalionica smeća za proizvodnju električne energije; u spalionici se proizvodi para koja pokreće parni stroj s trofaznim generatorom 150 kVA, koji opskrbljuje jedan od motora gradske vodoopskrbne crpke.

Luka u **Sušaku** priključena je na riječku visokonaponsku mrežu 2 kV, putem dvije transformatorske stanice iz kojih su se opskrbljivale lučke dizalice na Delti i Brajdi, uz napon za rasvjetu 100 V i za motore 3×330 V.

Po nalogu gradske uprave **Bakra**, prilikom obnavljanja mlina Malinice na Jazu, ugrađena je u starom mlinu, koji je radio na mlinske kotače, vodna turbina umjesto kotača, a za rezervu, kada nema vode, pogon parnim strojem. Ta hidro-termoelektrana puštena je u pogon 16. lipnja 1894. godine. Generator istosmjerne struje bio je 6,5 kW, napona 100 V. Javna rasvjeta u Bakru imala je 50 žarulja, a privatna 120 žarulja. Sredstva za elektranu, Bakar je namaknuo zajmom, založivši sve svoje nekretnine i dohotke na 50 godina.

Opatija je elektrificirana 1896. godine, istodobno i **Volosko**, kada je koncesionar iz Beča izgradio na Punta Colovi termoelektranu na ugljen, s dva parna stroja i generatorima izmjenične struje snage po 125 kVA. Najprije su priključivani potrošači, a 1897. godine je izdana koncesija i za javnu rasvjetu, pa je tada Opatija rasvijetljena. Električni tramvaj na liniji Matulji–Opatija–Lovran pušten je u promet 1908. godine; duljina pruge je bila oko 12 km.

Na otoku Rabu dugo je vremena elektrificirano samo mjesto **Rab**. Elektrifikacija je otpočela 1902. godine a u potpunosti dovršena 1926. godine. Elektrana imala je dizelski agregat s generatorom istosmjerne struje 27 kW. Godišnja isporuka električne energije iz te elektrane 1902. godine bila je 8 000 kWh, a 1910. porasla je na 12 000 kWh. (*Toliku godišnju potrošnju ostvaruje danas jedno jače elektrificirano kućanstvo!*)

I na Lošinju elektrifikacija je otpočela prije Prvog svjetskog rata. Prve žarulje u **Malom Lošinju** (i **Velom Lošinju** i **Ćunskom**) zasjale su u kolovozu 1910. godine. Tada je puštena

u pogon elektrana s dva parna stroja, čije su snage bile 100 i 400 konjskih snaga. Planirano je bilo da veći stroj opskrbljuje električni tramvaj na pruzi Mali Lošinj–Veli Lošinj, čiju je izgradnju omeo Prvi svjetski rat.

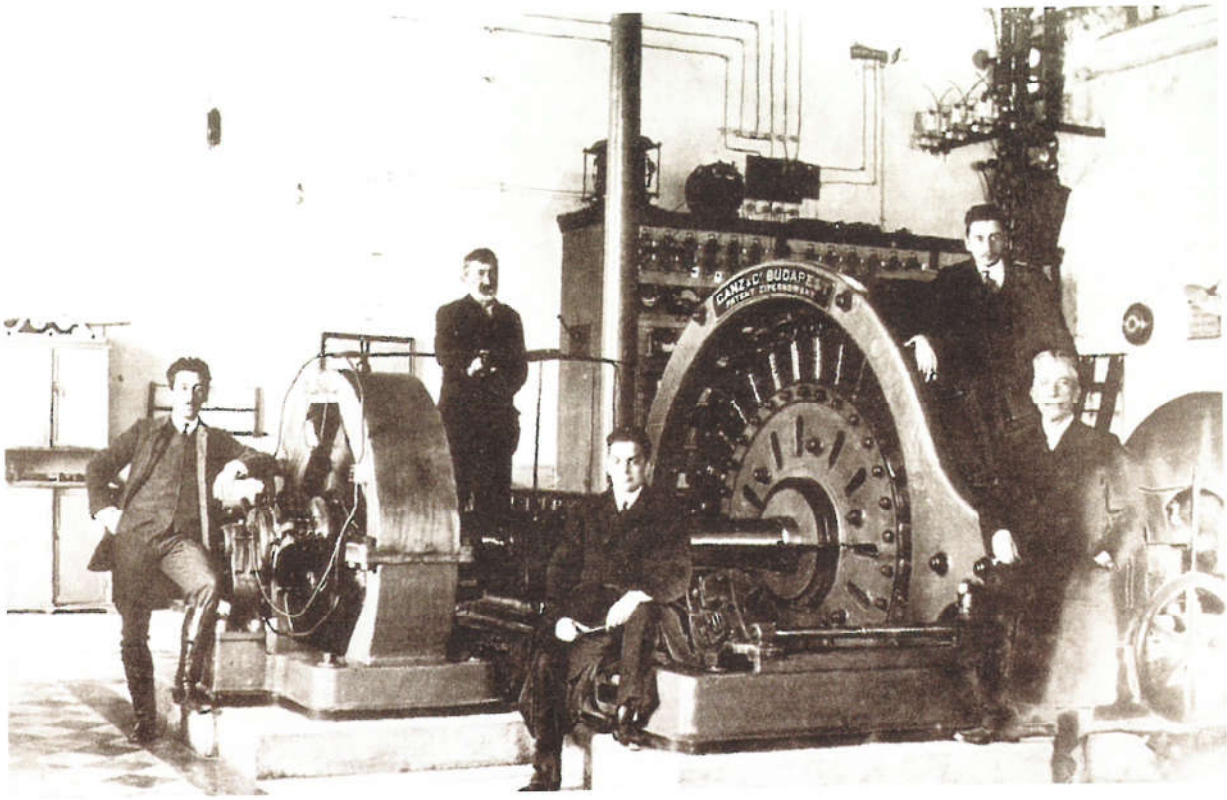
Počeci elektrifikacije u Dalmaciji

Sporije no u sjevernijim hrvatskim krajevima, u Dalmaciji se koncem pretprošlog stoljeća odvija prerastanje obrtničke u industrijsku proizvodnju. Poduzetnički krugovi okupljaju se u Zadru, Splitu i Dubrovniku. Još prevladava ratarsko-stočarska proizvodnja, vinogradarska i maslinarska proizvodnja te prerada ribe, osobito na otocima. To, uz likere, čini uglavnom i robu trgovačke ponude iz Dalmacije. Pomorski poduzetnici i trgovci brojniji su od obrtnika. Na prijelazu 19. u 20. stoljeće javljaju se krupniji investicijski zahvati: cement, karbid-cijanamid, pridobivanje ugljena – u Splitu, Šibeniku, Omišu i Siveriću.

Zadar se električnom energijom počeo koristiti na Silvestrovo 1894. godine, kada je uključena prva električna javna rasvjeta u Širokoj i drugim ulicama. Na Gospodskom trgu zasjala je velika električna kugla jakosti 1 000 svijeća. U zadarskoj elektrani, parni strojevi pokretali su četiri generatora istosmjerne struje od po 25 kW. Razdioba električne energije provodila se uz napon 2×150 V. Godine 1902. instaliran je veći parni stroj koji je pogonio generator istosmjerne struje od 160 kW, a do početka Prvog svjetskog rata instalirana su tri dizelska agregata s generatorima istosmjerne struje, tako da je ukupna instalirana snaga zadarske elektrane tada bila 515 kW. Elektrifikaciju je financirala gradska općina, osnovavši posebno poduzeće Aziende Municipalizzate di Zara.

Zanimljiva je povijest zadarske ulične rasvjete. Komunalni organi prilagali su novac za ulje potrebno za rasvjetu na gradskim ulicama i utvrđenjima, prema potvrdi iz 1520. godine, a godine 1602. gradski je senat odobrio carinu za voštanice za gradsku rasvjetu. Od 1771. godine zadarske su ulice rasvijetljene s 46 svjetiljaka. Od 1797. godine financiranje rasvjete riješeno je javnom lutrijom; 80 posto prihoda išlo je dobitnicima, a 20 posto održavanju rasvjete. Oko 1890. godine uspostavlja se rasvjeta petrolejskim svjetiljkama na 300 rasvjetnih mjesta, s nizom raskošno oblikovanih kandelabara na obali, profiliranih lijevanih stupova na kamenim postamentima. Za carske posjete Franje Josipa I godine 1875., demonstrirano je električno svjetlo iz lučnih svjetiljki napajanih s brodova austrougarske mornarice koji su bili usidreni u gradskoj luci. Godine 1878. pribavljena je ponuda za izgradnju plinare radi ulične rasvjete na 2 000 mjesta, s kandelabrima od lijevanog željeza ukrašenim reljefnim cvjetnim motivima. Plan je napušten; donesena je 1885. odluka o električnoj rasvjeti, uz dvojbu o sustavu istosmjerne ili izmjenične struje. Sagledana su iskustva Venecije, Udina, Pordenonea, Milana, Trenta i Salzburga. Ustanovljena su detaljno sva tehnička svojstva i izračunata investicijska ušteda u korist rješenja istosmjernom strujom, te je 1893. zaključen ugovor o uvođenju električne rasvjete za ulično osvjetljenje (350 žarulja) i za privatne potrebe (1150 žarulja), što je u ostvarenju preudešeno, povećanjem udjela građana. Nova godina 1895. dočekana je uz električnog svjetla sjaj...

Šibenik je 28. kolovoza 1895. godine dobio električnu energiju za potrebe javne rasvjete iz hidroelektrane "Krka" (slika 22.6, kasnijim imenom "Jaruga", odnosno "Jaruga I"), s dvofaznim generatorom 320 kVA. Dalekovod napona 3 kV, četverovodični (dva puta jednofazno), 11 km duljine, na drvenim stupovima, položen je do grada. Električna se energija ovdje transformirala na



Slika 22.6. Hidroelektrana Krka, u pogonu od 1895. godine

napon 110 V s pet transformatora, postavljenih na vrhove zgrada i stupove. U početku je opskrbljivana javna rasvjeta od 216 rasvjetnih mjesta i neke privatne kuće, a iduće godine priključeno je kazalište. U idućim godinama priključuju se prvi industrijski potrošači i kućanstva. Ubrzo je formiran i tarifni sustav. Pothvat je bila poduzela tvrtka Ante Šupuk i sin iz Šibenika.

Obilježja šibenskog elektrifikacijskog pothvata iz 1895. godine bila su osnovom za izbor 28. kolovoza za Dan Hrvatske elektroprivrede: svrhovito izgrađena elektrana izmjenične struje s visokonaponskim prijenosom, transformacija i razdioba pri niskom naponu, prodaja električne energije potrošačima. Tehnologija i poslovanje svojstveno i današnjim javnim elektroprivredama svuda u svijetu.

Potkraj 18. stoljeća uvedena je u **Dubrovniku** javna rasvjeta petrolejskim fenjerima, već godine 1821. bilo ih je 45. Hotel "Imperial" ima kućnu električnu centralu od 1896. godine, a mlin "Marija" u Župi Dubrovačkoj uveo je električni pogon 1898. godine, koristeći živu vodu Zavrelja. Godine 1898. općinsko upraviteljstvo zaključilo je ugovor s društvom "Gesellschaft für elektrische Industrie" iz Beča, koje je dobilo koncesiju na 45 godina za javnu i privatnu rasvjetu, za svaku obrtnu uporabu elektriciteta te za opskrbu tramvaja kada ga uspostavi. Općina se obvezala da će odmah uvesti električne žarulje u sve fenjere javne rasvjete: 314 žarulja i 13 lučnih svjetiljaka. Unaprijed su određene i tarife za prodaju električne energije, za rasvjetne i motorske potrebe (omjer 2:1). Određena je lokacija elektrane u Gružu, na Batali. Električno svjetlo zasjalo

je u Dubrovniku, na Pilama, 1. lipnja 1901. godine. Elektrana sadržavala je parne strojeve snage 150 KS i trofazne generatore. U prvo vrijeme elektrana je radila samo noću, a nakon pet godina pogona počela je opskrbljivati i potrošače, kada je otpočela s cjelodnevnim radom. Godine 1910. počela je radom Dubrovačka električna željeznica, tramvaj na liniji Pile–Gruž.

U **Benkovcu** je iz Mlinice Novaković uspostavljena 1907. godine javna elektrifikacija mjesta s vodnom turbinom kao pogonskim strojem.

Općina **Drniš** je 1915. godine ostvarila priključak na dalekovod pod naponom 15 kV iz hidroelektrane Roški slap i vlastitim transformatorom 15/0,4 kV, omogućila javnu elektrifikaciju mjesta. To je prvi primjer da je iz jedne ranije izgrađene dalmatinske industrijske hidroelektrane došlo i do korištenja električnom energijom za javne potrebe.

Nekoliko prvotno izgrađenih hidroelektrana u Dalmaciji, većih i velikih za ondašnje doba, bilo je na početku namijenjeno isključivo industrijskom korištenju, a tek kasnije – često znatno kasnije – došlo je do njihova mješovitog korištenja i, konačno, do uključenja u elektroenergetski sustav radi usklađenog korištenja s ostalim elektranama u sustavu i time učešća u javnoj opskrbi električnom energijom sustava u cjelini. To su veće hidroelektrane:

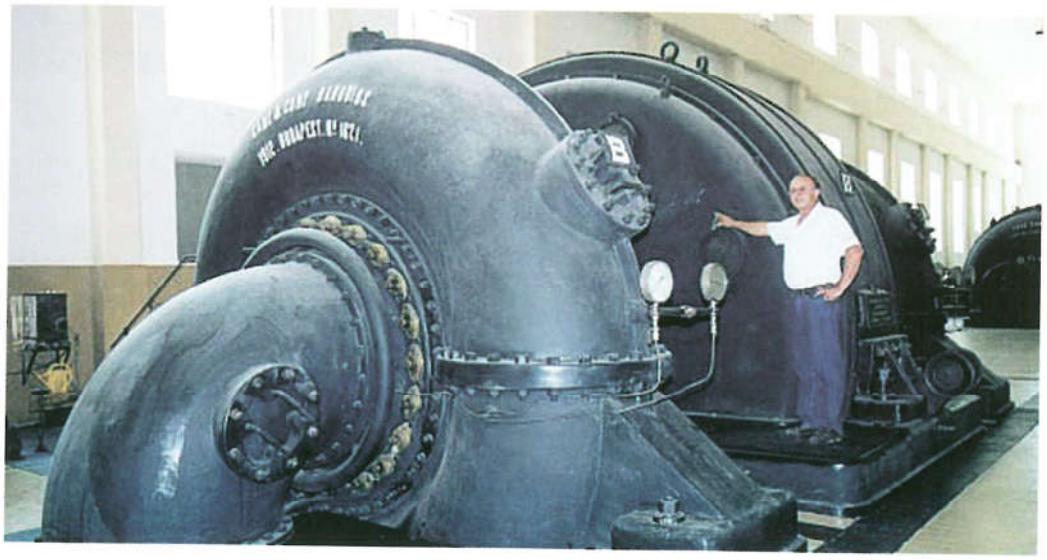
– HE Jaruga II, snage 2×2 625 kVA, u pogonu od 1904. godine, radi opskrbe tvornice kalcijeva karbida u Crnici kod Šibenika, koja od 1914. godine potpuno zamjenjuje HE Jaruga I (odnosno HE Krka iz 1895. godine), opskrbljujući od tada i Šibenik električnom energijom;

– HE Manojlovac, snage 4×5,2 MVA, u pogonu od 1906. godine, radi opskrbe tadašnje tvornice ferolegura SUFID kod Šibenika;

– HE Roški slap, snage 2×500 kVA, u pogonu od 1906. godine, radi namirivanja potreba električne energije ugljenokopa Siverić i Velušić, opskrbivši i Drniš od 1915. godine;

– HE Vrilo (Majdan), snage 2×600 kVA, u pogonu od 1908. godine, za opskrbu tvornice cementa u Solinu, od 1920. godine korištena je i za javnu elektrifikaciju **Splita** (slika 22.8);

– HE Kraljevac, snage 2×16 MVA u prvoj etapi, u pogonu od 1912. godine (slika 22.7), za opskrbu tvornice karbida i cijanamida Dalmacija u Dugom Ratu; tek od 1927. godine sudjeluje u opskrbi Splita.



Slika 22.7. HE Kraljevac, hidroagregat iz 1912. godine

Slika 22.8. TS 10/0,4 kV *na Manuškoj poljani u Splitu iz 1920. godine*

Šokantna je sudbina HE Jaruga I (HE Krka, iz 1895. godine) koja je prestala s radom jer je njezinu opremu i priključni dalekovod demontirala Austro-Ugarska, 1914. godine, osiguravajući time strateške potrebe za bakrom.

Kada su te hidroelektrane u kasnijim razdobljima razvoja elektroenergetskog sustava uključene u taj sustav, omogućeno je njihovo ekonomičnije korištenje, a dotadašnjim neposrednim korisnicima osigurana pouzdanija i ravnomjernija dobava električne energije iz elektroenergetskog sustava.

S industrijskim termoelektranama, prilike su drukčije nego kod hidroelektrana izgrađenih za potrebe industrije. Takve termoelektrane locirane su u industrijskom krugu, u pravilu rade u spojenom procesu radi namirivanja potreba topline u toj industriji, a ponekad koriste kao gorivo proizvodne otpatke. Time takve termoelektrane nisu ikad postale javne elektrane, jedino su uključene u elektroenergetski sustav kada je on formiran, radi povećanja pouzdanosti opskrbe tvornice električnom energijom i plasiranja viškova proizvedene električne energije u elektroenergetski sustav.

Počeci elektrifikacije u Slavoniji i Baranji

Područje istočne Hrvatske, Slavonija i Baranja, omeđeno rijekama Dravom, Dunavom i Savom, prostor je koji čini oko petinu državnog teritorija, sudjeluje trećinom u obradivim poljoprivrednim površinama i gotovo trećinom u drvnoj masi Hrvatske, prema suvremenim pokazateljima. Prirodnim osobitostima i rubnom položaju u Austro-Ugarskoj monarhiji primjereno, razvijalo se gospodarstvo 19. stoljeća i odvijao proces početne faze industrijalizacije, okrenut ponajprije pridobivanju i preradi drveta i proizvodnji brašna, te oslonjen na angažman domaćih veleposjednika-poduzetnika i na donekle suzdržljiv austrijsko-mađarski kapital.

Na tadašnjem (širem od današnjeg) području Slavonije (virovitička, požeška i srijemska županija), 1890. godine je 7 parnih pilana, 7 tvornica drvene robe, 5 tvornica tanina, 1 tvorni-

ca šibica, 10 paromlinova, 1 gradska plinara (u Osijeku), 2 parne ciglane, 3 tvornice stakla, 8 pivovara, 2 tiskare, 2 tvornice kože, 1 tvornica ulja i 1 tvornica konoplje. Godine 1893. u slavonskoj se poljoprivredi koristi 361 lokomobil i 139 stabilnih parnih strojeva, sveukupne snage 1 432 KS, a u industriji 77 lokomobila i 137 stabilnih parnih strojeva, ukupne snage 7332 KS, u tom broju 60 lokomobila i 52 parostroja je u parnim mlinovima, a 8 lokomobila i 18 parostrojeva je u parnim pilanama.

U takvim gospodarskim prilikama, Slavoniju zatječu počeci europske elektrifikacije. Godine 1880. u županjskoj tvornici tanina i bačava, parnim su strojevima pridodani dinamo-strojevi radi rasvjete u tvornici, a odatle je 1883. godine izvedena i javna rasvjeta. Parnom stroju u belišćanskoj pilani dodan je 1884. godine generator za rasvjetu u pilani i skladištu, a kasnije i u radničkim nastambama u neposrednoj blizini. U đakovačkoj mlinarskoj industriji "Cereale", generator je u pogonu od 1885. godine. Prva poznata seoska primjena električne energije u Slavoniji je od 1890. godine: generator u mlinu u Vrbanji, kod Županje. Hotel "Royal" u Osijeku ima vlastitu električnu centralu od 1904. godine, a pošta od 1912. godine.

U prvom desetljeću svjetske javne elektrifikacije, u Slavoniji javljaju se, dakle, prvi primjeri primjene električne energije, istosmjerne struje, ali za rasvjetu u pogonima i, eventualno, za rasvjetu radničko-službeničkih stanova uz te pogone te javnu rasvjetu.

Prve javne elektrane, potpuno javne ili mješovite (industrijsko-javne) u Slavoniji javljaju se početnog desetljeća 20. stoljeća: u Vukovaru, Našicama i Požegi. Ostale elektrane u većim mjestima Slavonije pokrenut će se nakon Prvog svjetskog rata.

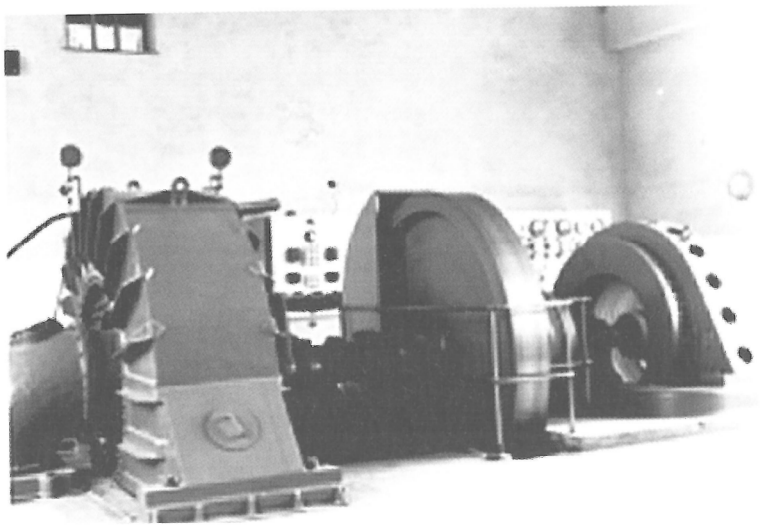
Od godine 1881. koristi se električna energija za vlastite potrebe pilane u **Đurđenovcu**. Generator istosmjerne struje, snage 120 kW, pogonjen je parnim strojem. Odatle je otpočela prva etapa elektrifikacije mjesta 1891. godine. Elektrificiran je dio radničke kolonije, s radničkim nastambama te vilama i stanovima tvorničkih rukovodilaca. Električna energija bila je besplatna, koristila se samo za rasvjetu i bila je raspoloživa od večeri do jutra. Zanimljivo je da niti do danas u tom tvorničkom krugu nije zapuštena proizvodnja električne energije; loženjem parnih kotlova iskorištava se i najracionalnije zbrinjava sagorivi otpad iz prerade drveta.

Elektrifikacija **Vukovara** utemeljena je ugovorom općine Vukovar i najvećeg akcionara u vukovarskoj kudjeljari, "Hungaria-Hanffabrik", kojim je uređeno da će Kudjeljara iz svoje elektrane, s trofaznim generatorom 400 kVA, pogonjenim parnim strojem, opskrbljivati grad električnom energijom. Parni kotlovi loženi su u to vrijeme otpadom pri preradi kudjelje. Visokonaponski vod pod naponom 3 kV izgrađen je na čelično-rešetkastim stupovima od Kudjeljare do grada u duljini 3,5 km. Niskonaponska mreža 110 V, priključena na transformatore 3/0,11 kV, dijelom je u gradu vođena na zajedničkim stupovima s visokonaponskim vodom. Prve žarulje na vukovarskim ulicama zasvijetlile su 19. prosinca 1909. godine, a sutradan u prvim ustanovama i stanovima.

U **Belom Manastiru** električna se energija koristi od 1910. godine u Centralnoj mljekari, te za rasvjetu zgrada činovnika i radnika Mljekare, i javnih ustanova i kućanstava u okolini. Odakle se elektrifikacija sporo ali uporno širi po mjestu. Tako da je početna snaga generatora izmjenične struje u Mljekari od 65 kVA, porasla godine 1942. na instalaciju od 295 kVA. Od godine 1912. u Šećerani Branjin Vrh, uz Beli Manastir, u pogonu je energana s generatorom od 250 kVA. Izvan kampanje prerade šećerne repe, radničku koloniju Šećerane također opskrbljuje elektrana u Mljekari. Stoga je između Šećerane i Mljekare bio položen kabel 5,5 kV, duljine 2,3 km. Takav način opskrbe električnom energijom Belog Manastira, isključivo iz Mljekare i Šećerane, bez povezivanja s regionalnom mrežom, zadržao se sve do 1954. godine.

Našice imaju Munjaru od 1910. godine, s dva parna lokomobilna stroja i četiri generatora istosmjerne struje od po 16 kW, 220 V. Ugrađena akumulatorska baterija od 216 Ah punila se u noćno vrijeme rada generatora, kako bi opskrbljivala mrežu po danu u vrijeme neznatne potražnje. Distribucijska mreža imala je 90 mjesta javne rasvjete. Našička štedionica, vlasnik Munjare, ugovorom s općinom bila je obvezana poštovati rok dovršetka izgradnje postrojenja, a u pogonu garantirati kvalitetu isporuke električne energije. Za odstupanja napona veća od pet posto, Munjara je plaćala općini globu, a ako bi se odstupanja mjesečno više puta ponovila ili dulje potrajala, globa je bila povećana. Globa se plaćala i ako se uklanjanju kvara ne pristupi unutar 30 minuta od njegova nastanka. Za žarulje javne rasvjete određena je zamjena kad pregore ili ako im se svjetlosni učinak smanji za 25 posto. Paljenje i gašenje njihovo bilo je uređeno godišnjim kalendarom.

Uzoran je put što su ga Požežani prošli u svom prilazu javnoj elektrifikaciji; gledanjima koja stvoriše tada o *munjini* ne bismo niti danas mogli dodati ili oduzeti štogod važnog. Prvu ponudu za javnu elektrifikaciju **Požege**, općina razmatra 1895. godine, kada su gradske ulice bile rasvijetljene s 80 petrolejskih svjetiljaka na drvenim stupovima, ali Požežani se ne mogu odlučiti između njezine zamjene plinskom ili električnom rasvjetom. Podizanje gradske plinare odbili su još 1872. godine, utvrdivši da je petrolejska rasvjeta jeftinija. Nakon 1900. godine intenzivnije uvode acetilensku rasvjetu u trgovine i lokale, koja poboljšava noćne prilike na ulicama jer kroz izloge pomaže slabašnom svjetlu petrolejki. Građani, sposobni za ulaganje, u želji da nešto učine, predlažu općini osnivanje Požeškog dioničkog društva za proizvod električnog svjetla i sile te za parnu kupelj, 1904. godine. Godine 1906. općinska delegacija obišla je Budimpeštu, Beč, Leobersdorf, Pakrac i Brod te ustanovila prednosti i mane rasvjete plinom i munjinom. *Glavna prednost munjine nađena je u udobnosti kod korištenja, lakom paljenju i gašenju svjetla, bez kvarenja i ugrijavanja uzduha u prostorijama* (citat iz izvješća delegacije). Električni motori, za motoričku snagu iz munjine mogu se lako smjestiti i premještati, rad im je miran i bez najmanje buke. Mane munjine: kratki spoj i titranje svjetla, što je uklonjivo pažljivom montažom i držanjem električnih vodova u dobrom redu te pažnjom upravitelja centrale nad pogonskim strojem da napetost struje bude uvijek jednaka. Prednost dadoše munjini; uza sve rečeno, godišnji rashodi za plinsku rasvjetu bijahu proračunati na 40 a električne na 21 tisuću kruna.



Slika 22.9. Hidroelaktrana Kuzmica, u pogonu od 1912. godine

Nakon tridesetogodišnje dvojbe između gradskog plina i elektrike, gradsko zastupstvo Požege, godine 1906. raspisalo je ponudbenu raspravu u alternativama: za izgradnju hidrocentrale na Orljavi ili centrale s parnom ili drugom energijom, te za izgradnju mreže, javne rasvjete i instalacija u poglavarstvu i dječačkoj školi. Prihvaćena je ponuda tvrtke Peyer i drug iz Karlovca i izgrađena je hidroelektrana Kuzmica (slika 22.9), puštena u pogon 6. listopada 1912, *kada je večernja rasvjeta utvrdila u svakog nevjerovnoga Tomu vjeru, da je to rasvjeta stalna, jaka i lijepa* (citat iz ondašnjih novina). Objavljeni su propisi i tarife te oglas građanstvu, da je *diranje žicovoda munjare skopčano s pogibelju života.* Koncem godine, osim javnih ureda, svjetlo uvode i privatnici. Elektrana je sadržavala hidroagregat s trofaznim generatorom 295 kVA i dizelski agregat s trofaznim generatorom 155 kVA, koji je mogao osigurati opskrbu kada je dotok vode nedovoljan. Vod pod naponom 6 kV do grada bio je dug 6,2 km, a gradska visokonaponska mreža bila je kabelska, duga oko 2 km. Izvedeno je šest transformatorskih stanica 6/0,2 kV a niskonaponska trofazna nadzemna mreža bila je duljine 13 km. Javna rasvjeta sadržavala je 134 zidne i 125 visećih svjetiljaka sa žaruljama, te pet lučnih svjetiljaka.

U **Đakovu** javna elektrifikacija počinje najprije iz generatora istosmjerne struje 20 kW, 220 V, priključenog na parni stroj u klaonici, odakle se 1921. godine opskrbljuje rasvjeta u kućanstvima, trgovinama i javna rasvjeta. Godine 1924. dovršeno je preuređenje elektrifikacije; ustanovljena je Munjara Đakovo s trofaznom elektranom 60 kVA, vodovima pod naponom 3 kV, duljine 3,3 km i tri transformatorske stanice 3,1/0,4 kV. Godine 1927. elektrana je dograđena dizelskim agregatom 180 kVA.

Elektrifikacija **Valpova**, oslonila se 1924. godine na generatore istosmjerne struje 8 i 12 kW u mlinu, kada se iz mlina povukla mreža pod naponom 220 V radi korištenja električnom energijom u mjestu. Tek 1940. dobavljen je u mlinu generator izmjenične struje 60 kVA, 380 V i mreža rekonstruirana za trofazni pogon.

U Tvornici vagona, strojeva i mostova u **Slavonskom Brodu**, od 1921. godine koristi se električna energija iz vlastite elektrane, a u gradu je u pogonu gradska plinara. Godine 1927. ustanovljena je Gradska električna centrala, koja je kupovala električnu energiju iz Tvornice vagona i distribuirala je potrošačima. Kabelska mreža 3 kV imala je duljinu 4,1 km, a niskonaponska 25 km, uglavnom nadzemnih vodova na drvenim stupovima. U početnom trenutku, postojala je transformacija 0,5/3 kV u tvornici i pet stanica 3/0,4 kV u gradu. Električnu energiju iz mreže nije koristila ostala industrija, nego je imala vlastite izvore.

Općinska dizelska elektrana u **Slatini** u pogonu je od 1927. godine. Imala je dva generatora 25 i 35 kW i početnu duljinu mreže 0,4 kV oko 7 km. Radno vrijeme je popodne i noću; zimski jutarnji prekid je u 8 sati a ljetni u 7 sati.

U **Orahovici**, javna elektrana s dva trofazna generatora od 10 i 18 kW počinje isporukom električne energije 1929. godine. Pogonski strojevi bili su na plin drvenog ugljena. Redovita isporuka bila je samo u jutarnjim i večernjim satima, a mogao se tražiti i prekovremeni rad elektrane uz posebnu naplatu.

Vinkovci su imali u korištenju gradsku plinaru. Javna elektrifikacija otpočela je 1929. godine pogonom elektrane s dva agregata, od 140 i 220 kVA i četiri transformatorske stanice 6,3/0,4 kV, te visokonaponskom kabelskom mrežom duljine 5,5 km i niskonaponskom nadzemnom mrežom duljine 22 km. Godine 1936. elektrana je proširena agregatom 220 kVA s motorom na upojni plin.

Počeci elektrifikacije **Donjeg Miholjca** su oko 1900. godine, iz veleposjeda ili mlinova, za vlastite potrebe i korištenje električnom energijom u obližnjim kućanstvima i javnim ustanovama, te iz malih kućnih centrala. Organiziranoj se elektrifikaciji mjesta pristupilo samodoprinosom 1938. godine, kada je izgrađena centrala u sastavu mlina s generatorom 42 kW.

Premda je već 1880. godine dio **Županje** bio rasvijetljen iz dinamo-stroja Tvornice tanina i bačava, a 1883. drugi dio iz Tvornice bačava, potpuni prekid takva korištenja zbio se 1932. godine. Ponovna elektrifikacija ostvaruje se priključkom središta grada na niskonaponski vod iz Šećerane, 1950. godine. Na javnu električnu mrežu, Županja se priključuje 1954., vodom pod naponom 10 kV do transformatorske stanice 30/10kV uz Šećeranu.

Elektrifikacija grada Osijeka

Govoriti o povijesnim, fizičkim, pravnim, organizacijskim i financijskim dimenzijama elektrifikacije i uvođenja električnog tramvaja u **Osijeku** 1926. godine znači na temelju onovremeno izdane knjige "Elektrifikacija grada Osijeka" egzaktno prikazati veličinu i obuhvatnost jednog pažljivo zasnovanog i efektno dovršenog projekta gradske elektrifikacije u nas.

Gradska plinara u Osijeku, u pogonu je od 1884. godine, tako da uspon svjetske elektrifikacije zatječe Osijek s plinskom gradskom mrežom, plinskom uličnom rasvjetom, te konjskim tramvajem, u gradskom prometu također od 1884. godine. Razmatranje elektrifikacije, premda otpočelo, prekida Prvi svjetski rat.

Godine 1922, gradonačelnik doktor Vjekoslav Hengl podnosi gradskom zastupstvu program izgradnje munjare i električnog tramvaja. Osijek početkom dvadesetih godina pretprošlog stoljeća ima oko 37 000 stanovnika, te pivovaru, šibicaru, kožaru, tvornicu namještaja, paromlin, lanaru, ljevaonicu željeza, šećeranu, tvornicu sapuna, kojima bi potpomaganje električnom energijom značilo skok u europski infrastrukturni proizvodni okvir.

Pothvat elektrifikacije obuhvaćao je gradnju električne centrale, s uličnim vodovima i javnom rasvjetom, te uspostavu električnog tramvaja u gradu Osijeku. Električna centrala sadržavala je industrijski kolosijek za dovoz ugljena, crpnu stanicu za opskrbu vodom, dva kotla, dvije turbine, dva generatora od po 800 kW, električno rasklopno postrojenje, te direkcijsko-stambenu zgradu i kućicu portira sa stanom. Elektranu je trebalo izvesti tako da bude omogućeno proširenje za još 2 000 KS, što je doista i učinjeno 1938. godine, ugradnjom jednog kotla i turbogeneratora od 2 MW.

Električna mreža sastojala se iz 11 kilometara visokonaponskih kabela 3 kV, čak 16 transformatorskih stanica 3/0,4 kV i oko 50 kilometara niskonaponskih, djelomice kabelskih, vodova. Javna rasvjeta sadržavala je 736 rasvjetnih mjesta. Tramvajska pruga imala je duljinu preko 9 kilometara, s remizom, stajalištima, pripadnim postrojenjima i 16 motornih kola s 8 prikolica.

Zanimljivo je da je polazni projekt tramvaja sadržavao jednu uzdužnu liniju duž grada i dvije kružne linije: gornjogradsku ("*Kolodvorac*") i novogradsku. Novogradska kružna linija trebala se od današnje Europske avenije odvojiti Ulicom kneza Trpimira, nastaviti Divaltovom i vratiti se na uzdužnu gradsku liniju Huttlerovom ulicom. Takvo rješenje nije dobilo suglasnost željeznice; sadržavalo bi čak dva križanja s željezničkom prugom – u Trpimirovoj i Huttlerovoj, te je njezina izvedba bila odložena za vrijeme kada će ta križanja inače biti rješavana u dvije razine...

Ugovor o izvedbi cjelokupnih poslova oko elektrifikacije i električnog tramvaja zaključen je u Osijeku 10. prosinca 1924. godine između Općine slobodnog i kraljevskog grada Osijeka i poduzetničke tvrtke Charles B. Mac Daniel Jr. iz Pariza. Ugovorna vrijednost bila je jedan milijun i stotinu tisuća američkih dolara. Neprekoračivi rok bio je osamnaest mjeseci, a novčani penali za zakašnjenje ugovoreni su u visini 300 dolara dnevno. Kolaudacija ugovoreno je da se obavi tri mjeseca nakon dovršetka posla, a superkolaudacija (kada će se vratiti položena kaucija od 10 posto) za zgrade – nakon godinu dana, za strojarski i električni dio – nakon dvije godine, a za vozni park, prugu i uspostavljanje prvobitnog stanja u ulicama – nakon tri godine.

Financiranje izvedeno je kreditom Engleske trgovinske banke u Beogradu, koji je Gradska općina trebala vraćati u osam godišnjih rata uz kamate od osam postotaka godišnje. Proračun dobitka od elektrane i tramvaja ukazivao je kako će se njime moći otplaćivati kreditne rate svake godine, uz povećanje gradskog budžeta za otprilike 50 posto, ili uz namicanje tog dodatka prodajom vojarna u vlasništvu Općine državi. Nakon isteka otplata, Općina je računala na trajnu dobit od korištenja elektranom i tramvajem.

Jezik dokumenata o izgradnji je jasan, neopterećen suvišnostima. Mjerodavan jezik osnovnog ugovora je hrvatski, a ugovor će, na zahtjev poduzetnika, biti preveden i na engleski. Opći i tehnički opis cijelog projekta te popis materijala, izneseni su na njemačkom jeziku. U tekstovima na našem jeziku, poneki se tehnički pojam tumači njemačkom riječju. Vrlo detaljnu ponudu poduzetnika, sa svim tehničkim i financijskim prilozima, proučili su i dali svoja *stručna mnijenja*, direktori tadašnje zagrebačke gradske munjare i zagrebačkog električnog tramvaja.

Gradsko zastupstvo, prilikom donošenja odluke o usvajanju ponude Charlesa Mac Daniela, traži da gradski stručnjaci propišu za sve strojne uređaje odgovarajući omjer vrsnoće (*Wirkungsgrad*). Obvezuju poduzetnika da svaki onaj uređaj koji tome ne odgovara, o svome trošku zamijeni odgovarajućim novim. Vodove od javne električne mreže do brojila potrošača treba izvoditi električna centrala, jer se samo tako mogu spriječiti krađe. Instalacije kod potrošača treba prepustiti na izvođenje uz konkurenciju obrtnika, ali uz nadzor izvedenog stanja prije suglasnosti za priključak.

Općim uvjetima gradnje, poduzetnik je bio obvezan nastojati da ne ošteti građane i da se podvrgava naredbama nadzornog organa, te snositi odštete za počinjene štete. Obvezan je na organiziranje nadomjesnog prijevoza građana, ako će gradnja ometati rad postojećeg konjskog tramvaja. Obvezan je ugovorom da sve radove dade izvoditi u prvom redu osječkim domaćim obrtnicima, poduzetnicima i stručnim radnicima, a nekvalificirane radnike sa strane smije koristiti samo u slučaju ako ih u Osijeku nema.

Godinu i pol prije dovršetka građenja elektrane, Gradska općina daje ovlaštenje jednom osječkom elektrotehničkom poduzeću da u njeno ime izvodi vodove do brojila, ali i kućne rasvjetne i elektromotorne instalacije, s tim da potrošača kreditira do tri godine. Također, u gradu je pripremljen majstor koji će građanima preuređivati postojeće plinske sobne lustere u električne.

Čak devet mjeseci prije puštanja u pogon elektrane i električne mreže, objavljuju se: propisi o izvedbi električnih instalacija koje se mogu priključiti na električnu mrežu; upute za stranke, o načinu kako će pridobiti suglasnost za priključak; uvjeti dobave električne energije za rasvjetu i aparate, s cijenama električne energije i mjesečnim najamninama za kućanstva; te uvjeti dobave električne energije za prijenos sile, dakle za elektromotorne i druge pogone, s cijenama, najamninama i popustima kojima se potiče veće godišnje trajanje

Slika 22.10. Gradnja osječke elektrane 1926. godine

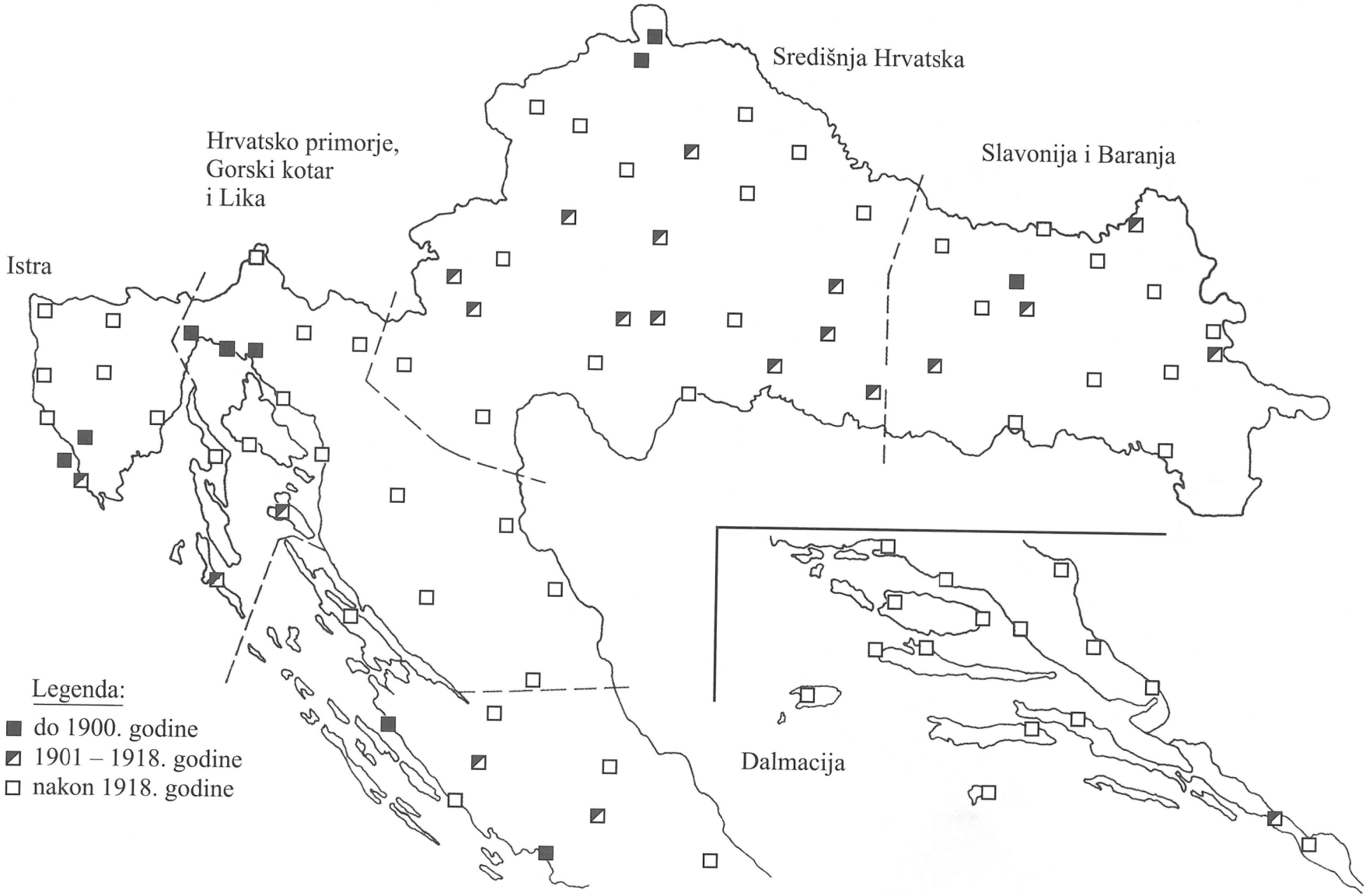
korištenja. Cijene za kućanstva bile su tadašnjih 10 din/kWh, za pogone 4 din/kWh, te za one pogone koji redovito ne rade od 16 do 21 sat, cijena je bila 3 din/kWh.

Višemjesečne neposredne pripreme, a pogotovo građenje elektrane i tramvajske pruge, novine prate doslovno danomice. Klauziranje ugovora o izgradnji i financiranju otežе se u Beogradu čak 9 mjeseci. Dovršeno je u rujnu 1925. godine, kada počinju i fizički radovi na terenu (slika 22.10). Za najveće radne dinamike, na radilištima po cijelom gradu bilo je angažirano oko 500 radnika. Koncem listopada 1926. godine prijavljeno je već oko 6 000 rasvjetnih ispusta, što je veliki uspjeh prije početka rada elektrane.

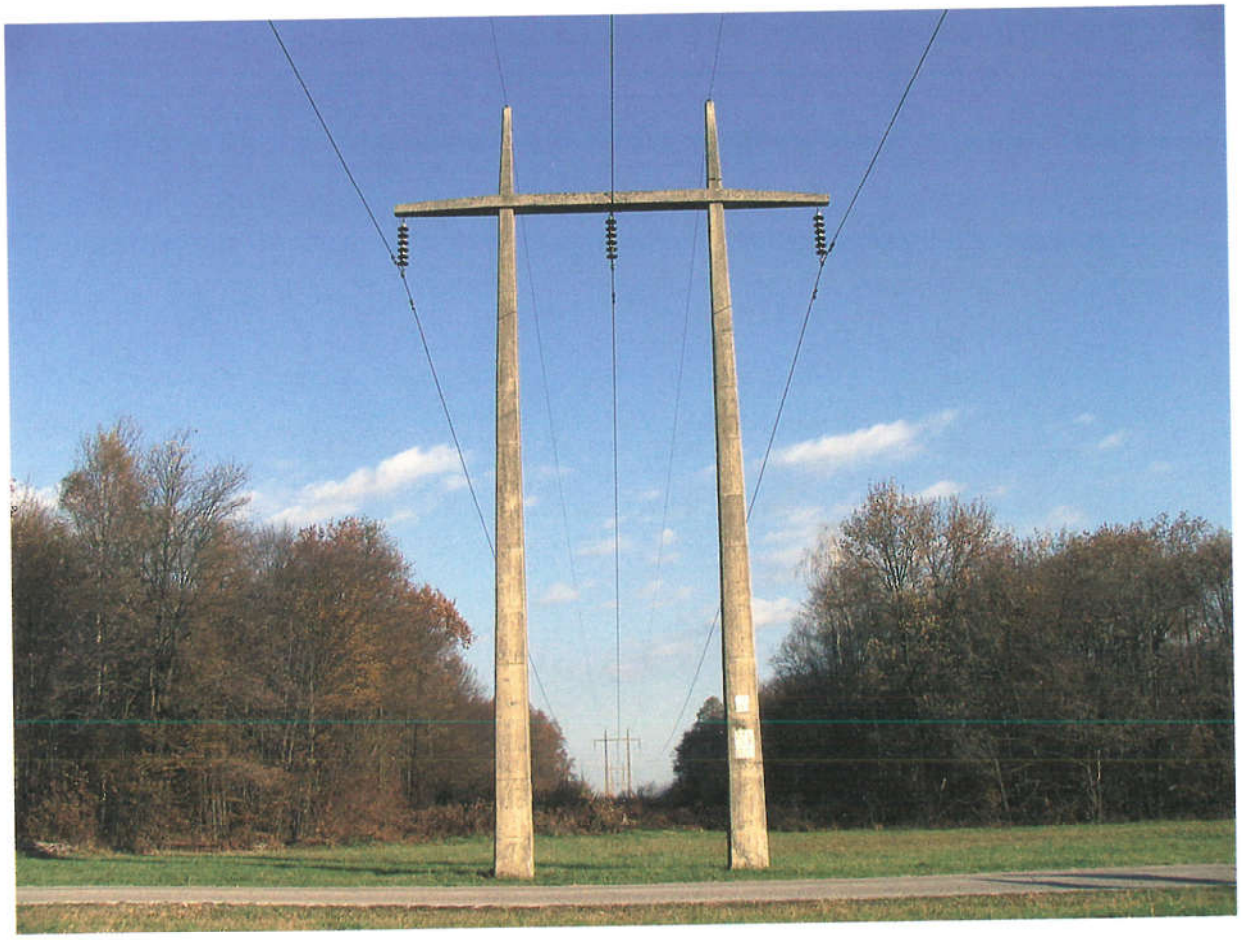
U listopadu 1926, Osijek je bio prvi put rasvijetljen električnom rasvjetom, jer je ostvaren prvi pokusni rad elektrane. Mjesec dana nakon prvog uličnog električnog svjetla, u studenom 1926., prva je pokusna vožnja tramvaja gradom. Od 12. prosinca odvija se redoviti promet tramvaja, s redom vožnje, pravilima. Prvog dana vožnje: gotovo 12 tisuća putnika. Električna centrala i električni tramvaj službeno su pušteni u pogon 17. prosinca 1926. godine i poslovali su pod imenom "Osječka munjara i tramvaj", kao posebna ustanova Gradske općine. U deset godina rada, elektrana je utrostručila svoju proizvodnju iz 1927. godine, tako da je – kako je već spomenuto – 1938. godine njezina instalirana snaga morala biti više nego udvostručena. Stradala je ratnim bombardiranjem koncem 1944. godine, obnovljena je već 1945. godine, a 1963. godine njezino korištenje kao izvora električne energije obustavljeno je i od tada je preuređena da služi kao izvor topline za grad, stradavši ponovo u ratu 1991./92. godine.

Hrvatska elektroprivreda do danas

Premda u najranijem razdoblju imamo primjere početaka elektrifikacije u svim područjima Hrvatske, ipak se daljnji tijek elektrifikacije odvijao neravnomjerno. Do završetka Prvog svjetskog rata (dakle do 1918. godine) počela je elektrifikacija u trećini većih mjesta današnje Hrvatske (promatra li se ukupno stotinjak takvih većih mjesta). U tome, udjeli mjesta u kojima je počela elektrifikacija u ukupno promatranim mjestima na pojedinom području su:



Slika 22.11. Počeci javne elektrifikacije većih mjesta u Hrvatskoj

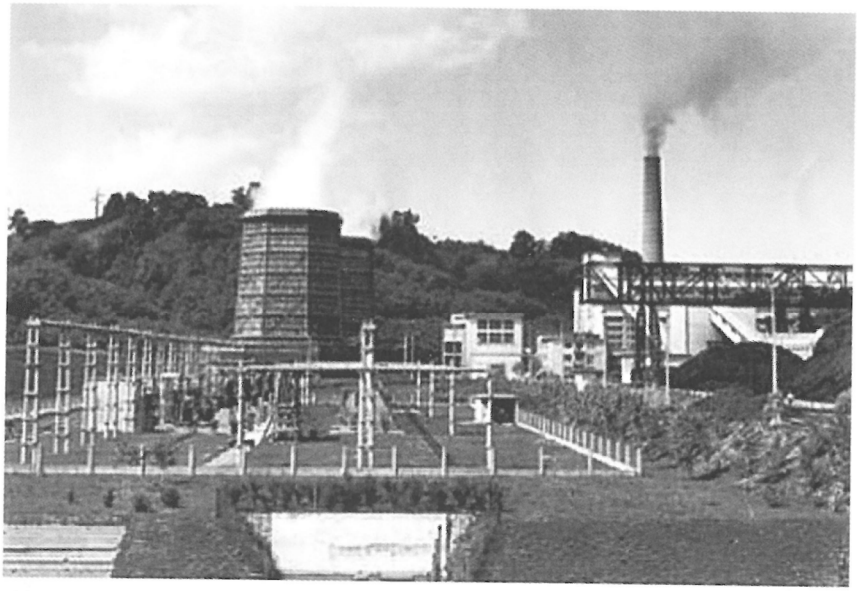


Slika 22.12. Dalekovod 110 kV *Vinodol–Zagreb iz 1951. godine*

središnja Hrvatska (52%), Slavonija i Baranja (33%), Istra (33%), Primorje, Gorski kotar i Lika (29%), i Dalmacija (20%). Dakle, do tada je u središnjoj Hrvatskoj otpočela elektrifikacija u svakom drugom većem mjestu, a u Dalmaciji tek u svakom petom, slika 22.11.

Do kraja Drugog svjetskog rata praktički su elektrificirana sva veća mjesta Hrvatske i samo jedan broj manjih mjesta, dok se široka elektrifikacija cjelokupnog područja odvila pedesetih i šezdesetih godina. U svakoj hrvatskoj regiji s vremenom je došlo do prvobitnog povezivanja u regionalni elektroenergetski sustav, prije priključenja elektroenergetskom sustavu zemaljskog obuhvata. Takvo više ili manje obuhvatno povezivanje značilo je ekonomičniju i pouzdaniju opskrbu električnom energijom, te je bitna odrednica o napretku elektrifikacije.

U središnjoj Hrvatskoj došlo je već 1930. godine do povezivanja Zagreb–Karlovac, pri naponu 30 kV, ponajprije radi osiguranja rastuće potražnje Zagreba i međusobnog dopunjavanja hidroelektrične proizvodnje u Karlovcu i termoelektrične proizvodnje u Zagrebu, što je poticalo i raniji razvoj lokalnih mreža za opskrbu drugih mjesta na čitavom području. Time je nastala prilično razgranata mreža elektroenergetskog sustava Zagreb–Karlovac i zagorska mreža vezana na Sloveniju. Da se omogući veća dobava energije iz Slovenije, izgrađena je provizorna TS 110/30 kV Sv. Klara, odakle je vod prema Brestanici – izgrađen u Drugom svjetskom ratu, 1949. godine stavljen pod napon 110 kV. Veza zagorske mreže sa Slovenijom, putem voda 35 kV, bila je preslaba za nagli porast opterećenja i širenje mreže,

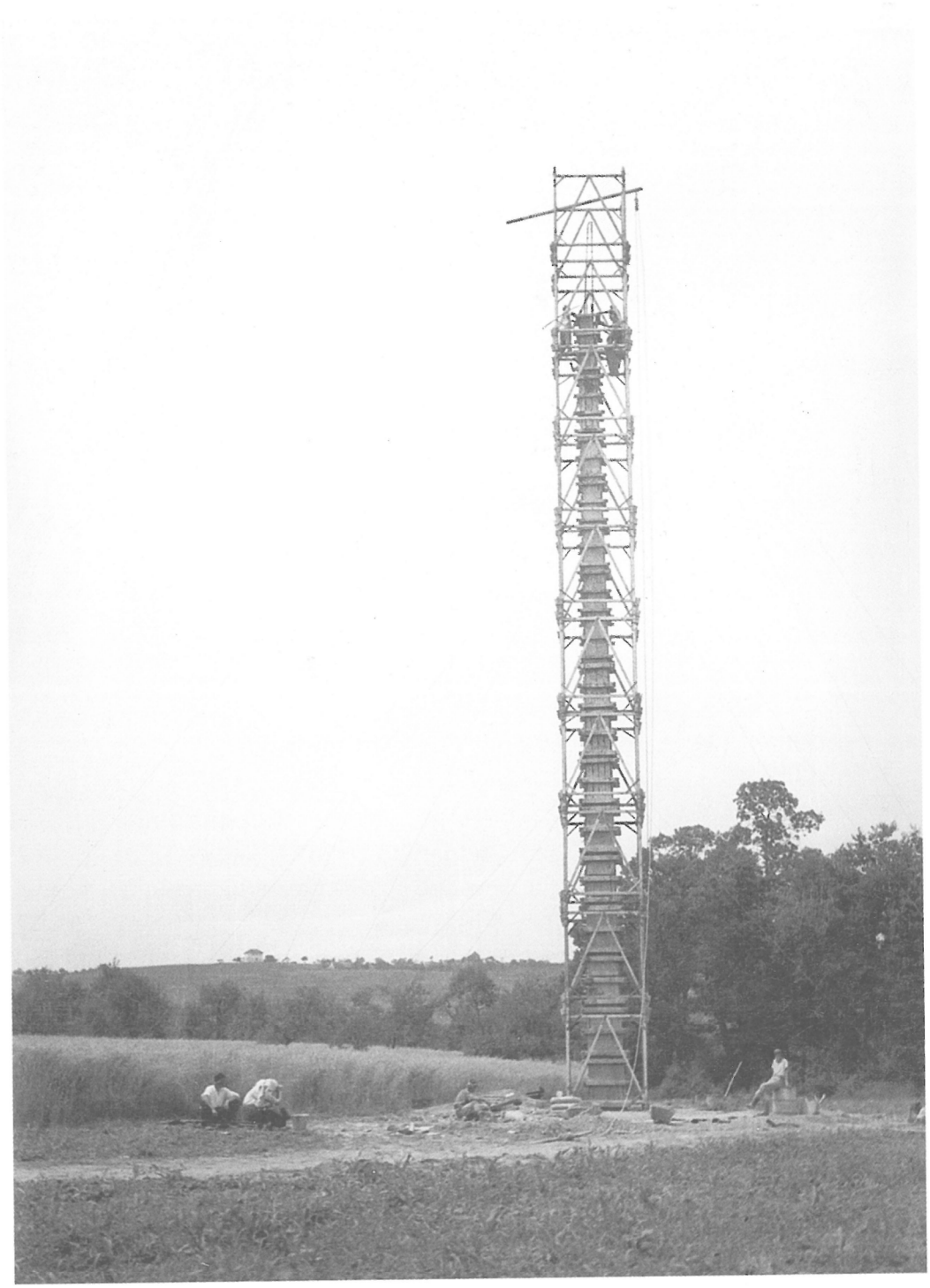


Slika 22.13. TE Jertovec u pogonu od 1954. godine (tada TE Konjščina)

pa je izgrađen vod 110 kV iz Nedeljanca kraj Varaždina, do Maribora i TS 110/30 kV Nedeljanec, 1952. godine. Značajna energetska pomoć Zagrebu otpočela je 1952. godine, kad je stavljen u pogon prvi agregat HE Vinodol i vod 110 kV Vinodol–Zagreb (Rakitje), slika 22.12. Tijekom 1953. godine priključena su i ostala dva agregata u HE Vinodol te je ostvarena konačna snaga od 84 MW. To je prva elektrana u Hrvatskoj građena za elektroenergetski sustav, a ne prvenstveno za lokalne potrebe. Godine 1954. završen je dalekovod 110 kV Zagreb (Rakitje)–Varaždin (Nedeljanec), a na vod je priključen i agregat TE Jertovec (tada TE Konjščina, 15 MW, od ukupne snage 40 MW, slika 22.13).

U Istri je javna elektrifikacija većeg broja naselja već od druge polovine dvadesetih godina prošlog stoljeća oslonjena na dobavu iz elektroenergetskog sustava sjeverne Italije mrežom 50 kilovolta, bez prethodne gradnje lokalnih elektrana. Istra, dakle, ima regionalni elektroenergetski sustav već koncem dvadesetih godina – najranije u našim krajevima. Čitava istarsko-riječka visokonaponska mreža, s termoelektranama u Rijeci i Vlaškoj, bila je krajem tridesetih godina vezana za talijanski elektroenergetski sustav frekvencije 42 Hz. Osnovno opskrbno čvorište postala je TS 132/50 kV Matulji te vod 132 kV Opicina–Matulji, pušteni u pogon 1940. godine. Prva je zadaća, nakon Drugog svjetskog rata, bila odijeliti mrežu od talijanskog sustava, prijeći na naš standardni napon 110 kV i frekvenciju 50 Hz. Izgradnjom provizorne transformatorske stanice u Sežani prekinuta je veza istarske i talijanske mreže i učinjen je prijelaz na napon 110 kV. Krajem 1951. godine cijela je Istra, osim ugljenokopa Raša i Bujštine, prebačena na frekvenciju 50 Hz i time u sustav Slovenije i sjeverozapadne Hrvatske.

U Hrvatskom primorju, Gorskom kotaru i Lici brojne su mjesne elektrane radile nepovezano – terenske okolnosti i mala gustoća naseljenosti (Lika, otoci) objektivno su otežavali povezivanje. Do povezivanja, ali samo Rijeke i užeg područja, s elektroenergetskim sustavom sjeverne Italije dolazi neposredno prije Drugog svjetskog rata (1940) a područje povezivanja se donekle širi nakon Drugog svjetskog rata, do Delnica. U Lici i podvelebitskom kraju formira se odvojeno područje povezivanja, krajem pedesetih godina prošlog stoljeća.



Slika 22.14. Betoniranje stupa na DV 110 kV *Slavonski Brod–Osijek, 1955. godine*

U Dalmaciji je nekoliko većih hidroenergetskih objekata ponajprije izvedeno radi neposredne opskrbe industrije (karbida, cementa, cijanamida) i ugljenokopa: HE Jaruga II (1903. godine, 5 250 kVA), HE Manojlovac (danas zvana HE Miljacka, prvi agregat 1906. godine, ukupna konačna snaga četiri agregata 21 MVA), HE Vrilo (Majdan, 1908. godine, 1 200 kVA), HE Roški slap (1909. godine, 1 000 kVA) i HE Kraljevac (1912. godine, 32 MVA). U stanovitoj mjeri,

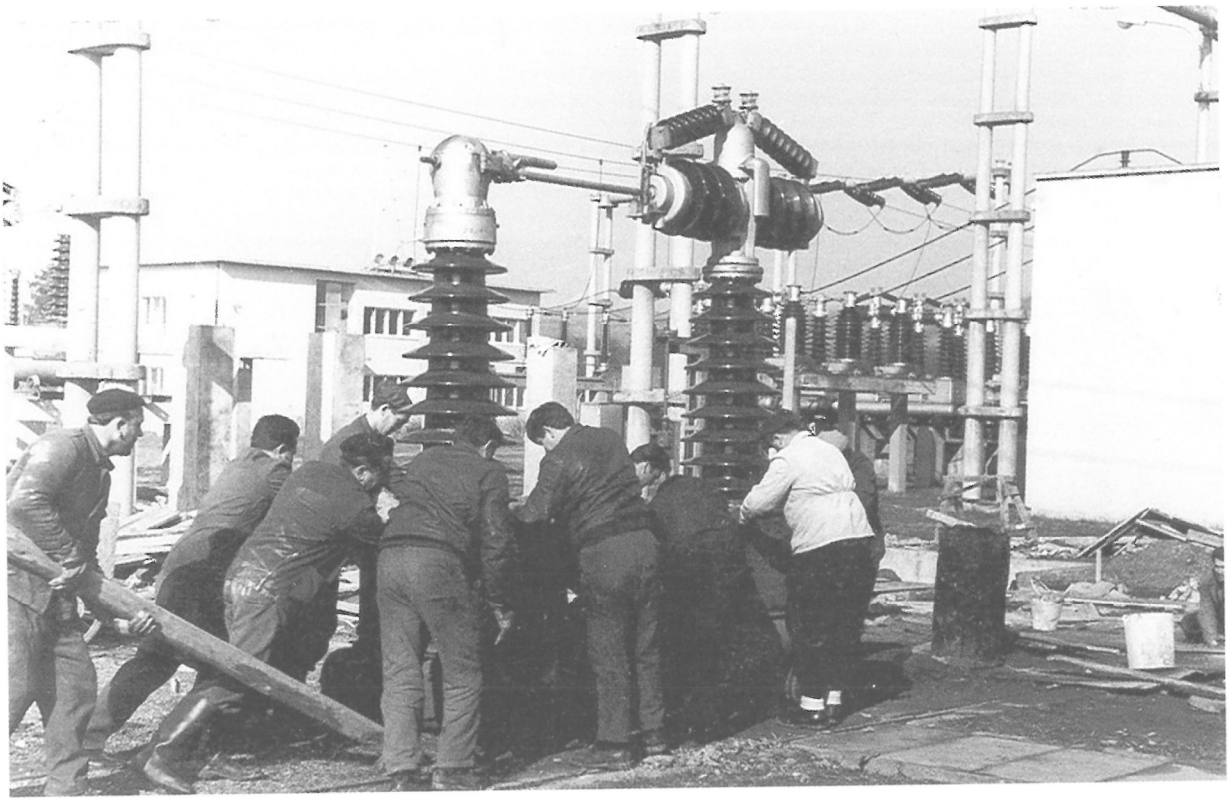
uspostavljaju se i odnosi s lokalnom zajednicom radi javne isporuke električne energije, ali često znatno kasnije od početka industrijskoga korištenja tim elektranama. Stoga je početna mjesna elektrifikacija i ovdje ostvarivana gradnjom lokalnih elektrana. Prestankom ratnih operacija u Drugom svjetskom ratu u Dalmaciji, već ujesen 1944. godine prišlo se osposobljavanju mreže, jer su u tom dijelu Hrvatske razaranja bila najveća. Nakon nužnih popravaka i mnogih improvizacija, osposobljene su postojeće elektrane i vodovi, a sredinom 1948. godine završen je dalekovod 110 kV, u pogonu pod naponom 50 kV, HE Kraljevac–TS Lozovac. Time je stvoren srednjodalmatinski elektroenergetski sustav u kojem su paralelno radile hidroelektrane Kraljevac, Manojlovac i Jaruga. Zatim su građeni vodovi 110 kV Kraljevac–Dugi Rat, Kraljevac–Mostar, pa vod Kraljevac–Split–Šibenik, s pripadnim transformatorskim stanicama. Do 1953. godine potpuno je napušten napon 50 kV i nadomješten vodovima pod naponom 110 kV.

U Slavoniji i Baranji došlo je do povezivanja u regionalni elektroenergetski sustav tek nakon Drugog svjetskog rata, ponajprije zbog nepostojanja prirodnih izvora energije za podmirivanje veće potražnje. Moralo se uzdržavati stanje uglavnom pojedinačnih-mjesnih elektrana u većim mjestima i ne poticati širenje elektrifikacije. U razdoblju od konca Drugog svjetskog rata do 1956. godine, u Slavoniji se formira regionalni elektroenergetski sustav uz mrežu pod naponom 30 kV, ukupne duljine 85 km, u kojem sinkrono rade sve tadašnje javne ili mješovite elektrane: TE Osijek (3,2 MW), TE Đakovo (0,35 MW), DE Vinkovci (0,22 MW), TE Borovo (6 MW), TE Tvornica vagona Sl. Brod (3 MW), TE Sladorana Županja (7 MW), TE Šećerana Osijek (2 MW) i HE Kuzmica (0,15 MW), ukupno oko 22 MW. Nedostatak elektrana i izoliranost područja sprečavao je širenje elektrifikacije: godine 1956. u Slavoniji i Baranji elektrificirano je samo 11 posto naselja (!). U takvom stanju, područje se koncem 1956. godine priključuje na zemaljski elektroenergetski sustav vodom 110 kV Doboj–Slavonski Brod, slike 22.14. i 22.15. Godinu dana poslije, 1957., taj se potez produljuje uz pogonski napon 110 kV do Osijeka.

Dakako, otoci duž cijele obale u početno su doba elektrificirani odvojeno od kopna. Tek u drugoj polovici pedesetih godina prošlog stoljeća dolazi i do uključenja većih otoka u elektroenergetski sustav, polaganjem podmorskih kabela do kopna i između otoka. Tijekom 1994. godine dovršeno je uključenje tih otoka u sustav na naponskoj razini 110 kilovolta ("otočna veza": Krk–Rab–Pag).

Potreba da se ostvari stanovita objedinjena organizacija elektroprivrede na širem području dovela je 1937. godine do formiranja Banovinskog električnog poduzeća, koje je djelovalo na području tadašnje Savske banovine, potičući razvoj mreža za međusobno povezivanje mjesta koja su već imala elektrane, kao i izgradnju lokalnih mreža priključenih na te elektrane, radi širenja elektrifikacije u seoska područja. Nakon Drugog svjetskog rata nastavljeno je s organizacijskom objedinjenošću elektroprivrede na hrvatskom republičkom području.

Regionalni elektroenergetski sustavi pri naponu povezivanja do 50 kV i s ukupnom instaliranom snagom od nekoliko desetaka do stotinjak megavata dočekali su povezivanje u sustav zemaljskog obuhvata. Zbog longitudinalna zemljopisna oblika i sedamdesetogodišnje državne uključenosti u okvire šire od hrvatskog područja, *uzdužna* hrvatska povezanost kasno je ostvarena. Pedesetih godina (1954) povezano je Hrvatsko primorje i Istra sa središnjim dijelom Hrvatske pri naponu 110 kV. Početkom šezdesetih godina (1962) povezan je pri naponu 220 kV središnji dio s Dalmacijom, ali ne do Dubrovnika (koji je 1989. godine povezan pri naponu 110 kV na hrvatskom području). Tek krajem sedamdesetih godina (1977) Slavonija i Baranja povezani su sa središnjim dijelom pri naponu 400 kV, dok su na naponskoj razini 110 kV povezani kasnije (1980. i 1984. godine).



Slika 22.15. Montaža opreme u TS 110/35 kV *Slavonski Brod 1, 1956. godine*

Elektrifikacija se širila, a opterećenje naglo raslo, pa se ponovno pokazalo da u središnjoj Hrvatskoj manjka električne energije. Kako su se u Bosni pojavili energetski viškovi, odlučeno je da se na trasi Jajce–Zagreb izgradi vod 110 kV s dvije trojke, predviđen za prijelaz na napon 220 kV. Početkom 1957. godine pod napon je stavljena jedna trojka i odvojeno (radijalno) je napajala novu TS 110/30 kV Resnik. Nakon opsežnih priprema, u Zagrebu su u prosincu 1957. spojeni u paralelni rad elektroenergetski sustavi zapadnog i istočnog dijela države, putem obje trojke tog 110 kV voda. Time je cijela tadašnja Jugoslavija (bez Makedonije i Kosova) imala jedinstveni elektroenergetski sustav na razini 110 kilovolta.

Na naponskoj razini 110 kV ipak nije postojao jedinstveni *hrvatski* elektroenergetski sustav. On je bio grupiran u tri dijela, odijeljena na teritoriju Hrvatske, ali povezana preko Bosne i Hercegovine: slavonski dio, dio koji obuhvaća središnju Hrvatsku s Gorskim kotarom, Hrvatskim primorjem i Istrom te Dalmaciju (uz izdvojeno područje Dubrovnika, vezano vodom 35 kV na hercegovačku mrežu). U to vrijeme, u pogon su stavljene HE Gojak (48 MW, 1959. godine) i HE Peruča (42 MW, 1960. godine, slika 6.11).

Intenzivni porast potrošnje električne energije ukazivao je na skoru potrebu uvođenja superponiranog napona 220 kV. Studije o planiranju jugoslavenske superponirane mreže bile su pedesetih godina vrlo intenzivne. Konačno, 1959. godine odobrena je trasa voda 220 kV Zakučac–Senj (Brinje)–Zagreb, duljine 354 km. Vod je stavljen u pogon početkom 1962. godine (slika 22.16), kad je proradila nova HE Zakučac (prva etapa, 2×108 MW, slika 22.17). Time su povezani elektroenergetski sustavi Dalmacije i središnje Hrvatske.

Godine 1964. osnovana je regionalna skupina SUDEL, jugoistočnih elektroenergetskih sustava u okviru UCPTE, unutar koje se ostvaruje sinkroni pogon tadašnje jugoslavenske

prijenosne mreže s Italijom od 1974. godine, s Austrijom od 1975. godine, te s Grčkom od 1976. godine.

Slika 22.16. DV 220 kV *Zakučac–Brinje–Zagreb, u pogonu od 1962. godine*

Slika 22.17. Remont generatora u HE Zakučac, u pogonu od 1962. godine

Spoj sa Slavonijom na hrvatskom području ostao je samo na naponskoj razini 35 kV (vod Međurić–Nova Gradiška–Slavonski Brod). TS 220/110 kV Đakovo vezana je 1967. godine na bosansku mrežu jednim vodom 220 kV, a 1972. godine drugim takvim vodom.

Nakon stavljanja u pogon prvog voda 220 kV u Hrvatskoj, mreža 220 kV širila se još idućih deset godina. Zatim stagnira, jer je uvođenjem napona 400 kV na toj naponskoj razini izgrađivana osnovna prijenosna mreža i interkonekcijski vodovi. Do izgradnje mreže 400 kV, u Hrvatskoj su izgrađene brojne elektrane: 1962. godine TE-TO Zagreb (slika 22.18, tada 64 MW), 1965. godine HE Senj (216 MW) i HE Dubrovnik (216 MW), 1968. godine HE Rijeka (37 MW), a 1970. godine HE Sklope (23 MW), TE Plomin I (125 MW), TE Sisak (prva etapa, 210 MW) i EL-TO Zagreb (prva etapa, 12 MW). Od 1973. godine u pogonu je HE Orlovac (237 MW). Od 1974. godine u pogonu je i prva elektrana izgrađena sredstvima Hrvatske izvan područja Hrvatske, TE Tuzla IV (200 MW)[197], a od 1975. godine HE Varaždin (94 MW, slika 6.10). Godine 1976. interventno se završava PTE Osijek (snage 50 MW, slika 6.6), kao i PTE Jertovec (25 MW).

Mreža 400 kV izgrađena je kao prsten koji povezuje sva područja tadašnje Jugoslavije. Vodovi i postrojenja na području Hrvatske samo su dijelovi tog sustava. Prvi terenski radovi na izgradnji mreže 400 kV počeli su 1974. godine. Sjeverna magistralna linija Obrenovac–Ernestinovo (Osijek)–Tumbri (Zagreb)–Maribor, stavljena je u pogon sredinom 1978. godine, čime je slavonsko-baranjska mreža povezana sa središnjom Hrvatskom. Južna magistrala (slika 7.2), Mostar–Konjsko (Split)–Melina (Rijeka)–Divača (Slovenija) u pogonu je pod naponom 400 kV od 1979. godine.

Godine 1978. ide u pogon TE Rijeka (320 MW, slika 22.19). Od godine 1981. u pogonu je NE Krško/Slovenija (slika 22.20), 50 posto u vlasništvu Hrvatske elektroprivrede, što znači 354 MW, od ukupno 708 MW sadašnje instalirane snage u toj elektrani. Zatim, u pogonu je od 1982.

[197] Kasnije, na isti je način Hrvatska sudjelovala u izgradnji TE Kakanj (50 MW), TE Gacko (100 MW) i TE Obrenovac (300 MW). U ratu, od 1991/92. godine prekinuto je ispunjavanje ugovornih obveza, a od 2003. godine Hrvatska elektroprivreda ponovno preuzima električnu energiju na osnovi ulaganja u TE Tuzla i TE Kakanj. Ugovori, kada su zaključeni, imali su ograničeno trajanje (25 godina) i prema njima se elektroprivreda pojedine republike obvezivala isporučivati Hrvatskoj određenu godišnju količinu električne energije po ugovorenoj – a primjerenoj – cijeni.

Slika 22.18. Termoelektrana-toplana Zagreb, u pogonu od 1962. godine, dograđena kombi-agregatima (na slici) 2003. godine

godine HE Čakovec (76 MW), od 1984. godine crpno-akumulacijska hidroelektrana Velebit (276 MW u turbinskom radu, tada zvana CAHE Obrovac, slika 22.21), od 1985. godine TE-TO Osijek (električne snage 45 MW), te od 1989. godine HE Dubrava (76 MW) i HE Đale (41 MW).

Konačan svoj predratni oblik, hrvatski elektroenergetski sustav dobio je završetkom izgradnje voda 400 kV Melina–Tumbri 1992. godine. Područje Dubrovnika povezano je 1963. godine na naponskoj razini 110 kV prema Mostaru, a od 1989. godine prema srednjoj Dalmaciji vodovima 110 kilovolta duž hrvatskog područja.

Slika 22.19. Termoelektrana Rijeka, u pogonu od 1978. godine

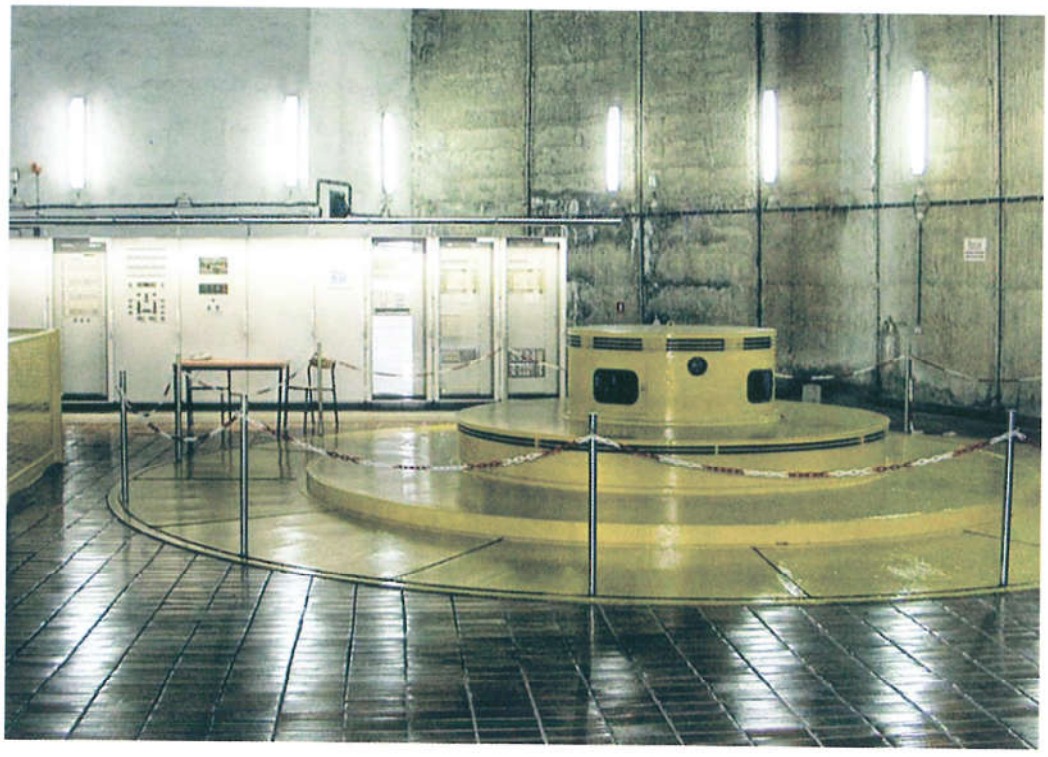
Procjenjuje se da je u ratu 1991./92. godine, ratnim razaranjima ili privremenom okupacijom, devastirano u većoj ili manjoj mjeri oko trećina prijenosne i distribucijske mreže Hrvatske elektroprivrede i jedan broj elektrana (slika 22.22), što dakako nije ravnomjerno raspoređeno čitavim državnim teritorijem. U prijenosnoj mreži Slavonije i Baranje raspoloživo je bilo približno trećina mirnodopskih kapaciteta a tim kapacitetima opskrbljivala se više od dvije trećine mirnodopske potražnje električne energije. Dakako, uz naglašeno smanjenu pouzdanost i prigušenu kvalitetu električne energije (ukupno 40 kilometara vodova 220 i 110 kV na drvenim stupovima, i dvije privremene transformacije: 220/110 kV i 110/35 kV).

Godine 2000. počinje korištenjem TE Plomin 2 (slika 6.3), elektrana zajednički građena sredstvima Hrvatske elektroprivrede i njemačkog RWE[198] (210 MW), a 2003. godine pušteno je u pogon kombi-kogeneracijsko postrojenje u TE-TO Zagreb od 200 MW električne snage i 150 MW toplinske snage (slika 22.18).

[198] Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks Aktiengesellschaft

Slika 22.20. Nuklerna elektrana Krško, u pogonu od 1981. godine

Sadašnja organiziranost elektroprivrede u Hrvatskoj, putem Hrvatske elektroprivrede, koja obuhvaća proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije i vođenje elektroenergetskog sustava na cjelokupnom državnom području, ustanovljena je 1990. godine. Riječ je, dakle, o velikom gospodarskom organizmu, s vrlo vrijednim osnovnim sredstvima, raspoređenim po svom teritoriju, s vrlo složenim tehnološkim svojstvima i potpuno međusobno ovisnim u trenutnom funkcioniranju. Danas zapošljava oko 15 tisuća radnika.

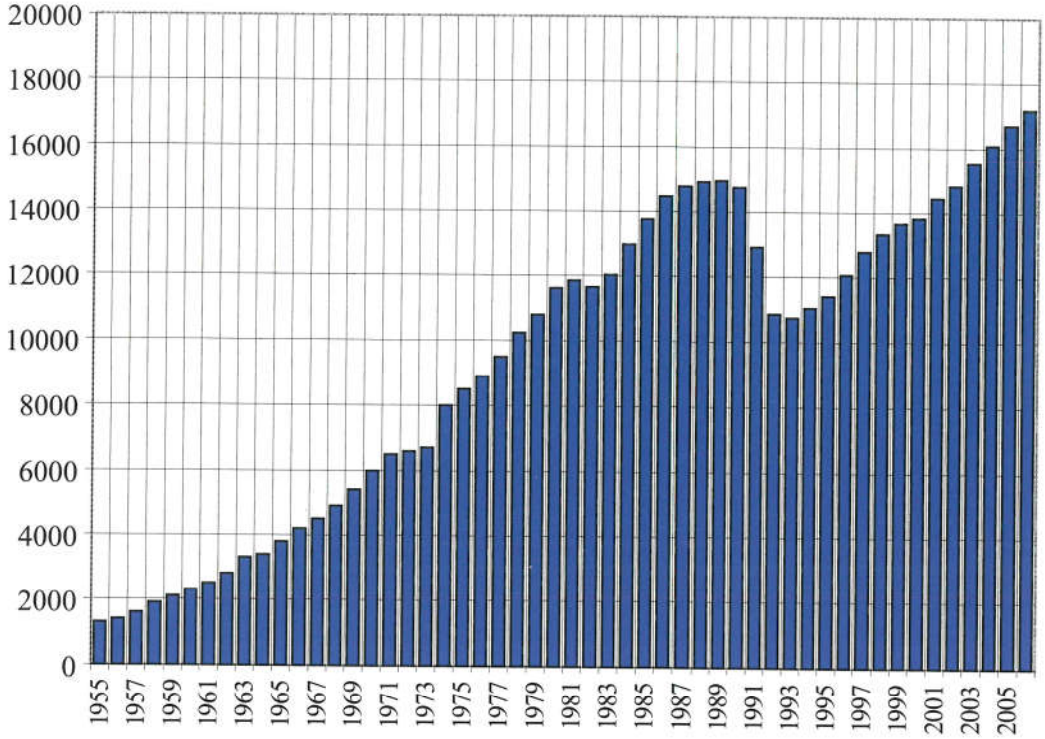


Slika 22.21. Strojarnica CAHE Velebit, u pogonu od 1984. godine

Slika 22.22. TE-TO Osijek, ratno razaranje 1991. godine

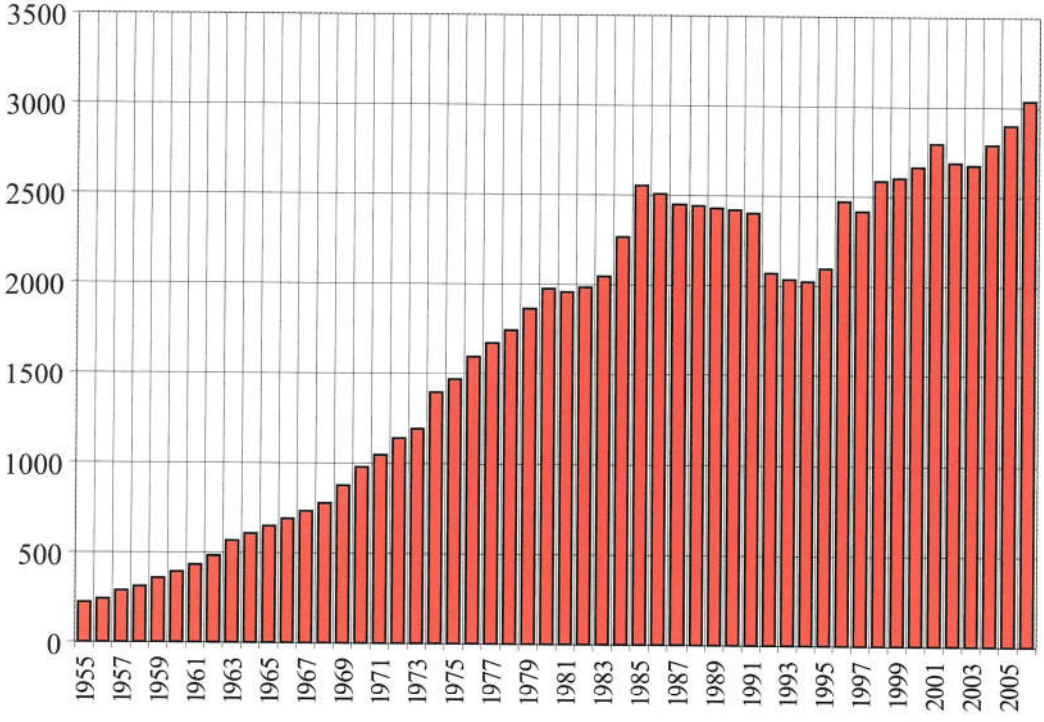
Tijekom pedesetogodišnjeg razvitka, brutpotrošnja električne energije rasla je prema slici 22.23, da bi 2006. godine bila na razini nešto većoj od 17 teravatsati. Istodobno, vršno opterećenje kretalo se kako je vidljivo iz slike 22.24, da bi 2006. godine naraslo na oko 3000 MW.

Ukupno, elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede sadrži 25 većih elektrana (pojedinačne snage preko 10 MW, tablica 22.1). Ukupna raspoloživa snaga tih i svih manjih elektrana (hidroelektrane 2 080 MW, termoelektrane 1 580 MW, ukupno oko 3 660 MW, plus polovina raspoložive snage NE Krško 338 MW, dakle, sveukupno oko 4 000 MW) je tolika da uz povoljne hidrološke prilike i osigurano gorivo za termoelektrane može pokriti potražnju, no ipak nedovoljne ukupne snage da pruži prihvatljivu sigurnost i u nepovoljnijim hidrološkim prilikama i uz neki veći agregat u kvaru ili neizbježnom remontu.



Izvor: Izvještaj o poslovanju HEP-OPS 2006

Slika 22.23. Brutopotrošnja električne energije u Hrvatskoj (GWh)



Izvor: Izvještaj o poslovanju HEP-OPS 2006

Slika 22.24. Vršno opterećenje elektroenergetskog sustava Hrvatske (MW)

Tablica 22.1. Veće elektrane u Hrvatskoj, prema početnim godinama stavljanja u pogon

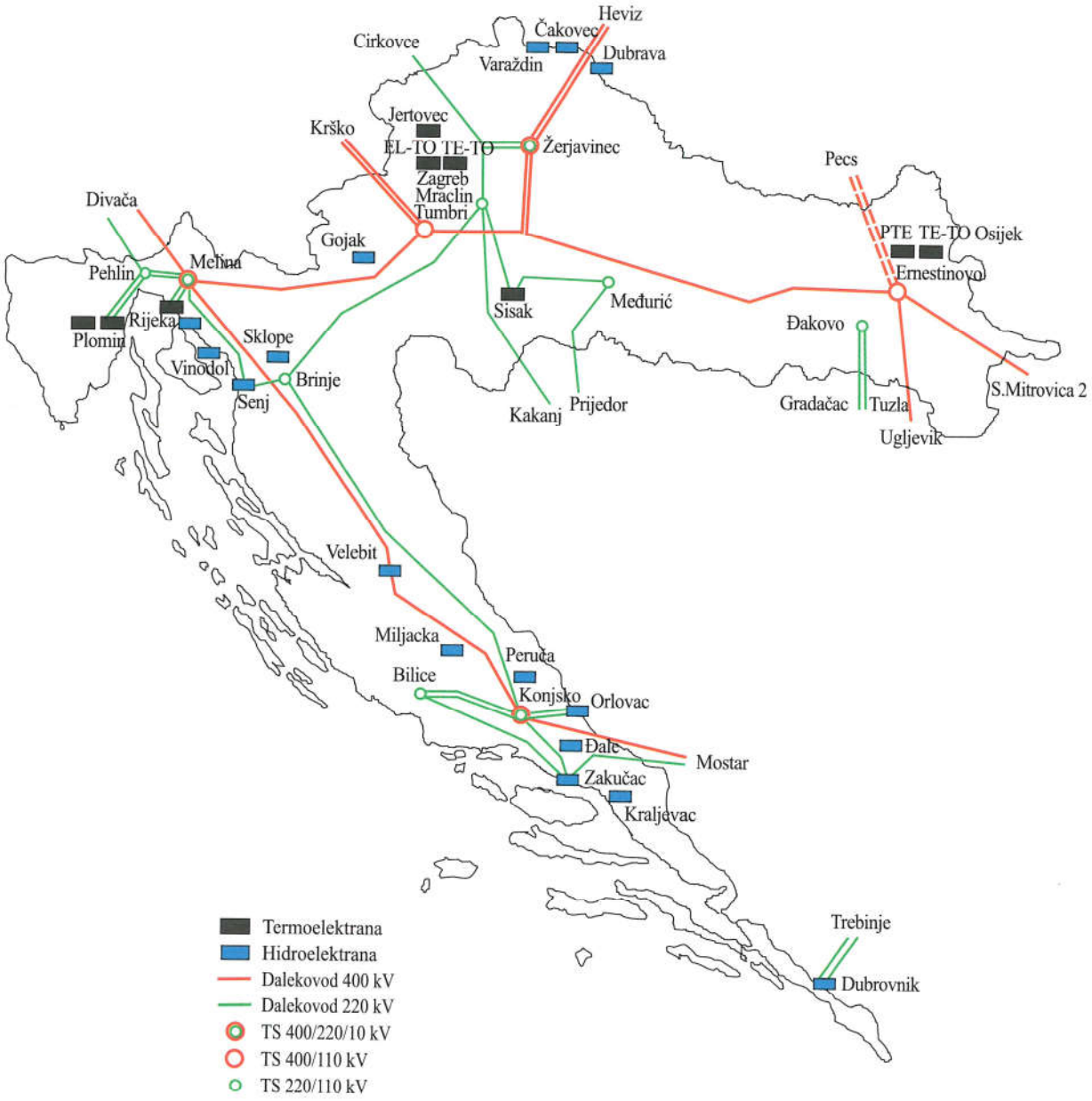
Početna godina	Elektrana	Raspoloživa snaga (MW) 2005
1906.	HE Miljacka (HE Manojlovac)	24
1907.	EL-TO Zagreb (Munjara u Zagrebu)	90
1912.	HE Kraljevac	46,6
1952.	HE Vinodol	84
1954.	TE Jertovec (TE Konjščina)	83
1959.	HE Gojak	48
1960.	HE Peruča	41,6
1962.	HE Zakučac	486
1965.	HE Senj	216
1965.	HE Dubrovnik	216
1968.	HE Rijeka	36
1970.	TE Sisak	396
1970.	TE Plomin 1	98
1970.	HE Sklope	22,5
1974.	HE Orlovac	237
1975.	HE Varaždin	86,5
1976.	PTE Osijek	48
1978.	TE Rijeka	303
1980.	TE-TO Zagreb	337
1982.	HE Čakovec	77,5
1984.	CAHE Velebit (CAHE Obrovac)	276
1985.	TE-TO Osijek	42
1989.	HE Dubrava	77,8
1989.	HE Đale	40,8
2000.	TE Plomin 2	192

Izvor: Izvještaj o poslovanju HEP-OPS 2005

Najveća hidroelektrana je Zakučac, na Cetini kod Omiša, instalirane snage 486 MW i moguće godišnje proizvodnje (uz 70 postotnu vjerojatnost dotoka vode, dakle u 70 posto slučajeva će biti toliki ili bolji dotok) oko 1,4 milijarde kilovatsati. Sljedeće velike hidroelektrane su: Velebit, Orlovac, Senj i Dubrovnik, svaka snažnija od 200 megavata. Na Dravi, najveća je HE Varaždin, snage 86,5 MW.

Najveća termoelektrana je TE Sisak, raspoložive snage 396 MW, kojoj se kotlovi lože loživim uljem ili prirodnim plinom, kao i u većini naših termoelektrana. Sljedeće velike temoelektrane su u Zagrebu (TE-TO, ukupno 337 MW), Rijeci (303 MW, na loživo ulje) i Plominu (Plomin 1 i Plomin 2, ukupno 290 MW, na ugljen). U Slavoniji i Baranji samo je javna elektrana u Osijeku (točnije dvije: PTE i TE-TO, ali na zajedničkoj lokaciji), ukupne raspoložive snage 90 MW.

Sadašnji svoj oblik (2006) hrvatski elektroenergetski sustav je dobio izgradnjom dalekovoda 400 kV Tumbri–Melina (1992), izgradnjom međudržavnog voda 2×400 kV Žerjavinec–Heviz/Mađarska (1999) te obnovom ratom razorene TS 400/110 kV Ernestinovo i izgradnjom TS 400/220/110 kV Žerjavinec, što je dovršeno 2004. godine. Dakako, uz



Slika 22.25. Elektroenergetski sustav Hrvatske, 2006. godine (Elektrane snage veće od 10 MW *i mreža* 400 *i* 220 kV)

sanacije mnogobrojnih ratnih razaranja – kako elektrana (među najviše razorenim: brana HE Peruča, jedan agregat u PTE Osijek), tako i mreža – i dogradnje mreža na svim nižim naponskim razinama. Potrebne sanacije još nisu u potpunosti dovršene.

Na slici 22.25. prikazan je elektroenergetski sustav Hrvatske, krajem 2006. godine. Prikazane su samo elektrane čija je raspoloživa snaga veća od 10 MW i mreža 400 i 220 kV. Elektrane koje su prikazane nepovezano s tim mrežama, povezane su na elektroenergetski sustav, dakako, putem mreže 110 kV ili mreže srednjeg napona.

Hrvatski elektroenergetski sustav sadrži danas (2005) oko 7 250 kilometara visokonaponske prijenosne mreže i oko 130 tisuća kilometara srednjonaponske i niskonaponske distribucijske mreže.

23

Električna energija u predstojećem razdoblju

Svjetska predviđanja

Možda započeti podatkom koji naprosto *fascinira*! U razdoblju 2004.-2030. godine u energetskom sektoru svijeta investirati će se ukupno 17 tisuća milijarda dolara[199]! To je za 20 posto više od ukupnog godišnjeg bruto domaćeg proizvoda svih članica Europske Unije u 2004. godini[200]. Ili: to je šest puta više od ukupnih godišnjih materijalnih investicija u Europskoj Uniji 2004. godine – šest godina Europska bi Unija trebala sve svoje ukupne investicije usmjeravati isključivo u svjetski energetski sektor kako bi se osigurala ukupna sredstva koja su potrebna tom sektoru u sljedećih 25 godina razvoja!

U tome, investirat će se u sektor elektroenergetike 61 posto tog iznosa (dakle oko 10 tisuća milijarda dolara), sektor nafte 19 posto, te plina 18 posto i ugljena dva posto. U elektroenergetici, nešto više će se ulagati u prijenos i distribuciju (54%) a nešto manje u elektrane (46%).

Svjetska ukupna potrošnja prirodnih oblika energije, rast će prema referentnom scenariju sa sadašnjih 11 500 milijuna tona ekvivalentne nafte (2005) na oko 17 000 Mtoe (2030), narast će po prilici 1,5 puta. Tako predviđa referentni scenarij prema World Energy Outlook 2006.

Alternativni scenarij predviđa u 2030. godini sniženje potrošnje za 10 posto prema predviđanjima referentnog scenarija, slika 23.1.

Temeljni motiv alternativnom scenariju je postupno smanjenje emisije ugljikova dioksida; to smanjenje u 2030. godini trebalo bi biti 16 posto u odnosu na emisiju prema referentnom scenariju.

Bitna kretanja po alternativnom scenariju postigla bi se:

– investiranjem u energetski učinkovitija krajnja trošila energije i energetski štedljivije zgrade, do ekonomske granice koju određuje smanjenje investicija u energetiku radi na taj način smanjene potražnje;

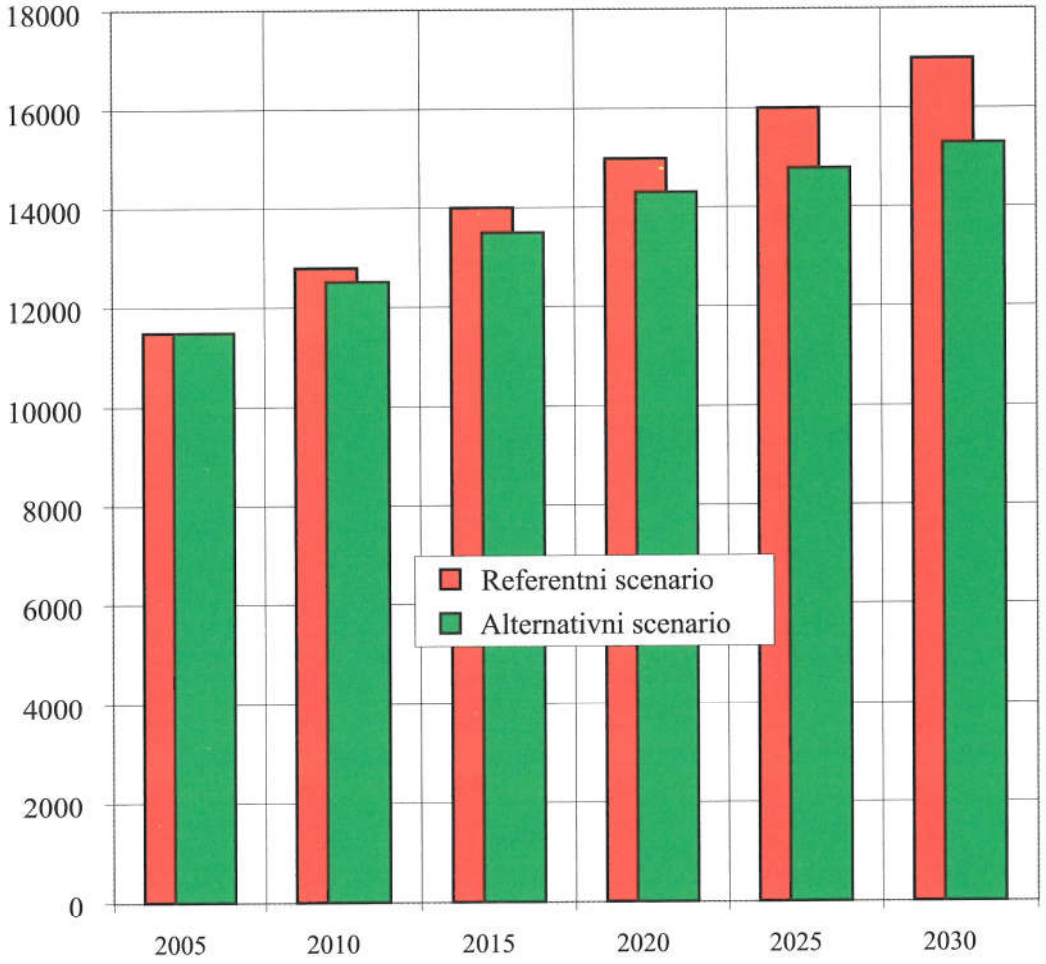
– forsiranjem primjene nuklearne energije u elektroenergetskoj opskrbi (omjer dostignutih instaliranih snaga nuklearnih elektrana u 2030. godini prema alternativnom scenariju je oko 500 GW a prema referentnom scenariju 400 GW);

– većom primjenom biogoriva[201] za pogon cestovnog prometa (omjer dostignutog udjela tog goriva u ukupno utrošenom gorivu za cestovni promet prema alternativnom i prema

[199] Taj i drugi podaci iz uvodnog dijela ovog poglavlja uzeti su iz World Energy Outlook 2006, IEA, Međunarodna agencija za energiju, 2006

[200] Prema Eurostat: Bruto domaći proizvod EU-25 bio je 2004. godine 10,4 tisuća milijarda eura, uz tečaj 1 euro = 1,35 USD, to izlazi oko 14 tisuća milijarda USD. Prema istom izvoru, ukupne bruto materijalne investicije u EU-25 bile su 2004. godine oko dvije tisuće milijarda eura = 2,75 tisuća milijarda USD.

[201] Biogorivo je obnovljivi izvor energije, CO_2-neutralan, koliko se emitira prilikom iskorištavanja – toliko se uzme prilikom fotosinteze biljne mase; razgradivo je – kod nezgode prilikom transporta, uskladištavanja ili korištenja, nije opasno za podzemne vode, kao što je slučaj kod takve nezgode s mineralnim dizelskim gorivom, tada jedna litra prolivena goriva koja dospije do podzemnih voda učini neuporabljivom milijun litara pitke vode; pridonosi povećanju energetske neovisnosti pojedine zemlje – proizvodnjom biljne mase na vlastitu teritoriju; zadržava zapošljavanje poljoprivrednog stanovništva – koje se sve više smanjuje zbog sve učinkovitije proizvodnje primarnih sirovina za hranu.



Izvor: World Energy Outlook 2006

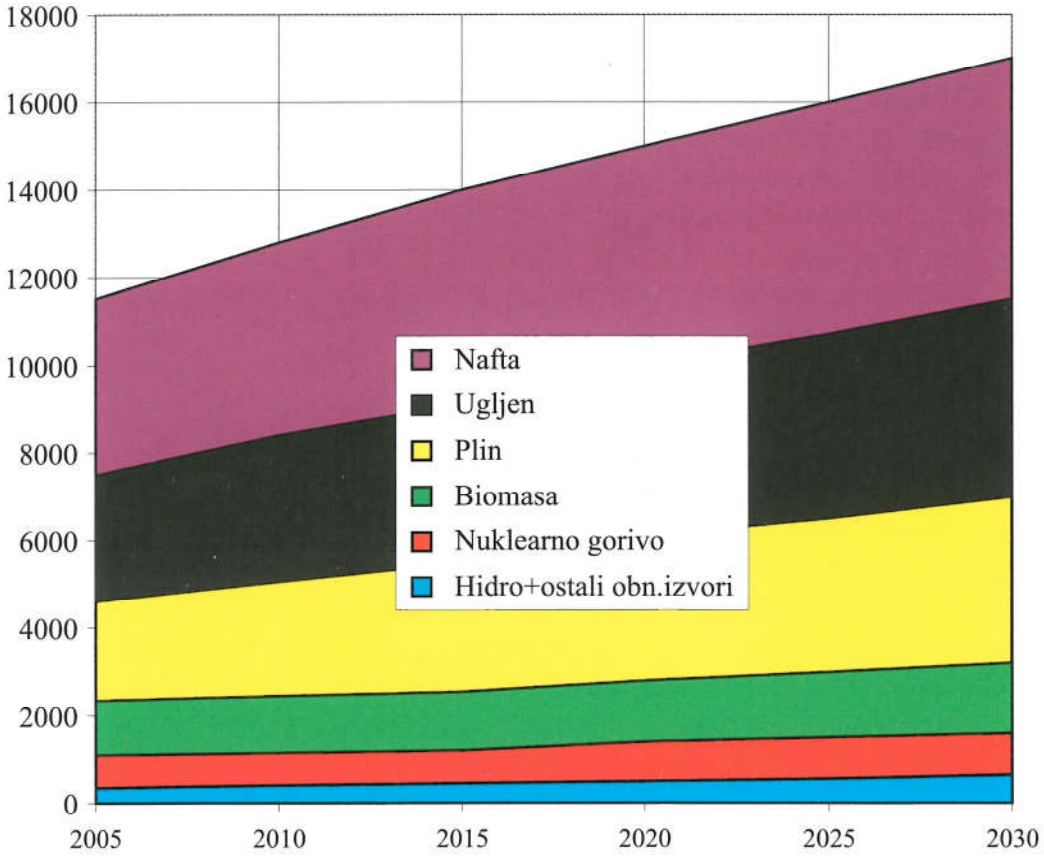
Slika 23.1. Potrošnja prirodnih oblika energije u svijetu (Mtoe)

referentnom scenariju je sedam posto prema četiri posto; pri tome ograničenje predstavlja ostavljanje dovoljnih poljoprivrednih površina za proizvodnju hrane u svijetu)

– snažnim rastom korištenja nekonvencionalnim izvorima (vjetrom, Sunčevom energijom i geotermalnom energijom), ali zbog male startne razine neće se postići niti 2030. godine bitnije povećanje udjela, a svjetsko korištenje biomasom još će i smanjiti svoj udio radi predstojeće zamjene nekomercijalnih goriva komercijalnim, u zemljama u razvoju.

Pozitivno djelovanje takvih nastojanja donekle će prigušiti činjenica da 2,5 milijarde ljudi u svijetu danas se grije i kuha, koristeći se nekomercijalnim gorivima, a oko 1,6 milijarda ljudi živi bez električne energije. Trebat će ulagati sredstva kako bi se učinkovitijim korištenjem tim gorivom umanjila emisija ugljikova dioksida – a doći će donekle i do supstitucije komercijalnim gorivima, te da se razboritom proizvodnjom električne energije u zemljama u razvoju (opet uz što manju emisiju) smanji broj *ljudi bez struje* na jednu milijardu u 2030. godini

Razvoj potrošnje oblika energije prema referentnom scenariju prikazan je slikom 23.2. U vremenskom horizontu do 2030. godine ne opaža se bitna izmjena zatečene strukture potrošnje između fosilnih goriva s jedne strane, te obnovljive i nuklearne energije s druge strane. Krajnji omjer između tih skupina izvora energije je 81 posto prema 19 posto (2030), spram gotovo jednakog takvog omjera u 2004. godini. Alternativnim scenarijem, taj bi se



Izvor: World Energy Outlook 2006

Slika 23.2. Oblici prirodne energije u svijetu prema referentnom scenariju (Mtoe)

omjer trebao popraviti u korist obnovljivih izvora i nuklearne energije, uz smanjenje ukupne potrošnje za već spomenutih 10 posto u odnosu na referentni scenarij.

Struktura proizvodnje električne energije prema referentnom scenariju mijenjat će se kako je prikazano tablicom 23.1.

Tablica 23.1. Proizvodnja električne energije u svijetu prema referentnom scenariju (TWh)

Prirodni energetski oblik	2004.	2030.	Omjer
Ugljen	6 750	12 180	1,8
Nafta	1 150	1 260	1,1
Plin	3 300	9 380	2,8
Nuklearno gorivo	2 650	2 940	1,1
Vodne snage	2 700	4 200	1,6
Ostali obnovljivi izvori	350	1 820	5,2
Ukupno	16 900	31 780	1,9

Izvor: World Energy Outlook 2006

Omjer krajnje i početne ukupne proizvodnje veći je od 1,9 – naravno, očekuje se rast električne energije znatno brži od rasta potrošnje ukupne energije (za ukupnu energiju taj omjer je 1,5). Ugljen kao gorivo ima gotovo jednak rast kao i ukupna električna energija;

ostaje i dalje vodeći prirodni oblik energije za pretvorbu u električnu energiju. Najveći rast među fosilnim gorivima predviđa se za plin (gotovo trostruko više u 2030. godini spram proizvodnje u 2004. godini). To je nastavak trenda koji se opazio i posljednjih dvadesetak godina, ekološki privlačan ali energetski nedovoljno prihvatljiv; plin bi se trebao naglašenije koristiti izravno za namirenje toplinskih potreba čovječanstva. Predviđa se nedovoljan rast korištenja nuklearnim gorivom, samo za 10 posto prema proizvodnji u 2004. godini; očigledno tome doprinosi neprihvaćanje javnosti u svijetu. Vodne snage imaju primjereno visok rast, a korištenje ostalim obnovljivim izvorima bi se više nego upeterostručilo!

Predviđanja za Europsku Uniju

Kakva su predviđanja IEA[202] za sektor elektroenergetike u Europskoj Uniji?[203] Najprije, polazi se od starosti agregata u većim termoelektranama i nuklearnim elektranama Europske Unije. Najmanje je agregata starih manje od 10 godina; ukupna instalirana snaga im je nešto više od 60 GW. U elektranama između 10 i 20 godina starosti instalirano je ukupno oko 120 GW, a starost između 20 i 30 godina imaju elektrane ukupne instalirane snage 140 GW, samo nešto manje od toga je u skupini elektrana starijih od 30 godina: oko 130 GW.

Dakle, više od polovine snage u današnjim elektranama Europske Unije morat će do 2030. godine biti zamijenjeno; oko 400 GW! Kako će u 2030. godini trebati ukupno gotovo 1 100 GW u elektranama, to je predvidljiva zamjena i dogradnja novim elektranama reda veličine 800 GW. Sadašnja ukupna snaga je oko 700 GW – a instalacija novim elektranama i zamjenama danas postojećih elektrana predstavlja više nego dvostruku toliku vrijednost, slika 23.3.

Prema referentnom scenariju doći će do bitnije promjene u strukturi prirodnih oblika energije za pretvorbu u električnu energiju, slika 23.4. Idemo redom:

– ukupna proizvodnja električne energije trebala bi s današnje razine od oko 3 000 TWh (2004) porasti na razinu od oko 4 250 TWh (2030), omjer je oko 1,4 (2030/2004) – znatno manji nego u svijetu u cjelini;

– ugljenu se predviđa blagi porast, sporije od ukupne električne energije;

– nafti se predviđa ukidanje korištenja, praktički;

– plinu se predviđa vrlo nagli rast, omjer 2030./2004. je gotovo tri – opet energetski te u pogledu sigurnosti i dugovječnosti opskrbe plinom teško prihvatljivo, a predviđa se njegov najveći udio (~35%) u proizvodnji električne energije u 2030. godini (!);

– nuklearnoj energiji se predviđa smanjenje korištenja, omjer 2030./2004. je 0,6 – tome najviše pridonosi odluka o obustavi korištenja nuklearnim elektranama u Njemačkoj (te Švedskoj i Belgiji), čije će se provođenje okončati u promatranom razdoblju;

– vodne snage su u Europi praktički iskorištene, ne predviđa se ozbiljniji apsolutni porast njihova korištenja i – time – ostvarit će se pad njihova udjela u ukupnoj proizvodnji;

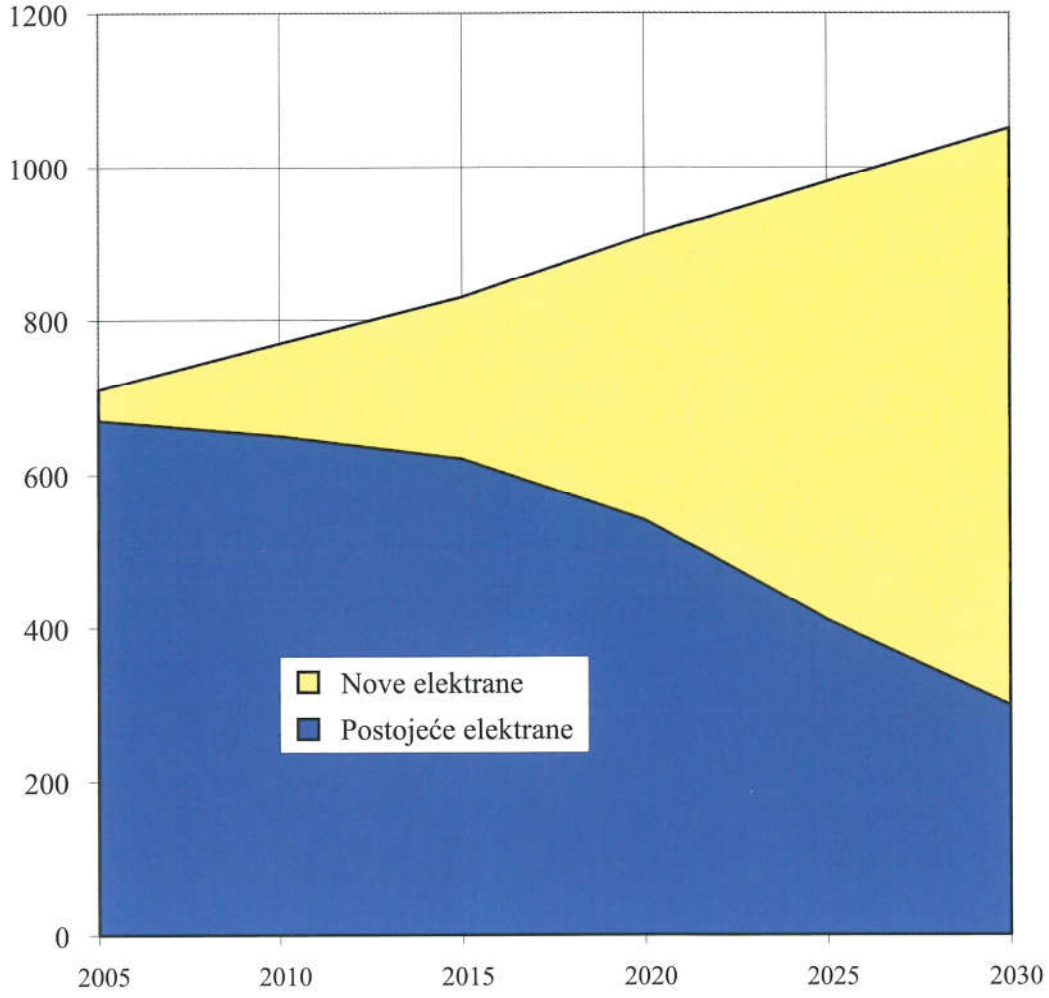
– korištenje vjetrom bi na kraju tog razdoblja trebalo postati veće od korištenja vodnim snagama, omjer 2030./2004. je veći od pet;

– korištenje ostalim obnovljivim izvorima naraslo bi na po prilici polovinu korištenja vjetrom, omjer 2030/2004 je oko tri.

---

[202] IEA, International Energy Agency, Međunarodna agencija za energiju

[203] U nastavku se ta predviđanja iznose prema Euroheat&Power Conference, održane u Bruxellesu 22. lipnja 2006, u organizaciji IEA i Europske Unije.



Izvor: World Energy Outlook 2006

Slika 23.3. Potrebna instalirana snaga elektrana u EU-25 (GW)

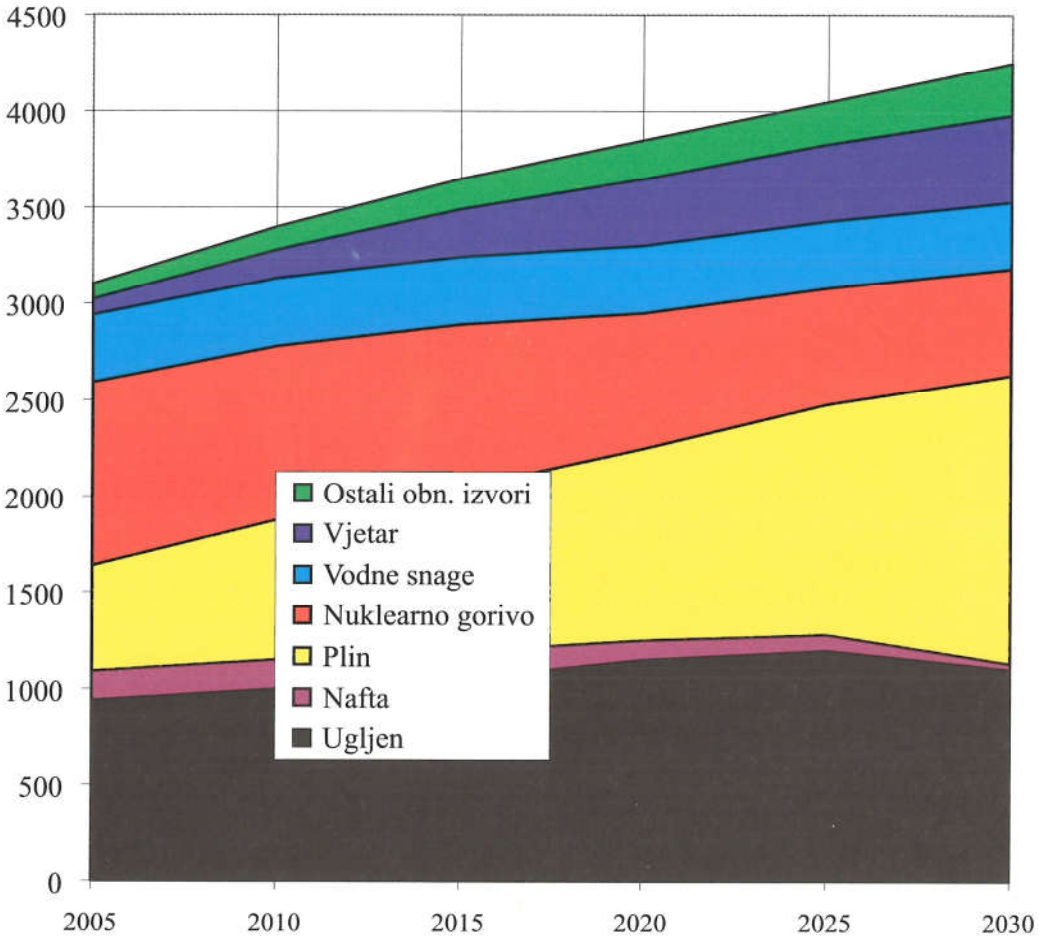
Dvije su osnove alternativnom scenariju u elektroenergetici Europske Unije: jačanje udjela obnovljivih izvora i jačanje udjela spojenog procesa proizvodnje električne i toplinske energije.

Prema referentnom scenariju trebao bi udio nekonvencionalnih izvora (dakle obnovljivih izvora bez vodnih snaga) u ukupnoj proizvodnji električne energije 2030. godine narasti na 17 posto, a prema alternativnom scenariju na 24 posto.[204]

Udio električnog dijela spojenog procesa proizvodnje električne i toplinske energije u ukupnoj proizvodnji električne energije trebao bi porasti sa sadašnjih oko 13 posto (2004) na oko 16 posto prema referentnom scenariju u 2030. godini, odnosno na oko 22 posto prema alternativnom scenariju.

Prema referentnom scenariju, emisija ugljikova dioksida bi se povećala sa sadašnjih oko 3 750 milijarda tona (2004) na oko 4 500 milijarda tona u 2030. godini. Prema alternativnom scenariju, emisija ugljikova dioksida još bi donekle rasla, pa onda između 2010. i 2020. stagnirala, da bi u zadnjoj dekadi nešto naglije padala a u 2030. godini bila nešto niža (oko 3 650 milijarda tona) nego što je danas. To još uvijek ne bi bilo ispod ograničenja Kyoto-protokolom, koje ograničenje je za Europsku Uniju oko 3 450 milijarda tona.

[204] Na sastanku Vijeća Europske Unije u ožujku 2007. godine proklamiran je stav da do 2020. godine treba ostvariti udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji svih oblika energije od 20 posto.



Izvor: World Energy Outlook 2006

Slika 23.4. Proizvodnja električne energije u EU-25 (TWh)

Iznesimo bitna svojstva pojedinih opcija buduće proizvodnje električne energije u Europskoj Uniji, prema gledanju IEA.

Najprije o primjeni kombiniranih plinsko-parnih elektrana:

– to je glavni izbor u EU-25 od 1990-tih godina i kontinuirano dalje
– niski troškovi izgradnje (~550 USD/kW)
– približno polovina CO_2-emisije po kilovatsatu spram elektrana loženih ugljenom
– vrlo mala emisija SO_2, NO_x i čestica
– fleksibilne su u pogonu
– kratko trajanje izgradnje (~2 godine)
– veliko učešće troškova goriva (70-80 posto) u ukupnim troškovima – visoka osjetljivost konačne proizvodne cijene na izmjene cijena plina
– upitna je sigurnost opskrbe plinom iz zemalja izvoznica plina.

Elektrane sa spojenim procesom proizvodnje elektrike i topline:

– štede gorivo
– snižavaju sveukupnu emisiju
– štede investicije u mrežu, jer su obvezno blizu težišta potrošnje
– nužnost toplinske potražnje u dosežnoj blizini, za učinkovitu pretvorbu ulaznog goriva u električnu energiju i toplinu

– glavne opcije goriva: plin ali i biomasa
– sporne regulatorima; teško je odrediti razgraničenje troškova elektrike i topline.

Elektrane ložene ugljenom:
– veliki troškovi izgradnje (1 000-1 200 USD/kW, dvostruko od plinsko-parnih elektrana)
– velika emisija CO_2 po kilovatsatu
– pridodavanje troškova zaštite okoliša
– dugo trajanje izgradnje (4-5 godina)
– ugljen: najobilnije svjetske rezerve i stabilna opskrba.

Vjetroelektrane:
– veliki troškovi izgradnje (1 000 USD/kW)
– nema troškova goriva
– nema izravne emisije
– ekonomične su samo u vjetrovitim područjima
– pridodavanje troškova za veliku rezervnu snagu i troškova za mrežne dogradnje (0,5–1,5 UScent/kWh).

Nuklearne elektrane:
– vrlo visoki troškovi izgradnje (1 700-2 000 USD/kW)
– mali troškovi goriva, stabilna cijena proizvodnje
– nema emisije CO_2, SO_2 i NO_x, te čestica
– problem prihvaćanja javnosti (radioaktivni otpad, proliferacija)
– sigurna opskrba električnom energijom.

Prema sagledavanjima EURELECTRIC, zgotovljenim 2005. godine[205] za razdoblje do 2020. godine, predviđa se za EU-25 donekle umjereniji rast instalacije elektrana i proizvodnje električne energije, tablica 23.2.

Tablica 23.2. Instalirane snage i proizvodnje elektrana u EU-25 do 2020. godine

Tip elektrana	Instalirana snaga (GW)		Proizvodnja (TWh)	
	2005.	2020.	2005.	2020.
Nuklearne elektrane	130	108	910	770
Termoelektrane	395	456	1 650	2 100
Hidroelektrane	132	139	342	374
Na ostale obnovljive izvore	56	151	135	392
Ukupno	716	858	3 043	3 650

Izvor: EURELECTRIC

Ukupna potražnja električne energije u 2020. godini cijeni se u tom predviđanju na 3 690 TWh, očigledno razliku od oko 40 TWh članice EU-25 bi uvezle iz trećih zemalja (teško je, doduše, reći kojih to zemalja). To je nešto manje od ranije spomenutog predviđanja IEA, u 2020. godini IEA predviđa za EU-25 potrošnju od oko 4 000 TWh.

[205] EUROPROG 2005, Eurelectric, listopad 2005

Što dodati na kraju? Prednosti i mana imaju sva rješenja; možda je najbolje načiniti jednu mješavinu svih rješenja – najmanja je mogućnost za totalni promašaj!

Hrvatska sagledliva elektroenergetska budućnost

U Strategiji energetskog razvitka Hrvatske[206] predviđaju se scenariji za tri moguća razvitka energetike:

– scenarij S1 = konvencionalne tehnologije i bez aktivnih mjera države
– scenarij S2 = nove tehnologije i aktivne mjere države
– scenarij S3 = izrazito ekološki scenarij.

Prikažimo tablicom 23.3. ukupnu potrošnju energije, ukupnu potrošnju obnovljivih izvora te udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije, za pojedine scenarije razvitka.

Tablica 23.3. Obnovljivi izvori energije prema Strategiji energetskog razvitka Hrvatske (PJ)

Oblik prirodne energije	2000.	2030.-S1	2030.-S2	2030.-S3
Geotermalna	0	5,0	5,0	5,2
Vjetar	0	2,7	4,9	8,4
Sunčeva	0	9,2	23,2	35,1
Biomasa	13,9	27,2	34,6	45,7
Vodne snage[207]	23,7	28,8	30,4	29,5
Biodizel	0	5,2	8,7	12,2
Ukupno obnovljivi izvori	37,6	78,1	106,8	136,1
Ukupna potrošnja energije	332	642	599	569
Udio obnovljivih izvora (%)	11,3	12,2	17,8	23,9

Zaokruženo govoreći: razvitak po scenariju S1 praktički vodi gotovo udvostručenju ukupne potrošnje energije, u razdoblju od 30 godina. Scenariji S2 i S3 vode stanovitom prigušivanju ukupne potrošnje.

Vidljivo je kako razvitak po scenariju S1 predstavlja praktički zadržavanje zatečenog udjela obnovljivih izvora iz 2000. godine u 2030. godini, te kako zapravo jedino razvoj prema scenariju S3 znači dostizanje nešto veće razine korištenja obnovljivim izvorima u 2030. godini (23,9 posto) od razine kakvu su zemlje Europske Unije predvidjele dostignuti 2020. godine (20 posto), prema njihovu recentnom opredjeljenju.

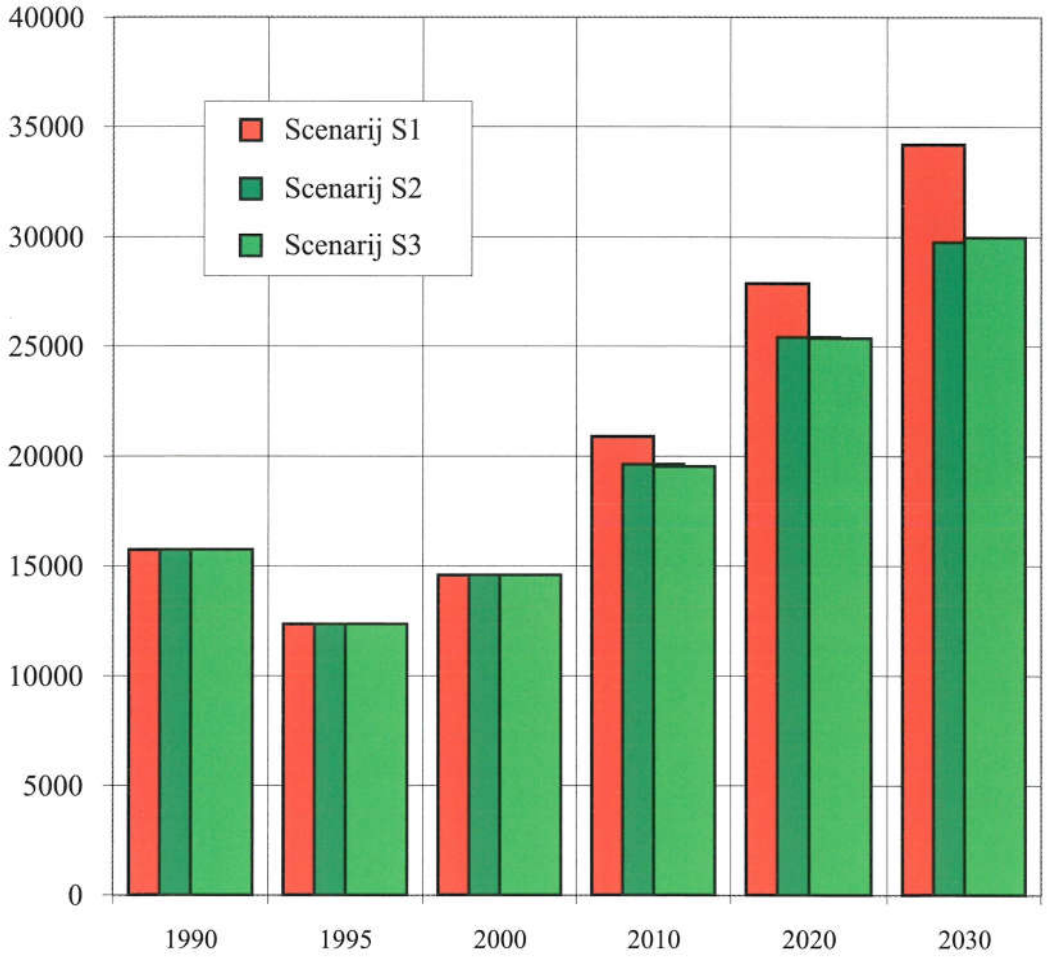
Uvozna ovisnost, nažalost ali neizbježno, po svim razvojnom scenarijima će rasti. Sa sadašnje oko 50-postotne uvozne ovisnosti, narast će čak na 3/4 (prema scenariju S1) odnosno na 2/3 (prema scenariju S3); tablica 23.4.

[206] Strategija energetskog razvitka Hrvatske, usvojena je 2002. godine (www.hrvatska21.hr)
[207] Računate s faktorom konverzije 3,6 PJ/TWh, za razliku od citiranog izvora koji uzima ~10 PJ/TWh.

Tablica 23.4. Udio uvoza u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj (%)

Scenarij	2000.	2010.	2020.	2030.
Scenarij S1	49	64	74	78
Scenarij S2	49	62	70	72
Scenarij S3	49	61	65	65

Prikažimo strukturu proizvodnje električne energije (tablica 23.5. i slika 23.5), po tim scenarijima u 2030. godini uz opasku kako je prema svim scenarijima predviđeno da se u toj godini ukupno namirenje potražnje ostvari vlastitom proizvodnjom električne energije, dakle bez uvoza električne energije[208].



Izvor: Strategija energetskog razvitka Hrvatske

Slika 23.5. Proizvodnja električne energije u Hrvatskoj prema različitim scenarijima razvitka (TWh)

[208] Jedan hrvatski ministar nas putem tiska uvjerava (sredinom 2007. godine) da ćemo 2013. godine izvoziti električnu energiju! Posve neutemeljeno; za pet godina ne možemo izgraditi toliko novih elektrana da prestanemo biti uvoznik električne energije, a dugoročnije – orijentacija na izvoz električne energije posve je nerazborita, uz ukupnu energetsku uvoznu ovisnost Hrvatske između 65 i 78 posto (2030. godine) i zatečenu emisiju stakleničkih plinova ograničenu zahtjevima Kyoto-protokola i zahtjevima naše javnosti!

Tablica 23.5. Proizvodnja električne energije u Hrvatskoj prema Strategiji energetskog razvitka u 2030. godini po pojedinim scenarijima razvitka (TWh)

Tip proizvodnje	2000.	2030. (S1)	2030. (S2)	2030. (S3)
NE Krško i uvoz	2,4	0,0	0,0	0,0
Elektroprivredne HE	6,5	7,6	7,6	7,5
Elektroprivredne TE	5,1	23,1	16,2	14,3
Gorivne ćelije	0,0	0,2	0,4	0,6
Ostali obnovljivi izvori	0,0	0,7	1,9	3,5
Male HE	0,1	0,4	0,5	0,7
Male kogeneracije	0,0	0,4	0,8	1,0
Industrijske TE-TO	0,5	1,8	2,3	2,4
Ukupno	14,6	34,2	29,8	29,9

Potreban oprez pri gledanju na mogućnosti penetracije obnovljivih izvora u proizvodnju električne energije u Hrvatskoj prema nekim razvojnim scenarijima, iznesen je u ovoj knjizi u poglavlju 6.

Kako bi se dobio uvid i u dinamiku rasta proizvodnje po desetljećima promatranog razdoblja, iznosi se primjer te dinamike za srednji razvojni scenarij (S2), tablica 23.6. i slika 23.6. Na slici 23.7. daje se prikaz proizvodnje po tipovima elektrana prema naglašeno ekološkom scenariju razvitka (S3).

Tablica 23.6. Proizvodnja električne energije u Hrvatskoj prema Strategiji energetskog razvitka 2000.-2030. godine po srednjem scenariju razvitka – S2 (TWh)

Tip proizvodnje	2000.	2010. (S2)	2020. (S2)	2030. (S2)
NE Krško i uvoz	2,4	2,3	2,3	0,0
Elektroprivredne HE	6,5	6,7	7,6	7,6
Elektroprivredne TE	5,1	9,0	11,8	16,2
Gorivne ćelije	0,0	0,1	0,2	0,4
Ostali obnovljivi izvori	0,0	0,2	0,8	1,9
Male HE	0,1	0,1	0,3	0,5
Male kogeneracije	0,0	0,1	0,4	0,8
Industrijske TE-TO	0,5	1,0	1,8	2,3
Ukupno	14,6	19,6	25,4	29,8

Komentirajmo, u najgrubljim potezima, ta sagledavanja.

Uz prosječnu stopu rasta potrošnje električne energije od 3,6%/god., za dvadesetak godina potrošnja će se u Hrvatskoj udvostručiti ($1{,}036^{20} \approx 2$). Tolika je stopa rasta potrošnje električne energije u vezi s donjom granicom rasta bruto domaćeg proizvoda, za koji se predviđa stopa rasta od 4–5%/god. Odnosno, takva je predvidiva stopa daljeg rasta sukladna s rastom kakav se ostvaruje posljednjih godina u Hrvatskoj (2001-2005).

Pođe li se s nižom prosječnom stopom rasta potrošnje električne energije od 3%/god., udvostručenje će se potrošnje zbiti nakon 25 godina ($1{,}03^{25} \approx 2$).

Ostvarenjem takva porasta, oko 2025. ili 2030. godine Hrvatska bi prema potrošnji električne energije po stanovniku donekle prestigla *sadašnju* prosječnu potrošnju po stanovniku svih 27 zemalja Europske Unije (oko 5 500 kWh/stan.)!

Dakle, do 2025. godine ili 2030. godine, trebat će namiriti novu potrošnju jednaku današnjoj brutopotrošnji (oko 17,5 TWh, ostvarenje 2005. godine). Uzme li se u obzir prosječno godišnje trajanje korištenja temeljnim termoelektranama od 5 500 sati, izlazi kako će do tog (ili približno tog) vremenskog horizonta trebati izgraditi novih oko 3 000 MW u termoelektranama. Dakle, prosječno svakih četiri-pet godina jedan agregat od 600 MW ili ekvivalent toga. K tome treba dodati i izgradnju elektrana, kojima će se zamijeniti one postojeće elektrane kojima je istekao vijek trajanja; u razdoblju 2010.–2020. godine ukupna snaga za zamjenu je oko 1 200 MW. To sve, ako se uvoz električne energije zadrži na sadašnjoj apsolutnoj razini. Ako pak se želi smanjiti tolika razina uvoza – a to će postati imperativ jer će cijena uvozne električne energije sve brže rasti – potrebna izgradnja novih elektrana se povećava.

Intenzivnije korištenje elektranama na obnovljive izvore energije, kao i nekih manjih konvencionalnih hidroelektrana koje su još preostale za izgradnju, neće bitno smanjiti izgradnju temeljnih termoelektrana[209].

Zamjenske termoelektrane gradit će se na postojećim lokacijama (uglavnom kombinirane plinsko-parne elektrane), a to će zahtijevati pojačanje postojeće evakuacijske mreže (danas uglavnom 110 i 220 kV), možda i novim vodovima višeg napona (400 kV). Mogući broj novih lokacija za velike termoelektrane ograničen je zbog rashladne vode (Sava i Dunav, Jadransko more) ili zbog dopreme uvoznog ugljena brodskim prijevozom (Dunav, morska obala), koje će zbog velikih snaga svojih agregata (400–600 MW) moći biti priključene samo na 400 kV mrežu.

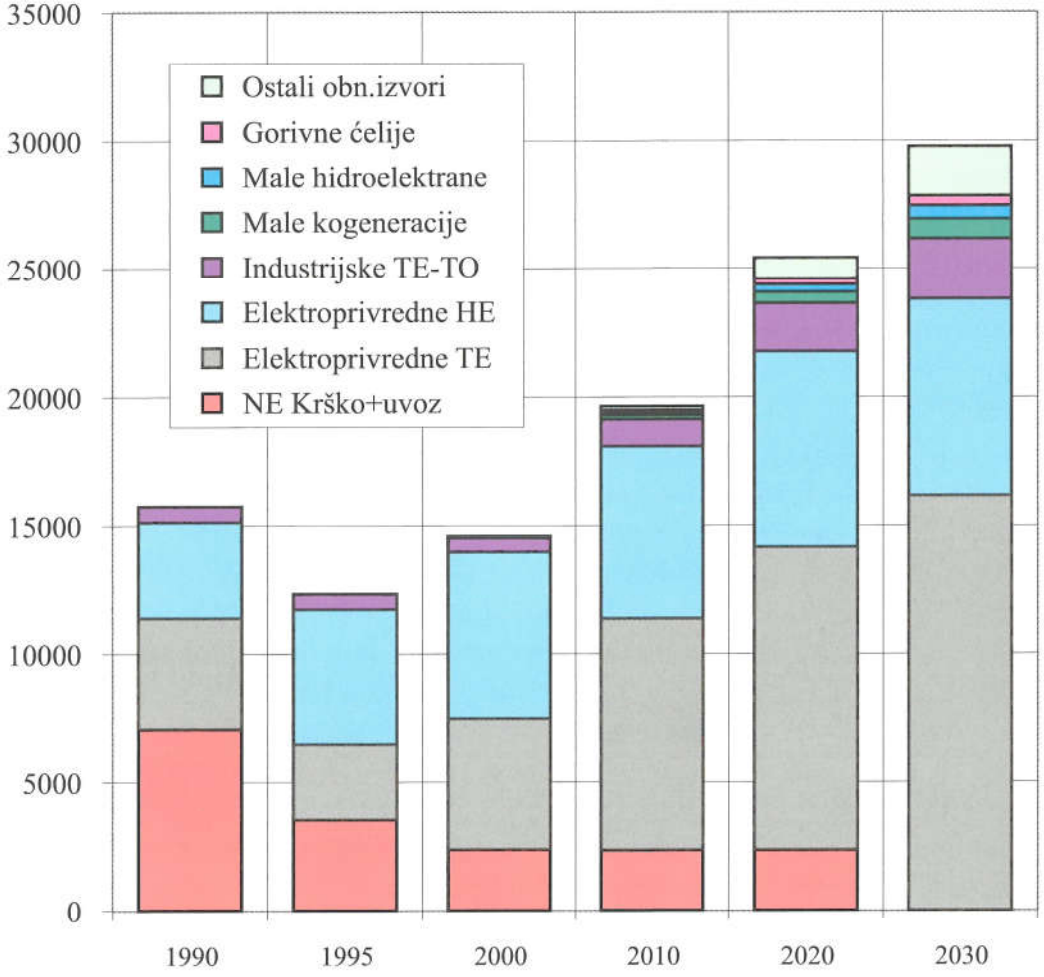
Izgledna je izgradnja termoelektrana u Sisku, Zagrebu i Osijeku, sve na postojećim lokacijama elektrana i uz pretpostavljeni plin kao gorivo, doduše koji još nije dugoročno osiguran. Prema bilo kojoj novoj lokaciji naglašeno je protivljenje javnosti po principu: *ne u mome dvorištu*. Međutim, nužno je otvaranje i novih povoljnih lokacija (Dunav, Sava, jadranska obala) – nije zamisliva dogradnja sustava novim velikim elektranama bez njihove diversifikacije. Značajno bi bilo pozitivno opredjeljenje javnosti prema izgradnji termoelektrane u Dalmaciji, radi dopunjavanja tamošnje sadašnje samo hidroenergetske proizvodnje.

Mreža 400 kV dopunjavat će se novim longitudinalnim potezima i moguće je zamišljati njezino udvostručenje na potezu Osijek-Zagreb-Rijeka-Split, uz udvostručenja spojnih vodova prema susjedima. Ne treba očekivati daljnju dogradnju mreže 220 kV (što je općeeuropska tendencija), s tim da će neki novoizgrađeni vodovi 400 kV biti u početku u pogonu pod naponom 220 kV ili čak 110 kV. Možda će u razmatranom razdoblju doći i do ukidanja nekih 220 kV vodova, osobito na sjeveru zemlje i korištenja njihovim trasama (u budućnosti će biti jako teško pronaći nove koridore za visokonaponske nadzemne vodove) za nove vodove 400 kV.

Za sagledavanje mogućeg razvoja prijenosne mreže bitna je i tranzitna uloga hrvatske prijenosne mreže u sklopu europskih dalekih prijenosa električne energije s istoka (Ukrajina, Rumunjska, Bugarska, barem u bližem razdoblju) prema zapadu te u mediteranskom krugu (u nešto duljem sagledivom razdoblju).

Na tako zamišljene mreže 220 i 400 kV priključivat će se vrlo gust raster mreže 110 kV sastavljen od nadzemnih ali dijelom i podzemnih (dakako i podmorskih) kabelskih vodova, te transformatorskih stanica gornjeg napona 110 kV, sa sve većom primjenom zatvorenih

[209] Vidjeti o tome poglavlja 6 i 9.



Izvor: Strategija energetskog razvitka Hrvatske

Slika 23.6. Proizvodnja električne energije prema tipovima elektrana u Hrvatskoj prema srednjem scenariju (S2) razvitka (TWh)

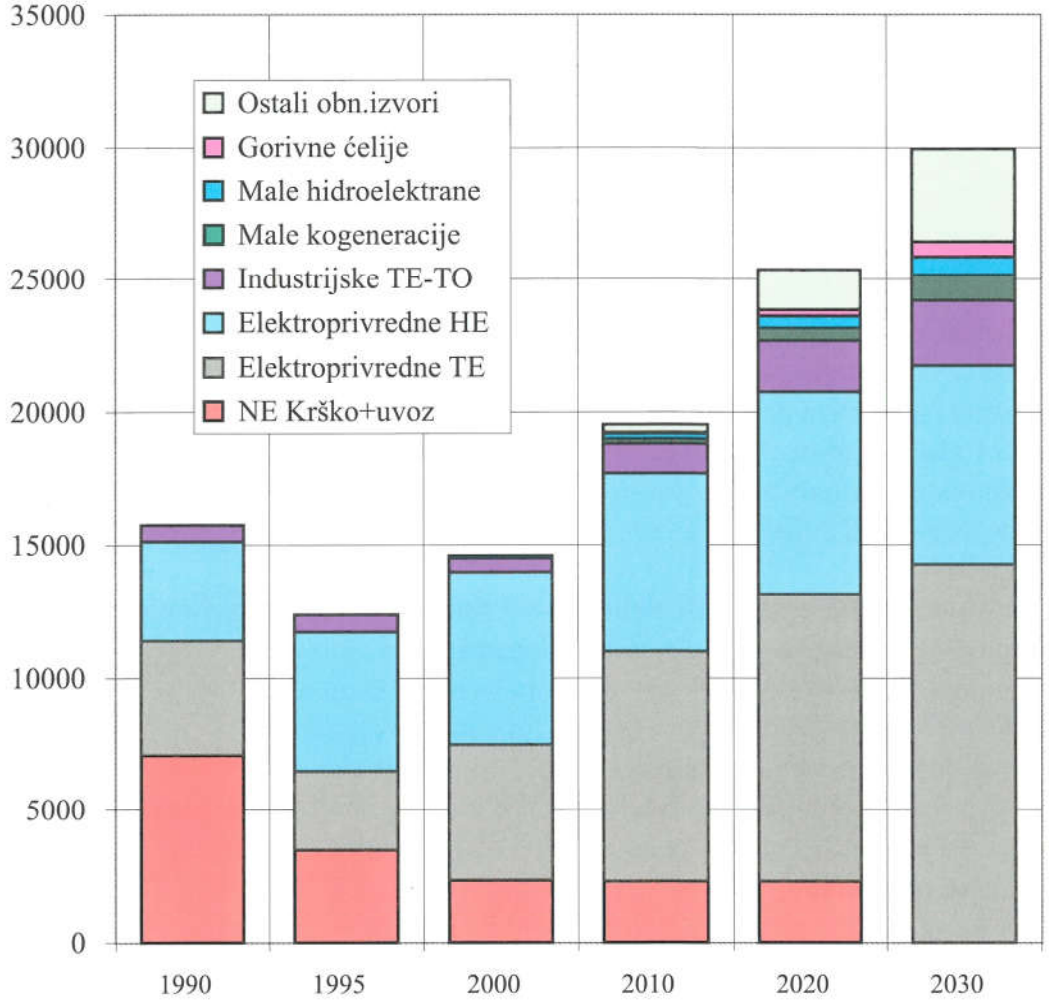
(plinom izoliranih) postrojenja 110 kV. Dakako da će gustoća prijenosne mreže 110 kV biti veća u zonama koncentrirane potrošnje, kao što su velike gradske aglomeracije, te u zonama prihvata energije većih vjetroelektranskih parkova.

U idućem razdoblju, na investicijske aktivnosti u prijenosnoj i distribucijskoj mreži Hrvatske snažno će utjecati potreba zamjene istrošenih komponenata tih mreža zbog starenja opreme i objekata. Naime, rok trajanja većine komponenata u tim mrežama kraći je od 50 godina, a kako su najstariji objekti prešli tu starost – slijede ozbiljna i trajna ulaganja u revitalizaciju. Zahtjevi prema kvaliteti električne energije naglašeno će se odraziti na dogradnje u distribucijskoj mreži.

Na kraju, iznesimo stanovite naglaske ovog autora (M. K.) prema strategijskim pravcima energetskog razvitka u Hrvatskoj:

– ne protiviti se svakoj energetskoj razvojnoj zamisli (naftovodu s terminalom ili naftovodu bez terminala, plinovodu, terminalu za ukapljeni prirodni plin, spalionici smeća ili ...)[210];

[210] Jedan naš gospodarstvenik/političar zgodno je rekao na televiziji: on bi uveo obvezno potpisivanje izjave svakog kupca nekog električnog trošila da se ne protivi gradnji elektrane koja će biti potrebna za napajanje tog trošila, inače ne može kupiti novo trošilo.



Izvor: Strategija energetskog razvitka Hrvatske

Slika 23.7. Proizvodnja električne energije prema tipovima elektrana u Hrvatskoj prema naglašeno ekološkom scenariju (S3) razvitka (TWh)

– ne protiviti se europskim energetskim projektima (naša ovisnost o uvozu energije samo će rasti – stoga je razumno *prepletanje* s europskim interesima);
– ne protiviti se svakoj novoj lokaciji za velike elektroenergetske objekte;
– ne inzistirati na zamjeni ugljena ili tekućeg goriva plinom u postojećim elektranama (jer bi takva jednostavna zamjena bila energetski nerazumna, danas je nužna primjena kombi-procesa, plinsko-parnih termoelektrana);
– ne protiviti se dogradnji elektroenergetskog sustava novim elektranama na ugljen;
– ne protiviti se ravnopravnom uzimanju u obzir i nuklearne opcije;
– uporno graditi hidroelektrane, kolikogod je to financijski dostižno;
– među obnovljivim izvorima najveću prednost dati biomasi, bioplinu i otpadu (jer ne traže rezervu u konvencionalnom sustavu), ne zaustavljati korištenje ogrjevnim drvetom;
– poticati kogeneraciju u industriji (i što većem broju manjih gradova, ali to bi trebalo ostvariti prije plinofikacije tih gradova) ;
– poticati masovno kolektorsko toplinsko korištenje Sunčevim zračenjem u priobalju, prije plinofikacije priobalja

– poticati korištenje biodizelom, jer je to siguran i dugovječan posao za poljoprivredu;
– poticati povećanu toplinsku izolaciju pri obnovi zgrada nakon ratne razorenosti (praktično je oko 100 tisuća neožbukanih objekata u Hrvatskoj!);
– istinito i sveobuhvatno educirati stanovništvo *od malih nogu*, o energetskim pitanjima[211].

Zaključak

Spektakularna razvojna rješenja u predstojećih 25 godina ne sagledavaju se; u svjetskim razmjerima ostaje i dalje rast potrošnje električne energije brži od rasta potrošnje ukupne energije a ona raste jedva prigušeno. Velik je dio čovječanstva koji živi u zemljama u razvoju, željnog i *gladnog* svekolikog napretka. Nemoguće je ekonomičnim mjerama učinkovitijeg korištenja energijom bitnije prigušiti rast potrošnje. U Europi, koja je na bitno višem razvojnom stupnju od svijeta u cjelini, ipak se događa, samo u manjem mjerilu, isto što i u svijetu u cjelini.

Struktura pojedinih opskrbnih elektroenergetskih rješenja u svijetu praktički se ekstrapolira iz prošlog razdoblja u predstojeće 25-godišnje razdoblje (uz nešto jače angažiranje nekonvencionalnih izvora energije), a u Europi se predviđaju nešto bitnija restrukturiranja.

U tome europskom predvidivom restrukturiranju neoprezno je pretjerano favoriziranje plina, nerazborita je rezerva prema nuklearnoj opciji (nikako se ne može oprostiti Nijemcima zapravo *porazna* odluka o povlačenju iz nuklearne tehnologije) i pretjerivanje s vjetroelektranama (tu je opet Njemačka ta koja *vuče* i druge u takvu orijentaciju, neovisno o tome koliko im je to primjereno).

Do šire komercijalne primjene nuklearne fuzije doći će tek za 50 do 80 godina, dakle gotovo izvan dohvata danas živućih ljudi. Ostaje zapravo Sunce; pojeftinjenjem proizvodnje i/ili bitnijim povećanjem učinkovitosti fotonaponskih ćelija i danas teško zamislivim omogućavanjem masovne akumulacije električne energije, riješilo bi se energetsko pitanje čovječanstva. Ili: učinkovitije fotonaponske ćelije te dovoljno učinkovita elektroliza vode radi pretvorbe u vodik i korištenje vodikovim gorivnim ćelijama. Ili, samo učinkovitije fotonaponske ćelije i prijenos masovno proizvedene električne energije te korištenje u doba obdanice, a noću korištenje ostalim elektranama. U Sahari, pustinji Gobi, našli bi se valjda kakvi pusti predjeli dovoljno izloženi Suncu i u Sjevernoj i Južnoj Americi, te Australiji... Ili...

[211] Ova knjiga nastojala je dati skroman doprinos tomu.

Kazalo pojmova

A

agregat za nuždu 117
aktivna snaga 41
akumulacijska hidroelektrana 124, 230
akumulatorska baterija 117
alternativni izvori energije 14
alučelično uže (Al/Č) 244
amper (A) 34
amplituda 39
asinkroni motor 54
automatski ponovni uklop (APU) 313

B

bilanca električne energije 20, 253
biogoriva, tekuća 439
biomasa 122
bioplin 122
blok elektrane 168
blok-transformator 168
brojilo 364, 392
bruto domaći proizvod (BDP) 111
brutopotrošnja električne energije 22
brutoproizvodnja električne energije 21
budućnost električne energije 439

C

Celzijev stupanj (°C) 32
CENELEC 92
CIGRE 87
cijena električne energije 377
CIRED 92
cos φ 46
crpno-akumulacijska hidroelektrana (CAHE) 136, 232

D

dalekovod (DV) 167
daljinsko vođenje 166
DESONOX 288
dijagram opterećenja 215
dijagram trajanja opterećenja 219
direktiva Europske Unije 337
dispečerski centar 260
disperzirana proizvodnja električne energije 164
distribucija električne energije 161
distribucijska mreža 182
djelatna energija 46
djelatna snaga 41
djelatni otpor 41
djelovanja iz okoliša 292
djelovanja na okoliš 283
dušikovi oksidi (NO_x) 288

Dž

džul (J) 25

E

EEX 71
efekt staklenika 286
efektivna vrijednost 39
ekvivalentna nafta 31
ekvivalentni ugljen 31
elektrana 117
elektrana na biomasu 138
elektrana na bioplin 138
elektrana na otpad 138
elektrane na nekonvencionalne izvore energije 144
električna energija 16, 95
električna energija za crpljenje u CAHE 22
električna struja 34
električni luk 317
električni napon 33
električno polje 77, 324
elektroenergetska bilanca 20, 253
elektroenergetska intenzivnost 112
elektroenergetska suglasnost 358
elektroenergetska učinkovitost 112

elektroenergetski sustav 193, 204
elektromagnetska kompatibilnost 314
elektromagnetsko polje 77, 324
elektromotor 49
elektroprivreda 327
EMC 314
emisija 286
energetika Europske Unije 64, 442
energetika Hrvatske 68, 446
energetika svijeta 59, 439
energetska elektronika 187
Energetska zajednica 352
energetski ekvivalenti 32
energija 11, 37
energija uravnoteženja 396
energijski omjer 149
EURELECTRIC 87
Europska Unija 337
Eurostat 64

F

FACTS 188
faktor djelatne snage 46
faktor jalove snage 46
faktor opterećenja 218
Faradayev zakon elektromagnetske indukcije 55
fazni napon 40
fazni pomak 43
fazni vodič 184, 319
finalna potrošnja energije 17
fisija 131
fosilna goriva 14
fotonaponska ćelija 140
frekvencija 38

G

generator 50, 136
geotermalna elektrana 139
glavno postrojenje 165
gorivna ćelija 144
greška 177
gromobranska zaštita 174
gubici električne energije u Eurpskoj Uniji 67
gubici električne energije u Hrvatskoj ... 73, 249
gubici električne energije u svijetu 63
gubici energije 12, 241
gubici jalove snage 250
gubici pretvorba u električnu energiju 242
gubici pri distribuciji električne energije 243
gubici pri prijenosu električne energije 243
gubici u bakru transformatora 246
gubici u elektroenergetskom sustavu 241
gubici u vodovima 244
gubici u željezu transformatora 246
GW (gigavat) 29
GWh (gigavatsat) 27

H

harmonik 34
HEP 433
herc (Hz) 38
hidroelektrana (HE) 133, 234
hidrogenerator 137
hlađenje elektrane 125
HVDC 187

I

IEA 59
impedancija 42
indukcijski motor 54
induktivitet 48
induktivna reaktancija 42
industrijska elektrana 83
interkonekcija 196
interkonekcijski (spojni) vod 196
IPP 83
ispad 109
istosmjerna struja 33
izgaranje 13
izgradnja elektroenergetskog sustava 273
izmjenična struja 38
izolator 34
izolirani rad elektrana 193
izravna emisija 286
izravni kupac 206
izvanpogonsko stanje 212
izvori energije 13
izvoz električne energije 22, 350

J

jakost treperenja 311
jalova energija 47
jalova snaga 44
jalovi otpor 42
javna elektrana 83
javna elektrifikacija 83, 406
javna elektroprivreda 83
jedinica mreže 165
jedinica sustava 206
Jouleov zakon 41

K

kabel 167
kapacitet 43
kapacitivna reaktancija 43
kelvin (K) 32
kemijska energija 13
kilovat (kW) 29
kilovatsat (kWh) 27
kinetička energija 13
Kirchhoffovi zakoni 35
kisele kiše 288
klizni prsteni 54
kogeneracija 126
kolektor 54
kombi-termoelektrana (KTE) 129
kompenzacija jalove snage 180, 188
kondenzator 43
kondenzator parne turbine 125
konfiguracija mreže 169
konstantno opterećenje 218
konvencionalna elektrana 119
konvencionalni oblici energije 14
konzum 193
korisni oblici energije 17
korisnik mreže 205, 358
korištenje električnom energijom 96, 297, 317
korona 173, 292
kratki spoj 176
kriterij (n–1) 209
kupac 12
kupac-potrošač 12
kvaliteta opskrbe 309, 362
kvar 313
Kyoto-protokol 286

L

lančana radioaktivna reakcija 131
linijski napon 40

M

magnetohidrodinamski generator 144
magnetska indukcija 49
magnetsko polje 49, 77, 324
maksimalno opterećenje 218
mala hidroelektrana 143
međufazni napon 40
mehanička energija 16
mehanički rad 18
metan (CH_4) 286
MHD-generator 144
mjere zaštite od izravnog dodira 318
mjere zaštite od neizravna dodira 318
mjerenje 211
mješovita elektrana 83
moguća proizvodnja elektrana 120, 234
mreža 161
mrežarina 384, 394
Mrežna pravila Hrvatske elektroprivrede 367
mrežno tonfrekvencijsko upravljanje 166
Mtoe (megatona ekvivalentne nafte) 31
MW (megavat) 29

N

nadtemperatura 48
nadzemni vod 167
nadzor elektroenergetskog sustava 211
nafta 121
nagomilana energija 13
naknada na emisije 290
naknada za distribuciju 359
naknada za korištenje mrežom 395
naknada za poticanje obnovljivih izvora i kogeneracije 373
naknada za preuzetu električnu energiju 395
naknada za prijenos 394
naknada za priključenje 359

namirenje potražnje 225
namot 55
napajanje električnom energijom 114
napon 33
naponska razina 172
natječaj za izgradnju 339, 357
nazivna snaga 48
nazivna struja 57
nazivni napon 171
nedostatak 176
neenergetska potrošnja 12
neispravnost 212
neizravna emisija 286
nekomercijalna goriva 15
nekonvencionalni oblici energije 14, 144, 371
neobnovljivi izvori energije 15
neovisni operator prijenosnog sustava (ISO) 329
neovisni proizvođač 83
neposredna potrošnja energije 16
nesimetrija napona 311
netopotrošnja električne energije 22
netoproizvodnja električne energije 21
niski napon 171
normalni pogon 209
nuklearna elektrana (NE) 130
nuklearna energija 13
nuklearni reaktor 131
nuklearno gorivo 122
nultočka 319
nulvodič 184, 319

O

oblici energije 11
obnovljivi izvori energije 14, 144, 371
obustava isporuke električne energije 366
odobrenje za izgradnju 339, 357
održavanje elektroenergetskog sustava 259
održavanje frekvencije 209
održavanje napona 209
održavanje prema stanju 267
odstupanja frekvencije 369
odstupanja napona 369
odstupanja snage 367
odvodnik prenapona 174
OECD 59
ograničenje snage vjetroelektrana 374
ogrjevno drvo 15
Ohmov zakon 33
okoliš 283
okretno magnetsko polje 86
om (Ω) 34
omjer minimalnog i maksimalnog opterećenja 218
opća potrošnja 17
Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom 359
operator distribucijskog sustava (DSO) 329
operator prijenosnog sustava (TSO) 329
operator tržišta (MO) 331
opskrba električnom energijom 114
opskrbljivač 329
opterećenje 48
opterećenje okoliša 283
organiziranje elektroprivrede 327
ostala potrošnja 17
otkaz 212
otkupne cijene el.energije iz kogeneracije 374
otkupne cijene el.energije iz obnovljivih izvora 373
otočni rad elektrana 193
otpad 122
otpor 34
otpornik 34

P

parna termoelektrana 123
parna turbina 123
parni kotao 123
parogenerator 132
PJ (petadžul) 25
planirani zastoj 212
plin 121
plinska turbina 127
plinsko-parna termoelektrana 129

plinsko-turbinska termoelektrana (PTE) 129
podfrekvencijska zaštita 363
podzakonski akti 370
pogon elektroenergetskog sustava 259
pogonski napon 171
pogonsko stanje 212
pokazatelji pouzdanosti napajanja 363
polje, sklopno 165
pomoćne usluge 208
pomoćno postrojenje 166
ponovna uspostava napajanja 209
poremećaj 210
poremećeni pogon 210
porezi i doprinosi na cijenu električne energije 383
postotak 32
postrojenje 165
potencijalna energija 13
poticanje obnovljivih izvora i kogeneracije 356
potražnja električne energije 215, 273
potrošač 12
potrošnja električne energije 107, 110
potrošnja električne energije po stanovniku 109
potrošnja električne energije u EU 105
potrošnja električne energije u Hrvatskoj 105
potrošnja električne energije u svijetu 105
potrošnja energije 12
pouzdanost 247
povezivanje elektroenergetskih sustava 193
povijest električne energije 75
povijest elektrifikacije u Hrvatskoj 405
povlašteni kupac 361, 388
povlašteni proizvođač 357
prazni hod 125, 246, 305
prekid napajanja 114, 312
prekid opskrbe 313
prekidač 165
prekogranična trgovina 350
prekomjerno utrošena jalova energija 391
preljev u hidroelektranama 230
prenapon 174
preopterećenje 48
pretvorba oblika energije 12
pretvorbeni oblici energije 15
pridobivanje oblika energije 12
prigušnica 169, 188, 314
prijelazna energija 13
prijelazni oblici energije 13
prijenos električne energije 161
prijenos istosmjernom strujom 187
prijenosna moć 180
prijenosna mreža 171, 179
priključenje na mrežu 361
priključna snaga 359
primarna regulacija 263
primarni oblici energije 13
prirodni oblici energije 13
prirodni plin 121
prisilni zastoj 212
pristup mreži 328
privatna elektrana 83
prividna energija 47
prividna snaga 45
prividni otpor 42
privremena neispravnost 313
proboj izolacije 174
produktivnost elektroprivrede 334
proizvodna jedinica 206
proizvodnja električne energije 117
proizvodnja električne energije u EU 67, 152
proizvodnja električne energije u Hrvatskoj 72, 154
proizvodnja električne energije u svijetu 63, 151
proizvodnja energije 12
prolazna neispravnost 212
propad napona 311
protočna hidroelektrana 133, 229
prstenasta mreža 170
prva pomoć 322
PWR 131

R

racionalno korištenje energijom 297
račun za utrošenu električnu energiju 341
rad pod naponom 270
radijalna mreža 170
radni otpor 41
rasklopno postrojenje 165
raspad elektroenergetskog sustava 207
raspoloživa snaga 120
raspoloživost jedinica sustava 212
rastalni osigurač 185
rasvjeta 17
razborito korištenje energijom 297
razdvajanje po djelatnostima 329
razmjena električne energije 198, 205
razvoj elektroenergetskog sustava 273
reaktancija 42
reaktivna snaga 44
regulacija (pravni pojam) 330, 355, 358
regulacija napona i jalove snage 180, 263
regulacija snaga-frekvencija 262
regulacija u elektroenergetskom sustavu 263
regulacijska elektrana 196
regulacijsko područje 207
regulator energetskih djelatnosti 331
regulirani položaj djelatnosti 331
restruktuiranje elektroprivrede 330
rezerve oblika energije 59
rezervna snaga 226
rezonantna frekvencija 43, 314
rokovima orijentirano održavanje 267
rotacijska rezerva 196
RPN 270

S

sabirnice 165
SCADA 166
sektori potrošnje 17
sekundarna regulacija 263
signalizacija 211
sigurnost opskrbe električnom energijom 114
sila 49
simens (S) 35
sinusna vremenska promjena 38
sistemske minute 114
sklapanje 165, 174
smetnja 314
snaga 36
spalionica smeća 139
specifična električna vodljivost 35
spojeni proces 126
srednji napon 171
stabilnost 180
staklenički efekt 286
stanje ispravnosti 212
statička stabilnost 180
struja 34
struja kratkog spoja 178
strujni krug 33
stup, dalekovodni 184
stupanj djelovanja 12, 47
stupanj djelovanja elektrane 125, 243
sumporov dioksid (SO_2) 288
sumporov heksafluorid (SF_6) 165, 286
sunčana ćelija 141
sunčana elektrana 140, 234
sunčani kolektor 140
sustav daljinskog vođenja 166
svjetlo 17
svojstva električne energije 96

Š

štednja električne energije 297

T

tarifna stavka 373, 391
tarifni kupac 362, 388
tarifni sustav 377, 391
TEC 59
tehnički minimum termoelektrane 194, 227
tekuća goriva 121
temperatura 32
tercijarna regulacija 263
termoelektrana (TE) 123, 226
termoelektrana-toplana (TE-TO) 126, 233
TFC 59
THD 312
tjemena vrijednost 39

toplina 18
topologija mreže 169
TPES 59
trajanje energetske amortizacije 150
trajanje iskorištenja instalirane snage 147
trajanje periode 38
trajanje vršnog opterećenja 223
trajna neispravnost 313
transformacija oblika energije 15
transformator 55, 167
transformatorska stanica (TS) 161
transformirani oblik energije 15
tranzit električne energije 350
trenutna vrijednost 39
trgovanje emisijama 290
trofazna snaga 47
trofazni sustav 40
trošilo 12
troškovi izgradnje elektrana 157
troškovi izgradnje mreže 189
troškovi pogona i održavanja mreže 191
troškovi proizvodnje elektrana 157
tržišni položaj djelatnosti 331
turbogenerator 136
TWh (teravatsat) 27

U

UCPTE 92, 197
UCTE 199
učinkovitost električne energije 112
udarni naponski val 176
udio obnovljivih izvora 344
ugljen 90, 121, 284
ugljikov dioksid (CO_2) 286
ugovor o korištenju mrežom 361
ugovor o opskrbi 361
ugovor o priključenju 360
ukupna potrošnja energije 59
ukupno harmonijsko izobličenje (THD) 312
UNIPEDE 87
unutarnja toplinska energija 16
unutrašnje rasklopno postojenje 165
upravljanje 165, 211, 260
uredba Europske Unije 337
usluge sustava 208
utičnica 213, 320
utjecaji na okoliš 283
uvoz električne energije 22, 70, 350, 446
uzemljenje 174
uzemljivač 317

V

vanjsko rasklopno postojenje 165
var (mjerna jedinica) 44
varijabilno opterećenje 218
vijek trajanja 98
visoki napon 171
viši harmonici 34, 311
vjerojatnost redukcije 237
vjetroelektrana 142, 148, 234
vlastita potrošnja električne energije 12, 22, 241
vod 167
vodič 34, 171, 244
vodljivost 35
vođenje elektroenergetskog sustava 208, 260
vođenje pogona mreže 264
vođenje pogona u interkonekciji 262
volt (V) 34
voltamper (VA) 45
vozni red 206, 263
vrlo visoki napon 172
vršno opterećenje 217, 223

Z

zagađenje višim harmonicima 314
zagušenje u mreži 350
Zakon o energiji 355
Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti 358
Zakon o tržištu električne energije 357
zamjena jednotarifnog brojila dvotarifnim 393
zastoj 177, 212
zaštita od elektromagnetskog polja 324
zaštita zdravlja i imovine 317
zaštita, električna 177, 211
zemljovod 317
ZEOH 327
zvjezdište trofaznog sustava 40

Literatura:

[1] H. Požar: Izvori energije. SNL-Zagreb, 1980.
[2] H. Požar: Osnove energetike 1. Drugo izdanje. Školska knjiga-Zagreb, 1992.
[3] H. Požar: Osnove energetike 2. Drugo izdanje. Školska knjiga-Zagreb, 1992.
[4] H. Požar: Osnove energetike 3. Drugo izdanje. Školska knjiga-Zagreb, 1992.
[5] H. Požar: Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima. Prvi svezak, drugo izdanje. Informator-Zagreb, 1983.
[6] H. Požar: Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima. Drugi svezak, drugo izdanje. Informator-Zagreb, 1985.
[7] H. Požar: Visokonaponska rasklopna postrojenja. Tehnička knjiga-Zagreb, 1990.
[8] D. Krpan-Lisica: Osnove energetike. HINUS-Zagreb, 2001.
[9] T. Rausnitz: Grundlagen der elektrischen Energieversorgung. Hochschule-Bremen, 2003.
[10] S. Despotović: Osnovi analize elektroenergetskih sistema. ZJE-Beograd, 1962.
[11] B. Udovičić: Elektroenergetski sustav. Kigen-Zagreb, 2005.
[12] B. Udovičić: Elektroenergetika. Školska knjiga-Zageb, 1983.
[13] B. Udovičić: Energija i izvori energije. Građevinska knjiga-Beograd, 1988.
[14] B. Udovičić: Energetske pretvorbe i bilance. Građevinska knjiga-Beograd, 1988.
[15] B. Udovičić: Energija i društvo. Građevinska knjiga-Beograd, 1988.
[16] B. Udovičić: Energija i okolina. Građevinska knjiga-Beograd,1989.
[17] B. Udovičić: Energetika. Školska knjiga-Zagreb, 1993.
[18] D. Feretić, Ž.Tomšić, D.Škanata, N.Čavlina, D.Subašić: Elektrane i okoliš. Sveučilište u Zagrebu, 2000.
[19] B. Stefanini: Prijenos električne energije, skripta. ETF-Zagreb, 1963
[20] M. i K. Ožegović: Električne energetske mreže. Svezak I. FESB-Split, 1996.
[21] H. Nagel: Planiranje razdjelnih mreža. Graphis-Zagreb, 1999.
[22] F. Klemm: Geschichte der Technik. Deutsches Museum-München, 1983.
[23] J. Varchmin i J. Radkau: Kraft, Energie und Arbeit. Deutsches Museum-München, 1981.
[24] N. M .Ivošević: Elektroenergetika. INTDI, Beograd, 1970.
[25] V. Knapp i P. Kulišić: Novi izvori energije. Školska knjiga-Zagreb, 1985.
[26] ...Končar: Tehnički priručnik. Zagreb, 1991.
[27] ...Key World Energy Statistics 2005. IEA (www.iea.org)
[28] EURELECTRIC (www.eurelecric.org)
[29] Eurostat (epp.eurostat.ec.europa.eu)
[30] ...UCTE Memo 2005.
[31] ...Energija u Hrvatskoj 2005. Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva i Energetski institut Hrvoje Požar-Zagreb, 2006
[32] T. Rausnic, R. Ilić: Racionalno korištenje energije u industriji. Rcp. komitet za energetiku, industriju, rudarstvo i zanatstvo Hrvatske, 1985
[33] M. Tomečak: Štednja energije u industriji. Zavod za produktivnost-Zagreb, 1985.
[34] J. Moser, E. Mihalek: Korištenje električne energije u kućanstvu. Graphis-Zagreb, 2001.

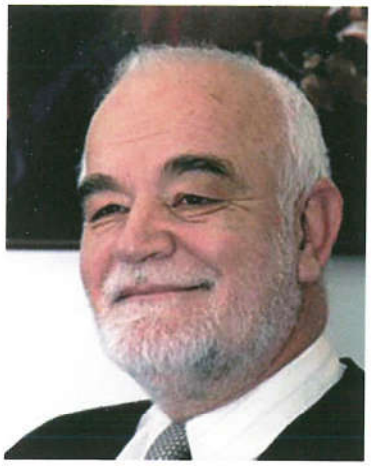
[35] E. Mileusnić: Mjere sigurnosti i zaštite na radu kod primjene električne energije. ZIRS-Zagreb, 1999.
[36] Ž. Novinc: Kakvoća električne energije. Graphis-Zagreb, 2006.
[37] B. Markovčić i dr.: Razvoj elektrifikacije Hrvatske, 1.dio. Institut za elektroprivredu-Zagreb, 1984.
[38] B. Markovčić i dr.: Razvoj elektrifikacije Hrvatske, 2.dio. Institut za elektroprivredu-Zagreb, 1987.
[39] ...Stoljeće hrvatske elektroprivrede. HEP-Zagreb, 1995.
[40] ...Elektrifikacija grada Osijeka. Hrvatski štamparski zavod, podružnica Osijek, 1926.
[41] J. Moser: Pregled razvoja elektroprivredne djelatnosti u Hrvatskoj 1875–2000. Kigen-Zagreb, 2003.
[42] H.-J. Hildebrand: Wirtschaftliche Energieversorgung, Band I-III. VEB, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1968-1969.
[43] M. Brezinščak: Mjerenje i računanje u tehnici i znanosti. T ehnička knjiga-Zagreb, 1971.
[44] ...100 Jahre Deutsche Stromversorgung. Elektritizitätswirtschaft 11-12/1992.
[45] M. Kalea: Prijenos električne energije, što je to? Kigen-Zagreb, 2006.
[46] M. Kalea: Uvod u osnove elektrotehnike, skripta. ETF-Osijek, 1990.
[47] Z. Hebel i dr.: Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede. Energija 4/1996, str.173–186
[48] M. Kalea, B. Markovčić, I. Deranja, Z. Plander, K. Ožegović: Pionirski pothvati javne elektrifikacije u Hrvatskoj. Energija 5-6/1995, str.239–253
[49] D. Feretić: Neki temeljni problemi proizvodnje električne energije u Hrvatskoj u kratkoročnom i srednjoročnom razdoblju. Energija 01/2006, str. 36–71
[50] Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske. Narodne novine, 38/2002
[51] Utjecaj vjetroelektrane na naponske i strujne prilike u elektroenergetskoj mreži. Energetski institut Hrvoje Požar-Zagreb, veljača 2003
[52] Hohe Kapazitätsauslastung im deutschen Strommarkt, www.strom.de/14.11.2006
[53] Z. Haznadar i dr.: Elektromagnetska kompatibilnost TS 400/110 kV Ernestinovo. Fakultet elektrotehnike i računarstva-Zagreb, 2002
[54] M. Kalea: Neka ograničenja pri primjeni nekonvencionalnih izvora energije. Savjetovanje EIS 2007, Šibenik, 3-4.5.2007
[55] Pravilnik o zaštiti na radu pri korištenju električne energije, Narodne novine, 9/1987
[56] Pravilnik o zaštiti od elektromagnetskog polja. Narodne novine NN 204/2003
[57] Zakon o energiji. Narodne novine, 177/2004 i 76/2007
[58] Zakon o tržištu električne energije. Narodne novine, 177/2004 i 76/2007
[59] Zakon o regulaciji energetskih djelatnosti. Narodne novine, 177/2004 i 76/2007
[59] R. Goić: Trenutačna situacija i perspektive razvoja vjetroelektrana u Hrvatskoj. Elektroenergetika 2/2004
[60] Energy Analysis of Power Systems, UIC/Australija, 2006. www.uic.com.au/29.5.2007
[61] HEP, Godišnje izvješće 2005.
[62] HEP-OPS, Izvještaj o poslovanju u 2005. godini
[63] HEP-ODS, Godišnje izvješće 2005.
[64] L. S. Belyaev: Electricity markets. IEEE power&energy magazine, may/june 2007

[65] World Energy Outlook 2006. IEA, 2006
[66] Euroheat&Power Conference, Bruxelles 22. lipnja 2006. IEA i Europska Unija
[67] EUROPROG 2005. Eurelectric, 2005
[68] ...Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede. HEP-OPS, 2005
[69] ...Hidroelektrane u Hrvatskoj. Elektroprojekt-Zagreb, 2000
[70] D. Keller, M. Maričević, V. Srb: Elektromonterski priručnik. Tehnička knjiga-Zagreb, 1987
[71] K. S. Deffeyes: Nakon nafte. Metropress-Zagreb, 2005.

Izvori fotografija

HEP-Vjesnik
HEP-Operator prijenosnog sustava
Wikipedia, the free encyclopedia

Životopis autora



Marijan Kalea rođen je 1943. godine u Zagrebu, a od 1946. godine živi u Osijeku. Oženjen je i otac je dvoje djece. Zaposlen je u Hrvatskoj elektroprivredi od 1967. godine. Od školske 1978./79. godine do 2006./07. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku drži predavanja najprije iz predmeta Osnove elektrotehnike, kasnije iz Elektroenergetskih postrojenja, kao izabrani viši predavač uz rad.

Osnovnu i srednju elektrotehničku školu završio je u Osijeku. Diplomirao je 1966. godine na Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, radom kod profesora Hrvoja Požara "Vrijednost gubitaka prijenosa i transformacije".

Stručno područje kojem je ponajviše bio okrenut na radnome mjestu bila su visokonaponska rasklopna postrojenja i dalekovodi. Tijekom ukupnog dosadašnjeg radnog vijeka, rješava praktično sva pitanja vezana uz njih: od vođenja pogona i održavanja do vođenja izgradnje i planiranja razvoja prijenosne mreže. Od 1974. do 1978. godine, vodio je odjel izgradnje mreže 400 kV u Slavoniji i Baranji, a od 1979. godine do 1992. godine bio je na radnom mjestu direktora Elektroprijenosa-Osijek. U razdoblju 1974.-1978. godine bio je zastupnik u Saboru Hrvatske, te predsjednik njegova Odbora za proizvodne djelatnosti i trgovinu. U to doba aktivno je sudjelovao u formuliranju tadašnjeg republičkog zakona o elektroprivredi, kao i donošenju bitnih saborskih odluka o izgradnji NE Krško. Posljednjih godina također je sudjelovao u oblikovanju aktualnog zakonodavnog uređenja sektora energije i električne energije te podzakonskih akata, kao i pripremi Hrvatske elektroprivrede za pristupne pregovore s Europskom Unijom. Danas je na radnom mjestu pomoćnika direktora Prijenosnog područja Osijek.

Mnogo je pisao i objavljivao, ponajviše stručno-publicističke radove. U stručnim časopisima i na savjetovanjima objavio je preko 60 stručnih članaka i stručnih radova, a u elektroprivrednim i drugim novinama preko dvije stotine stručno-publicističkih članaka, iz područja prijenosa električne energije, elektroenergetike te opće energetike. Obavio je stručne recenzije desetak knjiga raznih autora. Napisao je priručnik "Transformatorske stanice 35/10 kV", koji je izdala Elektroslavonija-Osijek. Na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku, napisao je (u suradnji) skripta *Osnove elektrotehnike-laboratorijske vježbe* te skripta *Uvod u osnove elektrotehnike*. Godine 2006. napisao je knjigu "Prijenos električne energije, što je to?".

Član je Hrvatskog ogranka CIGRÉ-a te Hrvatskog energetskog društva, član Uređivačkog odbora časopisa „Elektroenergetika", te član Izvršnog odbora Vijeća za energetiku Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Dobitnik je nagrade „Hrvoje Požar" za 2002. godinu, za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike.

Snaga i produktivnost
za bolji svijet™

- Sjedište kompanije je Zürich, Švicarska

- ABB je vodeća kompanija u energetici i automatizaciji koja svojim tehnologijama omogućava korisnicima povećanje proizvodnje uz smanjenje utjecaja na okoliš

- Naša osnovna djelatnost je organizirana u pet divizija:
  1. Energetski proizvodi
  2. Energetski sustavi
  3. Proizvodi za automatizaciju
  4. Automatizacija procesa
  5. Robotika

- ABB d.o.o. osnovan je 1996 sa sjedištem u Zagrebu, područnim uredima u Rijeci i Splitu

- Predstavništva u BiH (Sarajevo, Tuzla i Mostar) i Makedoniji (Skopje)

ABB d.o.o.
Ul. grada Vukovara 284
HR-10000 Zagreb
Telefon: +385 1 60 08 500
Telefaks: +385 1 61 95 111
info@hr.abb.com

Stvaramo vaše danas.

Pozicija **Dalekovoda** kao najbolje graditeljske tvrtke u jugoistočnoj Europi, dokaz je univerzalne kvalitete tvrtke koja svoje proizvode predstavlja na međunarodnom tržištu i prodaje u više od 80 zemalja svijeta.
Brojna stručna priznanja i zadovoljstvo naših klijenata kvalitetom proizvoda i usluga, ali i poštivanjem rokova, nenadmašna su motivacija za svakodnevni predani rad, nove tržišne uspjehe te potvrđivanje naše poslovne vizije - vrijednost je u trajnosti.

DALEKOVOD

Put pozitivne energije

100

STOLJEĆE SVJETLA U ZAGREBU **1907 - 2007**

HEP

Do 2050. godine na Zemlji će živjeti oko 9,3 milijarde ljudi, 50% više nego danas. Veliko je iskušenje i vrlo zahtjevan posao suočiti se s problemom nedostatka prirodnih energetskih resursa. Siemens već danas stvara rješenja za svijet kakav će biti u budućnosti.

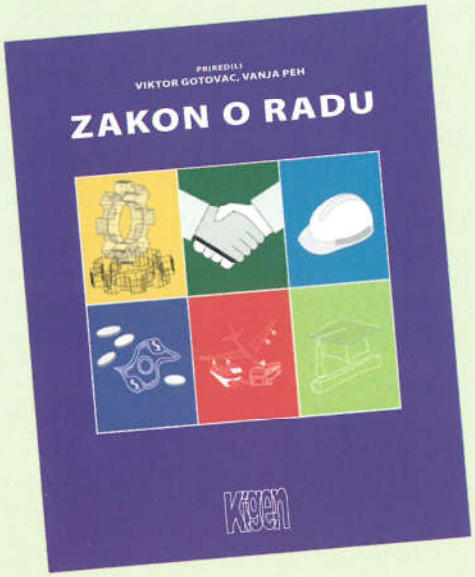
www.siemens.hr

SIEMENS

PRIRUČNIK O RADNIM ODNOSIMA – ZAKONI I PRAKSA

PRVI PUT NA JEDNOM MJESTU:

- **usporedni prikaz** važećeg teksta ***Zakona o radu***, s tekstovima svih izmjena i dopuna
- **svi zakoni i podzakonski akti** vezani uz radne odnose
- tekstovi **najvažnijih kolektivnih ugovora** u Hrvatskoj
- pregled **najvažnijih međunarodnih konvencija** iz područja radnih odnosa
- **sudska praksa Europskog suda za ljudska prava**
- pravni pojmovnik radnog prava s detaljnim tumačenjem najvažnijih pojmova i opsežno abecedno kazalo



Kigen

Kigen d.o.o. Fancevljev prilaz 5, 10 000 Zagreb, Hrvatska
T. +385 1 660 51 51 F. +385 1 667 38 05
www.kigen.hr

HELB

ISO 9001:2000
Q - 205

HELB d.o.o.
Društvo za proizvodnju, montažu i servisiranje elektrouređaja
Slavka Kolara 4, 10370 Dugo Selo
tel: 01/ 2781 440 fax: 01/ 2781 445
www.helb.hr helb@helb.hr

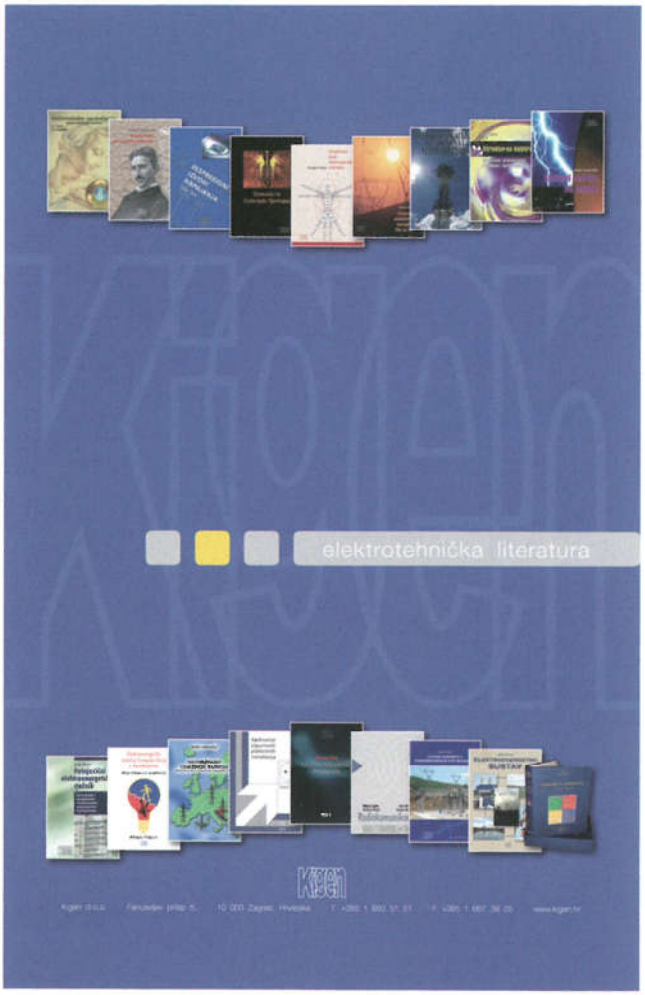
ELEKTROENERGETSKA POSTROJENJA

Proizvodnja

Montaža

Ispitivanje

Puštanje u rad



Kigen

Zagreb, studeni 2007.

Iz recenzija

Ova je knjiga po mnogočemu, a posebno zbog toga što nam se u posljednje vrijeme sve manje cijeni struka a sve više politika (politikantstvo), Bogom dana i dolazi kao melem na ranu.

akademik Božo Udovičić

Izvrsno i sustavno djelo o elektroenergetici i elektroenergetskom sustavu, jedinstveno u našoj znanstvenoj i stručnoj literaturi.

prof. emer. Zijad Haznadar

I onaj tko nije upoznat s životopisom autora, čitajući knjigu zaključit će da je riječ o čovjeku s golemim iskustvom elektroprivrednika. Samo čovjek koji proživi takvo iskustvo može napisati ovakvu knjigu.

doc. dr. sc. Mladen Zeljko

Teško je naći pitanje o električnoj energiji na koje autor nije odgovorio. I to na jasan, određen i razumljiv način.

Josip Moser, dipl. ing.

Kigen
www.kigen.hr

littera scripta manet

ISBN 978-953-6970-38-4
9 789536 970391
379,00 kn 60,00 €