Marijan Kalea

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Energetski pogled

KIKLOS

Marijan Kalea

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE – Energetski pogled

Urednik:
prof. dr. sc. Zvonko Benčić

Recenzenti:
akad. prof. emer. dr. sc. Zijad Haznadar
doc. dr. sc. Mladen Zeljko

Lektorica:
Marijana Bender, prof.

Grafička priprema:
KIKLOS – KRUG KNJIGE d.o.o.

Nakladnik:
KIKLOS – KRUG KNJIGE d.o.o.

ISBN: 978-953-56937-9-6

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu
pod brojem 872917.

Tisak:
Denona d.o.o., Zagreb, 2014.

Marijan Kalea

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Energetski pogled

Zagreb, 2014.

Knjigu posvećujem svojoj supruzi Olgi,
za njezino razumijevanje i podršku!

Sadržaj

Predgovor XI

1. O predmetu 1
1.1. Uvod 1
1.2. O energiji 4
1.3. Primarni oblici energije 5
1.4. Transformirani oblici energije 12
1.5. Finalni oblici energije 13
1.6. Korisni oblici energije 14
1.7. Još ponešto uvodno 15

2. Svjetska kretanja 23
2.1. Uvod 23
2.2. Energija u svijetu 2009. godine 23
2.3. Korištenje električnom energijom 26
2.4. Svjetska kretanja posljednjih stoljeća 30
2.5. Svjetske rezerve izvora energije 33
2.6. Stopostotno obnovljiva opskrba energijom? 34

3. Kretanja u Europskoj uniji 37
3.1. Uvod 37
3.2. Pravna situacija 38
3.3. Stanovništvo i temeljna gospodarska obilježja 40
3.4. Ukupna, iscrpiva i obnovljiva potrošnja energije 42
3.5. Ukupna domaća potrošnja te vlastito pridobivanje ukupne i obnovljive energije 47
3.6. Uvozna energetska ovisnost 49

3.7. Zaustavljanje rasta uvozne ovisnosti? 50
3.8. Ukupno pridobivanje obnovljivih izvora energije 51
3.9. Pridobivanje pojedinih oblika obnovljive energije 56
a) Biomasa i otpad 56
b) Vodne snage 58
c) Vjetar 60
d) Geotermalna energija 61
e) Energija Sunčeva zračenja 64
3.10. Proizvodnja i potrošnja električne energije 66
3.11. Udio biogoriva u ukupnom gorivu za cestovni promet 73

4. Prilike u Hrvatskoj 75
4.1. Uvod 75
4.2. Pravne prilike 75
4.3. Ukupna potrošnja energije 87
4.4. Vlastito pridobivanje energije 90
4.5. Neto uvoz energije 92
4.6. Ukupna potrošnja iscrpive i obnovljive energije 95
4.7. Finalna (energetska) potrošnja energije 96
4.8. Proizvodnja i potrošnja električne energije 98
4.9. Pridobivanje i korištenje pojedinih oblika obnovljive energije .. 104
4.10. Udio obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji u Hrvatskoj 113

5. Opća svojstva obnovljivih izvora energije 123
5.1. Uvod 123
5.2. Svojstva obnovljivih izvora energije, uvodno 125
5.3. Mogućnost raspršenog (disperziranog) korištenja 130
5.4. Potencijal obnovljivih izvora energije 131
5.5. Površinska distribucija (površinska raspodjela) 132
5.6. Površinska gustoća 133
5.7. Mogućnost izvornog transporta, uskladištenja i izravnog korištenja 135
5.8. Troškovi pridobivanja, transporta i skladištenja 136
5.9. Zauzimanje prostora i lokalno vizualno opterećenje 137

5.10. Mogućnost kogeneracije 139
5.11. Opterećenje neposrednog okoliša 142
5.12. Kumulativna CO_2-neutralnost 143
5.13. Stupanj djelovanja 147
5.14. Energetski omjer i trajanje energetske amortizacije 150
5.15. Oscilacija prirodnog dotoka 154
5.16. Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage 160
5.17. Nužnost rezerve ili akumulacije 165
5.18. Povjerenje u instaliranu snagu elektrana 168
5.19. Djelovanje korištenja obnovljivih izvora energije na prigušenje uvozne ovisnosti i na zapošljavanje 178
5.20. Snaga i energija elektrana na obnovljive izvore 180
5.21. Potrebne mrežne prilagodbe 187
5.22. Troškovi izgradnje i pogona 192
5.23. Naknade za poticanje korištenja obnovljivim izvorima energije 197
5.24. Otkupne cijene električne energije iz obnovljivih izvora energije 200
5.25. Hrvatska i obnovljivi izvori energije, zaključni komentar 204

6. Kronika 211
6.1. Biomasa – obnovljivi izvor energije s najmanje mana 211
6.2. Vjetroelektrane u Nacrtu strategije energetskog razvoja Hrvatske ... 220
a) Hrvatska, prema Nacrtu strategije 2020. godine 220
b) Vjetroelektrane u Njemačkoj 2007. godine 224
c) Vjetroelektrane u Danskoj 2007. godine 226
d) Vjetroelektrane u Španjolskoj u 2007. godini 227
Zaključak 228
6.3. Vjetroelektrane u (hrvatskom) elektroenergetskom sustavu 229
6.4. O fotonaponskim sustavima, ali staloženo 244
6.5. Što je hrvatski čovjek!? 251
6.6. Nuklearna naspram energije Sunčeva zračenja 253
6.7. Uvozna ovisnost dobave električne energije u Hrvatskoj 255
6.8. Hrvatska ne može postati energetski neovisna 259
6.9. Izgradnja elektrana u Hrvatskoj 261

6.10. Hidroelektrane u Hrvatskoj 267
6.11. Elektroenergetika Danske i udio vjetroenergije u 2007. godini 273
6.12. Vjetroelektrane u Njemačkoj u 2007. godini 276
6.13. Korištenje biomasom u Njemačkoj 2009 282
6.14. Otkupne cijene fotonaponske proizvodnje u Njemačkoj 287
6.15. Deset godina Zakona o obnovljivim izvorima energije u Njemačkoj 293
6.16. Njemačka krovna mreža za prijenos 297
6.17. Spojena proizvodnja električne energije i topline 300
6.18. Elektroautomobil – elektroprivredni pogled 304
6.19. Otpadni plin iz termoelektrane u podzemlje 308
6.20. Pametne mreže 311
6.21. Kolektorsko spram fotonaponskog korištenja Sunčevim zračenjem 315
6.22. Stavovi o energetskoj strategiji Hrvatske iz tiska 322

Kazalo pojmova 329

O autoru 333

Predgovor

> Kutija olovnih slova, a to nije mnogo, ..., ali je jedino što je čovjek do danas izumio kao oružje u obranu svog ljudskog ponosa.
>
> Miroslav Krleža: *Banket u Blitvi*. Knjiga treća, 1962)

Ovu knjigu odlučio sam napisati, jer sam gotovo svakodnevno *bombardiran* televizijskim, radijskim i novinskim neutemeljenim, poluistinitim ili čak posve netočnim istupima te izjavama raznih nazovistručnjaka o obnovljivim izvorima energije. Uglavnom o svemogućim, izvrsnim i poželjnim svojstvima obnovljivih izvora, obvezno jednostrano prikazanim i preuveličanim, dok o nepovoljnim svojstvima rijetko tko govori. Najprisutnije je nepoznavanje zaokruženog pogleda na cjelokupni energetski sustav i utjecaja svojstava pojedinih tehnika i tehnologija obnovljivih izvora na cjelokupni energetski sustav (tehnički, tehnološki, ekološki i ekonomski).

Električna energija poistovjećuje se (vrlo često) s *ukupnom* energijom te se, za nešto što se odnosi na električnu energiju, tvrdi kako vrijedi za svekoliku energiju (ili obrnuto), a najelementarnije nepoznavanje mjernih jedinica za snagu i energiju te se zamijenjuju kilovatsati kilovatima (a često i kilovolti kilovatima), toliko je uobičajeno (a ukazuje na skromnu opću obrazovanost onoga koji se time služi) da kod iole upućenijeg čitatelja/gledatelja/slušatelja članak ili istup odmah postaje zbrkan i nejasan... Uobičajilo se govoriti uglavnom samo o megavatima električne energije iz obnovljivih izvora energije, a ne i o – zapravo mnogo važnijim – megavatsatima koji se daju tim megavatima ostvariti.

Knjiga je, dakle, namijenjena novinarima, političarima, aktivistima – osobito *zelenima*, gospodarstvenicima, studentima i srednjoškolcima, svim zainteresiranim građanima, energetičarima,... Kako bi se iz nje mogli što svestranije informirati o obnovljivim izvorima energije i spoznati njihove što ravnopravnije i obuhvatnije iznesene prednosti i mane (poželjna i nepoželjna svojstva) te dokučiti zašto je neko rješenje dobro tamo, a ne ovdje ili privlačno danas, a bit će loše sutra...

U zadnjem, 6. poglavlju knjige, priloženo je dvadesetak članaka o temama kojih se dotiče ova knjiga, objavljenih posljednje tri godine u časopisima, referatima i člancima, kojima se ilustriraju autorova gledanja na pojedinačna energetska svojstva, uobičajenije, ili poželjnije, primjenjivanih obnovljivih izvora u Hrvatskoj. Kod čitanja valja obratiti pažnju na vrijeme njihove izvorne objave; neke kvantifikacije odnose se, dakako, na to vrijeme!

Najtoplije zahvaljujem poštovanim recenzentima, akademiku profesoru emeritusu dr. Zijadu Haznadaru i docentu dr. Mladenu Zeljku, na pomnom čitanju rukopisa te bitnim opažanjima i korisnim upućivanjima. Ali, naravno: samo na meni ostaje odgovornost za eventualne krive zaključke ili netočnosti u ovoj knjizi. Zahvaljujem i brižnom uredniku knjige profesoru dr. Zvonku Benčiću, koji se pobrinuo da knjiga izađe dolično.

Konačno, opravdajmo činjenicu da sve uvodne prikaze u ovoj knjizi (za svijet, Europu i Hrvatsku) dajemo za cjelovite energetske sustave, a ne samo za podsustave obnovljivih izvora energije (premda je naslov knjige takav). Naime, osnovni nedostatak u pristupu većine onih koji se (čak i najdobronamjernije) bave obnovljivim izvorima energije je taj da svoja sagledavanja usmjeravaju na pojedine oblike obnovljivih izvora ili (rjeđe) na cjelinu obnovljivih izvora, ali vrlo rijetko (najčešće: nikada) na cjelinu sveukupnih energetskih sustava u kojima bi se trebao naći ili se već nalazi pojedini obnovljivi izvor. A pojedini obnovljivi izvor je vrijedan samo onoliko koliko čini vrednijim svojstva (naravno, najšire poimana) cjelokupnog sustava unutar kojeg se promatra. Stoga, molim za strpljenje kod čitanja...

Svjestan sam da budućnost donosi nove poglede na neka rješenja, pa i nova – danas još samo pretpostavljena ili čak danas posve nepoznata – rješenja, da će nešto što nije privlačno danas i ovdje postati poželjno sutra i tamo te da će i ova knjiga vremenom djelomice postati neažurna, zastarjela; zato žurim s pisanjem kako bih ju što prije zgotovio...

U Osijeku, listopada 2012.

Marijan Kalea

1. O predmetu

1.1. Uvod

Energija je presudni čimbenik opstanka ljudske vrste, poput zraka, hrane i vode ...

Čovjek se u najdavnije doba služio snagom svojih mišića i tako rješavao zadaće koje mu je nametao opstanak, nadoknađujući utrošenu energiju hranom koju je uzimao. Ovladavanjem korištenja vatrom omogućio je proizvodnju topline za zagrijavanje, pripremu hrane i rasvjetu, ali je ujedno posegnuo za izvorom energije izvan vlastita tijela: ponajprije drvom, ali i drugim raspoloživim zapaljivim tvarima iz okoline (ovisno o prilikama u kraju u kojem se našao, primjerice osušenim izmetom životinja). Vremenom je čovjek vlastiti mehanički rad sve više dopunjavao iskorištavanjem životinja u tu svrhu (konja, goveda, deva, ...), a i za svladavanje udaljenosti.

U nekom, vrlo udaljenom razvojnom trenutku, čovjek se počeo koristiti i vodnim snagama (Egipat i Mezopotamija, 6000. godine prije Krista), kao pogonskom silom za pogon jednostavnih strojeva (najprije: crpki za navodnjavanje) te vjetrom, od davnina za pogon jedrenjaka, a Grci u I. stoljeću za pogon primitivnih strojeva. Vjetreni mlin je iz Irana, iz VII. – IX. stoljeća. Može se reći da se do toga povijesnog razdoblja čovjek prvenstveno oslanjao na obnovljive izvore energije; svake godine iznova javljale su se nove količine zahvaćenih izvora energije, dovoljne za potrebe u toj godini.

Asfalt je prvo fosilno gorivo – koristili su ga Sumerani 6000. godine prije Krista, a površinski ugljen korišten je u Velikoj Britaniji tijekom brončanog doba (3000 – 2000. godine prije Krista). U rimskoj Britaniji, Rimljani iskorištavaju ugljen do kraja drugog stoljeća poslije Krista. U Kini, koristi se ugljen od 1100. godine prije Krista. Nema dokaza da je proizvod bio od velike važnosti u Velikoj Britaniji prije srednjeg vijeka, u XIII. stoljeću. Čak je i kralj zabranio njegovu upotrebu 1306. godine.

Počevši od tog – doduše vrlo širokog – povijesnog razdoblja, čovjek se po prvi put okreće korištenju iscrpivim izvorom energije (ugljenom), čije su zalihe nastale u prapovijesti, ali su konačne i, ma koliko velike bile, nakon iskorištenja

James Wattov parni stroj

nekog njihova dijela nikad se više neće obnoviti u sagledivoj budućnosti. Ali, korištenje tog izvora ne ovisi o mjestu njegova pridobivanja – dade se prevoziti – niti o intenzitetu njegove prirodne pojave (kao kod vodnih snaga i vjetra) – dade se uskladištiti. Povijesno je važan početak njegove intenzivnije primjene, jer je zaustavio bespoštedno uništavanje šuma radi opskrbe sve većim količinama ogrjevnog drva [1].

Nakon sredine XVIII. stoljeća dolazi do Wattova parnog stroja, počinje parno doba i prelazak iz manufakturne u industrijsku proizvodnju, dolazi do sve masovnijeg vađenja i korištenja ugljenom, što se još pojačava sredinom XIX. stoljeća pojavom željeznice i parobrodova. Međutim, čovjek se pri korištenju ugljenom ponaša sve bezobzirnije i rastrošnije, dodajući mu pred kraj XIX. stoljeća korištenje naftom te prirodnim plinom. Kao da se radi o beskrajnim količinama zaliha koje se neće iscrpsti nikada, barem dok je nas i naših sagledivih potomaka ...

Otkrićem električne energije i ključnim rješenjima njezine proizvodnje, prijenosa, distribucije i korištenja dolazi, od prijelaza s XIX. na XX. stoljeće, do eksplozivnog razvoja potrošnje energije, jer se bilo koji oblik energije može

pretvoriti u električni, a taj oblik pogodan je za prijenos stotinama kilometara i raspodjelu do svakog trošila na bilo kojem mjestu čovjekova življenja i rada.

Dopuna fosilnim izvorima energije (ugljen, nafta i prirodni plin) nastaje korištenjem nuklearnog goriva, prva komercijalna nuklearna elektrana u pogonu je od 1956.

Na globalnom planu otrežnjenje je fiksirano pojavom knjige "Granice rasta" koju je napisalo četvero autora okupljenih u tzv. Rimskom klubu, 1972. godine [2]. Svijetu su definitivno i nepovratno *otvorene oči* i svijet je shvatio da su sve tvari koje sadrži Zemljina kora konačne veličine, poneke i ne tako velikodušno prisutne te da njihovo svakogodišnje trošenje, u pravilu rastući eksponencijalno, vodi njihovom, ne uopće tako dalekom iščeznuću koje se mjeri pedesetak ili nešto više ili nešto manje godina[1]. Za naftu i plin to je izašlo 50 godina, a za ugljen 150 godina (prema "Granicama rasta"), zadržimo li se samo na energetskim tvarima. Istodobno, onečišćenje okoliša također raste eksponencijalno te svijet zapravo srlja u propast, ponaša se poput *pijana milijardera.*

Otrežnjenje se materijalno potvrđuje pojavom prve svjetske energetske krize, 1973. godine, i od tada svijet više nije isti kao do tada. U energetskom sektoru raste spoznaja o potrebi prigušivanja rasta po svakoj cijeni, dakle o potrebi što učinkovitijeg korištenja energijom kako bi se isti ili kvalitetniji ukupni učinak postigao s manje ili pametnije uložene energije. Istodobno, ponajprije radi prigušenja onečišćenja energetskim procesima, ali i usporenja utroška iscrpivih izvora, teži se takvoj opskrbnoj kombinaciji izvora energije (tzv. *energetskoj smjesi*) koja će sadržavati i što veći udio obnovljivih izvora, jer njihovo korištenje u pravilu izaziva manje štetnih emisija, a obnavljaju se svake godine – statistički dakako – u mjeri u kojoj su prethodne godine utrošene, doduše – ponekad – u nadziranoj mjeri.

Dolazimo do pretposljednjeg-posljednjeg desetljeća prošlog stoljeća, kada se sve čvršće – početno: u pojedinim zemljama, pa skupinama razvijenijih zemalja i, konačno, globalno – formuliraju kvantificirani *stavovi o nužnom okretanju korištenju i obnovljivih izvora energije*, jer će samo to voditi održivom razvoju čovječanstva, dakle takvom razvoju koji će omogućiti razvitak čovječanstva i u sagledivoj budućnosti. Čuvajući preostale zalihe iscrpivih izvora (svakako: ne samo izvora energije!) za postupno sve razboritije i prigušenije trošenje, čak i za danas još nesagledane buduće potrebe.

U bližoj budućnosti izdvajaju se dva smjera kretanja u energetskoj opskrbi svijeta: s jedne strane tu su najrazvijenije zemlje sa stagnirajućim rastom sta-

[1] Pretpostavi li se da rezerve neke tvari iznose 1000 jedinica te da je sadašnja godišnja potrošnja 10 jedinica, uz stalni prosječni godišnji rast te potrošnje od 3 % (nije suviše, mnoge pojave u današnjem svijetu rastu stopom od nekoliko postotaka godišnje – čak se tako priželjkuje), trajanje rezerva će iznositi samo 46 godina! Uz prosječni godišnji rast od 5 % trajanje rezerva smanjilo bi se na 36 godina.

novništva i postupnim prigušenjem ukupne potrošnje energije, a s druge strane tu su mnogoljudnije zemlje u razvoju s donekle još uvijek snažnim rastom stanovništva *gladnih* suvremenijih oblika energije te je teško reći kada će se globalni rast energetske potrošnje početi ozbiljnije prigušivati.

Konačno, energija je ishodišna supstanca za održivi život čovječanstva na Zemlji, jer je nužno i elementarno za svekoliki život osigurati samo potrebne količine energije. Sve bitno rješivo je energijom: pročišćavanje vode i zraka te proizvodnja dovoljne količine hrane obradom tla i navodnjavanjem. Dakako: i proizvodnja odjeće, obuće i toplih nastambi za boravak u neprilično vrijeme te nužni odmor.

1.2. O energiji

Izvorno, energija je u tvarima – u Zemlji i njezinu bližem okolišu (ugljen, nafta, prirodni plin, nuklearno gorivo, vodne i zračne mase, i druge tvari iz skupa novih izvora energije), u energetskoj aktivnosti tvari Sunca te u gravitacijskom djelovanju masa Zemlje, Sunca i Mjeseca. Kako bi se energija iskoristila, moraju se te tvari steći, prikupiti, pridobiti i privesti energetskim uređajima ili te uređaje izložiti njihovu djelovanju. To je predmet opskrbe energijom, a otkrivanje tih tvari i smišljanje tih uređaja, povijest je energetike.

Energija je sposobnost obavljanja rada. Ne dade se ni iz čega stvoriti niti uništiti. Čovjek je svjestan njezine prisutnosti kada se zbivaju pretvorbe njezina oblika. Tada se nešto mijenja: kreće se, zagrijava ili hladi, svijetli ili zvuči, mijenja položaj, oblik, stanje, sastav ... U tim i takvim primjerima, energija prelazi iz jednog prostora u drugi, s jedne tvari na drugu, u istom ili promijenjenom svom obliku. Ali ukupni zbroj svih nastalih oblika energije jednak je ukupnom zbroju svih uloženih oblika energije!

Svi energetski procesi, kojima smišljeno upravlja čovjek ili ih je smišljeno uspostavio, zbivaju se tako da se energija sadržana u nekom izvoru energije, tokom jedne ili više transformacija (preobrazba, promjena, pretvorba, konverzija) njezina oblika, usmjeri nekoj potrebnoj svrsi. Pri tome se dio početne energije pretvori u drugi oblik, usmjeri na drugo mjesto ili se – prirodnim razlozima – ne dade iskoristiti. Međutim, iskorištena energija ne nestaje tim iskorištavanjem, ona se u konačnici pretvori u oblik iz kojeg se više ne može, ili ne želi, preobražavati u druge oblike.

Ono što se uobičajeno naziva *proizvodnjom* nekog oblika energije, zapravo je:

- *pridobivanje* nekog primarnog, prirodnog oblika energije (kaže se: proizvodnja ugljena, primjerice, a zna se kako je to ustvari pridobivanje davno „proizvedenog“ ugljena) ili
- *transformacija*, pretvorba nekog oblika energije u drugi, tada je donekle primjerenija primjena termina *proizvodnja energije*.

Ono što se najčešće naziva *potrošnjom energije*, zapravo je iskorištenje većeg ili manjeg dijela energije uložene u energetski proces, po obliku–mjestu–svrsi radi kojih je proces i uspostavljen. Zapravo bi najtočnije bilo govoriti o *korištenju energijom*, a ne *potrošnji energije*, no uobičajenije je zvati to drugim načinom.

Ono što se (nespretno izabrano, ali uobičajeno) naziva *gubicima energije* dio je uložene energije u energetski proces koji nije iskorišten na poželjan način. Bolje bi bilo govoriti o neiskorištenoj energiji, umjesto o gubicima; energija se ne gubi nego njezin stanoviti (čak neizbježni) dio nije pretvoren u željeni, koristan oblik, već u neki drugi, neželjeni oblik. Gubici su, dakle, razlika između privedene energije i poželjno iskorištene energije u nekom razdoblju nekog oblika energije ili svih oblika energije, na nekom promatranom prostoru (primjerice: na teritoriju neke zemlje ili području djelovanja nekog energetskog poduzeća) ili u nekom energetskom procesu.

1.3. Primarni oblici energije

Primarni oblici energije (prirodni oblici, pojavni oblici, izvori energije) su oni koji se pridobivaju iz prirode (zahvaćaju iz prirode, iskorištavaju). Oni se uobičajeno razvrstavaju na više načina:

- prema svom fizičkom obliku (na nositelje nuklearne, kemijske, unutarnje toplinske energije, potencijalne i kinetičke energije te energiju zračenja)
- prema održivosti (na nagomilane i prijelazne)
- prema uobičajenosti svoje primjene (na konvencionalne i nekonvencionalne – tradicionalne i nove izvore energije)
- prema svojoj obnovljivosti (na iscrpive i obnovljive izvore)
- prema istrajnosti (na stalne i nestalne izvore).

Nositelji nuklearne energije su, primjerice izotop urana U-235 (fisijsko gorivo) ili vodikovi izotopi deuterij i tricij (fuzijsko gorivo). Nositelji kemijske energije su sva fosilna goriva (ugljen, sirova nafta i zemni, prirodni plin), biomasa i otpad te bioplin. Unutarnju toplinsku energiju sadrže tlo (relativno blizu površine), voda i zrak te geotermalna energija (vrući izvori, iz većih dubina). Primjeri potencijalne energije su energija vodne mase na nekoj višoj razini spram donje moguće razine, energija plime i oseke te morskih valova. Primjer kinetičke energije je energija zračnih masa u strujanju, vjetar. Konačno, najveći među svim danas poznatim izvorima energije je energija Sunčeva zračenja; taj oblik spada u posebnu energiju zračenja.

Energija se, prema održivosti na svojemu nositelju, svrstava u dvije skupine: *nagomilani* (akumulirani) i *prijelazni* oblici energije. Nagomilani se oblici

energije mogu održati u svojem obliku (u najmanju ruku: određeno vrijeme), dok je za prijelazne oblike svojstvena kratkotrajnost pojave; prijelazna se energija pojavljuje kad nagomilana energija mijenja svoj oblik ili kad nagomilana energija prelazi s jednog tijela na drugo. U nagomilane se oblike energije ubrajaju nuklearna, kemijska, potencijalna, kinetička i unutarnja toplinska energija, a prijelazni su oblici energije mehanički rad, toplinska energija, električna energija i energija trenja.

U *konvencionalne izvore energije*, dakle s današnjeg stajališta uobičajene, ubrajaju se: sva fosilna goriva, vodne snage (korištene u hidroelektranama snage uobičajeno iznad 10 MW) i nuklearna fisijska goriva, vidi tablicu 1.1.

Tablica 1.1. Oblici primarne energije prema konvencionalnosti, obnovljivosti i istrajnosti

Oblik primarne energije	Konvencionalnost		Obnovljivost		Istrajnost	
	konvencionalni	nekonvencionalni	obnovljivi	iscrpivi	stalni	nestalni
ugljen	X			X	X	
sirova nafta	X			X	X	
prirodni plin	X			X	X	
nuklearno fisijsko gorivo	X			X	X	
vodne snage (korištene u velikim HE)	X		X			X
vodne snage (korištene u malim HE)		X	X			X
vrući izvori (geotermalna energija)		X	X		X	
biomasa (uključivo ogrjevno drvo)		X	X			X
otpad		X	X		X	
bioplin		X	X		X	
vjetar		X	X			X
Sunčevo zračenje		X	X			X
toplina okoline (tla, zraka i vode)		X	X		X	
plima i oseka		X	X			X
morski valovi		X	X			X
nuklearno fuzijsko gorivo		X		X	X	

U *nekonvencionalne izvore energije* ubrajamo one čije je korištenje moguće ali tek se u najnovije doba primjenjuju u većoj mjeri, kao i one kojima danas još nije tehnološki riješen način njihova ekonomičnog iskorištavanja. Dakle, u pravilu, to su oni primarni oblici energije koji, do svjetske energetske krize početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća, u energetskoj opskrbi civilizirana svijeta nisu sudjelovali ili su sudjelovali neznatno i ponegdje ili je tada njihovo korištenje bilo zapušteno, a ranije su se koristili. Tu spadaju: energija malih vodotokova (korištene u hidroelektranama snage uobičajeno do 10 MW), biomasa i otpad, bioplin, energija vjetra, energija plime i oseke te morskih valova, energija Sunčeva zračenja, unutarnja toplina tla, vode i zraka, unutarnja toplinska energija Zemlje te nuklearna fuzijska goriva.

Opaža se, dio izvora koji se sa stajališta razvijenih društava uvrštavaju u nekonvencionalne izvore energije, u nerazvijenom su svijetu i danas jedini, dakle za njih konvencionalni: sagoriva biomasa, bioplin i otpad (sagorivi biljni i životinjski otpad i životinjski ekskrement). Geotermalnu energiju moglo bi se svrstati u konvencionalne izvore, jer se koristi od davnina, no pravu renesansu svojeg korištenja doživljava tek u novije doba pa se pripisuje nekonvencionalnim izvorima. Ogrjevno drvo u srednjem je vijeku bilo jedino gorivo, ali u suvremeno doba korištenje njime na konvencionalni način gotovo je nestalo (no opet u razvijenom dijelu svijeta); da bi ponovno raslo njegovo korištenje, ali na nekonvencionalni način te ga uvrštavamo – tako korištenog – u biomasu.

Iscrpivi[2]*, neobnovljivi izvori energije* su: sva fosilna goriva, nuklearna fisijska i fuzijska goriva, dakle ona čijim se iskorištenjem nepovratno smanjuju zatečene zalihe na Zemlji. Fosilna su goriva zapravo iz davnina sačuvana energija koju je dozračilo Sunce, fosilizirani biljni i životinjski ostaci iz daleke Zemljine prošlosti. Ogrjevno drvo može se koristiti neobnovljivim načinom, ako se pošumljavanjem ne osigura barem onoliko nove drvne mase koliko se utrošilo iskorištavanjem.

Obnovljivost izvora energije najlakše se pojmi ako se kaže kako je obnovljivi izvor onaj čiji se dotok svake godine ponavlja, uz stanovita odstupanja. Naime, svi su izvori energije u dalekoj konačnici neobnovljivi. Jedino su oni, čija je pojava vezana uz tekuću energetsku aktivnost Sunca (fuzijski nuklearni procesi u njegovoj nutrini), odnosno uz kretanja nebeskih tijela, toliko dugovječni da su s današnjeg ljudskog stajališta praktički neiscrpni.

U *obnovljive*[3]*, neiscrpne izvore energije* svrstavaju se:

- neposredno iskorištenje Sunčeva zračenja (solarna ili sunčeva energija),

[2] Izraz koristi akademik Božo Udovičić u svojoj knjizi *Energetski sustavi u globalizaciji i slobodnom tržištu*, 2004. [6], pa se i ovaj autor priklanja takvom, vrlo razvidnom nazivanju tog pojma.

[3] Za obnovljive izvore energije u ovoj knjizi često se koristi akronim OIE.

Obnovljena vodenica Ročići u Markuševečkom kraju

- vodne snage (*neovisno* o tome u kako se velikim hidroelektranama iskorištavaju), hidroenergija
- energija vjetra (eolska energija)
- energija morskih valova i morskih struja,
- unutarnja toplina vode (mora), zraka i tla (sve je to posredno, preobraženo, Sunčeva energija ili toplina iz Zemljine jezgre),
- energija plime i oseke (morskih mijena, uvjetovanih kretanjem Zemlje, Mjeseca i Sunca),
- energija biomase (uključivo ogrjevno drvo), koja se može koristiti na obnovljiv način, tako da ukupni utrošak u pojedinom razdoblju bude jednak ili manji od prirasta biomase u tom razdoblju,
- energija sadržana u otpadu (biorazradivom komunalnom i industrijskom te biljnom i životinjskom) koji je također obnovljiv, njegov se prosječni godišnji dotok obnavlja, čak – eventualno – povećava,
- energija bioplina, koji nastaje fermentacijom ekskrementa domaćih životinja te organskih otpadaka iz kućanstava, vrtlarstva, voćarstva, poljoprivrede i industrije,

– unutarnja toplinska energija iz dubina Zemlje, vrući izvori ili geotermalna energija – točno govoreći – iscrpiva je, no opet, prema ljudskom poimanju vremena trajat će *do sudnjeg dana* te se svrstava u obnovljive izvore.

Iznosi se o obnovljivim izvorima energije i ono i onako kako o tome izriče recentna Direktiva Europske unije 2009/28/EC o promicanju korištenja energije iz obnovljivih izvora [7]; ta direktiva usvojena je 2009. godine. *Energija iz obnovljivih izvora* je energija nefosilnih izvora: vjetra, Sunčeva zračenja, aerotermalna, geotermalna, hidrotermalna i oceanska energija, energija vodnih snaga, biomase, deponijskog plina (plina s odlagališta otpada), kanalizacijskog plina i bioplina. Tu su (opširnije opisano nego li u spomenutoj direktivi):

(a) *aerotermalna energija* je toplina sadržana u okolišnom zraku
(b) *geotermalna energija* je toplina sadržana ispod površine čvrstog tla
(c) *hidrotermalna energija* je toplina površinske vode
(d) *oceanska energija* je energija u obliku površinskih morskih valova, morskih struja, morskih mijena (plime i oseke), toplinska energija na osnovi gradijenta temperature te energija na osnovi osmoze vodâ različitih saliniteta
(e) *biomasu* čine biorazgradive frakcije proizvoda, šuma i bioloških ostataka poljoprivredne proizvodnje (uključujući biljne i životinjske tvari), šumarstva i povezane industrije, uključujući ribarstvo i akvakulturu, kao i biorazgradive frakcije industrijskog i komunalnog otpada
(f) *tekuće biološko gorivo* je tekuće gorivo za energetske svrhe, osim za prijevoz, uključujući za električnu energiju te grijanje i hlađenje, proizvedeno iz biomase
(g) *biogorivo* je tekuće ili plinovito gorivo za prijevoz, proizvedeno iz biomase (bioalkoholi/bioetanol, biodizel, bioplin)
(h) *bioplin* je plinovito gorivo nastalo anaerobnom razgradnjom ili fermentacijom organskih tvari.

Nijemci u obnovljive izvore uvrštavaju i *jamski plin* (njem. *Grubengas*, plin koji se nakuplja u aktivnim rudnicima) prilikom poticanja korištenja obnovljivih izvora energije [12], premda on nije obnovljiv, jer njegovo korištenje prestaje nakon zatvaranja rudnika.

Evo što o obnovljivim izvorima energije govori Međunarodna agencija za energiju (engl. International Energy Agency IEA), 2011. godine [8]:

"Konvencionalni obnovljivi izvor je energija vodnih snaga, dok ostali obnovljivi izvori uključuju geotermalnu energiju, Sunčevu energiju, energiju vjetra, morskih mijena i valova te oceansku energiju. Biogoriva i otpad obuhvaćaju čvrsta biogoriva, tekuća biogoriva, bioplin, industrijski i komunalni otpad,

Vjetrenjača u Ravnom selu u Vojvodini

uključujući drvo i drvni otpad te usjeve korištene za proizvodnju etanola, kao i životinjski otpad."

Primjena dizalica topline (toplinskih crpki) danas se svrstava u obnovljive izvore energije. Doduše, potrebno je imati raspoloživ i drugi izvor energije, primjerice izvor električne energije ili plina, pa se onda privođenjem te druge energije dizalici topline ostvaruje tok toplinske energije iz okoline s jedne temperaturne razine na drugu temperaturnu razinu (višu, za grijanje – nižu, za hlađenje), uz vrlo povoljan omjer (*toplinski omjer, faktor grijanja*, znatno veći od 1, reda vrijednosti 3 do 5, u određenim okolnostima) tako dobivene topline spram uložene energije (električne ili plina).

Upozorava se, na kraju, još i na pogrešno poimanje primarnih izvora energije pri (osobito novinarskom) spominjanju vodikove energetske tehnologije i tehnologije gorivnih ćelija, kao nekonvencionalnih ili obnovljivih izvora energije. Tu se ne radi o *novim*, dopunskim primarnim izvorima energije, već samo o drugačijem načinu korištenja *postojećih* primarnih izvora energije. Vodika nema u prirodi i za njegovu proizvodnju potrebno je uložiti više energije nego li će on dati prilikom njegova iskorištenja. Vodik se dobiva preobrazbom iz prirodnog plina (uz emisiju ugljikova dioksida) ili (energetski znatno nepovolj-

nije) elektrolizom iz vode. Svijet se priprema za nestašicu goriva zasnovanih na nafti, koja goriva se danas gotovo isključivo primjenjuju za pogon prometnih sredstava i, stoga, razmatra mogućnost primjene vodikove energetske tehnologije. Kao zamjenu za naftu i kao način da se na mjestu iskorištavanja vodika ne opterećuje okoliš emisijom ugljikova dioksida. Također, i kao mogućnost pohrane električne energije te korištenja onda kada je to potrebno.

Primjenom *gorivnih ćelija* (ne *gorivih*, jer u njima nema gorenja, nego *gorivnih*, jer su zasnovane na korištenju goriva) ostvaruje se, učinkovita i za okoliš neutralna preobrazba energije, sadržane u vodiku, u električnu energiju i toplinu, neposredno, kemijskim putem bez izgaranja goriva. Ta tehnologija danas je sve rasprostranjenija pri disperziranoj proizvodnji energije u razvijenijim europskim zemljama, dakle lokalnoj proizvodnji na razini jednog kućanstva, obrta ili ustanove. Koristi se i za pogon automobila, danas ponajprije radi smanjenja onečišćenja okoliša u gradskom prijevozu; otpadni rezultat procesa u gorivnim ćelijama je voda.

U nešto daljoj budućnosti (nekoliko desetaka godina unaprijed), moguće su prilike, u kojima će neki nov način korištenja nekonvencionalnim/obnovljivim izvorima ili čak neki novi izvor, toliko napredovati u svome razvoju da će to predstavljati bitni preokret u odnosu na sadašnje stanje i sagledavanja.

Stalni izvori energije su: ugljen, nafta i prirodni plin, (nazivaju se i *komercijalnim gorivima*) te nuklearno gorivo – konvencionalni izvori – geotermalna energija i toplina okoline – nekonvencionalni izvori. Stalni izvori su oni čija je dobava i skladištenje gotovo potpuno sigurno (isključujući nepravodobno ugovaranje isporuke goriva, neočekivane veće zastoje u transportu i eventualna ratna ili neka druga katastrofična zbivanja) i čije je moguće korištenje sukladno potražnji. U stalne izvore energije uvrštavaju se uvjetno otpad i bioplin, jer je njihov dotok ravnomjeran, ukoliko se radi o primjerenom korištenju.

Nestalni izvori energije (kolebljivi izvori) su: vodne snage, biomasa, vjetar, Sunčevo zračenje, plima i oseka te morski valovi; moraju se koristiti u ritmu njihova nastanka. Među njima mogu se uočiti uskladištivi (svojstvo iznimnog značaja) i neuskladištivi. Uskladištivi nestalni izvori energije su vodne snage korištene akumulacijskim hidroelektranama te biomasa, tako da je, primjerenim skladištenjem – zapravo – omogućeno njezino korištenje sukladno potražnji, poput stalnih izvora energije.

Sazrijevanje, odnosno, raspoloživost za sječu biomase ovisno je o godišnjem dobu i iznova se tek svake nove godine – u pravilu – ponavlja (primjerice: uljana repica). Donekle bi se moglo prihvatiti da sječa ogrjevnog drva ne ovisi o dobu godine, no ipak postoji barem nekoliko zimskih godišnjih mjeseci u kojima je neprikladno obavljati sječu; dakako, pomaže mogućnost skladištenja.

U posljednje vrijeme, uvriježio se naziv za fosilna komercijalna goriva (ugljen, nafta i prirodni plin) *na ugljiku zasnovana goriva*, a njihovo iskorištavanje *na ugljiku zasnovane energetske tehnologije (*tzv. *karbonske, ugljične tehnologije)*. Jer se radi o njihovu izgaranju, dakle spajanju ponajprije ugljika iz goriva – znatno manje vodika, a pogotovo sumpora – s kisikom. I – dakako – emisiji ponajprije štetnog ugljikova dioksida pri tome.

Nekomercijalnim gorivima nazivaju se biomasa i bioplin.

1.4. Transformirani oblici energije

Do korisnih oblika energije u današnjim energetskim sustavima dolazi se uglavnom preko *transformiranih (pretvorbenih) oblika energije*, onih koji posreduju između primarnih i finalnih, odnosno – konačno – korisnih oblika. Transformirani su oblici: unutarnja toplinska energija, mehanička energija i električna energija. U jedan od tih oblika zahvaća se prije konačnog iskorištenja energije. Jedino se kemijskom energijom koristi i bez prethodne preobrazbe oblika (npr. kod korištenja koksom u željezari te korištenja ugljenom, prirodnim plinom ili nekomercijalnim gorivima kao izvorima topline), doduše i preobrazbom električne energije (kod elektrolize). I toplina vrućih izvora (geotermalna energija) može se koristiti neposredno, jer je zapravo riječ o prirodnom obliku unutarnje toplinske energije. Pretvorbe se obavljaju stoga što izvorni oblik energije nije pogodan za neposredno korištenje ili je to čak nemoguće (primjerice nuklearno gorivo), odnosno što transport energije u svom izvornom obliku nije pogodan, nije ekonomičan ili je čak nemoguć (vjetar, vodne snage).

Unutarnja toplinska energija uobičajeni je transformirani oblik energije u koji se pretvara kemijska energija sadržana u gorivu, izgaranjem. Plinovi izgaranja nositelji su unutarnje toplinske energije. Može se izravno koristiti za grijanje, kuhanje i pripremu tople vode te za tehnološke procese u kojima je potrebna toplina. Može se u parnim kotlovima predati vodi, odnosno pari, što povećava unutarnju toplinsku energiju te vode ili pare. Time se mogu grijati prostorije, koristiti tehnološki procesi ili pogoniti parne turbine u kojima se unutarnja toplinska energija pare pretvara najprije u kinetičku a potom u okretnu mehaničku energiju. Prijelaz topline zbiva se kada se dio unutarnje toplinske energije jednog spremnika pretvara u unutarnju toplinsku energiju drugog spremnika temperature niže ili više od temperature prvog spremnika. Ako se temperature spremnika izjednače, prijelaz topline prestaje.

Mehanička energija je rezultat pretvorbe unutarnje toplinske energije u parnim i plinskim turbinama te u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Mehaničku

energiju moguće je ostvariti i vodnim ili zračnim turbinama, izravno iz potencijalne ili kinetičke energije vodnih snaga ili vjetra, energije plime i oseke te morskih valova.

Električna energija je danas najprivlačniji oblik energije, a doista ju nije lako pojmiti. Da je i električna energija uopće energetski oblik, može se rasuditi po iskustvu o mogućnosti njezine preobrazbe (posredne ili neposredne) iz svih prirodnih oblika energije te mogućoj preobrazbi u sve korisne oblike energije. Da je riječ o prijelaznom obliku energije, rasuđuje se po tome što se pretvorba u električni oblik zbiva u trenutku njezina korištenja; električni akumulator preobrazi nagomilanu kemijsku energiju u električnu upravo toliko i onda, koliko se i kada ta električna energija preobražava u svjetlo i toplinu žaruljice priključene na taj akumulator. Ako se žaruljica isključi – nema potrošnje, prestaje i pretvorba kemijske u električnu energiju u tom akumulatoru. Električnim zbivanjima uspostavljaju se električna i magnetska polja, osobita energetski uzbuđena stanja prostora. U tim se prostorima javljaju sile čiji se rad može koristiti te se električna energija preobražava u mehaničku. Može se također povećati unutarnja toplinska energija tvari pa se električna energija može iskoristiti kao toplina i kao svjetlo, žaruljama sa žarnom niti. Konačno, elektrolizom se jedna tvar kemijski može preobraziti u drugu i time električna energija pretvoriti u kemijsku.

Električna energija konvencionalno se proizvodi pretvorbom mehaničke rotacijske energije pogonskog stroja u električnim generatorima, a mnogi nekonvencionalni izvori (primjerice: vjetar te biomasa – posredstvom izgaranja i proizvodnjom pare) također se najprije moraju preobraziti u mehaničku rotacijsku energiju. Ali, neki procesi (fotonaponsko korištenje Sunčeva zračenja ili vodika – korištenjem gorivnih ćelija) vode izravno pretvorbi u električnu energiju.

1.5. Finalni oblici energije

U energetskim bilancama (svjetskim, kontinentalnim i nacionalnim) nije moguće iskazivati energiju prema njenim korisnim oblicima. Kada se energija jednom preda na korištenje iz energetskog gospodarstva, znani su samo oblici finalne potrošnje energije (kruta fosilna goriva, tekuća goriva, plinovita goriva, električna energija, toplina, ogrjevno drvo i ostali izravno preuzeti obnovljivi oblici energije – nekomercijalna goriva) u kojima je ta energija preuzeta radi korištenja, ali nije znano u koji se korisni oblik preobrazila kod svakog od nebrojenih kupaca-potrošača.

Ipak, kupci-potrošači se svrstavaju u poznate glavne *sektore potrošnje* i prema tim sektorima iskazuje se potrošena energija: industrija – promet –

opća potrošnja. Opća potrošnja najčešće se i dalje dijeli na potrošnju u kućanstvima i ostalu potrošnju (kamo se ubraja potrošnja poljoprivrede te javnih i privatnih usluga, komunalna potrošnja, javna rasvjeta, građevinarstvo i sl.).

Finalna potrošnja energije je, dakle, energija koja se predala izravno korištenju, bez daljnjeg posredovanja unutar energetskog gospodarstva, a naziva se još neposrednom potrošnjom energije.

1.6. Korisni oblici energije

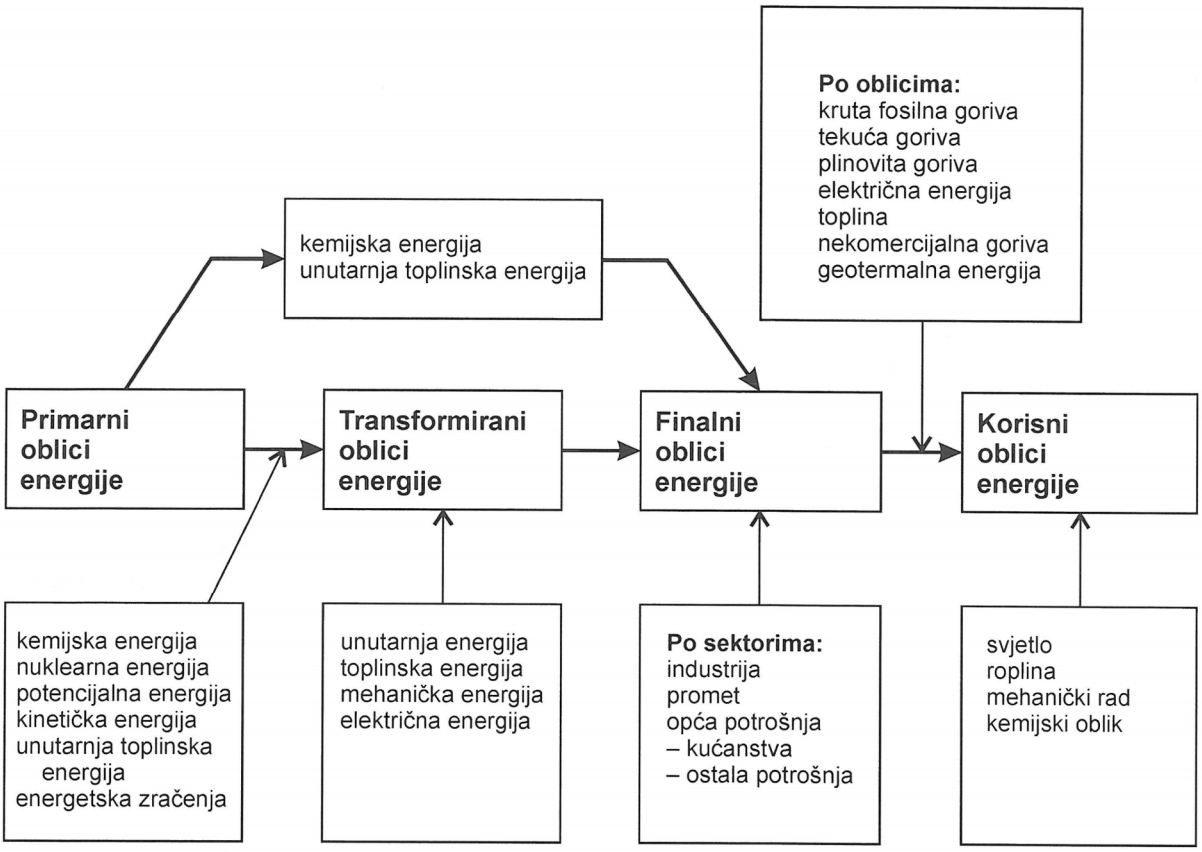
Svakodnevni život i rad upućuju na spoznavanje *korisnih oblika energije*: svjetlo, toplinu (toplinsku energiju), mehanički rad i kemijsku energiju. Finalna energija konačno se iskorištava u nekom od oblika korisne energije.

Svjetlo je energetski oblik koji se koristi za osiguranje vidljivosti u vrijeme i na mjestima kada i gdje nije prisutno prirodno Sunčevo zračenje. Danas se gotovo isključivo osigurava pretvorbom električne energije. U energetskim računicama, danas je uobičajeno energiji iskorištenoj u obliku svjetla pridodati i energiju iskorištenu za bavljenje informacijama (telefon, telegraf, radio, televizija, audio-vizualni uređaji, računala), jer se ta energija ostvaruje isključivo preobrazbom električne energije i jer je riječ o relativno manjem dijelu ukupno iskorištene energije.

Toplinom (toplinskom energijom) koristi se kako bi se prostore za život i rad učinilo primjerenijim čovjeku u hladnim klimatskim razdobljima, kako bi se pripremala jela i obavljale higijenske potrebe te u brojnim tehnološkim procesima (npr. pri kovanju, lijevanju, kaljenju, sušenju, pečenju, kemijskim i biološkim procesima koji se odvijaju uz dovođenje topline itd.). Također, toplina se može koristiti i za hlađenje, spuštanje unutarnje toplinske energije na nižu temperaturnu razinu.

Mehanički rad vjerojatno je najlakše i najtočnije pojmiti. To stoga što za njegovo korištenje znamo u primjerima gdje se može koristiti i neposredni rad ljudskih mišića: za premještanje, podizanje/spuštanje tereta, transportiranje na neku udaljenost, obradu materijala skidanjem strugotine, savijanjem, kovanjem, prešanjem itd. Mehanički se rad koristi i za ventiliranje, tlačenje nekog plina, crpljenje kakve tekućine, mljevenje i drobljenje kakva materijala, valjanje i sabijanje, pri obradi tla i brojnim drugim znanim primjerima u kućanstvu, industriji, obrtu i građevinarstvu, poljoprivredi, prometu ...

Kemijskom energijom koristi se npr. u visokim pećima za proizvodnju sirovog željeza, elektrolučnim pećima za proizvodnju ferolegura i karbida, elektrolitičkim kadama za proizvodnju aluminija i sl. U svim tim primjerima, uložena energija iskorištena je za formiranje kemijski nove korisne tvari iz prethodno



Slika 1.1. Primarni, transformirani, finalni i korisni oblici energije

pridobivene drugačije tvari. U kemijsku energiju pretvara se električna energija, kada se puni akumulator, primjerice kada se puni baterija u mobitelima.

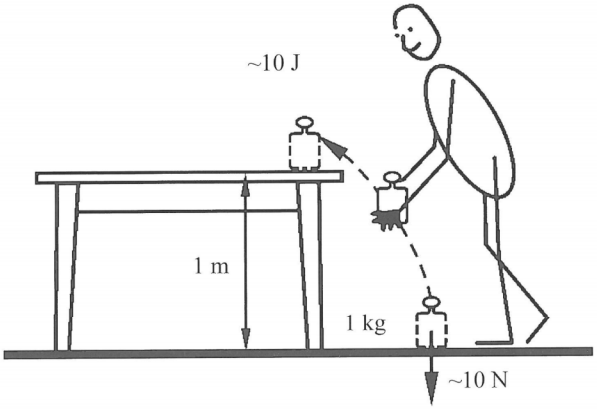
Slikom 1.1. prikazan je energetski tok od primarnih do korisnih oblika energije, kao i glavna obilježja i sudionici pojedinih glavnih skupina oblika energije.

1.7. Još ponešto uvodno

Iznosi se poimanje osnovnih jedinica energije i relacije za pretvorbu jednih energetskih jedinica u uobičajene druge kako bi se olakšalo čitanje i razumijevanje ove knjige, jer su brojni podaci izneseni u njoj iskazani najčešće onim jedinicama, u kojima su iznesene u izvorima tih podataka.

Rad od 10 džula (10 J)[4] učinjen je ako se uteg od 1 kilograma podigne na visinu od oko 1 metar (a točno 102 centimetra). Tada taj uteg ima – u odnosu na pod s kojega je podignut – potencijalnu energiju od 10 džula, slika 1.2.

[4] Kratice jedinica *uvijek* se pišu samo uspravnim a propisanim velikim ili malim slovima, dakle: "J" (za *džul*), ili "kg" (za *kilogram*) te "s" (za *sekundu*) itd. Brojevi za iskazivanje vrijednosti neke veličine također se *uvijek* pišu samo uspravnim pismom, dakle: 1 kg, a ne *1* kg ili *1 kg*.



Slika 1.2. Primjer rada od približno 10 džula

Kako bismo to i potvrdili, ustanovimo potencijalnu energiju koju ima taj uteg na visini od 102 cm prema podlozi. U relaciju za potencijalnu energiju u džulima

$$E_p = m \cdot g \cdot h \tag{1.1}$$

uvrsti se

m = 1 kg (masa tijela)
g = 9,81 m/s^2 (akceleracija sile teže)
h = 1,02 m (102 cm) (visina tijela spram podloge u odnosu na koju se računa potencijalna energija)

$$E_p = 1 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}02 = 10 \text{ J} \tag{1.2}$$

Brzine, kojima je stanoviti jednak rad obavljen, ne utječu na izražavanje njegove brojčane vrijednosti. Ako je onaj uteg iz početnog primjera podignut za jednu sekundu, dvije sekunde ili čak 10 sekunda, u sva tri slučaja obavljen je jednak rad – od 10 džula.

Ipak, taj rad je efektnije obavljen ako je to trajalo jednu sekundu, nego ako je to trajalo 10 sekunda. U prvom slučaju je isti rad obavljen 10 puta brže no u drugom. Brzina obavljanja rada je *snaga* (efekt, učin). Izračunava se tako da se vrijednost obavljenog rada podijeli s vremenom tijekom kojeg je rad učinjen, primjerice u ta tri slučaja:

10 J : 1 s = 10 W
10 J : 2 s = 5 W
10 J : 10 s = 1 W.

Dakle, snaga je

$$P = \frac{E}{T} \tag{1.3}$$

gdje su

P snaga

E energija

T trajanje djelovanja iste snage.

Energija (rad) pri tome, treba biti izražena u džulima, vrijeme u sekundama te će rezultat biti izražen u vatima. Vat (kratica: W) je, dakle, jedinica za mjerenje snage.

Ako je pak energija (rad) izražena u kilovatsatima onda treba vrijeme iskazati u satima te će rezultat računanja snage biti u kilovatima. (Još veće jedinice snage su megavati, 1000 kilovata; i gigavati, 1000 megavata.)

Zaključuje se da uređaj snage 10 W obavi tijekom jedne sekunde isti rad kao uređaj snage 5 W tijekom dvije sekunde ili uređaj snage 1 W za deset sekunda. Što snažniji uređaj, to je za neki rad potrebno manje vremena. No, i dugotrajnim radom uređaja male snage može se ostvariti veliki rad.

Za određivanje energije koja se pri tome iskoristi od nekog izvora, potrebno je snagu pomnožiti s trajanjem toga korištenja, u odgovarajućim jedinicama. Npr. ako je neki uređaj snage 0,15 kW radio 10 sati, tada je iskorištena energija tim uređajem (ili rad obavljen tim uređajem; ravnopravno je reći rad, ako je ostvaren i energija koja je pri tome utrošena) 0,15 kW puta 10 sati, dakle 1,5 kilovatsat.

Dakle, želi li se odrediti energija iz snage P i trajanja stalna njezina djelovanja T, tada je

$$E = P \cdot T \tag{1.4}$$

Uvrsti li se snaga u vatima, a vrijeme u sekundama, rezultat će se dobiti u džulima pa se ponekad – namjesto džulom – koristi nazivom vatsekunda (kratica: Ws).

Danas svjetske i europske energetske statistike primjenjuju kao jedinicu energije tonu (odnosno tisuću tona ili milijun tona) *ekvivalentne nafte*, jer je najlakše širokom krugu ljudi pojmiti tonu nafte (ili kilogram nafte, što je nešto više od litre). Dakle, svi se iskazi u izvornim jedinicama (tone, litre, kubični metri, kilovatsati, ...) preračunavaju u energetski jednakovrijednu naftu i tako se dolazi do zajedničke mjere za energiju svih oblika energije. Tablica 1.2. omogućuje preračun jednih jedinica u druge energetske jedinice (najuobičajenije primjenjivane).

Osnovna jedinica (tona ekvivalentne nafte) ima kraticu "toe"[5], što je na engleskom *tonne of oil equivalent.* Nijemci se koriste kraticom "t RÖE", što je na njemačkom *Tonne Rohöleinheit (tona jedinica sirove nafte).* Francuzi

[5] Najčešće će biti korištena i u ovoj knjizi, jer se njezina upotreba donekle uvriježila u Hrvatskoj, a pogotovo u zemljama Europske unije pri univerzalnoj energetskoj komunikaciji.

tu jedinicu označavaju s "tep" i na francuskom, ona je *tonne d'équivalent pétrole*.

Nijemci su još i u novije vrijeme koristili jedinicu *tona ekvivalentnog ugljena*, s kraticom "t SKE", što znači *Tonne Steinkohleeinheit* (dakle: *tona jedinica kamenog ugljena)*. Relacija spram tone ekvivalentne nafte je:

1 tona ekvivalentnog ugljena = 0,7 tona ekvivalentne nafte.

Tablica 1.2. Neki energetski ekvivalenti

Polazna jedinica	PJ	TWh	Mt ekvivalentne nafte	Pisanje kraticom
1 PJ	1	0,2778	0,02388	
1 TWh	3,6	1	0,086	
1 Mt ekvivalentne nafte	41,87	11,63	1	Mtoe, Mt RÖE, Mtep

1 PJ = 1 petadžul = 10^{15} džula
1 TWh = 1 teravatsat = 10^{9} kilovatsati
1 Mt ekvivalentne nafte = 1 milijun tona ekvivalentne nafte = 10^{6} tona ekvivalentne nafte

Kolika je energija od 1 kilovatsata spram predodžbe koja se ima prema slici 1.2., za energiju od 10 džula? Kako 1 kilovatsat ima 3,6 MJ (milijuna džula), to bi se rad od 1 kilovatsata obavio kada bi se uteg od 1 kilograma podigao na visinu od 1 metar (točno 102 cm) 360 *tisuća puta*![6] Doista je velik jedan kilovatsat!

Ili, na još jedan način rečeno: potencijalnu energiju od 1 kilovatsata ima masa vode od 36 tona u jezeru čija je razina, u odnosu na razinu vode iza hidroelektrane, visoka 10,2 metra, jer je

$$E_p = 36\,000 \cdot 9{,}81 \cdot 10{,}2 = 3\,600\,000 \text{ J} = 3{,}6 \text{ MJ} = 1 \text{ kWh}.$$

Ističe se, usput, da se propuštanjem tolike mase vode s te visine kroz hidroelektranu ne bi proizveo 1 kilovatsat, on bi bio umanjen stupnjem djelovanja cijelog tog hidroenergetskog sustava; dakle, gubici trenja u dovodnoj cijevi i gubici turbinsko-generatorskog agregata umanjili bi tu energiju.

Treba još učiniti i energiju od 1 MJ očiglednijom, *opipljivijom*. To je energija od – starinski i zaokruženo iskazano – 240 kilokalorija. Želi li se zagrijati oko 24 kg vode s okolne temperature od 25 °C na 35 °C, treba joj dovesti upravo 240 kilokalorija. Dakle, u bojleru od oko 24 litre vode, zagrijane za 10 °C prema okolnoj temperaturi, sadržana je toplinska energija od 1 megadžul u odnosu na okolinu.

[6] Pretpostavi li se da se to izvede tako da se tijekom 6 sati dnevno svake minute podiže 10 takvih utega, dnevno bi se izvelo ukupno 3600 podizanja ili obavio rad od 36000 J. Za rad od 1 kWh trebalo bi nam 10 dana; nevjerojatno!

U gornjem pasusu, spomenuta je jedna stara jedinica za mjerenje energije koja danas nije u zakonitoj primjeni, ali se ranije naglašeno koristila u nauci o toplini i toplinarstvu (te se nailazi na nju u mnogim starim knjigama i člancima iz tog područja); to je *kilokalorija*[7]. Jednu kilokaloriju (kratica: kcal) topline treba dovesti 1 kilogramu vode kako bi se njena temperatura podigla za 1 °C (ili isto toliko topline odvesti kako bi joj se temperatura snizila za 1 °C). Relacije spram kilovatsata i megadžula su:

1 kWh = 860 kcal
1 MJ ≈ 240 kcal (točno: 238,88 kcal).

Treba spomenuti još i jedinicu za iskazivanje stupnja zagrijanosti kakve mase, njezine temperature. Ako tijelo ne sadrži ništa unutarnje toplinske energije, termodinamička temperatura mu je 0 kelvina (0 K). Radi li se o vodi, ona iz leda prelazi u tekuće stanje pri termodinamičkoj temperaturi 273,15 K. Prelazi li voda u paru, to se zbiva – pri normalnom atmosferskom tlaku – na termodinamičkoj temperaturi 373,15 K. Bliže je poimanje temperature iskazane Celzijevim stupnjevima, kod kojeg se uzima da je ledište vode na temperaturi 0 °C a vrelište na +100 °C. Dakle razlika temperature od 1 °C istovjetna je razlici temperature od 1 kelvin. Niže termodinamičke temperature od 273,15 K imaju Celzijevu temperaturu iskazanu negativnim predznakom, a apsolutna nula iskazana Celzijevim stupnjevima ima vrijednost –273,15 °C.

Premda se ne radi o energetskoj veličini, prilika je da se kaže o obujamnoj jedinici koja se koristi u svjetskom naftnom gospodarstvu vrlo često: barel. Obujam od okruglo 159 litara (odnosno kubnih decimetara) je jedan barel. Uz specifičnu masu sirove nafte od oko 0,86 kg/dm^3, izlazi da je približno: 1 barel = 137 kilograma sirove nafte. Odnosno, 1 tona sirove nafte je 7,3 barela.

Kako će se u ovoj knjizi češće spominjati nekoliko tipičnih vrsta iscrpivih i obnovljivih goriva, dakle, tvari koje se u energetskim procesima koriste izgaranjem (sva fosilna goriva, biomasa, otpad i bioplin), ovdje ćemo navesti njihove ogrjevne moći kako bi se mogle koristiti pri računanju dobivene topline iz kilograma ili kubičnog metra tih goriva pri njihovu izgaranju. Ogrjevna moć goriva je ona toplina koja se javlja pretvorbom molekula goriva u nove molekule, izgaranjem, tj. spajanjem s kisikom, u okside tih molekula [3]. To je tzv. *gornja ogrjevna moć.*

Međutim, u gorivu se, pored glavnih gorivih sastojaka (ugljika, vodika i – donekle – sumpora), nalazi i manja ili veća količina vlage, vode u tekućem stanju – na normalnoj prosječnoj temperaturi okoline. Izgaranjem goriva (kada

[7] Kilokalorija je povijesno poslužila za definiranje jedinica kilogram ekvivalentne nafte, odnosno kilogram ekvivalentnog ugljena. Jedan kilogram kamenog ugljena sadrži ogrjevnu moć od 7 kilokalorija a jedan kilogram sirove nafte 10 kilokalorija te je relacija između njih 7/10.

temperatura u ložištu dostigne 100 °C na normalnom tlaku) ta voda prelazi u vodenu paru, a izgaranjem vodika iz goriva također nastane voda koja isto prelazi u vodenu paru. Prijelaz vode u paru, odvija se uz utrošak tzv. *topline isparavanja* i uopće se ne može podignuti temperatura vode iznad 100 °C, dok sva voda ne ispari, čime se utroši dio topline kojom je rezultiralo izgaranje goriva, za isparavanje vode. Isparena voda napusti ložište s dimnim plinovima i toplina iskorištena za njezino isparavanje naprosto *ode u zrak*. Ne dade se korisno usmjeriti tamo, kamo je energetski proces usmjeren.

Tablica 1.3. Ogrjevne vrijednosti nekih goriva

Vrsta goriva	Jedinica	Prema [9]	Prema [10]
kameni ugljen	MJ/kg	25 – 32,7	24,3 – 29,3
mrki ugljen, rovni	MJ/kg	8	–
mrki ugljen, briketi	MJ/kg	19,6	16,7 – 19,2
lignit	MJ/kg	–	9,6 – 12,6
treset	MJ/kg	15	–
ogrjevno drvo, svježe u šumi	MJ/kg	6,8	9
ogrjevno drvo, osušeno*	MJ/kg	14,4 – 15,8	
kućni razgradivi otpad	MJ/kg	9 – 11	–
papir	MJ/kg	15	–
slama	MJ/kg	17	–
sirova nafta	MJ/kg	42,6	42,4
motorski benzin	MJ/kg	41 – 41,8	44,6
dizelsko gorivo	MJ/kg	42,6	42,7
loživo ulje, lako	MJ/kg	42,7	40,19
loživo ulje, teško	MJ/kg	39,5	–
biodizel	MJ/kg	37	36,9
prirodni plin	MJ/m^3	31,7	34 – 35,9
tekući naftni plin	MJ/m^3	40,3	46,9
bioplin (ovisno u udjelu CH_4)	MJ/m^3	14,4 – 27	18 – 20
metan CH_4 (čisti)	MJ/m^3	35,78	–

* 1 dm^3 = 0,7 kg

Za uobičajenu primjenu goriva (kada plinovi izgaranja sadrže vodenu paru) moramo računati s njegovom *donjom ogrjevnom moći*, koja je razlika: (a) gornje ogrjevne moći i (b) topline isparavanja vode iz goriva ili isparavanja vode nastale izgaranjem vodika u gorivu. Često se tu, praktično korisna vrijednost, naziva skraćeno samo: *ogrjevna vrijednost* goriva (razumijevajući kako se radi o donjoj ogrjevnoj moći). Uz takvo razumijevanje iskazana je tablicom 1.3. ogrjevna vrijednost nekoliko češće primjenjivanih krutih, tekućih i plinovitih goriva; najčešće će to biti iskazano nekim granicama (jer je ovisno o sadržaju osnovnih kemijskih elemenata u gorivu i njegovu uobičajenu sadržaju vlage).

Literatura uz 1. poglavlje

[1] H. Požar: *Izvori energije*, SNL – Zagreb, 1980.

[2] D. Meadows i dr.: *Granice rasta*, Stvarnost – Zagreb, 1974.

[3] H. Požar: *Osnove energetike*, Školska knjiga – Zagreb, 1976.

[4] D. Krpan-Lisica: *Osnove energetike*, HINUS – Zagreb, 2001.

[5] B. Udovičić: *Energetika*, Školska knjiga – Zagreb,1993.

[6] B. Udovičić, *Energetski sustavi u globalizaciji i slobodnom tržištu*, Kigen – Zagreb, 2004.

[7] Direktiva EU 2009/28/EC o promicanju korištenja energijom iz obnovljivih izvora

[8] IEA Key World Energy Statistic, 2011.

[9] http://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert

[10] *Energija u Hrvatskoj MMX*, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar"

[11] M. Kalea: *Električna energija*, Kigen – Zagreb, 2007.

[12] Erneuerbare-Energien-Gesetz (s njem.: Zakon o obnovljivim izvorima energije), 2012.

2. Svjetska kretanja

2.1. Uvod

Osim najopćenitijih naznaka i svakako opredjeljenja, za nas – iz malene europske Hrvatske – prosječna svjetska kretanja (u potrošnji energije i udjelu obnovljive energije u toj potrošnji) nisu baš presudna i svakako ne uzorna, zapravo. S jedne strane, tu su ogromne i mnogoljudne države, poput Kine, Indije, Rusije, Brazila, Sjedinjenih Američkih Država, Japana, čije okolnosti su doista specifične, osobite, donekle čak osebujne. S druge strane, do četvrtine čovječanstva (od ukupno 6,76 milijarda, 2009 [1]) korištenje suvremenijim oblicima energije još nije doprlo (ponajprije: električnom energijom), tako da svjetske prosječne prilike nalikuju onima iz vica o kupusu i mesu te statističkoj sarmi koja iz toga proizlazi.

2.2. Energija u svijetu 2009. godine

Međunarodna agencija za energiju (International Energy Agency, IEA) objavila je, najrecentnije, pregled *Key World Energy 2011* [1], u kojem se iznose globalni podaci o pridobivanju primarne energije te o korištenju finalne energije u svijetu u 2009. godini, uspoređeni s podacima iz 1973. godine, kada je svjetska energetska kriza bila na vrhuncu. Pregled daje uvid u ostvarenja u 2009. i u promjene koje su se zbile u razdoblju 1973–2009. godine.

Ukupna potrošnja svih primarnih oblika energije u svijetu 2009. godine iznosila je 12 150 milijuna tona ekvivalentne nafte. U doba energetske krize (1973) bila je 6 111 milijuna tona; u četrdesetak godina (točno: 36 godina) udvostručila se. Udjeli pojedinih oblika primarne energije prikazuju se tablicom 2.1.

Bitnija promjena je u udjelu nafte, s gotovo polovine (točno: 46 %) u 1973, taj udio je pao na jednu trećinu u 2009. godini. U istom razdoblju najviše je porastao relativni udio ostalih obnovljivih izvora (na 0,8 % s 0,1 % u 1973) i udio nuklearnog goriva (na 5,9 % s 0,9 % u 1973). Uz relativno visok udio

Tablica 2.1. Udjeli oblika primarne energije u svijetu

Oblik energije	1973.		2009.		rast, %
	Mtoe	udio, %	Mtoe	udio, %	
nafta	2811	46,0	3985	32,8	0,97
ugljen	1503	24,6	3305	27,2	2,21
prirodni plin	978	16,0	2539	20,9	2,69
nuklearno gorivo	55	0,9	705	5,8	7,34
Iscrpivi izvori	*5347*	*87,5*	*10534*	*86,7*	*1,90*
biomasa i otpad	648	10,6	1239	10,2	1,82
vodne snage	110	1,8	279	2,3	2,62
ostali OIE*	6	0,1	97	0,8	7,99
Obnovljivi izvori	*764*	*12,5*	*1616*	*13,3*	*2,10*
Ukupno	6111	100	12150	100	1,93

* Ostali OIE su: geotermalna energija, Sunčevo zračenje, vjetar i toplina okoline.
Izvor: Key World Energy 2011, IEA 2011

biomase i otpada (kako u 2009, a gotovo isto u 1973. godini), potrebno je naglasiti da se radi o ukupnoj svjetskoj potrošnji – ima predjela na Zemlji u kojima su biomasa i otpad jedini oblici korištenja energijom! Inače, iz istog razloga, udio se svih OIE u ukupnoj potrošnji primarne energije svijeta nije bitno promijenio (s 12,5 % u 1973. porastao je na 13,3 % u 2009. godini).

Međutim, dok je u tom 36-godišnjem razdoblju prosječna stopa godišnjeg rasta ukupne energije bila 1,93 %, dotle je stopa rasta obnovljivih izvora energije bila ipak nešto veća (2,10 %); u tome su najveći prosječni rast ostvarili ostali OIE: geotermalna energija, Sunčevo zračenje, vjetar i toplina okoline (praktički 8 % godišnje). Taj rast bi svakako bio i veći kada bi se promatralo samo posljednjih desetak godina, kada je zapravo došlo do zamaha korištenja tim oblicima obnovljive energije. Rast korištenja vodnih snaga bio je nešto brži od ukupnog rasta korištenja OIE, ostvarena je prosječna stopa od 2,62 % godišnje; najveći rast ostvaren je u Kini.

Prosječna stopa godišnjeg rasta, u tablicama označeno s "rast, %", računata je na ovome mjestu i – konzekventno – u cijeloj ovoj knjizi iz poznate relacije za eksponencijalni rast

$$A_T = A_0 \cdot \left(1 + \frac{r\%}{100}\right)^{T-T_0} \tag{2.1}$$

HE Tri klanca u Kini, najveća hidroektrana na svijetu 18,2 GW, u pogonu od 2008.

gdje su

A_T vrijednost promatrane veličine u završnoj godini

A_o vrijednost promatrane veličine u početnoj, nultoj godini

$r\,\%$ prosječna stopa godišnjeg rasta u postocima

T završna godina (iskazana kalendarski)

T_o početna, nulta godina (iskazana kalendarski).

Tada je prosječna godišnja stopa rasta u postocima

$$r\,\% = 100 \cdot \left(\exp \frac{\ln \frac{A_T}{A_0}}{T - T_0} - 1 \right) \tag{2.2}$$

gdje su

$\exp(n) = e^n$

$\ln(m)$ prirodni logaritam od m.

Važna promjena u pogledu zemljopisnog rasprostiranja korištenja energijom – istaknimo: pozitivna promjena – zbila se u tome da su industrijski naj-

razvijenije zemlje svijeta, OECD-zemlje[8], sudjelovale 1973. godine u potrošnji primarne energije svijeta s gotovo dvije trećine (točno: 61,3 %), a da je taj udio pao u 2009. godini na dosta manje od polovine (točno: 43,3 %). Dakle, ipak je znatno brže raslo korištenje energijom zemalja u razvoju i nerazvijenih zemalja, s jedne strane, a – opet – s druge strane dolazi do smišljenog, namjernog prigušenja rasta korištenja energijom najrazvijenijih zemalja svijeta. Najveći porast udjela potrošnje ostvaren je u Kini i Dalekom istoku i Indiji te na Srednjem istoku. (Teško je zamišljati vrijeme u kojem će doći do prigušenja globalnog rasta potrošnje – uzmu li se u obzir najnerazvijenija područja svijeta, koja još uopće nije zahvatio zamah početnog korištenja suvremenijim oblicima energije.)

Bez obzira na znatno snižen udio korištenja naftom, apsolutno iskazano došlo je do porasta njezina pridobivanja: s 2 900 milijuna tona u 1973. godini, poraslo je na gotovo 4 000 milijuna tona u 2009. Među fosilnim oblicima energije najviše se povećalo pridobivanje prirodnog plina: od 1 200 milijarda kubičnih metara (1973) na gotovo 3 300 milijarda kubičnih metara (2009). Samo nešto manje, povećalo se pridobivanje kamenog ugljena: s 2 200 milijuna tona (1973) poraslo je na gotovo 6 000 milijuna tona (2009). Korištenje ugljenom najviše je poraslo u Kini; ona 2009. godine troši nešto preko polovine (točno: 51,1 %) svjetske potrošnje tog oblika energije.

Korištenje nuklearnog goriva prati se ostvarenjem bruto proizvodnje električne energije u nuklearnim elektranama, primjenom prosječnog stupnja djelovanja svjetskih termoelektrana (33 %). Proizvodnja električne energije u nuklearnim elektranama, ujedno i potrošnja nuklearnog goriva – prema spomenutoj konvenciji, porasla je neznatno manje od ostalih OIE: stopa rasta iznosila je 7,34 % – više je nego li udeseterostručena u tom razdoblju!

2.3. Korištenje električnom energijom

Naglašenije je zanimljiva i proizvodnja najplemenitijeg oblika energije: električne energije. S jedne strane zbog nezaustavljivog rasta njene potrošnje, a s druge strane jer se sve veći, a značajni, dio ukupne potrošnje primarne energije ulaže u proizvodnju električne energije. S treće strane, dio obnovljivih izvora energije ne dade se uopće racionalno koristiti bez prethodne pretvorbe u električnu energiju (vodne snage, vjetar, fotonaponsko korištenje Sunčeva zračenja), kao niti nuklearna energija.

[8] OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development, hrvatski: Organizacija za ekonomsku suradnju i razvoj) obuhvaća 30 razvijenijih zemalja svijeta: Australiju, Austriju, Belgiju, Kanadu, Češku, Dansku, Finsku, Francusku, Njemačku, Grčku, Mađarsku, Island, Republiku Irsku, Italiju, Japan, Koreju, Luksemburg, Meksiko, Nizozemsku, Novi Zeland, Norvešku, Poljsku, Portugal, Slovačku, Španjolsku, Švedsku, Švicarsku, Tursku, Ujedinjeno Kraljevstvo i Sjedinjene Američke Države.

Tablica 2.2. Udjeli izvora energije u bruto proizvodnji električne energije u svijetu (izvor: Key World Energy 2011, IEA 2011.)

Izvor energije	1973.		2009.		rast, %
	TWh	udio, %	TWh	udio, %	
nafta	1510	24,7	1023	5,1	–1,08
ugljen	2342	38,3	8142	40,6	3,52
prirodni plin	740	12,1	4292	21,4	5,00
nuklearno gorivo	202	3,3	2687	13,4	7,46
Iscrpivi izvori	*4794*	*78,4*	*16144*	*80,5*	*3,43*
vodne snage*	1284	21,0	3249	16,2	2,61
ostali OIE**	37	0,6	662	3,3	8,37
Obnovljivi izvori	*1321*	*21,6*	*3911*	*19,5*	*3,06*
Ukupno	6115	100	20055	100	3,35

* Isključena energija dobivena crpljenjem u crpno-akumulacijskim HE
** Ostali OIE su ovdje: biomasa i otpad, geoterm.energija, Sunčevo zračenje, vjetar, toplina okoline

Bruto proizvodnja[9] električne energije porasla je sa 6 115 TWh (1973) na 20 055 TWh (2009), dakle prekoračila je veličinu od 20 tisuća teravatsati. Utrostručila se u tom razdoblju, povećala se točno 3,3 puta! Udjeli pojedinih primarnih oblika energije u proizvodnji električne energije (dakle porijekla primarne energije u određenoj proizvodnji električne energije) bili su kako je prikazano tablicom 2.2.

Najviše je snižen udio nafte: 2009. godine pao je na 5,1 %, a 1973. godine iznosio je oko četvrtine (točno: 24,7 %). Ugljenu je neznatno porastao udio: 2009. godine 40,6 %, a 1973. iznosio je 38,3 %. Dakle, ugljen se drži na *prvom mjestu* među primarnim energentima za proizvodnju električne energije u svijetu već četrdesetak godina, na razini od otprilike 40-tak posto. Udio prirodnog plina porastao je s 12,1 % (1973) na 21,4 % (2009), a udio proizvodnje u nuklearnim elektranama porastao je s 3,3 % (1973) na 13,4 % (2009). Korištenje ostalim obnovljivim izvorima energije (dakle, svih osim vodnih snaga iskorištenih u velikim i malim hidroelektranama) za proizvodnju električne energije poraslo je s 0,6 % (1973) na 3,3 %. Udio korištenja vodnim snagama smanjio se s 21 % (1973) na 16,2 % (2009), što je razumljivo, jer su u jednom dijelu

[9] Bruto proizvodnja električne energije je proizvodnja na generatoru i uključuje vlastitu potrošnju elektrana.

(bogatijih) zemalja lokacije za izgradnju velikih hidroelektrana praktički iskorištene.

Ukupna prosječna stopa godišnjeg rasta bruto proizvodnje električne energije iznosila je 3,35 %, ukupna proizvodnja je u tom razdoblju više nego utrostručena, a prosječni godišnji rast ukupne primarne energije u tom razdoblju iznosio je 1,93 % (potrošnja ukupne energije približno je udvostručena). Dakle električna energija rasla je znatno brže od rasta ukupne energije – sve veći dio ukupne energije najprije se transformira u električni oblik i tek tada predaje na korištenje.

Prosječni godišnji rast proizvodnje električne energije iz OIE ostvaren je s 3,06 %; dakle, opet brže nego li rast potrošnje primarnih oblika OIE (2,10 %), ali je razlika tih stopa manja nego kod ukupne energije. Dakle, u svijetu brže raste korištenje OIE za proizvodnju električne energije od rasta ukupnog korištenja OIE.

Dok je u OECD-zemljama bruto proizvodnja električne energije činila u 1973. godini gotovo tri četvrtine ukupne svjetske proizvodnje (točno: 73,1 %), dotle je taj udio u 2009. pao na nešto preko polovice (točno: 52 %). Opet pozitivno zemljopisno kretanje; zemlje u razvoju i nerazvijene zemlje ostvarile su veći udio u *ukupnom kolaču*. Najveći porast udjela u proizvodnji električne energije ostvarila je opet Kina. Najveći proizvođači su SAD, slijedi Kina, Japan i Rusija – u te četiri zemlje ostvaruje se polovica ukupne proizvodnje električne energije u svijetu. Najveći izvoznici električne energije su Paragvaj i Kanada, a na trećem mjestu je Francuska, koja izvozi 4,8 % svoje velike godišnje proizvodnje. Apsolutno najveći uvoznik u svijetu je Italija, uvezla je dvostruko više no što je Francuska izvezla (2009. godine).

Ukupna finalna potrošnja svekolike energije u svijetu ostvarena 2009. godine bila je 8 350 milijuna tona ekvivalentne nafte, a 1973. godine bila je 4 675 milijuna tona ekvivalentne nafte. Dakle, povećala se 1,8 puta, manje nego li je povećana potrošnja primarne energije (2 puta). Snizio se totalni stupanj djelovanja svjetskog energetskog gospodarstva, sigurni razlog tome je znatno povećanje udjela električne energije u finalnoj potrošnji. Znano jest da se preobrazba primarnih oblika energije u električni oblik odvija uz nepovoljni stupanj djelovanja (prosječni stupanj djelovanja svih tipova elektrana ostvaren 2009. godine u svijetu bio je 43 %).

Udio električne energije u finalnoj potrošnji svih oblika energije najviše se povećao; dok je 1973. godine taj udio bio 9,4 %, u 2009. godini porastao je na 17,3 %. Ipak, korisna je spoznaja da tek *ispod jedne petine* svih finalnih oblika energije čini električna energija, a preko četiri petine ostali finalni oblici (2009): derivati nafte (41,3 %) te neposredno korišteni (osim količina iskorištenih za preobrazbu u povoljniji oblik energije) ovi finalni oblici energije: prirodni plin (15,2 %), biomasa i otpad (12,9 %), ugljen (10 %) i ostali obnovljivi izvori

Primjena koncentrirajućeg Sunčeva zračenja za kuhanje u Indiji
"Energija za sve", Konferencija WEC u Montrealu 2010.

energije (3,3 %) – svi u toplinske svrhe u tehnološkim procesima, ustanovama i kućanstvima.

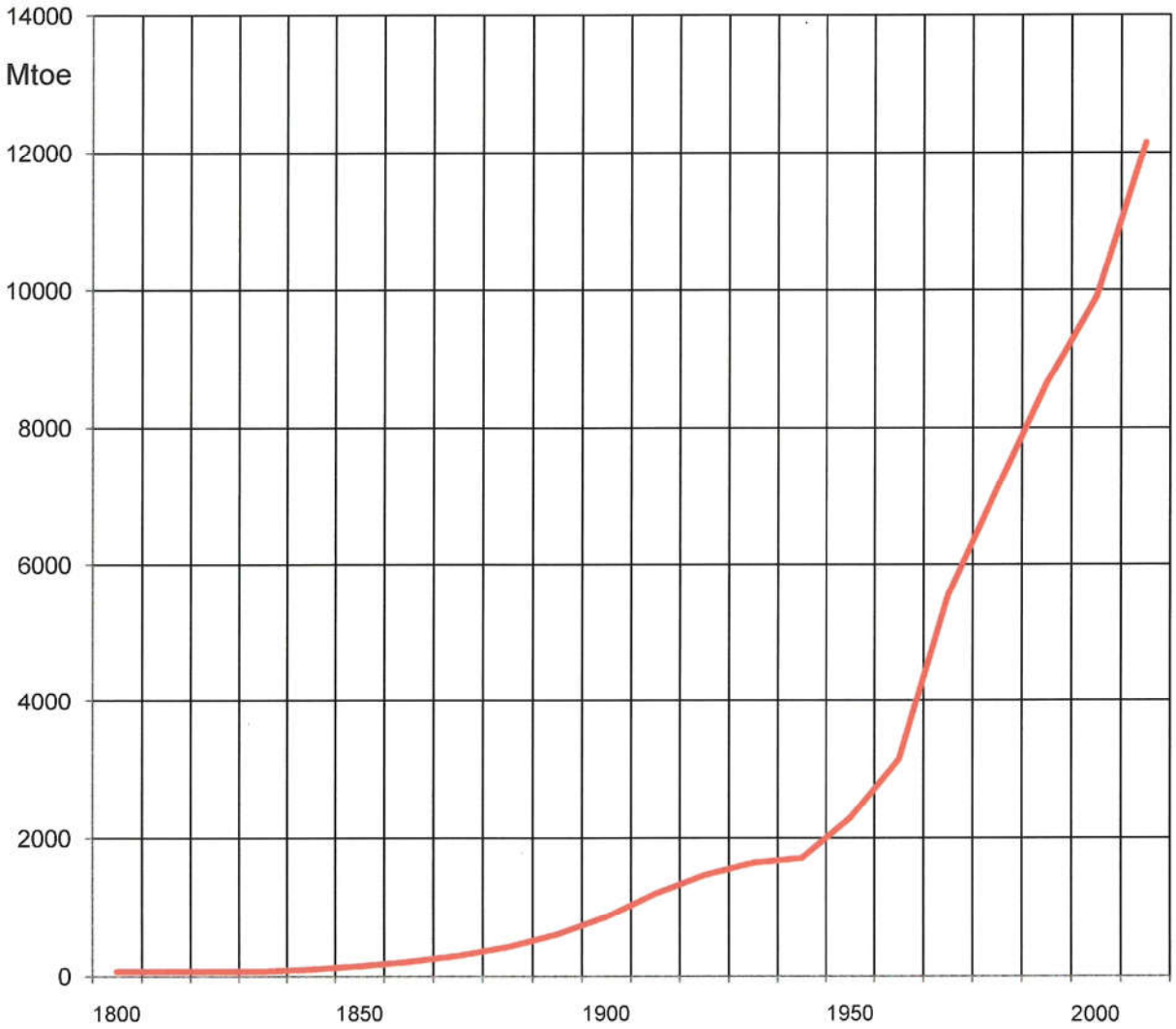
Koliko se primarne energije utrošilo za proizvodnju električne energije? Oko 4 000 milijuna tona ekvivalentne nafte, dakle *otprilike jedna trećina* svekoliko potrošene primarne energije utrošeno je za proizvodnju manje od jedne petine finalne energije u električnom obliku, u svijetu u 2009. godini!

Finalna električna energija, dakle, ona predana krajnjim kupcima na korištenje bila je u 2009. godini 16 758 TWh, a u 1973. godini 5 100 TWh; dakle povećana je 3,3 puta, jednako kao i bruto proizvodnja električne energije. To znači da se udio vlastite potrošnje energetike (uključivo elektrana) te gubitaka u prijenosnoj i distribucijskoj mreži – to sve nije predano krajnjim kupcima električne energije – nije promijenio; iznosi oko 16 % bruto proizvodnje.

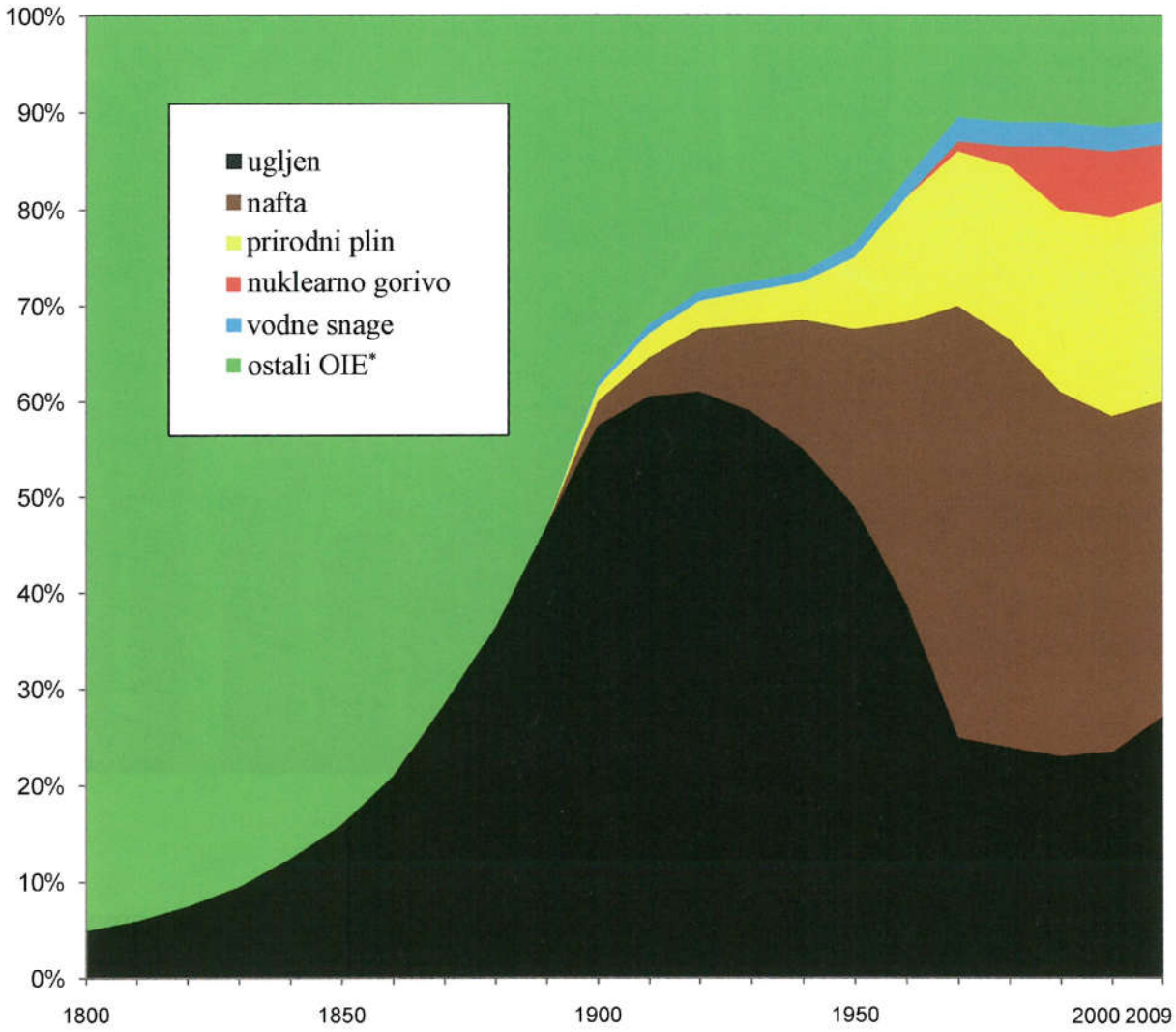
Koliki su gubici u mrežama prijenosa i distribucije? Pa, u 2009. godini bili su 1 599 TWh ili 8 % bruto proizvodnje. Dakle, za pokriće gubitaka u svim svjetskim električnim prijenosnim i distribucijskim mrežama morala bi se uložiti *polovica godišnje bruto proizvodnje svih elektrana Europske unije* u 2009. godini.

2.4. Svjetska kretanja posljednjih stoljeća

U razdoblju od dva prethodna stoljeća (uvećanom za prvih devet godina ovog stoljeća), slika 2.1. generalno pokazuje eksponencijalni rast ukupne potrošnje primarne energije u svijetu. Taj rast donekle posustaje od početnih 70-tih godina prošlog stoljeća (prva energetska kriza 1973), da bi u prvom desetljeću ovoga stoljeća – ovog milenija – rast postao ponovno ubrzan! U najranije doba, od 1800. pa do Prvog svjetskog rata, rast se praktično odvija po eksponencijalnom zakonu, bez bitnog odstupanja, barem gledajući prikaz na toj slici – iz *ptičje perspektive*. Nakon Prvog svjetskog rata, a posebno nakon Velike svjetske gospodarske krize (1929–1933) nastupa stagnacija rasta energije, koja se prekida pri početku Drugog svjetskog rata, 1940. godine. Rat angažira ogromnu količinu materijalnih resursa, koji traže energiju za svoju proizvodnju; dovoljno govori samo broj proizvedenih aviona (900 tisuća), tenkova (280 tisuća) i brodova (40 milijuna bruto-registarskih tona)



Slika 2.1. Ukupna potrošnja primarne energije u svijetu. Izvori: [1], [2] i [3].



Ostali OIE: biomasa i otpad, geotermalna i Sunčeva energija, vjetar, toplina okoline.

Slika 2.2. Udjeli oblika energije u ukupnoj potrošnji primarne energije u svijetu

na svim stranama. Poslijeratni obnoviteljski zamah traje do pred početak 70-tih godina.

Promatraju li se udjeli oblika energije u primarnoj potrošnji u razdoblju (prema [1], [2] i [3]) od dva prethodna stoljeća (slika 2.2), vidljivo je kako je udio iscrpivih izvora energije – praktički isključivo ugljena, 1800. godine iznosio 5 %. Sva ostala energija bila je obnovljiva, opet praktički – ogrjevno drvo i biljni otpad. Industrijalizacija i osvajanje svjetskih prostranstava željezničkim prugama i korištenjem parobroda – u zadnjem desetljeću 19. stoljeća, vodi tome da se korištenje ugljenom izjednačava s korištenjem ogrjevnog drva i otpada, uz početni rast korištenja nafte, plina i vodnih snaga.

Udio ugljena doživljava vrhunac oko 1920. godine (tada mu je udio 61 %), nakon čega se korištenje naftom naglo povećava (za prometala svake vrste), a postupno – sporije – raste i udio prirodnog plina. Korištenje naftom vrtoglavo

Vjetrena farma u Kaliforniji

raste, da bi lom nastupio 1973, od kada se udio njezina korištenja smanjuje; sporo, ali uporno. Od tog vremena, tada zatečeni udio korištenja ugljenom praktički se gotovo zadržava, da bi u posljednjem desetljeću 20. stoljeća narastao na 23,5 %, uz tendenciju daljnjeg rasta (Kina, Indija, ...!). Udio korištenja ostalih obnovljivih izvora energije (biomase i otpada, geotermalne i Sunčeve energije, vjetra, topline okoline) i vodnih snaga već 40 godina zapravo gotovo stagnira – tako da je danas (2009) na razini 13,3 %. Stagnacija na svjetskoj razini je razumljiva: razvijeni se trude što ubrzanije koristiti OIE, a nerazvijeni[10] se nastoje othrvati biomasi i korištenju svakovrsna otpada i koristiti *moderne/civilizirane* izvore energije pa usporavaju korištenje obnovljivim izvorima energije. Dok je ostvarena prosječna godišnja stopa rasta korištenja OIE u zemljama OECD u razdoblju 1973–2009. iznosila 2,60 %, uz stopu rasta ukupne energije od 1,03 %, dotle je stopa rasta korištenja OIE ostvarena u ostalim zemljama iznosila 1,94 %, uz rast korištenja ukupne energije od 2,94 % [1].

[10] Zemlje OECD obuhvaćaju samo oko 1,2 milijarde ljudi, od ukupno 6,8 milijarda, koliko se procjenjuje da ih živi na svijetu 2009. godine. Moglo bi se pretpostaviti da još 1 milijarda iz ne-OECD zemalja živi ipak u civiliziranim okolnostima – preostaje 2/3 čovječanstva u nerazvijenim i zemljama u razvoju.

2.5. Svjetske rezerve izvora energije

Svjetsko energetsko vijeće (WEC, *World Energy Council*) objavilo je u studenome 2010. godine svoje gledanje na ukupne svjetske rezerve svih primarnih oblika energije [4]. U tablici 2.3. iznose se najbitniji pokazatelji; većinom nisu iskazani energetskim, već prirodnim jedinicama. Trajanje rezerva izneseno je uz njihovu sadašnju godišnju potrošnju!

Tablica 2.3. Svjetske rezerve primarne energije

Oblik energije	Svjetske rezerve	Trajanje
ugljen (bez lignita)	665 milijarda tona	~100 godina
sirova nafta	163 milijarde tona	41 godina
treset	6 000–13 800 milijarda kubnih metara	
naftni škriljevac	384 milijarde tona	
bitumenozni pijesak	?	
prirodni plin	9 100 milijarda kubnih metara	54 godine
uran (<130 USD/kg U)	3,5 milijuna tona	80 godina
torij	6 milijuna tona	
vodne snage – ekon.	8 770 TWh/god (40-tak postotaka sadašnje potrošnje električne energije svijeta)	
biomasa – održivo	200–500 tisuća PJ/god	
dozračeno Sunčevo zračenje na Zemlju	7 500 puta sadašnja potrošnja primarne energije svijeta (ta je otprilike 500 tisuća PJ/god)	
geotermalna energija	?	
vjetar – moguća integracija	20 % sadašnje potrošnje električne energije svijeta (ta je otprilike 20 000 TWh/god)	
plima i oseka	?	
energija valova	140–750 TWh/god	

Izvor: 2010 Survey of Energy Resources, Executive Summary, WEC, London, 2010 [4]

Naravno, rezerve i njihovo trajanje uz sadašnju potrošnju neprestano se mijenjaju: s jedne strane svake godine trošenjem se zatečene rezerve smanjuju, a – opet – novim tehnološkim rješenjima kod pridobivanja i novootkrivenim nalazištima, rezerve se povećavaju. Tako da je to predmet beskrajnih diskusija, unaprijed bez okončana rezultata, u stručnim krugovima svjetskih energetičara (*"nestat će plina za nekoliko desetljeća!"* – *"bit će plina još tisuću godina!"*).

2.6. Stopostotno obnovljiva opskrba energijom?

Često čitamo novinarske lamentacije o dostižnom cilju u doglednoj budućnosti, potkrepljene stajalištima *zelenih* – pa čak i strukovno neupitno potkovanih – zanesenjaka: 100 % opskrbe iz obnovljivih izvora energije. Čak se, dosta često, fiksira i godina tog dosezanja: 2050.[11]

Je li to moguće? Prvenstveno, je li to moguće fizikalno, neovisno o cijeni takvog nastojanja?

Općenito govoreći, u svjetlu svih današnjih bitnih spoznaja, teoretski je zamisliv energetski sustav koji bi sadržavao samo obnovljive izvore energije. Budući da je jedan dio obnovljivih izvora nestalan, a neuskladištiv – vjerojatnih minimalnih proizvodnjâ nula ili oko nule – zapravo bi trebala vrlo velika rezerva u postrojenjima na uskladištive obnovljive nestalne izvore energije (vodne snage u crpno-akumulacijskim elektranama, biomasa, otpad i bioplin) te na obnovljive stalne izvore (a to su geotermalna energija i toplina okoline). Kada se pogledaju sagledive rezerve tih izvora energije, proizlazi da je gornja granica održivog svjetskog korištenja biomasom podjednaka današnjoj svjetskoj ukupnoj potrošnji svih oblika primarne energije (500 tisuća petadžula), tablica 2.3.

Druga, teoretski zamisliva varijanta bila bi omogućavanje skladištenja velikih količina proizvedene energije u razdobljima male potražnje i iskorištenje tako uskladištene energije u doba velike potražnje, a male trenutačne raspoloživosti nestalnih obnovljivih izvora. Današnje stanje sa skladištenjem nije privlačno: jedino se veće količine električne energije mogu uskladištiti u crpno-akumulacijskim elektranama, ali za takve elektrane postoji relativno malo povoljnih zemljopisnih lokacija. Pretvorba viškova električne energije u vodik pa skladištenje vodika nisu još riješeni ekonomski zadovoljavajuće i pitanje je hoće li uopće biti riješeni (radi se o malenom ukupnom stupnju djelovanja takva procesa). U razvojnom istraživanju su i primjena komprimiranog medija koji bi se utiskivao u Zemljine šupljine nepropusnih stjenki, kao i korištenje kondenzatora supervisokih kapaciteta ili ogromnih zamašnjaka u vrtnji, za skladištenje energije ...

Treća varijanta, doista posve futuristička, svodi se na potpuno okretanje Sunčevu zračenju i stvaranje jednog prijenosnog pojasa oko cijele Zemlje u ekvatorijalnom smjeru (pitanje je kako bi se to riješilo za prijelaz Atlantskog i Tihog oceana), a čija bi prijenosna moć trebala biti jednaka ili veća od istovremene potražnje energije čitava svijeta, uz razumni broj ulaznih i oduzimnih čvorišta na energetskom prijenosu duž takva puta (dugog 40 tisuća kilometara) na koja bi se priključivale solarne elektrane i oduzimna opterećenja te bi u svakom trenutku tijekom 24 sata bilo negdje točno podne, kada je osunčanje

[11] Nijemci, koji su po tome među najradikalnijim, uzimaju kao potencijalni cilj za 2050. godinu: 80 % obnovljivih izvora, ali u bruto potrošnji *električne* energije, a ne svekolike energije! [5]

najveće (uz problem s eventualnom naoblakom; takav sustav također bi trebao imati kapacitete za skladištenje) te bi bila zamisliva opskrba čitava svijeta.

Nakon svega, realno gledajući, izgleda da prema današnjim spoznajama nije ekonomski, donekle ni tehnički, razumno dostižan energetski sustav sa 100 %-tnom opskrbom iz obnovljivih izvora energije.

Literatura uz 2. poglavlje

[1] Key World Energy 2011, IEA, Paris, 2011.

[2] H. Požar: *Osnove energetike*, prvi svezak. Školska knjiga – Zagreb, 1976.

[3] T. Rausnitz: *Grundlagen der elektrischen Energieversorgung*. Hochschule–Bremen, 2003.

[4] *2010 Survey of Energy Resources*, Executive Summary, WEC, London, 2010.

[5] *Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015–2020 mit Ausblick 2025*, Dena-Netzstudie II, 2010.

3. Kretanja u Europskoj uniji

3.1. Uvod

Zanimljivija su svakako kretanja u neposrednijoj okolini, u Europskoj uniji[12]. Ona su višestruko važnija od svjetskih, jer određuju smjer s kojim bi se Hrvatska utemeljenije uspoređivala, a energetska pitanja koja su tamo zakonodavno-pravno uređena postupno su postajala hrvatska obveza već tijekom pristupnih pregovora, a nakon hrvatskog punopravnog članstva (od 1. srpnja 2013. godine) postala su potpuna obveza Hrvatske, ravnopravno ostalim članicama.

Kretanja u posljednjem desetljeću u Europskoj uniji, prikazat će se podacima za razdoblje 2000–2010. godine kako ih donosi *Eurostat*, agencija za službenu statistiku Europske unije. Naime, za to razdoblje raspolaže se podacima za svih 27 članica, jer – kako je poznato – do 2004. godine Europska unija imala je 15 članica te je podatke za 25 članica trebalo izračunavati *unatrag* a početkom 2007. godine u punopravno članstvo primljene su Bugarska i Rumunjska te je statistika i tome prilagođena. Za Hrvatsku kao punopravnu članicu, postupit će se jednako.

U izvješćima *Eurostata*, već nekoliko godina iskazuju se podaci i za Hrvatsku, ravnopravno s podacima za zemlje-članice EU. Ovdje se u nastavku iznose ti podaci za Hrvatsku, uz napomenu da su njihove vrijednosti samostojeće i – dakako – ne ulaze u zbrojne vrijednosti za EU-27 (Europsku uniju s 27 članica). I druga napomena: ti podaci donekle će se razlikovati od hrvatskih podataka iznesenih u narednom, 4. poglavlju, jer će se za one podatke koristiti hrvatski izvori čiji se nalazi ne moraju uvijek slagati s ovima iz *Eurostata* (premda bi se – zapravo – morali slagati, jer hrvatski su izvori osnova za tvorbu *Eurostatovih* podataka).

---

[12] 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, a Austrija, Finska i Švedska od 1995. godine. Od 1. svibnja 2004. godine priključeno je i 10 novih zemalja-članica: Estonija, Latvija, Litva, Malta, Poljska, Slovačka, Slovenija, Češka, Mađarska i Cipar, a 1. siječnja 2007. godine u europsku obitelj primljene su Rumunjska i Bugarska. Od 1. srpnja 2013. zemlja-članica je i Hrvatska.

3.2. Pravna situacija

Među brojnim direktivama[13] Europske unije, nabrojimo samo one koje najdirektnije uređuju, kvantificiraju korištenje obnovljivim izvorima energije. To su:

- Direktiva 2001/77/EC o promicanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, iz 2001. godine
- Direktiva 2003/30/EC o promicanju korištenja biogoriva i drugih obnovljivih goriva u prometu (transportu), iz 2003. godine
- Direktiva 2009/28/EC o promicanju korištenja energijom iz obnovljivih izvora, iz 2009. godine
- Direktiva 2009/31/EC o geološkom uskladištenju ugljikova dioksida, iz 2009. godine
- Direktiva 2009/29/EC o reviziji i nadogradnji sustava za trgovanje emisijama stakleničkih plinova, iz 2009. godine.

Direktivom 2001/77/EC uređena je obveza da udio obnovljivih izvora u bruto potrošnji električne energije u 2010. dosegne razinu od 22 % za Europsku uniju u cjelini (ali za Uniju od 15 tadašnjih članica, što je dopunama izmijenjeno na 21 % za Uniju od 27 članica), s različitim ciljnim zadaćama pojedinih zemalja, ovisno o već dostignutom tom udjelu, mogućnostima korištenja obnovljivih izvora (neka zemlja ima, primjerice, zanemarivo vodnih snaga) i o društvenom bogatstvu pojedine zemlje (time materijalnim mogućnostima za brži ili sporiji napredak). Startna razina bila je udio 13,9 % u 1997. godini (za Uniju od 15 članica), odnosno 13,2 % (za Uniju od 27 članica). Hrvatska nema zadani cilj, jer u doba donošenja te direktive nije počela pregovore o članstvu.

Direktivom 2003/30/EC uređena je obveza da energetski udio biogoriva u kopnenom prometu krajem 2010. godine dosegne razinu od 5,75 % ukupnog energetskog sadržaja motorskog goriva u cestovnom prijevozu (benzina i dizelskog goriva) u svakoj zemlji-članici Europske unije.

Direktivom 2009/28/EC propisuju se nacionalni ciljevi o udjelu obnovljivih izvora energije, kako bi se 2020. godine postigao zajednički ciljni udio od 20 % obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji sveukupne energije na razini Europske unije. Nacionalni ciljevi su u rasponu od 10 % (Malta) do 49 % (Švedska).

[13] U Europskoj uniji postoje četiri tipa sekundarnih pravnih akata, među kojima su važniji:
- *uredbe* (*Verordnungen, regulations*) – neposredno važeće u svim zemljama-članicama Europske unije, bez ikakvih nacionalnih izmjena
- *smjernice* (*Richtlinien, directives*) – moraju se provesti nacionalnim zakonodavstvom, u Hrvatskoj uvriježio se naziv *direktiva* – prema engleskom.

Također, tom direktivom utvrđen je obvezujući cilj za svaku zemlju-članicu od minimalno 10 % udjela energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji goriva (iskazanoj energetski) u cestovnom prijevozu, u 2020. godini, koji se mora ostvariti unutar zadana cilja pojedinoj zemlji o ukupnom udjelu obnovljivih izvora energije.

Za Hrvatsku je pristupnim pregovorima utvrđen ciljni udio od 20 % udjela obnovljivih izvora, u tome po sektorima: 35 % u bruto finalnoj potrošnji električne energije, 10 % u energiji prijevoza i 21 % u bruto finalnoj potrošnji energije za grijanje i hlađenje.

Istaknimo razliku: dok se Direktiva iz 2001. godine odnosila na udio OIE u bruto potrošnji *električne* energije, dotle se Direktiva iz 2009. godine odnosi na udio OIE u bruto finalnoj potrošnji *svekolike* energije (u čemu je posebno iskazan udio OIE u energiji za prijevoz cestovnim vozilima).

Direktiva 2009/31/EC osigurava podlogu za poticanje razvoja i sigurno korištenje postrojenja za izdvajanje i spremanje ugljikova dioksida (engl. *Carbon Capture and Storage*, CCS). Postoje komercijalno razvijene tehnologije pojedinih dijelova takva postrojenja, ali njegovu integriranu verziju treba još ekonomski potvrditi. Europska unija je u okviru te direktive predvidjela sredstva za financiranje razvoja i pokusne projekte komercijalne veličine. Opis jednog takvog pokusnog postrojenja je u 6. poglavlju, odjeljak 6.19.

Direktivom 2009/29/EC o reviziji i nadogradnji sustava za trgovanje emisijama stakleničkih plinova[14] EU-ETS (*EU-Emission Trading System*) uspostavlja se zajednički emisijski *plafon* za emisijske jedinice širom Europske unije, počevši od 2013. godine. Time će se do 2020. godine smanjiti emisija stakleničkih plinova za 21 posto u sektoru EU-ETS, u odnosu na 2005. godinu. Besplatno dodjeljivanje emisijskih jedinica postupno će se zamjenjivati sustavom prodaje na dražbi, a sektori obuhvaćeni EU-ETS-om i vrste plino-

[14] Stakleнički efekt posljedica je toga što je za dozračeno Sunčevo zračenje, pri frekvenciji karakterističnoj za spektar tog zračenja, gornji sloj Zemljine atmosfere dobro propustan. Zrake reflektirane od Zemlje vraćaju se pri nižoj frekvenciji, karakterističnoj za toplinsko isijavanje, za koju je gornji sloj atmosfere slabije propustan. Time se prostor između Zemlje i tog sloja zagrijava to više što je više nagomilanih određenih plinova u gornjem sloju atmosfere. Među *stakleničkim 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. Dodaje se da je metan staklenički štetniji 25 puta od ugljikova dioksida, stoga je iznimno korisno prikupljanje i spaljivanje bioplina, primjerice prikupljenog nad deponijama otpada ili iz ekskrementa stoke. Emisijska jedinica je jedna tona ispuštenog stakleničkog plina, iskazanoj ekvivalentnim ugljikovim dioksidom, jednakovrijednim stakleničkim djelovanjem kao i CO_2.

va na koje se odnosi trgovanje će se proširiti. Besplatne jedinice će se dodjeljivati samo onim postrojenjima koja imaju obilježja emisije bolje od 10 % najboljih u Europskoj uniji. Tom direktivom propisuje se da za sektor električne energije neće biti besplatnog dodjeljivanja emisijskih jedinica, što znači da će se za postojeće i nove elektrane morati kupovati emisijske jedinice na dražbi.

3.3. Stanovništvo i temeljna gospodarska obilježja

U Europskoj uniji od 27 članica (EU-27) živjelo je 502 milijuna stanovnika (prema procjeni *Eurostata* za 1. siječanj 2011); Europska unija sudjeluje s oko 7,4 posto u svjetskom stanovništvu. Nešto preko polovine stanovnika Unije (54 %) živi u četiri najveće zemlje: Njemačkoj, Francuskoj, Ujedinjenom Kraljevstvu i Italiji. Zemlja s najmanje stanovnika je Malta (418 tisuća), a najviše stanovnika živi u Njemačkoj (gotovo 82 milijuna).

Stanovništvo je u posljednjih deset godina poraslo, prosječnom godišnjom stopom od 0,37 %. U tablici 3.1. kolona prosječne stope godišnjeg rasta označena je s "rast, %", a računata je prema relaciji (2.2). Među ostalih nekoliko zemalja, u kojima se zbio pad stanovništva, ističu se Bugarska i Rumunjska, pored Estonije, Latvije, Litve i Mađarske; očigledno se dogodio stanoviti odljev stanovništva u zapadne zemlje.

Bruto domaći proizvod (BDP) iskazan je *paritetom kupovne moći*[15] (PKM) po stanovniku (a ne primjenom službenog tečaja eura prema domaćoj valuti). Paritet kupovne moći neke valute određuje tako da se za kupnju standardizirane košare roba utvrdi koliko novca u domaćoj valuti treba platiti pa se onda utvrdi koliko bi ta ista košara koštala u nekoj izabranoj drugoj zemlji, iskazano u nekoj univerzalnoj valuti (u Europi u eurima). Omjer između ta dva iznosa daje paritet univerzalne valute prema kupovnoj moći valute promatrane zemlje (dakle euro/kuna, za Hrvatsku, ali i euro/euro za zemlje euro-zone). Taj se paritet utvrđuje za sve zemlje, osim za izabranu zemlju, za koju je on jednak jedinici. Iskazivanje bruto domaćeg proizvoda paritetom kupovne moći, time daje realniju sliku odnosa među zemljama nego primjena službenog tečaja za domaću valutu.

Bruto domaći proizvod rastao je u razdoblju 2000–2010. godine prosječnom godišnjom stopom od 2,25 %, za Europsku uniju u cjelini. Solidan prosječni godišnji rast ostvarile su Bugarska (6,43 %), Estonija (5,54 %), Latvija

[15] engl.: *purchasing power parities* (PPS)

(6,17 %), Litva (5,53 %), Poljska (5,59 %), Slovačka (6,16 %), a najveći Rumunjska (čak prosječno 8,35 % godišnje!).

Vidljivo je da je za Europsku uniju u cjelini, 2010. godine, bruto domaći proizvod jednak 24 500 eura, iskazanih paritetom kupovne moći. Sve zemlje, koje pripadaju "četvorici velikih" imaju nešto veći BDP po stanovniku od prosječnog, među njima najveći je BDP Njemačke (29 000 eura, PKM). Najveći – i izvan svakog, recimo, razumnog očekivanja – je BDP Luksemburga, iznosi 66 300 eura, PKM. Najniži dostignuti BDP u 2010. godini je Bugarske (10 700 eura, PKM) i Rumunjske (11 400 eura, PKM), usprkos visokom prosječnom godišnjem rastu obje zemlje. Očigledno im je start bio vrlo nizak.

Energetski intenzitet je omjer ukupno utrošene primarne energije i bruto domaćeg proizvoda neke zemlje, ali iskazan stvarnim vrijednostima domaće valute, preračunat u eure po službenom tečaju. Težnja je dakako da on bude što niži; da se što više vrjednijih proizvoda i usluga ostvari uz što niži utrošak energije pri tome. To ne znači samo da se što manje finalne energije uloži po jedinici krajnjeg proizvoda, nego i da se ta energija na cjelokupnom svome *putu* od primarnih oblika što razumnije iskoristi: najpametnijom energetskom smjesom, s najmanje mogućih transformacija (dakle, primjerice, da se koristi plin umjesto električne energije za toplinske potrebe itd), u postrojenjima za transformaciju visoka stupnja djelovanja i s najmanje gubitaka u prijenosu/transportu i distribuciji/razdiobi energije do kupaca. Ali, jednakovrijedno: da i u gospodarstvu pretežu poželjniji i vrjedniji proizvodi i usluge zemlje o kojoj je riječ, a ukupna društvena nadgradnja (sveukupna državna administracija, zdravstvo, školstvo, policija, vojska,...) bude što učinkovitija i što manje rastrošna.

Prosječni energetski intenzitet za Europsku uniju u cjelini izašao je 152 kilograma ekvivalentne nafte (kgoe) po 1 000 eura. Snižavao se u deset posljednjih godina prosječnom godišnjom stopom od –1,17 %, što se može uzeti solidnim ritmom smanjenja s obzirom na silna sredstva koja treba neprestano ulagati (u zamjene, modernizacije, što pravodobnije i kvalitetnije održavanje – u čitavu energetskom sektoru) te u ukupno učinkovitije gospodarstvo i cjelokupno društvo, da se to postigne.

Opet Bugarska, Rumunjska i Litva prednjače u sniženju (po prosječnoj godišnjoj stopi sniženja većoj od 4 %), ali svejedno je dostignuti energetski intenzitet u 2010. godini 4,4 puta veći od europskog (Bugarske), 2,6 puta veći (Rumunjske) i praktično 2 puta veći (Litve). Karakteristično je za gotovo sve nove članice EU (njih 12) da je zatečeni energetski intenzitet (2010) barem dva puta veći od prosječnog europskog, dakle u njih je još uvijek veliki utjecaj energetski intenzivne, a zastarjele i slabo dohodovne industrijske proizvodnje.

3.4. Ukupna, iscrpiva i obnovljiva potrošnja energije

Ukupna domaća potrošnja svih oblika primarne energije u Europskoj uniji 2010. godine bila je 1 759 milijuna tona ekvivalentne nafte. Ukupna potrošnja u EU čini 14 % ukupne svjetske potrošnje, uz udio stanovništva EU od 7,4 % u stanovništvu svijeta. Dakle, dvostruko je veći udio energetske potrošnje od udjela u stanovništvu, što znači da svaki stanovnik EU prosječno raspolaže dvostruko većom ukupnom energijom od prosječna raspolaganja stanovnika svijeta.

Ukupna domaća potrošnja svih oblika energije u Europskoj uniji sastoji se iz pridobivanja primarnih oblika energije na vlastitu području (dakle području EU), neto uvoza primarnih i transformiranih oblika energije, korištenja recikliranih oblika te od promjena stanja u skladištima energetskih oblika (plus, kod izuzimanja iz skladišta ili minus, kod stavljanja u skladišta – jer nije u promatranoj godini utrošeno). Neto uvoz je razlika uvoza iz trećih zemalja i izvoza energije u treće zemlje. U ukupnoj dobavi nije iskazana energija goriva utovarenog u rezervoare brodova (tzv. *bunker brodova*) s odredištima izvan EU, jer ta energija nije sudjelovala u energetskoj potrošnji na teritoriju EU. Tako se dolazi do spomenute ukupne potrošnje svih oblika energije od 1 759 Mtoe (milijuna tona ekvivalentne nafte), tablica 3.2.

Ukupna domaća potrošnja energije u Europskoj uniji u cjelini rasla je prosječnom godišnjom stopom od 0,20 %, posljednjih deset godina dolazi do znatnog prigušenja rasta ukupne potrošnje, što je vrlo znakovito pozitivno kretanje! Prosječni godišnji rast BDP iskazan paritetom kupovne moći od 2,25 % ostvaren je uz neznatno povećanje ukupna utroška energije svake godine! To je doista veliko, a poželjno postignuće Europske unije.

Najrazvijenije ili najveće zemlje Europske unije, većinom su ostvarile još povoljnije kretanje, uz određeni rast BDP-a, ostvarile su negativnu prosječnu stopu rasta ukupne potrošnje energije. Najbolja je u tome omjeru bila Njemačka, uz rast BDP od prosječno 2,72 % ostvarila je pad potrošnje energije od prosječno –0,22 % godišnje. Veći pad potrošnje energije od nje ostvarilo je samo Ujedinjeno Kraljevstvo (prosječno –0,86 % godišnje), međutim ostvarena je nešto sporija stopa rasta BDP-a od njemačke stope (1,41 %).

Potrošnja iscrpive energije opadala je prosječnom godišnjom stopom od –0,26 %, a potrošnja obnovljive energije rasla je prosječnom godišnjom stopom od 5,91 %, u desetgodišnjem razdoblju 2000–2010. godine. Nastavi li se takvim godišnjim tempom rasta potrošnje obnovljivih izvora, do udvostručenja sadašnje njihove potrošnje došlo bi za 12 godina.

Tablica 3.1. Stanovništvo, BDP iskazan paritetom kupovne moći i energetski intenzitet u EU

Zemlja	Stanovništvo 1. siječnja (1000)			Bruto domaći proizvod (€, PKM/stan.)			Energetski intenzitet (kgoe/1 000 €)		
	2001.	2011.	rast, %	2002.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %
EU-27	**483797**	**502121**	**0,37**	**20500**	**24500**	**2,25**	**171**	**152**	**–1,17**
Belgija	10263	10951	0,65	25700	29100	1,57	211	191	–0,99
Bugarska	8149	7369	–1,00	6500	10700	6,43	1050	671	–4,38
Češka	10267	10485	0,21	15000	19400	3,27	482	375	–2,48
Danska	5349	5552	0,37	26300	31000	2,08	102	94	–0,81
Njemačka	82260	81752	–0,06	23400	29000	2,72	159	142	–1,12
Estonija	1367	1340	–0,20	10200	15700	5,54	627	546	–1,37
Irska	3833	4481	1,57	28400	31100	1,14	111	93	–1,75
Grčka	10931	11310	0,34	18500	21900	2,13	178	147	–1,90
Španjolska	40477	46153	1,32	20600	24400	2,14	160	137	–1,54
Francuska	60979	65048	0,65	23600	26300	1,36	163	152	–0,70
Italija	56961	60626	0,63	23000	24600	0,84	129	124	–0,39
Cipar	698	840	1,87	18000	23200	3,22	206	178	–1,45
Latvija	2364	2075	–1,30	8300	13400	6,17	430	363	–1,68
Litva	3487	3245	–0,72	9100	14000	5,53	497	311	–4,58
Luksemb.	439	512	1,55	49200	66300	3,80	143	140	–0,21
Mađarska	10200	9986	–0,21	12500	15800	2,97	350	295	–1,70
Malta	391	418	0,65	16500	20500	2,75	174	169	–0,29
Nizozemska	15987	16656	0,41	27300	32500	2,20	159	158	–0,06
Austrija	8021	8404	0,47	26000	30800	2,14	129	132	0,23
Poljska	38254	38200	–0,01	9900	15300	5,59	428	331	–2,54
Portugal	10257	10572	0,30	16400	19500	2,19	170	155	–0,92
Rumunjska	22430	21414	–0,46	6000	11400	8,35	609	396	–4,21
Slovenija	1990	2050	0,30	16900	20800	2,63	267	231	–1,44
Slovačka	5379	5392	0,03	11100	17900	6,16	593	371	–4,58
Finska	5181	5375	0,37	23500	28000	2,21	238	225	–0,56
Švedska	8883	9416	0,58	25000	30300	2,43	182	159	–1,34
Ujed.Kralj.	59000	62499	0,58	24500	27400	1,41	145	112	–2,55
Hrvatska	**4439**	**4412**	**–0,06**	**10700**	**14500**	**3,87**	**271**	**231**	**–1,58**

Izvor: eurostat, 9.9.2012.

Tablica 3.2. Ukupna, iscrpiva i obnovljiva domaća potrošnja primarne energije u EU (tisuća tona ekvivalentne nafte, ktoe)

Zemlja	Ukupna domaća potrošnja primarne energije			Ukupna domaća potrošnja iscrpive energije			Ukupna domaća potrošnja obnovljive energije		
	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %
EU-27	**1724906**	**1759015**	**0,20**	**1627926**	**1586873**	**–0,26**	**96980**	**172142**	**5,91**
Belgija	59212	61503	0,38	58574	58949	0,06	638	2554	14,88
Bugarska	18707	17831	–0,48	17931	16403	–0,89	776	1428	6,29
Češka	41267	44771	0,82	39925	41992	0,51	1342	2779	7,55
Danska	19795	19321	–0,24	17970	15412	–1,52	1825	3909	7,91
Njemačka	343622	336095	–0,22	334528	303542	–0,97	9094	32553	13,60
Estonija	4965	6101	2,08	4452	5254	1,67	513	847	5,14
Irska	14249	15100	0,58	14014	14443	0,30	235	657	10,83
Grčka	28265	28841	0,20	26862	26683	–0,07	1403	2158	4,40
Španjolska	123962	130224	0,49	117034	115154	–0,16	6928	15070	8,08
Francuska	257826	268576	0,41	241944	247620	0,23	15882	20956	2,81
Italija	175798	175515	–0,02	165685	157482	–0,51	10113	18033	5,95
Cipar	2393	2717	1,28	2347	2616	1,09	46	101	8,18
Latvija	3742	4538	1,95	2551	2967	1,52	1191	1571	2,81
Litva	7160	6864	–0,42	6485	5799	–1,11	675	1065	4,67
Luksemb.	3627	4658	2,53	3588	4525	2,35	39	133	13,05
Mađarska	25300	25978	0,26	24470	23989	–0,20	830	1989	9,13
Malta	799	911	1,32	799	911	1,32	0	0	–
Nizozemska	76571	86924	1,28	75323	83958	1,09	1248	2966	9,04
Austrija	29179	34618	1,72	22605	25547	1,23	6574	9071	3,27
Poljska	89818	101704	1,25	86016	94425	0,94	3802	7279	6,71
Portugal	25107	24374	–0,30	21348	18895	–1,21	3759	5479	3,84
Rumunjska	36832	35708	–0,31	32791	29877	–0,93	4041	5831	3,74
Slovenija	6426	7264	1,23	5638	6194	0,94	788	1070	3,11
Slovačka	17977	17922	–0,03	17489	16536	–0,56	488	1386	11,00
Finska	32917	36978	1,17	25169	27915	1,04	7748	9063	1,58
Švedska	47660	51352	0,75	32919	33944	0,31	14741	17408	1,68
Ujed.Kralj.	231729	212629	–0,86	229465	205841	–1,08	2264	6788	11,61
Hrvatska	**7847**	**8575**	**0,89**	**6968**	**7446**	**0,67**	**879**	**1129**	**2,53**

Izvor: eurostat, 9.9.2012.

Udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji primarne energije bio je 2000. godine 5,6 %, da bi u 2010. godini porastao na 10 % – u deset godina taj udio gotovo je udvostručen[16].

Najveći prosječni godišnji rast korištenja obnovljivih izvora energije u razdoblju 2000–2010. godine ostvarile su:

- Belgija 14,88 %
- Njemačka 13,60 %
- Luksemburg 13,05 %
- Ujed. Kraljevstvo 11,61 %
- Slovačka 11,00 %.

Najveći korisnici obnovljivih izvora energije 2010. godine su zemlje (naveden je udio njihova korištenja u ukupnoj potrošnji OIE Europske unije):

- Njemačka 18,9 %
- Francuska 12,2 %
- Italija 10,5 %
- Švedska 10,1 %
- Španjolska 8,8 %

Tih pet zemalja koriste nešto preko 60 % obnovljivih izvora energije u EU.

Dodajmo, da je ukupna domaća potrošnja obnovljivih izvora neznatno veća (za oko 3 %) od njihova ukupna domaća pridobivanja, znak je to da je minimalni dio tih oblika energije (koji je uopće podložan transportu i međunarodnoj trgovini, dakle: biomasa i biogorivo) uvezen iz trećih zemalja.

Prema Direktivi 2001/77/EC o promicanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, udio je OIE u brutopotrošnji električne energije u 2010. godine trebao dosegnuti 21 %, a ostvareno je 19,94 %, dakle 95 % zadana cilja, što je – realno – dobro postignuće, tim više što Direktivom nisu bile predviđene ikakve sankcije. Čak 12 zemalja prekoračilo je zadani svoj cilj, najviše Estonija i Mađarska, koje su praktično udvostručile svoje zadane ciljeve (očigledno su im utvrđeni donekle preniski ciljevi), tablica 3.3.

Tekuće ostvarenje Direktive 2009/28/EC o promicanju korištenja energijom iz obnovljivih izvora u 2010. godini (opet tablica 3.3.), dakle deset godina prije njezina konačna ostvarenja (kada je zadani cilj od 20 % udjela OIE u bruto finalnoj potrošnji svekolike energije) je 12,5 %, dakle – po prilici – nešto manje od dvije trećine (točno: 63 %). Također nije loše, obećava ispunjenje zadana cilja ostvarivim. Tim više, što je čak 15 zemalja ostvarilo svoje ciljeve više od prosječna europska ostvarenja. Najbolja je Švedska, ona je 2010. godine ostvarila svoj cilj za 2020. godinu s 98 %, a njezin pojedinačni cilj je najveći u čitavoj Europskoj uniji (49 %). Vjerojatno se također radi o nešto podcijenjenom njihovu cilju.

[16] Opaska: Taj udio nije sankcioniran Direktivom 2009/28/EC o OIE, tamo se promatra udio OIE u bruto finalnoj potrošnji i udio biogoriva u ukupnoj potrošnji goriva za cestovni promet.

Tablica 3.3. Udjeli obnovljivih izvora u bruto potrošnji električne i u bruto finalnoj potrošnji svekolike energije u EU (%)

Zemlja	Udio u bruto potrošnji električne energije				Udio u bruto finalnoj potrošnji svekolike energije			
	1990.	2010.	Cilj 2010.*	Ostv. 2010.	2004.	2010.	Cilj 2020.**	Ostv. 2010.
EU-27	**11,62**	**19,94**	**21**	**95**	**8,1**	**12,5**	**20**	**63**
Belgija	0,83	6,79	6	113	1,9	5,1	13	39
Bugarska	4,09	15,15	11	138	9,6	13,8	16	86
Češka	1,88	8,32	8	104	6,1	9,2	13	71
Danska	2,51	33,11	29	114	15,1	22,2	30	74
Njemačka	3,47	16,90	12,5	135	5,1	11	18	61
Estonija	0,00	10,75	5,1	211	18,4	24,3	25	97
Irska	4,80	12,83	13,2	97	2,2	5,5	16	34
Grčka	4,96	16,68	20,1	83	6,9	9,2	18	51
Španjolska	17,15	33,06	29,4	112	8,2	13,8	20	69
Francuska	14,86	14,45	21	69	9,3	12,9	23	56
Italija	13,89	22,23	25	89	5,3	10,1	17	59
Cipar	0,00	0,70	6	12	2,4	4,8	13	37
Latvija	43,94	48,47	49,3	98	32,8	32,6	40	82
Litva	2,52	7,76	7	111	17,1	19,7	23	86
Luksemb.	1,56	3,09	5,7	54	0,9	2,8	11	25
Mađarska	0,49	7,09	3,6	197	4,4	8,7	13	67
Malta	0,00	0,00	5	0	0,1	0,4	10	4
Nizozemska	0,99	9,26	9	103	1,9	3,8	14	27
Austrija	65,49	61,41	78,1	79	22,9	30,1	34	89
Poljska	1,09	6,97	7,5	93	7	9,4	15	63
Portugal	34,52	49,99	39	128	19,2	24,6	31	79
Rumunjska	15,47	34,18	33	104	16,8	23,4	24	98
Slovenija	25,75	33,13	33,6	99	16,2	19,8	25	79
Slovačka	6,00	20,51	31	66	6,1	9,8	14	70
Finska	24,63	26,52	31,5	84	29,1	32,2	38	85
Švedska	51,44	54,48	60	91	38,7	47,9	49	98
Ujed.Kralj.	1,75	6,71	10	67	1,1	3,2	15	21
Hrvatska	**23,96**	**45,05**	–	–	**15,2**	**14,6**	**20**	**73**

* Prema Direktivi 2001/77/EC o promicanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije.

**Prema Direktivi 2009/28/EC o promicanju korištenja energijom iz obnovljivih izvora

Izvor: eurostat, 14.9.2012.

Na ovom mjestu potrebno je nešto reći o glavnim pojmovima iz Direktive 2009/28/EC. Prema toj direktivi, finalna energija dobivena korištenjem obnovljivih izvora sadržava električnu i toplinsku energiju te biogoriva (za pogon cestovnih motornih vozila). Pri tome iz ukupne hidroenergetske proizvodnje treba izuzeti energiju koja je ostvarena iz crpljenja u crpno-akumulacijskim hidroelektranama (to je tzv. *obnovljiva* proizvodnja HE), jer za crpljenje nisu korištene vodne snage, nego raspoloživa električna energija iz elektroenergetskog sustava. Također, pod hidroenergetskom proizvodnjom podrazumijeva se proizvodnja u hidroelektranama, kao da su one bile u pogonu zadnjih 15 godina, a za vjetroelektrane se uzima posljednjih pet godina. Dakle, množi se prosječna instalirana snaga u zadnjoj godini s prosječnim trajanjem iskorištenja instalirane snage tijekom cijelog razdoblja, a to je 15 godina za hidroelektrane i pet godina za vjetroelektrane. Tako je uređeno zato da bi se uprosječili ostvareni pokazatelji u promatranoj godini, ovisni o hidrološkim i vjetrenim prilikama u toj godini, koje znaju znatnije odstupati od prosječnih.

Za izračun promatrana udjela (OIE u bruto finalnoj potrošnji), u ukupnu finalnu potrošnju energije, pored one koja je predana kupcima-potrošačima (neto finalna potrošnja), treba uključiti i energiju koja je potrošena pri preobrazbi primarnih oblika u transformiranu energiju (dakle, vlastitu potrošnju elektrana i toplana) te gubitke pri prijenosu i distribuciji električne i toplinske energije. To je tzv. bruto finalna potrošnja energije.

3.5. Ukupna domaća potrošnja te vlastito pridobivanje ukupne i obnovljive energije

Ukupnu domaću potrošnju primarne energije već smo rastumačili, ona je nužna i dovoljna za svekolike energetske potrebe u jednoj godini na cjelokupnom nacionalnom teritoriju (ukoliko nije došlo do prisilne redukcije). Kako je već izneseno, ona je 2010. godine iznosila 1 759 milijuna tona ekvivalentne nafte. Rasla je, u razdoblju 2000–2010. prosječnom godišnjom stopom od 0,20 %, tablica 3.4.

Ukupno vlastito pridobivanje svih oblika primarne energije sastoji se iz bilo kakva izdvajanja ili preuzimanja prirodnih oblika energije (iscrpivih i obnovljivih) iz prirode u upotrebljivom obliku, na nacionalnom teritoriju. Tako shvaćano, vlastito je pridobivanje u Europskoj uniji u 2010. godini iznosilo 831 milijun tona ekvivalentne nafte. Opadalo je, u promatranom razdoblju, prosječnom godišnjom stopom od –1,23 %. Očekivano: postojeći izvori fosilne energije se iscrpljuju, novi sve manje otkrivaju, a obnovljivi izvori – za sada – to nedovoljno nadoknađuju.

U tolikom vlastitom pridobivanju, ostvareno je pridobivanje obnovljivih izvora energije na nacionalnom teritoriju (dakle bez – doduše – malenog uvoza

Tablica 3.4. Ukupna domaća potrošnja te vlastito pridobivanje ukupne i obnovljive energije u EU (tisuća tona ekvivalentne nafte, ktoe)

Zemlja	Ukupna domaća potrošnja primarne energije			Ukupno vlastito pridobivanje primarne energije			U tome: vlastito pridobivanje obnovljive energije		
	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %
EU-27	**1724906**	**1759015**	**0,20**	**940616**	**830868**	**–1,23**	**96650**	**166647**	**5,60**
Belgija	59212	61503	0,38	13401	15115	1,21	534	1989	14,05
Bugarska	18707	17831	–0,48	9845	10381	0,53	780	1475	6,58
Češka	41267	44771	0,82	30628	31523	0,29	1339	2900	8,03
Danska	19795	19321	–0,24	27704	23321	–1,71	1766	3123	5,87
Njemačka	343622	336095	–0,22	135383	131505	–0,29	9094	32746	13,67
Estonija	4965	6101	2,08	3181	4930	4,48	512	988	6,79
Irska	14249	15100	0,58	2190	1984	–0,98	235	620	10,19
Grčka	28265	28841	0,20	10011	9456	–0,57	1403	1985	3,53
Španjolska	123962	130224	0,49	31506	34072	0,79	6928	14657	7,78
Francuska	257826	268576	0,41	129426	134400	0,38	15874	20793	2,74
Italija	175798	175515	–0,02	28307	30192	0,65	9598	16328	5,46
Cipar	2393	2717	1,28	44	84	6,68	44	77	5,76
Latvija	3742	4538	1,95	1409	2114	4,14	1393	2101	4,20
Litva	7160	6864	–0,42	3241	1310	–8,66	682	1185	5,68
Luksemb.	3627	4658	2,53	64	130	7,34	39	92	8,96
Mađarska	25300	25978	0,26	11598	10997	–0,53	830	1922	8,76
Malta	799	911	1,32	0	0	0,00	0	0	–
Nizozemska	76571	86924	1,28	57556	69916	1,96	1347	2896	7,96
Austrija	29179	34618	1,72	9777	11755	1,86	6608	8600	2,67
Poljska	89818	101704	1,25	78985	67098	–1,62	3808	6849	6,05
Portugal	25107	24374	–0,30	3846	5581	3,79	3759	5438	3,76
Rumunjska	36832	35708	–0,31	28551	27674	–0,31	4040	5677	3,46
Slovenija	6426	7264	1,23	3085	3726	1,91	788	1041	2,82
Slovačka	17977	17922	–0,03	6284	5969	–0,51	496	1398	10,92
Finska	32917	36978	1,17	14802	16989	1,39	7748	9030	1,54
Švedska	47660	51352	0,75	30012	33078	0,98	14741	17408	1,68
Ujed.Kralj.	231729	212629	–0,86	269780	147568	–5,85	2264	5327	8,93
Hrvatska	**7847**	**8575**	**0,89**	**3590**	**4216**	**1,62**	**879**	**1232**	**3,43**

Izvor: eurostat, 9.9.2012.

iz trećih zemalja) zemalja-članica EU od 167 milijuna tona ekvivalentne nafte. Raslo je visokom prosječnom godišnjom stopom od 5,60 %, ali s obzirom na relativno maleni početni udio u ukupnoj domaćoj potrošnji (5,6 % u 2000. godini) – to nije rezultiralo nekim velikim (premda ipak gotovo dvostrukim) povećanjem tog udjela (9,5 % u 2010. godini).

3.6. Uvozna energetska ovisnost

Uvozna energetska ovisnost određena je omjerom neto uvoza energije (dakle, razlike uvoza i izvoza primarne i transformirane energije) i ukupne potrošnje primarne energije uvećane za energiju koja je ukrcana u rezervoare prekomorskih brodova. (Ta energija, ukrcana u takve brodove posljednjih godina u Europskoj uniji, ima red vrijednosti 50-tak milijuna tona ekvivalentne nafte.)

Ukupna potrošnja primarne energije u EU raste, sporo (prosječnom stopom od 0,20 % godišnje), no ipak, a vlastito pridobivanje (iscrpive i obnovljive energije) opada znatno brže (prosječnom stopom od –1,23 % godišnje), tablica 3.4. Odatle je neminovna posljedica da će rasti neto uvoz. Neto uvoz prešao je polovinu ukupne potrošnje primarne energije i iznosi 52,7 % u 2010. godini, *rastući* prosječnom godišnjom stopom od 1,21 % od 2000. godine, tablica 3.5.

Tablica 3.5. Uvozna energetska ovisnost zemalja EU (%)

Zemlja	2000.	2010.	rast, %
EU-27	**46,7**	**52,7**	**1,21**
Belgija	78,1	76,8	–0,16
Bugarska	46,5	40,3	–1,41
Češka	23,0	25,6	1,08
Danska	–35,3	–18,2	–6,41
Njemačka	59,5	59,8	0,05
Estonija	32,0	12,9	–8,67
Irska	84,4	85,6	0,14
Grčka	69,5	69,1	–0,05
Španjolska	76,6	76,7	0,01
Francuska	51,5	49,3	–0,44
Italija	86,5	83,8	–0,32
Cipar	98,6	100,9	0,23
Latvija	59,7	41,6	–3,54
Litva	59,8	81,9	3,19
Luksemburg	99,6	96,8	–0,28
Mađarska	55,2	58,3	0,54
Malta	100,3	100,8	0,05
Nizozemska	38,7	30,7	–2,28
Austrija	65,6	61,8	–0,59
Poljska	10,6	31,5	11,47
Portugal	84,9	75,5	–1,18
Rumunjska	22,0	21,7	–0,14
Slovenija	52,6	49,3	–0,64
Slovačka	65,0	63,1	–0,29
Finska	55,3	48,1	–1,38
Švedska	39,2	36,5	–0,69
Ujed.Kralj.	–17,0	28,3	–
Hrvatska	**53,1**	**52,2**	**–0,17**
Izvor: eurostat, 9.9.2012.			

U tom pogledu 2003. godina znači prijelomni trenutak za Europsku uniju, te je godine uvozna ovisnost bila još uvijek neznatno manja od polovine (točno: 49 %), da bi već slijedeće godine prešla polovinu (točno: 50,2 %). Do 2003. godine je, naime, Ujedinjeno Kraljevstvo – zahvaljujući izvorima nafte i plina u Sjevernom moru – bilo energetski suficitno; više je energije godišnje pridobilo nego li je potrošilo. Danas još jedino Danska ima suficitni energetski položaj u EU, ali i njezini se izvori u Sjevernom moru *stanjuju*, tako da joj je prosječna godišnja stopa pada uvozne neovisnosti –6,41 %.

3.7. Zaustavljanje rasta uvozne ovisnosti?

Usprkos velikom nastojanju većine zemalja oko što većeg prožimanja obnovljivim izvorima, djeluje da je daleko vrijeme kada će njihovo korištenje zaustaviti rast uvozne energetske ovisnosti. U nastavku će se sagledati, kao procijenjeni red vrijednosti, kada bi se to – i uz koje uvjete – moglo dogoditi (dakle: zaustavljanje rasta uvozne ovisnosti). Pretpostavlja se da se ostvaruje i dalje jednaka prosječna godišnja stopa rasta ukupne domaće potrošnje, dakle 0,2 %, a 2010. godine troši se ukupno 1 759 Mtoe.

Stopa opadanja vlastita pridobivanja energije iscrpivih izvora određena je na način da se od ukupnog vlastitog pridobivanja odbije pridobivanje obnovljivih izvora u početnoj i krajnjoj godini. Dakle, da se starta s vlastitim iscrpivim izvorima od 941–97 = 844 Mtoe u 2000. godini a završava s 831–167 = 664 Mtoe u 2010. godini (vrijednosti su uzete iz tablice 3.4). Ostvarena stopa pada iscrpivih izvora je –2,37 % godišnje. To nije posve realno za udaljeniju budućnost, jer će se prigušenje rasta iscrpivih izvora najvjerojatnije povećavati (ukoliko se ne otkriju nova izdašna nalazišta).

Sadašnje (2010) vlastito pridobivanje iscrpive energije je 664 Mtoe. Neka vlastito pridobivanje obnovljivih izvora raste i dalje po ostvarenoj stopi od 5,6 % godišnje, a sadašnje pridobivanje je 167 Mtoe. Ukupno vlastito pridobivanje je zbroj obnovljivih i iscrpivih izvora, a nužni neto uvoz je razlika ukupne potrošnje i ukupnog vlastitog pridobivanja. Sadašnji nužni neto uvoz primarne energije je dakle 1759–831 = 928 Mtoe. Prilike za 5–10–15... godina bile bi kao u tablici 3.6.

Dakle – uz zatečene trendove rasta ukupne potrošnje, pâda korištenja iscrpivih izvora i rasta korištenja obnovljivih izvora – negdje između 2020. i 2025. godine moglo bi doći do preokreta u uvoznoj ovisnosti: otpočelo bi njezino sniženje. Kasnije godine su sve nerealnije iskazane; toliko parametara sudjeluje u formiranju godišnjih stopa rasta pojedinih sastavnica ovog računa, da njegovi rezultati postaju sve neizgledniji, kako se više udaljujemo od sadašnjeg trenutka. Ponajprije, teško je vjerojatno prožimanje obnovljivim izvorima bitno veće od

Tablica 3.6. Procjena mogućeg nužnog neto uvoza u EU (Mtoe)

Veličina	2010.	2015.	2020.	2025.	2030.	2035.	2040.	2045.	2050.
primarna potrošnja	1759	1777	1794	1813	1831	1849	1868	1886	1905
iscrpivi izvori	664	589	522	463	411	365	323	287	254
obnovljivi izvori	167	219	288	378	497	652	856	1124	1477
uk. vl. pridobivanje	831	808	810	841	908	1017	1179	1411	1731
nužni neto uvoz	928	969	984	972	923	832	689	475	174
uvozna ovisnost, %	52,7	54,5	54,8	53,6	50,4	45,0	36,9	25,2	9,1

50 % u 2050. godini! Ali, u prvih desetak godina nije posve isključeno da bi se prilike mogle odvijati približno tako kako je prikazano.

3.8. Ukupno pridobivanje obnovljivih izvora energije

Ukupna vrijednost pridobivene energije obnovljivih izvora u Europskoj uniji u 2010. godini iznosi zaokruženo 167 milijuna tona ekvivalentne nafte (tablica 3.4). Udio u korištenju pojedinog primarnog oblika obnovljive energije u toj godini – prema tablici 3.7 – bio je (%):

- biomasa 67,6
- vodne snage 18,9
- vjetar 7,7
- geotermalna energija 3,5
- Sunčevo zračenje 2,2
- plima/oseka 0,03.

Tablica 3.7. Ukupno pridobivanje obnovljivih izvora energije u EU (ktoe)

Oblik energije	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	rast, %
biomasa	59232	60198	61978	67834	72849	77355	83222	91401	96112	100765	112725	6,65
vodne snage	30312	32031	27088	26292	27791	26273	26594	26652	28145	28218	31492	0,38
vjetar	1913	2296	3123	3814	5067	6057	7077	8972	10273	11439	12817	20,95
geoterm.	4712	4583	4737	5324	5408	5354	5582	5723	5733	5814	5881	2,24
Sunčevo zračenje	430	482	533	594	683	806	988	1264	1730	2498	3686	23,97
plima/oseka	51	47	46	48	45	46	44	45	44	42	46	–1,03
Ukupno	**96650**	**99637**	**97505**	**103906**	**111843**	**115891**	**123507**	**134057**	**142037**	**148776**	**166647**	**5,60**

Izvor: eurostat, 9.9.2012.

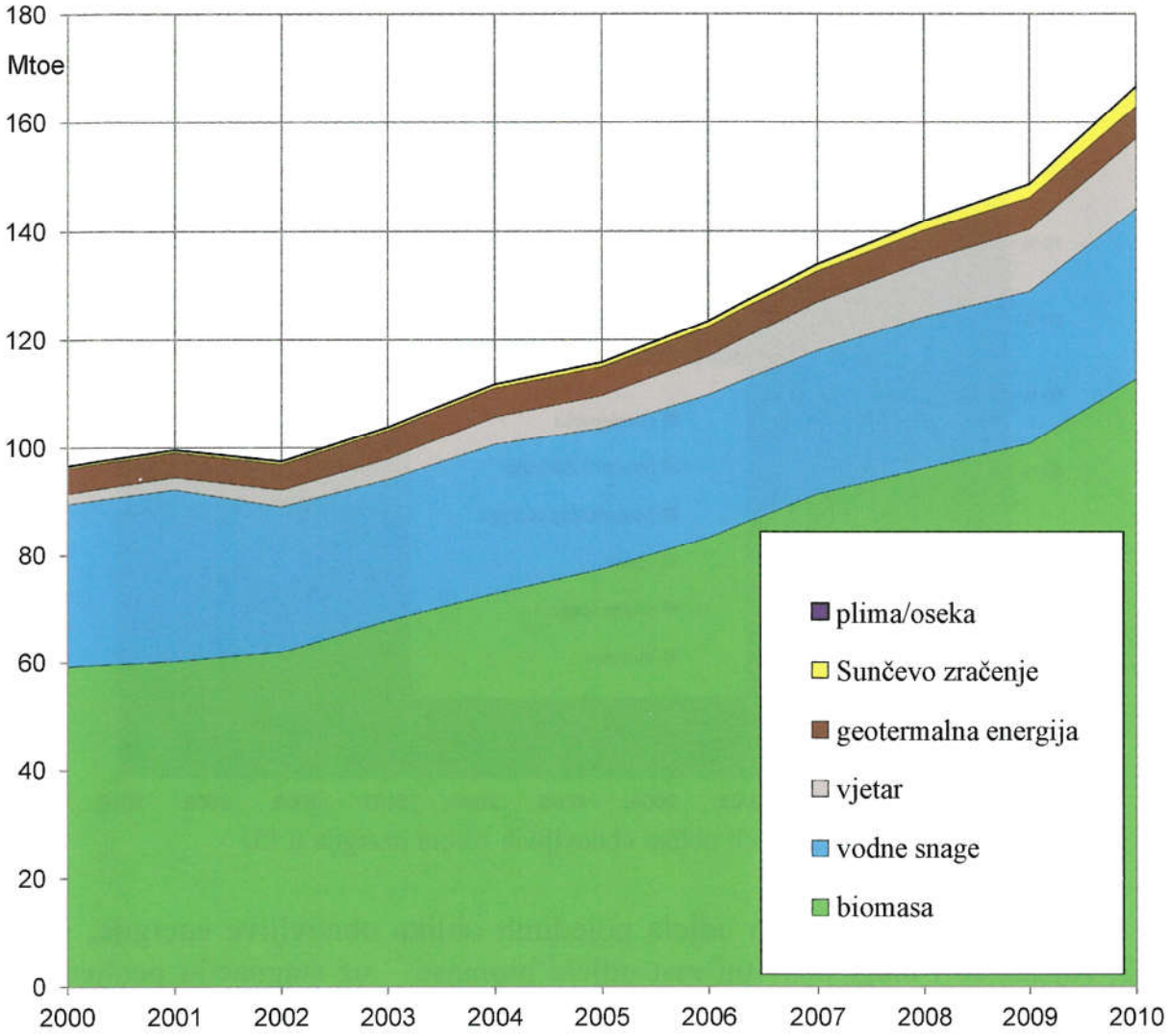
HE na plimu i oseku La Rance, 240 MW, u Francuskoj

Dakle, preko dvije trećine obnovljive energije u 2010. godini pripada biomasi (uključivo otpad i bioplin): za neposredno toplinsko korištenje (u ložištima) za pojedinačnu preobrazbu u toplinu i u centraliziranim toplinskim sustavima ili u kogeneraciji s električnom energijom, za toplane, za elektrane te za korištenje kao biogoriva u cestovnim prometalima[17].

Slijede vodne snage s oko 19 % udjela, a njihov udio je 10 godina ranije bio 31 %, dakle u većem dijelu zemalja, pogotovo najvećih – u kojima uopće ima vodnih snaga raspoloživih za korištenje – došlo je do zasićenja novom izgradnjom; gotovo sve velike i ekonomične moguće hidroelektrane već su izgrađene.

Vjetar i Sunčevo zračenje su, za sada (2010) bili nešto niže u korištenju, ali s velikom prosječnom godišnjom stopom rasta: Sunčeva zračenja oko 24 %, a vjetra oko 21 %. To će, ukoliko se tako nastavi, voditi značajnim promjenama udjela pojedinih obnovljivih izvora u godinama koje su pred nama.

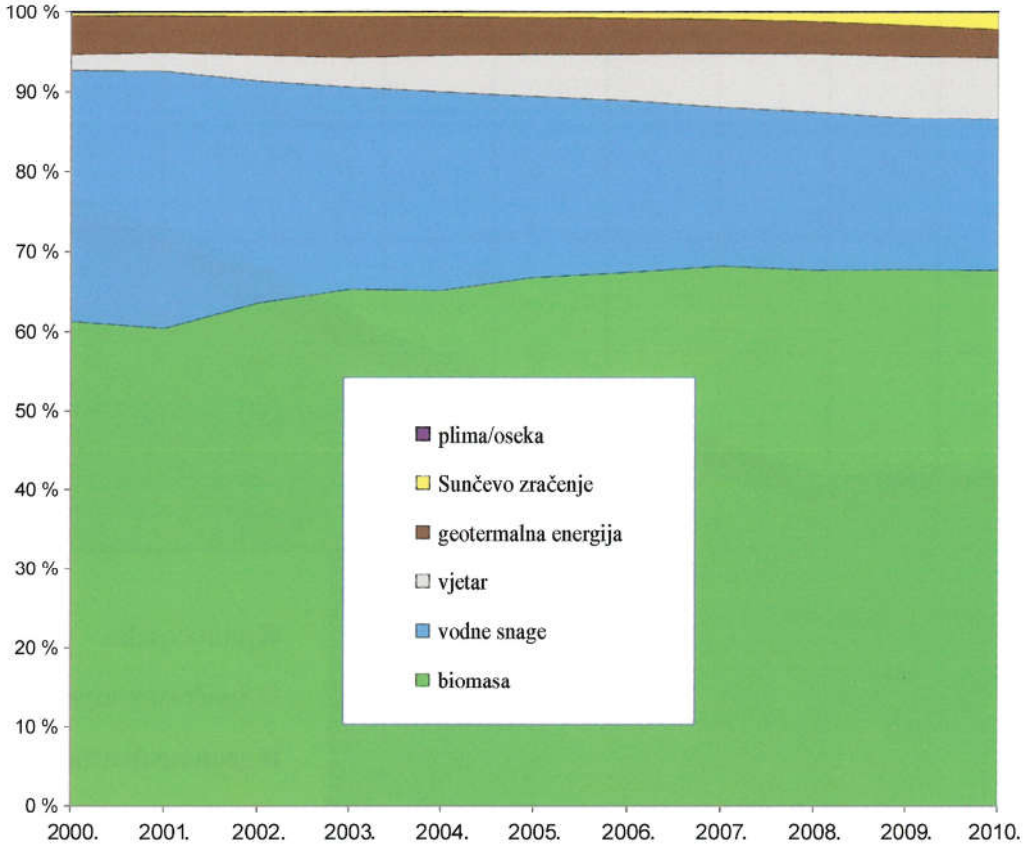
[17] Prema [5] ukupna obnovljiva energija, raspoloživa za finalnu potrošnju u Europskoj uniji 2010. godine sadržavala je prema oblicima korištenja: kruta obnovljiva goriva 45 %, biogoriva 11 %, električna energija iz OIE 36 % te sunčana, geotermalna i toplina iz ostalih OIE 8 %. Kako su kruta obnovljiva goriva iskorištena prvenstveno za preobrazbu u toplinu, više se proizvelo topline i biogoriva nego električne energije iz obnovljivih izvora.



Slika 3.1. Pridobivanje obnovljivih izvora energije u EU

Jedina hidroelektrana na plimu i oseku u Europi je HE *La Rance* u Francuskoj, koja je izgrađena 1966. godine i koja ravnomjerno godišnje proizvodi oko 520 GWh (ili oko 45 ktoe, kako je prikazano u tablici 3.7). Na ušću rijeke La Rance postavljena je brana i kod plime u Atlantiku voda struji turbinama prema rijeci, a kod oseke iz rijeke opet turbinama prema oceanu.

Što se, najprije, i kvalitativno, vidi na slici 3.1.? Praktično govoreći: došlo je do gotovo udvostručenja pridobivanja obnovljive energije u Europskoj uniji za tih deset godina promatranja. Međutim opet praktično govoreći: gotovo sav taj porast ostvaren je udvostručenjem korištenja biomasom! Paralelno s *boomom*, najprije vjetroelektrana, pa zatim fotonaponskog korištenja Sunčeva zračenja – *u tišini* – uporno, raslo je pridobivanje biomase; gotovo nevjerojatno. Najvjerojatnije to većina čitatelja ne bi očekivala. Vodne snage u cijeloj Europi nisu imale visoku proizvodnju u 2010. godini, kakvu ćemo vidjeti u Hrvatskoj (u slijedećem, 4. poglavlju); u Europi je hidrološki bila bolja početna godina (2000).



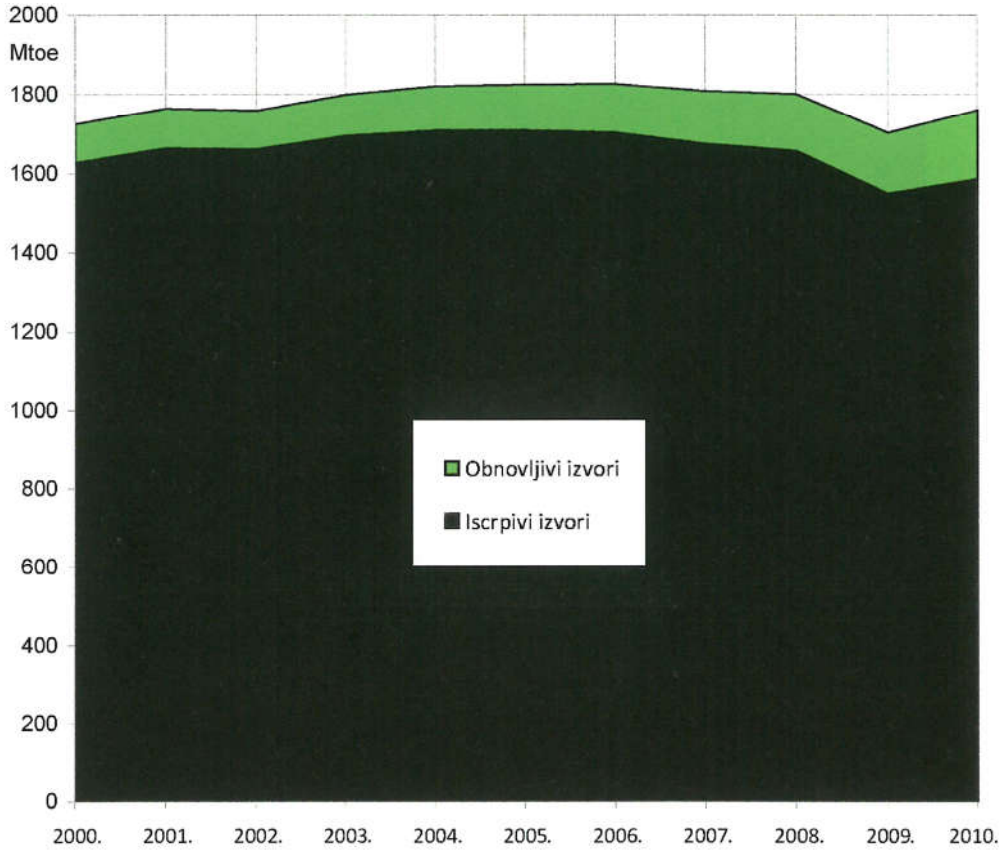
Slika 3.2. Udjeli oblika obnovljivih izvora energija u EU

Na dijagramu postotnih udjela pojedinih oblika obnovljive energije, slika 3.2, zapaža se i blagi postotni rast udjela biomase – uz stagnaciju posljednjih godina te značajni pad udjela vodnih snaga, što je već ranije komentirano.

Naravno, veliki je rast postotnog udjela korištenja vjetra, a dijagram najavljuje i veliki rast udjela fotonaponskog korištenja Sunčeva zračenja (već u 2011. i 2012. to se i ostvaruje). Geotermalna energija, blago opada svojim udjelom u ukupnom pridobivanju obnovljive energije u EU-27.

Na kraju, prikažimo još ukupnu potrošnju energije u Europskoj uniji iskazanu apsolutnim vrijednostima samo ukupnih iscrpivih i ukupnih obnovljivih izvora energije (slika 3.3.), kao i promjenu udjela iscrpivih i obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji (slika 3.4.) tijekom posljednjeg desetljeća. Ukupna potrošnja više godina stagnira oko vrijednosti 1800 Mtoe, da bi posljednje dvije godine promatranog razdoblja došlo najprije do pada (utjecaj recesije 2009. godine), a već slijedeće godine do porasta (postupni oporavak). To, da stagnira ukupna potrošnja energije, nije znak stagnacije bruto domaćeg proizvoda u Europskoj uniji – on po stanovniku raste u tom razdoblju prosječnom godišnjom stopom od 2,25 %, tablica 3.1. – već je znak upornog povećanja učinkovitosti korištenja energijom (ostvarenje više svakovrsnih proizvoda i usluga uz manje utroška energije!).

Na slici 3.4. opaža se trend postupna povećanja udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji u čitavu promatranom razdoblju, sve brži pred kraj

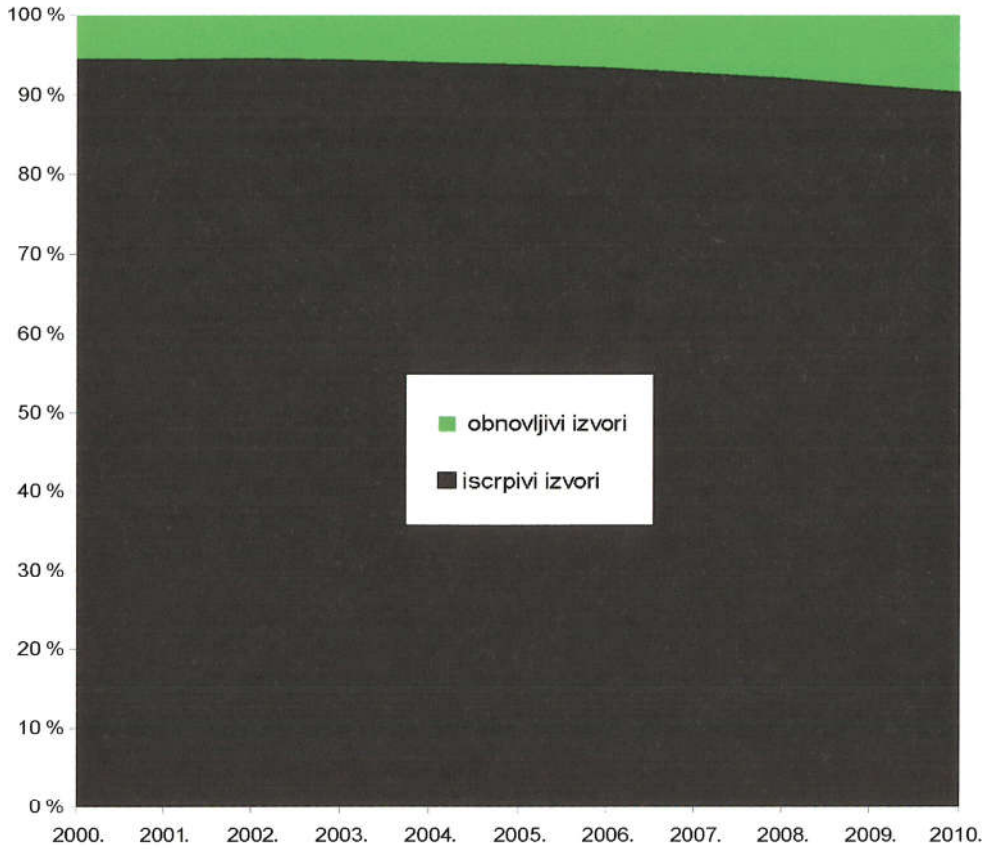


Slika 3.3. Ukupna potrošnja energije u Europskoj uniji

tog razdoblja. Na kraju (2010) taj udio bio je zaokruženo 10 %, a na početku (2000) bio je 5,6 %. Dakle, ponovno zaokruženo govoreći, udio se korištenja OIE u ukupnoj potrošnji energije u tih 10 godina udvostručio! Rezultat je to opredijeljenja svih država članica o poticanju obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije ali općenito o protežiranju korištenja OIE i u druge svrhe (za proizvodnju topline i biogoriva), koje traje već najmanje to promatrano desetljeće, u većini zemalja-članica EU.

Upozorimo ovdje da tako iskazan udio OIE u ukupnoj potrošnji energije nije mjera koju prati Direktiva EU 2009/28/EC o obnovljivim izvorima energije, ta direktiva prati udio OIE u bruto finalnoj potrošnji energije.

Ovdje, valja upozoriti na stanovito prigušenje bezgraničnog otvaranja povećanju korištenja obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije u Europskoj uniji, koje se uspostavilo tijekom posljednjeg desetljeća. S jedne strane, javljaju se tehnološki problemi u elektroenergetskim sustavima s već pozamašnim udjelima OIE (kada se poklope povoljni vjetar i osunčanje, potražnja teško proguta proizvodnju – mora se zaustavljati prevelik broj konvencionalnih elektrana jeftinije proizvodne cijene). S druge strane, bujaju ukupni novčani iznosi koje treba sve više i više smoći svake godine za otkup obnovljive proizvodnje, što će trajati tijekom čitava razdoblja zajamčenog otkupa, u pravilu više od deset slijedećih godina (u Njemačkoj čak 20). Što rezultira, u konačnici, sve teže podnošlji-



Slika 3.4. Udjeli iscrpivih i obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u Europskoj uniji

vim povećanjem cijena za kupce električne energije. U Češkoj, Slovačkoj, Rumunjskoj, Grčkoj, Španjolskoj, Bugarskoj, Sloveniji, Italiji, ... pa – u najnovije doba – i u Njemačkoj, javljaju se opredijeljenja o različitim načinima susprezanja od daljeg nekontroliranog rasta. Uvode se ograničenja kvota koje je dopušteno postići u dogradnji sustava OIE pojedine godine, računa li se na poticajnu otkupnu cijenu. Radikalno se snizuju otkupne cijene. Čak se razmatra (retroaktivno ili samo za nova postrojenja na OIE) uvođenje poreza na plaćanja otkupa obnovljive proizvodnje! Ujedinjeno Kraljevstvo zalaže se da se, umjesto formuliranja ciljnog udjela OIE u ukupnoj finalnoj potrošnji do 2030. godine, zada sniženje emisija koje valja postići, a prepusti zemljama-članicama da same izaberu način na koji će to postići – povećanjem udjela OIE ili dogradnjom svojih elektroenergetskih sustava nuklearnim elektranama. Zaključno, rekli bismo: javlja se stanovito otrežnjenje, nakon početnog zanosa!

3.9. Pridobivanje pojedinih oblika obnovljive energije

a) Biomasa i otpad

Već je rečeno da je udio biomase i otpada najveći među svim oblicima obnovljivih izvora energije, u 2010. godini taj udio bio je veći od 2/3, slika 3.2.

Bioelektrana Güssing (Gradišće, Austrija), 1 MW, koristi isplinjavanje iz drvne sječke

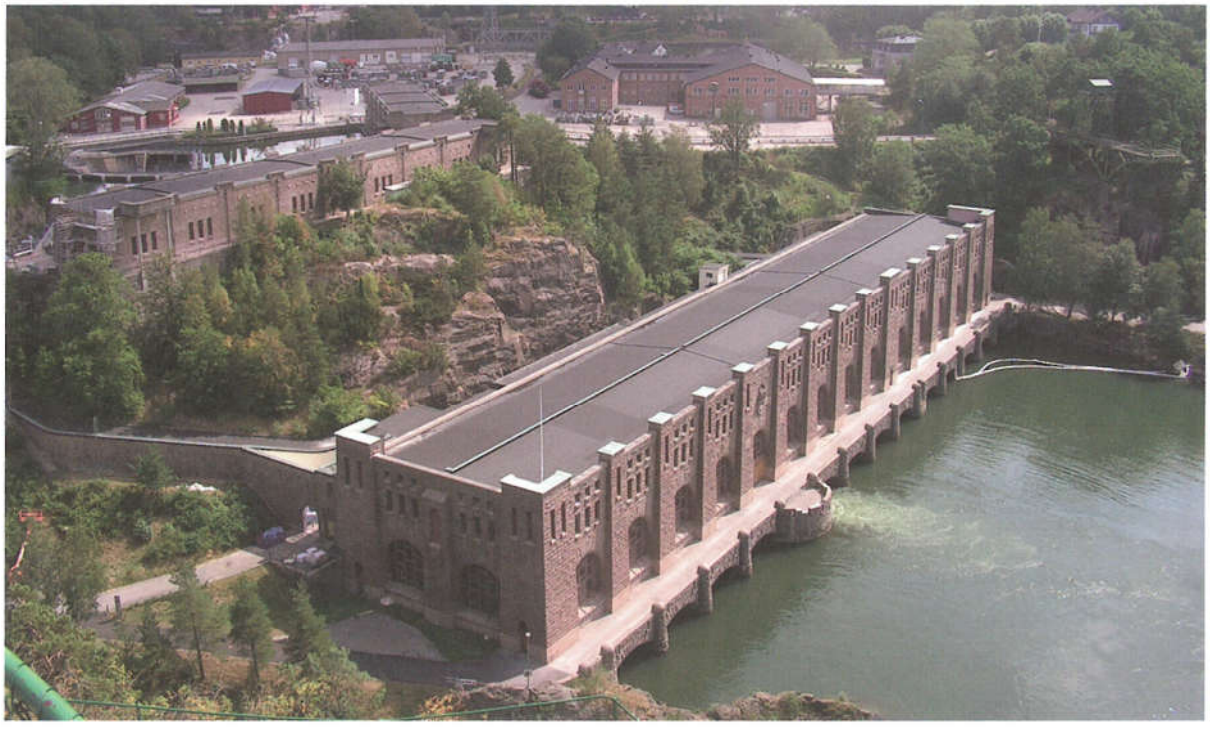
Rast između 2000. i 2010. godine bio je toliki da se početna količina gotovo udvostručila (točno se povećala 1,9 puta), tablica 3.8. Najveći porast ostvaren je u Slovačkoj – u tom razdoblju korištenje biomasom i otpadom gotovo je udeseterostručeno (uz prosječnu stopu godišnjeg rasta od okruglo 25 %, povećalo se točno 9,37 puta).

Veću prosječnu stopu godišnjeg rasta od prosječne (6,65 % godišnje) ostvarilo je, pored Slovačke još 9 zemalja, najviše: Njemačka (15,34 %), Italija (15,22 %) i Belgija (13,86 %). Podsjetimo, radi se tu o primjeni biomase i otpada (dakle: biorazgradivih frakcija proizvoda, šuma i bioloških ostataka poljoprivredne proizvodnje, šumarstva i povezane industrije, uključujući ribarstvo i akvakulturu, kao i biorazgradive frakcije industrijskog i komunalnog otpada te bioplina) za proizvodnju toplinske i električne energije te za proizvodnju biogoriva.

Najveći udio u ukupnom pridobivanju biomase i otpada u EU 2010. godine ima Njemačka (gotovo 23 %), slijede Francuska (12,7 %), Švedska (oko 10 %) i Finska (7 %). TE četiri zemlje pridobile su te godine preko polovine europskoga pridobivanja (točno: 52,7 %).

b) Vodne snage

Udio vodnih snaga je drugi po veličini među svim oblicima obnovljivih izvora energije u 2010, ali se taj udio uporno smanjuje jer je većina mogućih hidroelektrana u većem dijelu zemalja EU već izgrađena. Njihov je rast stoga prigušen, u desetgodišnjem razdoblju ostvaren je prosječni godišnji rast od 0,38 %, tablica 3.8. Naglasimo opet iznova: tu se radi o svim vodnim snagama neovisno o tome jesu li iskorištene u velikim ili malim hidroelektranama! Najveći rast ostvaren je u Grčkoj – u tom razdoblju korištenje vodnim snagama raslo je prosječnom godišnjom stopom od čak 7,26 % (Grčka je povijesno, energetski bila orijentirana na vlastiti ugljen, pa su se u posljednje doba orijentirali i na što bržu izgradnju mogućih hidroelektrana, kako bi udovoljili ciljnom udjelu OIE u finalnoj potrošnji). U nizu zemalja (u ukupno njih 11) došlo je do sniženja pridobivanja vodnih snaga u 2010. spram pridobivanja u 2000. godini, što ne znači da je došlo do obustave korištenja postojećih hidroelektrana, nego je 2010. godina u njih bila naglašenije sušna. Bugarska je također ostvarila zavidan prosječni rast u tih 10 godina: 6,58 %.



Hidroelektrana Olidan, Trollhättan, Švedska, 130 MW, prva velika hidroelektrana u Europi iz 1910.

Tablica 3.8. Pridobivanje biomase i otpada te vodnih snaga i vjetra u EU (ktoe)

Zemlja	Biomasa i otpad			Vodne snage			Vjetar		
	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %
EU-27	**59232**	**112725**	**6,65**	**30312**	**31492**	**0,38**	**1913**	**12817**	**20,95**
Belgija	488	1787	13,86	40	27	–3,85	1	111	60,15
Bugarska	550	938	5,48	230	435	6,58	0	59	–
Češka	1188	2570	8,02	151	240	4,74	0	29	–
Danska	1388	2424	5,73	3	2	–3,97	365	671	6,28
Njemačka	6183	25759	15,34	1869	1756	–0,62	804	3250	14,99
Estonija	512	961	6,50	0	2	–	0	24	–
Irska	141	321	8,57	73	52	–3,34	21	242	27,69
Grčka	946	887	–0,64	318	641	7,26	39	233	19,57
Španjolska	3941	6188	4,62	2543	3635	3,64	406	3798	25,06
Francuska	9903	14360	3,79	5773	5332	–0,79	7	857	61,73
Italija	1477	6089	15,22	3801	4395	1,46	48	785	32,24
Cipar	9	12	2,92	0	0	–	0	3	–
Latvija	1150	1794	4,55	242	303	2,27	0	4	–
Litva	653	1114	5,49	29	46	4,72	0	19	–
Luksemb.	26	75	11,18	11	9	–1,99	2	5	9,60
Mađarska	729	1756	9,19	15	16	0,65	0	46	–
Malta	:	:	–	0	0	–	0	0	–
Nizozemska	1252	2507	7,19	12	9	–2,84	71	343	17,06
Austrija	2918	4914	5,35	3597	3302	–0,85	6	177	40,28
Poljska	3624	6439	5,92	181	251	3,32	0	143	–
Portugal	2683	2994	1,10	974	1388	3,61	14	790	49,68
Rumunjska	2763	3949	3,64	1271	1679	2,82	0	26	–
Slovenija	458	619	3,06	330	388	1,63	0	0	–
Slovačka	100	937	25,08	397	452	1,31	0	1	–
Finska	6481	7893	1,99	1261	1111	–1,26	7	25	13,58
Švedska	7939	11387	3,67	6757	5709	–1,67	39	301	22,67
Ujed.Kralj.	1733	4051	8,86	437	310	–3,38	81	876	26,88
Hrvatska	**374**	**492**	**2,78**	**505**	**716**	**3,55**	**0**	**12**	**–**

Izvor: eurostat, 9.9.2012.

Vodne snage iskorištene su isključivo za proizvodnju električne energije; danas je u Europi zapušten neki drugi način njihova korištenja (vodenički mlinovi – posljednji su napušteni po prilici polovinom 20. stoljeća; sporadično funkcioniraju i danas negdje u turističke i etnografske svrhe). Primarna energija vodnih snaga uračunava se u bilance kao bruto proizvodnja električne energije, uz – prema konvenciji – stupanj djelovanja 100 %, dakle 1 kWh bruto proizvodnje odgovara 3,6 MJ ulazne energije.

Za vodne snage karakteristično je to da su promjene njihove raspoloživosti sporije, da se odvijaju barem donekle sukladno godišnjim dobima (na određenim vodotocima ovako, a na drugim vodotocima onako), ali da varijacije ukupne godišnje proizvodnje znaju biti reda vrijednosti dva ili više. Dakle, ako je u najvlažnijoj godini ostvareno 100 jedinica proizvodnje, u najsušnijoj godini se može pojaviti samo 50 ili čak manje jedinica proizvodnje, uz neizmijenjen ukupni park hidroelektrana.

c) Vjetar

Korištenje vjetrom za proizvodnju električne energije otpočelo je intenzivnije početkom posljednjeg desetljeća prošlog stoljeća i eksponencijalno raste sve do danas; teško je sagledati kraj tome rastu. Možda će najveće ograničenje stvarati nedovoljna prijenosna moć vodova za prijenos električne energije na velike udaljenosti, između područja s velikom gustoćom povoljnih vjetroelektrana i područja s velikom koncentracijom potražnje električne energije, odnosno područja s velikom koncentracijom konvencionalne proizvodnje, kao rezerve u razdobljima kada vjetra nema. Drugo ograničenje predstavljat će realna nemogućnost akumuliranja većih količina električne energije crpno-akumulacijskim hidroelektranama, jer ih naprosto nema dovoljno – za pohranu energije u razdobljima intenzivne vjetrene proizvodnje. Pridobivanje energije vjetra se također uračunava u bilanci primarne energije, prema ekvivalentu: 1 kWh električne proizvodnje odgovara 3,6 MJ ulazne energije vjetra (dakle kao da vjetroelektrana ima stupanj djelovanja 100 %).

Pridobivanje energije vjetra raslo je u EU tijekom razdoblja 2000–2010. godine prosječnom godišnjom stopom od 20,95 %, tablica 3.8. Dakle, svake nove godine narasla je proizvodnja – u prosjeku – za više od 1/5 u odnosu na prilike u prethodnoj godini. Tome je značajno pridonijela investicijska cijena koja je u današnje vrijeme postala podjednaka (ako ne i niža) od investicijske cijene termoelektrane na ugljen (dakako u novčanim jedinicama po jedinici snage). Međutim, odmah istaknimo: dok je trajanje godišnjeg iskorištenja vjetroelektrana po prilici 2 000 sati godišnje, dotle je moguće trajanje iskorištenja termoelektrane na ugljen 6 000–7 000 sati godišnje, dakle 1 megavat vjetroelektrane može godišnje proizvesti barem tri puta manje energije od 1 megavata

Vjetroelektranski park u Carmague u Francuskoj

termoelektrane. Dodajmo i to, da elektroenergetski sustav mora imati veliku rezervu u elektranama na stalne izvore energije koje će pokrivati opterećenje kad vjetar bude preslab ili prejak za funkcioniranje vjetroelektrana.

Najbrže je raslo pridobivanje energije vjetra u Francuskoj (prosječni godišnji rast od oko 62 %), Belgiji (preko 60 %) i Portugalu (oko 50 %); to su zemlje koje su imale vrlo nizak start u 2000. godini i tek u posljednjem desetljeću naglo su išle u izgradnju vjetroelektrana. Njemačka je već 2000. godine imala visok start te je ostvarila prosječni godišnji rast od oko 15 %, dakle niži od europskog prosjeka. Španjolska je imala upola niži start u 2000. godini od Njemačke, ali je uz visoku prosječnu godišnju stopu rasta (nešto veću od 25 %) preskočila po veličini ukupna vjetropridobivanja Njemačku u 2010. godini. Njemačka, uopće ima *peh* posljednjih godina: usprkos velikoj dogradnji vjetroelektrana, gotovo stagnira ukupna godišnja proizvodnja energije u njima; izložena je uzastopnom nizu vjetreno slabih godina.

d) Geotermalna energija

Eurostat ne prati geotermalnu, hidrotermalnu i aerotermalnu energiju, nazvanu ovdje unutarnja toplina tla, vode i zraka ili, kraće, unutarnja toplina oko-

Panorama Larderella, Italija, s geotermalnom elektranom 750 MW

line. Tako shvaćenom geotermalnom energijom razumijeva se toplina ispod površine tla ali na razumno manjim dubinama.

U smislu ovog praćenja, promatra se geotermalna energija s relativno većih dubina koja se prilikom pridobivanja, na površini javlja kao vrući izvor vode odnosno kao vrela para. I koristi izravno u toplinske svrhe za zagrijavanje ili kao sanitarna topla voda ili preobražava u električnu energiju ili u električnu energiju i toplinu u spojenom procesu proizvodnje.

Ne koristi se, ili se koristi danas doista sporadično, u 13 zemalja-članica EU, dakle u polovini zemalja ne radi se o lokacijama pogodnim za iskorištavanje geotermalne energije, najčešće radi se o premalenoj temperaturi na nalazištu. U tom pogledu najzanimljiviji je Island (ali koji za sada nije članica Europske unije); u njemu je ostvareno pridobivanje geotermalne energije sumjerljivo polovini pridobivanja u čitavoj Europskoj uniji, uz vrlo velike još neiskorištene potencijale, jer nema potražnje kamo bi je plasirao (udaljena otočka zemlja!).

Geotermalna energija sudjeluje u pridobivanju obnovljive energije u EU-27 2010. godine s 3,5 %, uz ostvareni prosječni godišnji rast od 2,24 %, tablica 3.9. Većina geotermalne energije (81 %) koristi se u geotermalnoj elektrani *Larderello* u Italiji, čije početno korištenje – doduše doista skromnom snagom, za svijetljenje nekoliko žarulja – seže u 1904. godinu. Danas koristi oko 4 800 ktoe geotermalne topline. Slijedi Njemačka s približno desetak puta manjim godišnjim korištenjem.

Tablica 3.9. Pridobivanje geotermalne i energije Sunčeva zračenja u EU (ktoe)

Zemlja	Geotermalna energija			Sunčevo zračenje		
	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %
EU-27	**4712**	**5881**	**2,24**	**430**	**3686**	**23,97**
Belgija	3	4	2,92	1	60	50,60
Bugarska	0	33	–	0	12	–
Češka	0	0	–	0	62	–
Danska	3	10	12,79	8	16	7,18
Njemačka	123	529	15,71	115	1452	28,86
Estonija	0	0	–	0	0	–
Irska	0	0	–	0	6	–
Grčka	2	27	29,73	99	197	7,12
Španjolska	5	16	12,33	33	1019	40,92
Francuska	126	91	–3,20	17	108	20,31
Italija	4259	4762	1,12	12	298	37,88
Cipar	0	1	–	35	61	5,71
Latvija	0	0	–	0	0	–
Litva	0	5	–	0	0	–
Luksemb.	0	0	–	0	3	–
Mađarska	86	99	1,42	0	5	–
Malta	:	:	–	:	:	–
Nizozemska	0	8	–	11	29	10,18
Austrija	25	35	3,42	63	171	10,50
Poljska	3	13	15,79	0	2	–
Portugal	70	190	10,50	18	76	15,49
Rumunjska	7	23	12,63	0	0	–
Slovenija	0	28	–	0	6	–
Slovačka	0	8	–	0	0	–
Finska	0	0	–	1	1	0,00
Švedska	0	0	–	5	11	8,20
Ujed.Kralj.	1	1	0,00	11	90	23,39
Hrvatska	**0**	**7**	**–**	**0**	**5**	**–**

Oznaka ":" znači da je podatak nepoznat, preuzeto kao simbol iz Eurostata.
Izvor: eurostat, 9.9.2012.

e) Energija Sunčeva zračenja

Danas se energija Sunčeva zračenja komercijalno može koristiti: toplinski pomoću kolektora ili koncentratora i fotonaponski pomoću fotoćelija. Toplinsko koncentrirano Sunčevo zračenje može se koristiti izravno toplinski (primjerice u pećima za taljenje metala vrlo visoke čistoće) ili se opet svodi na zagrijavanje kotla i proizvodnju pare i potom u parnoj turbini na proizvodnju okretne mehaničke energije koja se generatorom preobražava u električnu energiju.

Najširu primjenu ima fotonaponski sustav, u početku prigušenu vrlo visokom cijenom i malim stupnjem djelovanja kod pretvorbe dozračene energije u električnu energiju te time velike zauzete površine za iole veću proizvodnju energije i naglašeno velikim – za sada ekonomično nesavladivim – problemom: noću nema uopće proizvodnje, a najveća je svakog neoblačnog a ljetnog podneva. Danas munjevito raste takva primjena, jer se su svjetske cijene ukupne fotonaponske opreme u desetak posljednjih godina snizile gotovo desetak puta, pa je to osnova masovnoj, a usput, jednostavnoj primjeni.

Fotonaponsko postrojenje 11 MW u blizini Serpa, jugoistočni Portugal

Koncentrirajuća sunčana elektrana kraj Seville, Španjolska, 183 MW

Još je jeftinija i samo donekle složenija kolektorska primjena Sunčeva zračenja za pripremu tople vode za zagrijavanje i sanitarne potrebe.

U razdoblju 2000–2010. ostvaren je najbrži rast ukupnog korištenja Sunčeva zračenja (dakle fotonaponski, kolektorima i koncentratorima) u EU, prosječnom godišnjom stopom rasta od oko 24 %, dakle svake se nove godine pridobivanje povećalo za četvrtinu onoga iz prethodne godine, tablica 3.9. I tako, prosječno, jednako u svih 10 posljednjih godina (a u godinama što slijede: 2011. i 2012, valjda još i više, samo o tome nema još podataka na *Eurostatu*). Najbrži rast ostvaren je u Belgiji (prosječno 50,6 % godišnje), pa u Španjolskoj (oko 41 % godišnje), Italiji (37,88 %) i Njemačkoj (28,86 %).

Najveći udio u ukupnom pridobivanju Sunčeva zračenja ima Njemačka, oko 40 % pridobivanja u EU-u u 2010. godini. Slijedi Španjolska s oko 28 %. Dakle, u te dvije zemlje (jednoj sredozemnoj, a drugoj srednjoeuropskoj) ostvaruje se više od dvije trećine sveukupna pridobivanja energije Sunčeva zračenja u EU.

Korištenje Sunčevim zračenjem fotonaponskim putem uračunava se u energetske bilance također konvencijom da je stupanj djelovanja fotoćelija 100 % (što je jako daleko od istine), dakle 1 kWh bruto proizvodnje odgovara 3,6 MJ dozračene Sunčeve energije.

3.10. Proizvodnja i potrošnja električne energije

Nekako je najzanimljiviji oblik transformirane (i finalne) energije: električna energija i to stoga što je to sveprisutan oblik energije u normalnom životu i radu svakog čovjeka koji živi civiliziranim životom, što je to oblik energije koji se može transformirati iz svakog prirodnog oblika energije (a neki se prirodni oblik ne dade uopće drugačije danas koristiti: niskokalorični ugljen – jer bi njegov transport bio energetski toliko zahtjevan da bi se više energije potrošilo u transportu nego li bi se dobilo pri korištenju na iole većoj udaljenosti od rudnika, nuklearno gorivo, vodne snage i vjetar), stoga što je to oblik energije čije se područje korištenja neprekidno širi i – time – podložan je neprekidnom rastu, jednostavan je prijenos na velike udaljenosti i razdioba do svakog kupca-potrošača, ima jednostavne i jeftine – kako instalacije kod kupaca-potrošača – tako i masovno proizvedene uređaje za korištenje (trošila) ...

Bruto proizvodnja električne energije je ona što se ostvarila izravno na generatorima ili drugim uređajima za proizvodnju električne energije. (Neto proizvodnja bi bila bruto proizvodnja umanjena za vlastitu potrošnju električne energije u elektranama.)

Ukupna bruto proizvodnja električne energije u Europskoj uniji u 2010. godini bila je 3 346 TWh i rasla je prosječnom godišnjom stopom od 1,01 % tijekom razdoblja 2000–2010. godine, tablica 3.10.

Neto uvoz, razlika između uvoza i izvoza u treće zemlje – prema podacima udruge ENTSO-E[18] – za zemlje-članice EU-27 bio je u 2010. godini 3,8 TWh, za toliko se više energije uvezlo u EU nego li se iz nje izvezlo [2]. To je zanemarivih oko 1 promil bruto proizvodnje; praktično je bruto proizvodnja izjednačena s bruto potrošnjom, na razini EU u cjelini.

To dakako ne znači da je saldo razmjene među zemljama-članicama EU-27 također malen, ali to se odvija unutar *vlastite kuće*. Francuska, primjerice, izvezla je 48,6 TWh svoje proizvodnje u 2010. godini a Italija istovremeno uvezla 45,9 TWh u toj godini!

Vlastita je potrošnja elektrana i energetskog gospodarstva (uključivo energija za crpljenje u crpno-akumulacijske hidroelektrane, CAHE) te gubici u prijenosnoj i distribucijskoj električnoj mreži jednaki su razlici onoga što je ukupno bruto proizvedeno i onoga što je ukupno finalno potrošeno; to vrijedi za razinu EU-a u cjelini.

Kako je ukupna finalna potrošnja električne energije u 2010. godini u EU-u bila 2 837 TWh, izlazi da su ukupni gubici i vlastita potrošnja bili 3 346 – 2 837 = 509 TWh ili 15 % bruto proizvodnje. A predstavljaju 90 % bruto proizvodnje svih francuskih elektrana u toj godini. Prema tome, gotovo sve francuske elektrane trebale bi se *vrtjeti* punom snagom, kada bi se njima trebala namiriti vlastita potrošnja svih elektrana i energetskog gospodarstva te gubici u svim električnim mrežama Europske unije. Malo neočekivano, ali je istinito!

[18] ENTSO-E je udruga europskih operatora prijenosnih elektroenergetskih sustava, obuhvaća – pored zemalja-članica EU – još neke europske zemlje: Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu, Švicarsku, Island, Crnu Goru, Makedoniju, Norvešku i Srbiju.

Tablica 3.10. Bruto proizvodnja i finalna potrošnja električne energije u EU (TWh)

Zemlja	Bruto proizvodnja			Finalna potrošnja		
	2000.	2010.	rast, %	2000.	2010.	rast, %
EU-27	**3025,2**	**3345,6**	**1,01**	**2518,9**	**2836,6**	**1,19**
Belgija	84,0	95,1	1,25	77,5	83,3	0,72
Bugarska	40,9	46,7	1,32	24,2	27,1	1,12
Češka	73,5	85,9	1,58	49,4	57,2	1,48
Danska	36,1	38,8	0,73	32,5	32,1	–0,12
Njemačka	576,5	627,9	0,86	483,4	529,0	0,90
Estonija	8,5	13,0	4,30	5,0	6,9	3,29
Irska	24,0	28,6	1,78	20,3	25,2	2,18
Grčka	53,8	57,4	0,64	43,1	53,1	2,10
Španjolska	224,5	303,1	3,05	188,5	260,6	3,29
Francuska	540,7	569,0	0,51	384,9	444,1	1,44
Italija	276,6	302,1	0,88	273,0	299,3	0,93
Cipar	3,4	5,3	4,72	3,0	4,9	4,99
Latvija	4,1	6,6	4,83	4,5	6,2	3,33
Litva	11,4	5,7	–6,64	6,2	8,3	3,00
Luksemburg	1,2	4,6	14,66	5,8	6,6	1,34
Mađarska	35,2	37,4	0,60	29,4	34,2	1,51
Malta	1,9	2,1	0,98	1,6	1,6	0,22
Nizozemska	89,6	118,1	2,80	97,8	106,9	0,89
Austrija	61,3	71,1	1,51	51,5	61,3	1,75
Poljska	145,2	157,7	0,83	98,6	118,5	1,85
Portugal	43,8	54,1	2,14	38,4	49,9	2,66
Rumunjska	51,9	60,6	1,56	33,9	41,3	1,99
Slovenija	13,6	16,4	1,89	10,5	12,0	1,29
Slovačka	31,2	27,8	–1,12	22,0	24,1	0,92
Finska	70,0	80,7	1,43	75,7	83,5	0,99
Švedska	145,3	148,6	0,23	128,7	131,2	0,19
Ujed. Kralj.	377,1	381,1	0,11	329,4	328,3	–0,03
Hrvatska	**10,6**	**14,1**	**2,89**	**11,7**	**15,9**	**3,06**

Izvor: eurostat, 9.9.2012.

Tolika finalna potrošnja čini 16,9 % ukupne svjetske finalne potrošnje električne energije uz – kako je već rečeno – 7,4 % udjela u stanovništvu, dakle u pogledu raspolaganja električnom energijom prosječni stanovnik EU više je nego dvostruko *bogatiji* od raspolaganja prosječna stanovnika svijeta.

Finalna potrošnja je ona energija koja je predana kupcima-potrošačima (industriji, prometu, kućanstvima i ostalim kupcima) iz energetskog gospodarstva, ne uključuje gubitke u mrežama ili vlastitu potrošnju elektrana i energetskoga gospodarstva. Da bi ostvarili korisne oblike energije kod kupaca se zbivaju još konačni gubici pretvorba preuzete električne energije u svjetlo, toplinu, mehanički rad ili kemijsku energiju (korisne oblike energije).

Zemlje s najvećom bruto proizvodnjom električne energije su: Njemačka (18,8 % ukupne proizvodnje u EU), Francuska (17 %) i Ujedinjeno Kraljevstvo (11,4 %). Te tri zemlje zajedno proizvedu gotovo polovinu proizvodnje u EU, točno 47,2 %. Francuska je *treća* u svijetu prema apsolutnoj vrijednosti neto izvoza električne energije a Italija *prva* u svijetu po apsolutnoj vrijednosti neto uvoza.

Posvetimo se proizvodnji i snazi elektrana u EU-27 u kojima je proizvedena ukupna električna energija u 2010. godini. U tablici 3.12. prikazana je neto proizvodnja (dakle bruto proizvodnja umanjena za vlastitu potrošnju elektrana; dakle ono što *prelazi ogradu elektrana*), a u tablici 3.13. prikazane su neto instalirane snage (tzv. *snage na pragu elektrana,* dakle bruto instalirane snage umanjene za snagu vlastite potrošnje elektrana) za pojedine glavne tipove elektrana u EU-27:

- nuklearne elektrane
- termoelektrane
- hidroelektrane (velike i male)
- elektrane na ostale OIE, dakle sve osim hidroelektrana
- elektrane na ostale izvore energije (ali ne OIE).

Iskazani su i udjeli vjetroelektrana te sunčanih elektrana u elektranama na ostale OIE, dakako preostatak čine sve druge elektrane na OIE (na biomasu i otpad, bioplin, geotermalne). Konačno iskazan je i zbroj proizvodnjâ i snaga hidroelektrana te elektrana na ostale OIE, kako bi se dobila ukupna proizvodnja i snaga elektrana na sve obnovljive izvore energije. Pojedini članovi tih podskupova ispisani su *kurzivom*.

Ukupna neto proizvodnja svih elektrana u EU-27 u 2010. godini bila je 3 120 TWh (tablica 3.12), a ukupna bruto proizvodnja 3 346 TWh (tablica 3.10.), time je ukupna vlastita potrošnja svih elektrana u EU-27 bila u toj godini 226 TWh ili 6,8 % ukupne bruto proizvodnje.

Kako je finalna potrošnja u toj godini bila 2 837 TWh (tablica 3.10.), to izlazi da su gubici u mreži (prijenosnoj i distribucijskoj), vlastita potrošnja ener-

getskog gospodarstva (osim vlastite potrošnje elektrana) i energija za crpljenje u CAHE bili 283 TWh ili 9,1 % ukupne neto proizvodnje (jer se neto proizvodnja nalazi na *ulazu* u mrežu, a finalna potrošnja na njezinu *izlazu*).

Ukupna neto instalirana snaga svih elektrana u EU-27 bila je 2010. godine 842 GW (tablica 3.13.). Radi usporedbe, to je gotovo točno 200 puta veća snaga od ukupne instalirane snage svih elektrana u Hrvatskoj 2010. godine!

Ukupne neto proizvodnje i neto instalirane snage svih elektrana i udjeli pojedinih tipova elektrana u ukupnoj proizvodnji, odnosno instalaciji u 2010. godini, prikazani su tablicom 3.11. (koja predstavlja sintezu narednih tablica, 3.12. i 3.13).

Tablica 3.11. Udjeli elektrana u neto proizvodnji i instaliranoj snazi u EU u 2010. godini

Opis	Nuklearne elektrane	Termoelektrane	Hidroelektrane	Elektrane na ostale obnovljive izvore	– u tome: vjetroelektrane	– u tome: sunčane elektrane	Ukupno elektrane na OIE	Ostale elektrane	Sveukupno
Neto proizvodnja, TWh	870,7	1609	383,1	245	*139,3*	*20,9*	*628,1*	11,9	3119,9
Udjeli u proizvodnji, %	**27,9**	**51,6**	**12,3**	**7,9**	***4,5***	***0,7***	***20,1***	**0,4**	**100**
Neto instal. snaga, GW	131,2	440,2	143,5	121,1	*79,9*	*26,0*	*264,6*	6,4	842,3
Udjeli u snazi, %	**15,6**	**52,3**	**17,0**	**14,4**	***9,5***	***3,1***	***31,4***	**0,8**	**100**

Kurzivom ispisani stupci ne ulaze u zbrojeve redaka!
Izvor: ENTSO-E, Memo 2010.

Uočimo *bitno*: elektrane na OIE predstavljaju gotovo jednu *trećinu* (31,4 %) ukupne instalirane snage svih elektrana, a u njima je proizvedena jedna *petina* (20,1 %) ukupne proizvodnje u svim elektranama EU-27 u 2010. godini!

Nešto preko polovine je podjednaki udio termoelektrana, kako u proizvodnji (51,6 %), tako i u instaliranoj snazi (52,3 %). Njima su obuhvaćene sve elektrane na fosilna goriva (ugljen, naftu i prirodni plin).

Nuklearne elektrane ostvarile su gotovo dvostruki udio u proizvodnji (27,9 %) od svoga udjela u instaliranoj snazi (15,6 %), imaju dakle vrlo visoko (najviše od svih tipova elektrana) godišnje trajanje, *iskorištenje*, instalirane snage.

Tablica 3.12. Neto proizvodnja električne energije elektrana u EU u 2010. godini (TWh)

Zemlja	NE	TE	HE	OOI	*-VE*	*-SE*	*OIE*	Ost.	Ukupno
EU-27	**870,7**	**1609**	**383,1**	**245**	***139,3***	***20,9***	***628,1***	**11,9**	**3119,9**
Belgija	45,7	35,8	1,7	6,6	*1,3*	*0,2*	*8,3*	0	89,8
Bugarska	14,2	21,1	5,4	0,3	*0,3*	*0*	*5,7*	0	41,0
Češka	26,4	48,7	3,4	0,9	*0,3*	*0,6*	*4,3*	0	79,4
Danska	0	26,3	0	10,4	*7,8*	*0*	*10,4*	0	36,7
Njemačka	133,4	344,3	21,7	73,8	*36,7*	*10,9*	*95,5*	0	573,2
Estonija	0	10,5	0	0,8	*0,3*	*0*	*0,8*	0	11,3
Irska	0	23	0,7	2,8	*2,8*	*0*	*3,5*	0,3	26,8
Grčka	0	37,9	7,4	2,5	*2,1*	*0,1*	*9,9*	0	47,9
Španjolska	59,1	119,9	44,4	55,6	*42,7*	*6,7*	*100*	0,4	279,4
Francuska	407,9	59,4	68	15	*9,6*	*0,6*	*83*	0	550,3
Italija	0	218,1	53,2	15	*8,4*	*1,6*	*68,2*	0	286,3
Cipar	0	5,2	0	0	*0*	*0*	*0*	0	5,3
Latvija	0	2,8	3,5	0,1	*0,1*	*0*	*3,6*	0	6,4
Litvanija	0	3,3	1,2	0,3	*0,2*	*0*	*1,5*	0	4,8
Luksemburg	0	2,9	1,4	0,2	*0,1*	*0*	*1,6*	0	4,5
Mađarska	14,8	16,5	0,2	2,3	*0,5*	*0*	*2,5*	0	33,8
Malta	0	2,1	0	0	*0*	*0*	*0*	0	2,1
Nizozemska	3,8	99,5	0	10,4	*4*	*0*	*10,4*	0	113,7
Austrija	0	24,6	36,5	0	*0*	*0*	*36,5*	9,6	70,7
Poljska	0	140,3	3,4	2,1	*1,8*	*0*	*5,5*	0	145,8
Portugal	0	23,9	16,3	11,5	*9*	*0,2*	*27,8*	0	51,7
Rumunjska	10,7	25,3	20,2	0,4	*0,3*	*0*	*20,6*	0	56,6
Slovenija	5,4	4,8	4,2	0	*0*	*0*	*4,2*	0	14,4
Slovačka	13,6	5,6	5,5	0,5	*0*	*0*	*6*	0,9	26,1
Finska	21,9	31	12,8	10,6	*0,3*	*0*	*23,4*	0,7	77,0
Švedska	55,6	7,8	66,2	15,4	*3,5*	*0*	*81,6*	0	145,0
Ujed.Kralj.	58,2	268,4	5,8	7,5	*7,2*	*0*	*13,3*	0	339,9
Hrvatska	**0**	**4,8**	**8,3**	**0,1**	***0,1***	***0***	***8,4***	**0**	**13,3**

Izvor: ENTSO-E, Memo 2010.
Značenje kratica u zaglavlju tablice:

NE	Nuklearne elektrane
TE	Termoelektrane
HE	Hidroelektrane
OOI	Elektrane na ostale OIE
-VE	*– u tome: vjetroelektrane*
-SE	*– u tome: sunčane elektrane*
OIE	Elektrane na sve OIE: HE+OOI
Ost.	Elektrane na ostale izvore

Kurzivom ispisani stupci ne ulaze u zbrojeve redaka!

Tablica 3.13. Neto instalirana snaga elektrana u EU u 2010. godini (MW)

Zemlja	NE	TE	HE	OOI	*-VE*	*-SE*	*OIE*	Ost.	Ukupno
EU-27	**131159**	**440183**	**143480**	**121146**	***79899***	***25996***	***264626***	**6364**	**842332**
Belgija	5945	8668	1421	2659	*888*	*768*	*4080*	0	18693
Bugarska	2000	6451	3108	513	*488*	*25*	*3621*	0	12072
Češka	3666	10892	2203	2177	*218*	*1959*	*4380*	0	18938
Danska	0	8867	9	3802	*3802*	*0*	*3811*	697	13375
Njemačka	20300	69300	10700	47400	*26600*	*16600*	*58100*	4500	152200
Estonija	0	2324	7	156	*156*	*0*	*163*	0	2487
Irska	0	6219	508	1538	*1538*	*0*	*2046*	208	8473
Grčka	0	9396	3215	1322	*1039*	*153*	*4537*	0	13933
Španjolska	7525	44753	19040	24860	*19821*	*4104*	*43900*	131	96309
Francuska	63130	27403	25418	7559	*5603*	*762*	*32977*	0	123510
Italija	0	74371	21370	7190	*5111*	*1326*	*28560*	0	102931
Cipar	0	1385	0	82	*82*	*0*	*82*	0	1467
Latvija	0	848	1555	59	*37*	*0*	*1614*	0	2462
Litvanija	0	2539	875	193	*161*	*0*	*1068*	0	3607
Luksemburg	0	509	1128	95	*43*	*27*	*1223*	0	1732
Mađarska	1892	6181	50	630	*240*	*0*	*680*	0	8753
Malta	0	571	0	0	*0*	*0*	*0*	0	571
Nizozemska	480	22005	37	2943	*2273*	*68*	*2980*	0	25465
Austrija	0	7389	12665	1031	*1002*	*0*	*13696*	0	21085
Poljska	0	29612	2331	1366	*1274*	*0*	*3697*	0	33309
Portugal	0	8547	4988	4370	*3705*	*122*	*9358*	0	17905
Rumunjska	1300	9166	6087	501	*479*	*0*	*6588*	0	17054
Slovenija	696	1282	1063	0	*0*	*0*	*1063*	0	3041
Slovačka	1820	2614	2478	143	*3*	*82*	*2621*	725	7780
Finska	2646	9004	3133	2254	*197*	*0*	*5387*	44	17081
Švedska	9151	5035	16200	5315	*2163*	*0*	*21515*	0	35701
Ujed.Kralj.	10608	64852	3891	2988	*2976*	*0*	*6879*	59	82398
Hrvatska	**0**	**1781**	**2113**	**116**	***79***	***0***	***2229***	**0**	**4010**

Izvor: ENTSO-E, Memo 2010.
Značenje kratica u zaglavlju tablice:

NE	Nuklearne elektrane
TE	Termoelektrane
HE	Hidroelektrane
OOI	Elektrane na ostale OIE
-VE	*– u tome: vjetroelektrane*
-SE	*– u tome: sunčane elektrane*
OIE	Elektrane na sve OIE: HE+OOI
Ost.	Elektrane na ostale izvore

Kurzivom ispisani stupci ne ulaze u zbrojeve redaka!

Velike i male hidroelektrane imale su ukupnu snagu od 144 GW i sudjelovale su u ukupnoj snazi svih elektrana sa 17 %, a u energiji s 12,3 %. Ne raspolaže se udjelom malih HE u toj ukupnoj snazi hidroelektrana. Omjer snage hidroelektrana EU-27 i hrvatskih hidroelektrana je 70, dakle znatno manji nego li omjer svih elektrana EU-27 prema hrvatskim (malo prije rečeno: 200)! Dakle, Hrvatska je tri puta bogatija hidroelektranama, po udjelu u snazi, od EU-27.

Elektrane na ostale obnovljive izvore energije (dakle sve, osim velikih i malih HE), imale su ukupnu snagu od 121 GW, dakle snaga im se već približava ukupnoj snazi hidroelektrana. Sudjeluju s 14,4 % u ukupnoj snazi svih elektrana u EU-27, ali samo sa 7,9 % u ukupnoj proizvodnji.

Vjetroelektrane u ostalim obnovljivim izvorima sudjeluju najviše, njihova snaga na kraju 2010. godine bila je 80 GW – činile su dakle preko 1/3 snage elektrana na sve obnovljive izvore (dakle ostale obnovljive izvore i hidroelektrane zajedno). Proizvele su 139 TWh ili 4,5 % ukupne proizvodnje u EU, a u ukupnoj snazi sudjelovale su s 9,5 %.

Sunčane elektrane (tu nisu samo fotonaponski sustavi, nego i elektrane s koncentriranim korištenjem Sunčeva zračenja za toplinsko-električnu pretvorbu) imale su instaliranu snagu od 26 GW, sudjeluju s 3,1 % u ukupnoj snazi svih elektrana u EU-27, ali samo sa 0,7 % u ukupnoj proizvodnji.

Elektrane na preostale OIE (na biomasu i otpad, bioplin, geotermalne) imale su nižu snagu od svih drugih sudionika u ostalim OIE: samo 15 GW ili 1,8 % u ukupnoj snazi svih elektrana u EU-27, i s udjelom od 85 TWh ili 2,7 % u ukupnoj proizvodnji. *Jedino one*, među svim elektranama na OIE, sudjeluju više u proizvodnji od njihova učešća u snazi. Šteta što ih je relativno malo, ali razumljivo: zapravo velika količina nekomercijalnih goriva koristi se za transformaciju u toplinu a ne električnu energiju.

Sveukupna snaga elektrana na sve obnovljive izvore energije (dakle hidroelektrana i elektrana na ostale OIE) bila je u EU-27 u 2010. godini 265 GW i u njima je proizvedeno 628 TWh. Preostatak od 577 GW činila je snaga elektrana na iscrpive izvore energije – nuklearnih elektrana, termoelektrana i elektrana na ostale izvore energije, i u njima je proizvedeno 2942 TWh.

Dakle, jednim kilovatom snage u elektranama na iscrpive izvore proizvedeno je 5 100 kilovatsati, a jednim kilovatom snage u elektranama na obnovljive izvore proizvedeno je 2 370 kilovatsati, u prosječnim prilikama u EU-27, u 2010. godini.

Ili: jedan vat (kilovat, megavat) elektrana na iscrpive izvore energije proizvede više no dvostruko električne energije, nego jedan vat (kilovat, megavat) elektrana na obnovljive izvore energije.

3.11. Udio biogoriva u ukupnom gorivu za cestovni promet

Direktivom 2003/30/EC uređena je obveza da energetski udio biogoriva u cestovnom prometu krajem 2010. godine dosegne razinu od 5,75 % ukupna energetskoga sadržaja motorskog goriva u svakoj zemlji-članici Europske unije.

Tablica 3.14. Udio biogoriva u gorivu za cestovni promet u EU (%)

Zemlja	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.
EU-27	**1,9**	**2,7**	**3,5**	**4,2**	**4,7**
Belgija	0,2	1,3	1,3	3,3	4,3
Bugarska	0,6	0,4	0,5	0,6	1
Češka	0,8	1	2,2	3,8	4,6
Danska	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Njemačka	5,5	6,6	6,1	5,3	5,7
Estonija	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Irska	0,1	0,5	1,3	1,9	2,4
Grčka	0	1,3	1,1	1,1	1,9
Španjolska	0,7	1,2	1,9	3,5	4,7
Francuska	2	3,6	5,6	6,1	6,1
Italija	0,9	0,9	2,4	3,8	4,8
Cipar	0,1	0	1,9	2	2
Latvija	1,1	0,8	0,9	1,2	3,3
Litva	1,7	3,6	4,1	4,2	3,6
Luksemburg	0,1	2,1	2,1	2,2	2
Mađarska	0,4	1	4,1	4,2	4,7
Malta	0	0	0	0	0,3
Nizozemska	0,5	2,9	2,6	4,2	3
Austrija	4	4,8	6,4	6,5	5,4
Poljska	0,9	0,9	3,4	4,8	5,9
Portugal	1,3	2,4	2,4	3,9	5,6
Rumunjska	0,8	1,7	1,7	1,6	3,2
Slovenija	0,4	1,1	1,5	2	2,9
Slovačka	3	5	6,4	9,2	7,8
Finska	0,4	0,4	2,4	4,1	3,9
Švedska	4,9	5,9	6,6	7,3	7,7
Ujedinjeno Kraljevstvo	0,5	0,9	2	2,6	3
Hrvatska	**0,4**	**0,4**	**0,4**	**0,4**	**0,4**

Izvor: eurostat, 15.9.2012.

Polja uljane repice u cvatu u Njemačkoj

Zemlje Europske unije u cjelini, postigle su u 2010. godini udio biogoriva od 4,7 %, dakle relativno dobro ili osrednje približile su se, u cjelini, zadanome cilju, tablica 3.14. Potpuno su ostvarile zadani cilj: Njemačka, Francuska, Poljska, Portugal (samo za jednu desetinu postotka manje) te Slovačka (najviše prekoračila) i Švedska.

Direktiva 2009/28/EC, odredila je ponašanje nakon 2010. godine; kao cilj za 2020. godinu odredila je svim zemljama-članicama EU da energetski udio biogoriva u cestovnom prometu krajem 2020. godine dosegne razinu od 10 % ukupna energetskoga sadržaja motorskog goriva. Ta je zadaća u okviru ukupnog ciljnog udjela za svaku pojedinu zemlju-članicu EU, određena kao zajednički podzadatak. Dakle: promatrati će se postignuće udjela biogoriva u ukupnoj potrošnji goriva i taj udio treba biti 10 % za sve zemlje u 2020. godini. Odvojeno od toga promatrat će se postignuće udjela sveukupnog korištenja OIE (uključivo i biogoriva) u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji, a ciljni udio tog pokazatelja je za svaku zemlju utvrđen različito.

Literatura uz 3. poglavlje

[1] www.eurostat.eu

[2] ENTSO-E, Memo 2010, Bruxelles, 2011.

[3] *Heating and cooling from renewable energies*, Directorate Genaral Transport and Energy, EU Commission, 15.6.2007.

[4] *Erneuerbare Energien 2011*, Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, travanj 2012.

[5] *Renewable energy*, eurostat-Statistics in focus, 44/2012.

4. Prilike u Hrvatskoj

4.1. Uvod

Veće korištenje obnovljivim izvorima u Hrvatskoj, vremenski zaostaje za takvim kretanjem u Europi. Teško je reći zašto, ali ovaj autor dopušta sebi iznijeti svoj odgovor. Mi (Hrvati) naprosto smo spori za bilo što čemu treba efikasno i efektno pristupiti; za što Nijemcima, Šveđanima ili Česima treba tjedan-dva, mi trebamo mjesec ili tri mjeseca, za što drugima treba godina, nama treba nekoliko godina ili "zauvijek" (pa to uopće ne ostvarimo). Nejasan je, u takvom kontekstu, jedino odnos hrvatskih ljudi prema posvemašnjoj i zapravo doista pretjeranoj (a, iskreno, mjesečno skupoj) *mobitelizaciji* ili svojedobno relativno masovnom korištenju satelitske televizije.

Znakovito je za hrvatskog prosječna čovjeka i to, da on apsolutno favorizira primjenu fotonaponskog korištenja Sunčeva zračenja (već toplinsko kolektorsko korištenje značajno manje, premda – vidjet će se: posve neutemeljeno) i primjenu vjetroelektrana, a korištenje biomasom (koju bi utemeljeno trebao favorizirati, ako ne iz drugog razloga – onda ugledavši se na stanovnike Europske unije) ne smatra vrijednim pažnje. Nema druge, nego zaključiti da se u pravilu ponaša prema staroj narodnoj "*kruha bez motike*" (ili možda prilagođenoj verziji: "*ležim u ladu, pijem pivo i gledam kako se brojilo vrti*"). Vidi o tome kratki članak, u odjeljku 6.5.

U Hrvatskoj početkom 2011. godine bilo 4 291 tisuća stanovnika (prema popisu iz 2011.), dakle stanovništvo Hrvatske je po broju jednako 0,85 % tadašnjeg stanovništva Europske unije.

4.2. Pravne prilike

Sredinom 2007. godine donesena je skupina zakona i podzakonskih akata, kojima je početno uređeno zakonodavno-pravno područje korištenja obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj; dakle posljednjih pet godina stvari se na tom području odvijaju na pravno uređeni način. U zemljama Europske unije (uglavnom

starim članicama, njih 15), te su stvari početno uređene pred već desetak ili više godina.

Osnovni hrvatski zakonski i podzakonski dokumenti koji uređuju za nas zanimljivo područje su:

- *Zakon o energiji* (NN 68/2001 s izmjenama i dopunama, posljednje u NN 127/2010)
- *Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče* (NN 33/2007) te nova *Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče* (NN 8/2011)
- *Uredba o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije* (NN 33/2007) s godišnjim izmjenama i dopunama (posljednja u NN 144/2011)
- *Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije* (NN 67/2007 i dopune NN 35/2011) te novi *Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije* (NN 88/2012)
- *Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije* (NN 67/2007), zamijenjen novim *Pravilnikom o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije* (NN 88/2012)
- *Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije* (NN 33/2007), zamijenjen novim *Tarifnim sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije* (NN 63/2012).

Zakonom o energiji uređuju se: mjere za sigurnu i pouzdanu opskrbu energijom i njenu učinkovitu proizvodnju i korištenje, akti kojima se utvrđuje i na temelju kojih se provodi energetska politika i planiranje energetskog razvitka, obavljanje energetskih djelatnosti, na tržištu ili kao javnih usluga te osnovna pitanja obavljanja energetskih djelatnosti. Između ostalog, za predmet ove knjige važne su one odredbe koje govore da je korištenje obnovljivim izvorima u interesu Republike Hrvatske te da će se Pravilnikom o korištenju obnovljivih izvora energije, kojeg donosi ministar, odrediti obnovljivi izvori energije koji se koriste za proizvodnju energije, njihova vrsta, tehnologija i mogućnost korištenja.

Uredbom o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče, iz 2007. godine, uređeno je da:

- do 31. prosinca 2010. godine minimalni udio električne energije proizvedene u postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije čija se proizvodnja potiče, iznosit će 5,8 % u ukupnoj potrošnji električne energije

- do 31. prosinca 2010. godine minimalni udio električne energije proizvedene u kogeneracijskim postrojenjima (koristila ona OIE ili ne) čija se proizvodnja potiče i isporučene u prijenosnu odnosno distribucijsku mrežu, iznosit će 2,0 % u ukupnoj potrošnji električne energije.

Ukupna potrošnja električne energije, prema Uredbi, predstavlja ukupnu proizvodnju električne energije u Republici Hrvatskoj uvećanu za uvoz i umanjenu za izvoz. Tu je zakonodavac bio nedovoljno precizan; radi li se o ukupnoj bruto- ili neto-proizvodnji. Pretpostavimo da se radi o neto-proizvodnji, jer se njoj fizikalno dodaje neto uvoz.

Startni udjeli, konstatirani tom Uredbom bili su, u 2007. godini:

- udio električne energije proizvedene u poticanim postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije iznosi 1,8 % ukupne potrošnje električne energije
- udio električne energije proizvedene u poticanim kogeneracijskim postrojenjima iznosi 0,6 % ukupne potrošnje električne energije.

Dopunama tog pravilnika, iz 2011. godine, uređeno je: minimalni udio električne energije čija se proizvodnja potiče u ukupnoj neposrednoj potrošnji (tada je zakonodavac smatrao da je postao jasniji, ali se i dalje poziva na to da je ukupna neposredna potrošnja jednaka ukupnoj proizvodnji uvećanoj za uvoz a umanjenoj za izvoz; što je s gubicima u mreži i vlastitom potrošnjom elektrana?) električne energije do 31. prosinca 2020. godine bit će:

- iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije 13,6 %
- iz kogeneracijskih postrojenja, čija se proizvodnja električne energije isporučuje u prijenosnu, odnosno distribucijsku mrežu 4 %.

Time bi se trebalo osigurati da sveukupno korištenje obnovljivim izvorima (ne samo za korištenje u proizvodnji električne energije) u Hrvatskoj naraste na barem 20 % u 2020. godini, koliko od nas traži Direktiva EU 2009/28/EC o promicanju korištenja energijom iz obnovljivih izvora.

Prema ***Uredbi o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije***, koju je donijela Vlada Republike Hrvatske, od 1. srpnja 2007. godine započela je naplata naknade za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (skraćeno: naknada za poticanje) od svih kupaca električne energije u Republici Hrvatskoj. Svi kupci električne energije dužni su plaćati naknadu za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (uz čiju naplatu se dodaje PDV). Prema Uredbi naknada bi se svake godine povećavala i iznosila bi:

- za 2007. godinu 0,89 lipa/kWh
- za 2008. godinu 1,98 lipa/kWh

– za 2009. godinu 2,71 lipa/kWh
– za 2010. godinu 3,50 lipa/kWh

No, naknada je već u 2008. i 2009. godini zadržana (izmjenama Uredbe) na 0,89 lipa/kWh jer se prikupilo više sredstava nego li je bilo potrošeno za plaćanje preuzete energije iz poticanih postrojenja, stoga što je izgradnja postrojenja za korištenje OIE i kogeneracije značajno podbacila, tako da je između početka 2010. godine pa za cijelu 2012. godinu utvrđena snižena naknada od 0,5 lipa/kWh, sukladno posljednjoj izmjeni Uredbe (NN 144/2011).

Pravilnikom o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije, iz 2007. godine te njegovim nebitnim dopunama iz 2011. godine, propisuju se uvjeti za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača električne energije koji status može steći nositelj projekta ili proizvođač koji u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije na gospodarski primjeren način usklađen sa zaštitom okoliša. Novim Pravilnikom istoga naziva, iz 2012. godine, preciznije se propisuju uvjeti za stjecanje i gubitak statusa povlaštenog proizvođača električne energije, prava i obveze povlaštenog proizvođača te nadzor nad radom povlaštenog proizvođača. Status povlaštenog proizvođača električne energije stječe se rješenjem Hrvatske energetske regulatorne agencije (HERA).

Pravilnikom o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije iz 2007. godine utvrđuju se obnovljivi izvori energije i kogeneracijska postrojenja koja se koriste za proizvodnju energije, propisuju uvjeti i mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije i kogeneracijskih postrojenja te uređuju druga pitanja od značaja za korištenje obnovljivim izvorima energije i kogeneracije. Također tim se pravilnikom propisuje oblik, sadržaj i način vođenja Registra projekata i postrojenja za korištenje obnovljivim izvorima energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača. Postrojenja koja za proizvodnju električne energije koriste obnovljive izvore energije dijele se na sljedeće grupe (prema zadnjoj verziji Pravilnika iz 2012. godine):

Grupa 1. Postrojenja priključena na distribucijsku mrežu koja koriste obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije instalirane električne snage do uključivo 1 MW:

a. sunčane elektrane
   a.1. sunčane elektrane instalirane snage do uključivo 10 kW
   a.2. sunčane elektrane instalirane snage veće od 10 kW do 30 kW
   a.3. sunčane elektrane veće od 30 kW
b. hidroelektrane
c. vjetroelektrane

d. elektrane na krutu biomasu, isključujući komunalni otpad
   d.1. elektrane na biomasu instalirane snage do uključivo 300 kW
   d.2. elektrane na biomasu instalirane snage veće od 300 kW
e. geotermalne elektrane
f. elektrane na bioplin iz poljoprivrednih kultura te organskih ostataka i otpada biljnog i životinjskog podrijetla
   f.1. elektrane na bioplin instalirane snage do uključivo 300 kW
   f.2. elektrane na bioplin instalirane snage veće od 300 kW
g. elektrane na tekuća biogoriva
h. elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda
i. ostale elektrane na obnovljive izvore.

Grupa 2. Postrojenja priključena na prijenosnu ili distribucijsku mrežu koja koriste obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije instalirane električne snage veće od 1 MW:

a. hidroelektrane instalirane snage do uključivo 10 MW
b. vjetroelektrane
c. elektrane na krutu biomasu, isključujući komunalni otpad
   c.1. elektrane na krutu biomasu instalirane snage do uključivo 2 MW
   c.2. elektrane na krutu biomasu instalirane snage veće od 2 MW do 5 MW
   c.3. elektrane na krutu biomasu instalirane snage veće od 5 MW do 10 MW
   c.4. elektrane na krutu biomasu instalirane snage veće od 10 MW
d. geotermalne elektrane
e. elektrane na bioplin iz poljoprivrednih kultura te organskih ostataka i otpada biljnog i životinjskog podrijetla
   e.1. elektrane na bioplin instalirane snage do uključivo 2 MW
   e.2. elektrane na bioplin instalirane snage veće od 2 MW do uključivo 5 MW
f. elektrane na tekuća biogoriva
g. elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda
h. ostale elektrane na obnovljive izvore
i. sunčane elektrane
j. elektrane na životinjsku mast instalirane snage do uključivo 5 MW.

Grupa 3. Kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage do uključivo 1 MW, priključena na distribucijsku mrežu:

a. kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage do uključivo 30 kW
b. kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 30 kW do 1 MW

Grupa 4. Kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 1 MW, priključena na prijenosnu ili distribucijsku mrežu:

a. kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 1 MW do 35 MW
b. kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 35 MW te sva kogeneracijska postrojenja priključena na prijenosnu mrežu.

Grupa 5. Individualna kogeneracijska postrojenja koja nisu priključena na prijenosnu ili distribucijsku mrežu.

Grupa 6. Individualna postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije, a nisu priključena na prijenosnu ili distribucijsku mrežu:

a. sunčane elektrane
b. hidroelektrane
c. vjetroelektrane
d. elektrane na biomasu
e. geotermalne elektrane
f. elektrane na bioplin i tekuća biogoriva
g. elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda
h. kombinacija postrojenja iz grupe 6
i. ostale elektrane na obnovljive izvore.

Grupa 7. Individualni sustavi instalirane toplinske snage do uključivo 30 kW:

a. sustavi za pripremu sanitarne tople vode i/ili grijanje pomoću solarnih kolektora
b. sustavi za pripremu sanitarne tople vode i/ili grijanje korištenjem energije okoliša
c. sustavi za pripremu tople vode i/ili grijanje korištenjem biomase.

Grupa 8. Individualni sustavi instalirane toplinske snage veće od 30 kW:

a. sustavi za pripremu sanitarne tople vode i/ili grijanje pomoću solarnih kolektora
b. sustavi za pripremu sanitarne tople vode i/ili grijanje korištenjem energije okoliša
c. sustavi za pripremu tople vode i/ili grijanje korištenjem biomase.

Iznimno je važno istaknuti da se tim pravilnikom zapravo određuje skup onih obnovljivih izvora energije koji ćemo od sada uvjetno zvati *poticani* obnovljivi izvori energije (dakako: poticani u Hrvatskoj) ili zakonodavno-pravno

precizno rečeno: "obnovljivi izvori čija se proizvodnja potiče" za razliku od ***svih*** obnovljivih izvora energije.

Razlika između ta dva skupa je ogromna, poticani obnovljivi izvori energije ***ne*** obuhvaćaju tri presudna (prema pridobivenoj ukupnoj obnovljivoj i kogenerativnoj energiji u Hrvatskoj) izvora, to su: ogrjevno drvo, korišteno izravno za kuhanje u štednjacima, zagrijavanje vode u kupaonskim bojlerima ili grijanje prostorija (osim, ukoliko danas-sutra ne budu obuhvaćeni grupama 7.c ili 8.c) kao i velike hidroelektrane instalirane snage veće od 10 MW te javne termoelektrane-toplane koje služe javnoj opskrbi kupaca a ne za vlastite potrebe (prema Uredbi o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče).

Često se na ovu presudno važnu činjenicu zaboravlja te se govori i razmatraju kretanja u *poticanim* izvorima obnovljive energije, smatrajući i zaključujući kao da se radi o *svim* obnovljivim izvorima. Najčešće se pogrešno govori kako se mi koristimo samo s nekoliko postotaka obnovljive energije, bez da se zapazi da se to odnosi na poticane izvore, a – najčešće – i bez da se zapazi kako se radi samo o poticanim obnovljivim izvorima *električne* energije (a ne *svekolike* obnovljive energije, pored električne energije to su: toplina te biogoriva).

Tarifnim sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije iz 2007. godine, određuje se pravo povlaštenih proizvođača električne energije na poticajnu cijenu električne energije koju Operator tržišta (HROTE[19]) plaća za isporučenu električnu energiju proizvedenu iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja, čija se proizvodnja potiče. Tim tarifnim sustavom utvrđuju se tarifne stavke i visina tarifnih stavki za električnu energiju proizvedenu iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja, ovisno o vrsti izvora, snazi i drugim elementima isporučene električne energije, kao i način i uvjeti primjene tih elemenata. Tarifni sustav temelji se na opravdanim troškovima poslovanja, izgradnje, zamjene, rekonstrukcije te održavanja postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja te razumnom povratu sredstava od investicije.

Taj tarifni sustav odnosi se *samo na električnu energiju* proizvedenu u elektranama na OIE i kogeneracijama – neovisno o tome jesu li kogeneracije na OIE ili ne, ali se ne odnosi na kogeneracijsku ili toplinsku proizvodnju (predviđenu grupama 5, 7 i 8 Pravilnika o korištenju OIE i kogeneracije), kao ni za proizvodnju električne energije iz OIE, ali bez plasmana u

[19] HROTE, Hrvatski operator tržišta energije

Mala hidroelektrana Ozalj, 5,5 MW, iz 1908. godine

mrežu (iz grupe 6, Pravilnika), dakle ta postrojenja *de facto* danas još *nisu* poticana.

U nastavku prikazuju se odredbe koje se odnose na električne energiju prema tarifnom sustavu iz 2007. godine i prema novom tarifnom sustavu iz 2012. godine; odredbe koje se odnose na kogeneracijska postrojenja prikazuju se samo prema tarifnom sustavu iz 2012. godine.

U tablici 4.1. prikazane su poticajne cijene za otkup proizvedene električne energije u trenutku uvođenja, dakle od 1. srpnja 2007. godine. Kako su one (poticajne cijene), za vrijeme važenja ugovora o otkupu električne energije, bile godišnje korigirane indeksom cijena na malo, na način da se poticajna cijena iz prethodne kalendarske godine uveća (za to je bio ovlašten HROTE) godišnjim indeksom cijena na malo za prethodnu kalendarsku godinu, prema službenim podacima Državnog zavoda za statistiku, to su te cijene do 2012. godine porasle na prikazani način i vrijedile do početka lipnja te godine. Ukupni porast u tih 5 godina iznosio je nešto više od 15 % u odnosu na početno određene tarife.

Tablica 4.1. Poticajne cijene za otkup proizvodnje električne energije iz postrojenja na obnovljive izvore energije, tarifne stavke (kn/kWh)

Opis	od 1.7.2007.	do 5.6.2012.	od 6.6.2012.
Postrojenja instalirane snage do uključivo 1 MW			
sunčane elektrane do 10 kW	3,40	3,92	2,63
sunčane elektrane veće od 10 kW do 30 kW	3,00	3,46	2,23
sunčane elektrane veće od 30 kW	2,10	2,42	1,65
hidroelektrane do 500 MWh/godišnje proizvodnje	0,69	0,80	1,20
hidroelektrane za više od 500 do 1000 MWh/god			0,80
hidroelektrane za više od 1000 MWh/god			0,60
vjetroelektrane	0,64	0,74	0,72
elektrane na biomasu do 300 kW	1,20	1,38	1,30
elektrane na biomasu preko 300 kW			1,20
elektrane na krutu biomasu iz drvno-prer.industrije	0,95	1,10	–
geotermalne elektrane	1,26	1,45	1,20
elektrane na bioplin do 300 kW	1,20	1,38	1,42
elektrane na bioplin preko 300 kW			1,20
elektrane na tekuća biogoriva	0,36	0,42	PPC
elektrane na deponijski plin i iz pročišćavača voda	0,36	0,42	PPC
elektrane na ostale OIE (morski valovi, plima/oseka)	0,60	0,69	PPC
Postrojenja instalirane snage preko 1 MW			
sunčane elektrane	–	–	PPC
hidroelektrane do 500 MWh/godišnje proizvodnje	0,69	0,78	1
hidroelektrane više od 500 do 1000 MWh/god	0,55	0,62	0,7
hidroelektrane više od 1000 MWh/god	0,42	0,47	0,57
vjetroelektrane	0,65	0,73	0,71
elektrane na biomasu	1,04	1,17	–
elektrane na biomasu do 2 MW	–	–	1,2
elektrane na biomasu od 2 MW do 5 MW	–	–	1,15
elektrane na biomasu od 5 MW do 10 MW	–	–	1,05
elektrane na biomasu veće od 10 MW	–	–	0,9
elektrane na krutu biomasu iz drvno-prer.industrije	0,83	0,94	–
geotermalne elektrane	1,26	1,42	1,2
elektrane na bioplin	1,04	1,17	–
elektrane na bioplin do 2 MW	–	–	1,2
elektrane na bioplin od 2 MW do 5 MW	–	–	1,12
elektrane na tekuća biogoriva	0,36	0,41	PPC
elektrane na deponijski plin i iz pročišćavača voda	0,36	0,41	PPC
elektrane na ostale OIE (morski valovi, plima/oseka)	0,50	0,56	PPC
elektrane na životinjsku mast do 5 MW	–	–	1,65

PPC prosječna proizvodna cijena električne energije; 6.6.2012. iznosila je 0,53 kn/kWh.

Izvori: *Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz OIE i kogeneracije* (NN 33/2007), zamijenjen novim (NN 63/2012) i svakogodišnje odluke HROTE o korekciji zatečenih cijena otkupa iz prethodne godine

Konačno, prikazane su i poticajne cijene uređene novim tarifnim sustavom iz 2012. godine i one su počele vrijediti za ugovore o otkupu zaključivane od 6. lipnja 2012.

Opaska na najvažnije odredbe tarifnog sustava iz 2007. godine

Ugovor o otkupu električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja zaključivao se na određeno vrijeme od 12 godina.

Operator tržišta (HROTE) mogao je zaključivati ugovore o otkupu električne energije s povlaštenim proizvođačem električne energije iz postrojenja koja koriste *Sunčevu energiju* sve dok ukupno instalirana snaga svih postrojenja u Hrvatskoj toga tipa ne dosegne 1 MW.

Stvarna početna otkupna cijena određenog postrojenja korigirala se faktorom k prema udjelu domaće komponente p u tom projektu, iz tablice 4.2.

Tablica 4.2. Korekcijski faktor ovisno u udjelu domaće komponente

Udio domaće komponente u projektu p, %	Korekcijski faktor k
60 i više	1,00
45–60	$(7/1500) \times p + 0{,}72$
45 i manje	0,93

Izvor: Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/2007).

Obvezno je plaćanje naknade jedinicama lokalne samouprave na čijem području su proizvodni objekti, koju plaćaju proizvođači električne energije iz vjetroelektrana instalirane električne snage veće od 1 MW, geotermalnih elektrana i malih hidroelektrana, u iznosu od 0,01 kn/kWh isporučene električne energije.

Operator tržišta kod zaključivanja ugovora s povlaštenim proizvođačima treba voditi računa o zastupljenosti svih obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne energije na način da udio pojedinog obnovljivog izvora energije ne prijeđe više od 80 % udjela u ukupnoj proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora energije koji se potiču.

Tarifni sustav iz 2012. godine uvodi još neke bitne novine, u odnosu na ukinuti tarifni sustav iz 2007. godine.

Najprije, njime se precizno definira pravo povlaštenih proizvođača električne energije na poticajnu cijenu električne energije koju operator tržišta plaća za električnu energiju proizvedenu i isporučenu u mrežu iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja, *bez vlastite (pogonske) potrošnje.*

Drugo, predviđene su svakogodišnje *korekcije otkupnih cijena* ali sukladno promjeni tržišnih uvjeta zbog tehnološkog napretka, promjene prosječnih tržišnih cijena sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i svim ostalim relevantnim faktorima koji mogu direktno utjecati na troškove realizacije. Korekcije se moraju donijeti do 31. listopada tekuće godine s početkom primjene od 1. siječnja iduće godine (31. listopada 2012. donesene su te korekcije i bitno je to da je utvrđena otkupna cijena za neintegrirane sunčane elektrane snage do 30 kW i granica za nove sunčane elektrane u 2013. godini postavljena je na 15 MW za integrirane, a za neintegrirane elektrane na 10 MW).

Treće, ugovor o otkupu električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja zaključuje se na određeno vrijeme od 14 godina, a raskida se ukoliko nositelj projekta u roku godine dana od dana potpisivanja ugovora o otkupu električne energije ne dostavi operatoru tržišta valjani dokaz o izgrađenosti postrojenja.

U ugovoru o otkupu električne energije poticajna cijena iz tablice 4.1. *godišnje se korigira* za indeks inflacije u prethodnoj kalendarskoj godini koji objavljuje Državni zavod za statistiku.

Cijene iskazane tablicom 4.1. (za tarifni sustav iz 2012.) za otkup proizvodnje sunčanih elektrana odnose se na elektrane koje su *integrirane* na drugi objekt (krov, zid, ogradu, ...) instalirane snage do 300 kW, a ne samostojeće postavljene na vlastito zauzetom prostoru. Za te, *neintegrirane* sunčane elektrane otkupne cijene su niže. Još više otkupne cijene od onih za integrirane sustave, određene su za one sustave koji *istodobno* koriste sustav za pripremu sanitarne tople vode i/ili grijanje pomoću obnovljivih izvora energije (kolektorski ili korištenjem unutarnje topline okoline). Uvjet za primjenu takve otkupne cijene je da se radi o zadovoljenju toplinskih potreba zgrade na kojoj je instalirana integrirana sunčana elektrana.

Visine tarifnih stavki prikazanih u tablici 4.1. (za tarifni sustav iz 2012.) odnose se na fiksni dio tarifnih stavki. Promjenjivi dio tarifne stavke temelji se na mjerljivom doprinosu lokalnoj zajednici, doprinosu razvoja gospodarske aktivnosti, zapošljavanju, razvoju javnih servisa i podizanju kvalitete života te može iznositi najviše do 15 % fiksnog dijela tarifne stavke. Na promjenjivi dio tarifne stavke ima pravo svaki povlašteni proizvođač električne energije za svoje postrojenje, ovisno o omjeru troškova roba i usluga s podrijetlom na području lokalne zajednice i ukupnih troškova projekta. Za 100 %-tni omjer, promjenjivi dio bio bi za 15 % veći od fiksnog dijela tarife.

Povlašteni proizvođači električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije u kombinaciji s drugim izvorima energije imaju pravo na poticajnu cijenu iz tablice 4.1. samo u dijelu koji koristi obnovljive izvore energije.

Povlašteni proizvođači električne energije koji u postrojenjima za proizvodnju električne energije koriste biomasu u suspaljivanju s fosilnim gorivima, imaju pravo na poticajnu cijenu iz tablice 4.1. koja je utvrđena za elektrane na biomasu, ukoliko energetski udjel fosilnih goriva ne prelazi 10 % od ukupne energetske vrijednosti potrošenoga goriva.

Povlašteni proizvođači električne energije koji koriste biomasu u suspaljivanju s fosilnim gorivima, čiji je energetski udjel veći od 10 % u kogeneraciji, imaju pravo na poticajnu cijenu iz tablice 4.1, utvrđenu za kogeneracijska postrojenja.

Ugovori o otkupu mogu se zaključivati u 2012. godini za *sunčane elektrane* sve dok ukupna snaga takvih postrojenja u toj godini ne dosegne vrijednost od 10 MW (za integrirane sunčane elektrane), odnosno 5 MW (za neintegrirane sunčane elektrane).

Povlašteni proizvođači električne energije iz vjetroelektrana instalirane snage veće od 1 MW, sunčanih elektrana instalirane snage veće od 0,3 MW, geotermalnih elektrana i hidroelektrana instalirane snage veće od 1 MW do uključivo 10 MW, dužni su plaćati naknadu jedinicama lokalne samouprave u iznosu od 0,01 kn/kWh isporučene električne energije.

Za *kogeneracijska postrojenja* koja kao pogonsko gorivo *ne koriste* obnovljive izvore energije utvrđuju se tarifne stavke i visine tarifnih stavki (C) izražene u kn/kWh za isporučenu *električnu energiju* prema tablici 4.3.

Tablica 4.3. Tarifne stavke za kogeneracijska postrojenja koja ne koriste OIE

Grupa postrojenja	C, kn/kWh
kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage do uključivo 30 kW (tzv. mikrokogeneracije) te sva kogeneracijska postrojenja koja koriste gorivne ćelije na vodik	0,61
kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 30 kW do uključivo 1 MW (tzv. male kogeneracije)	PPC
kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 1 MW do uključivo 35 MW (tzv. srednje kogeneracije) priključene na distribucijsku ili prijenosnu mrežu	PPC
kogeneracijska postrojenja instalirane električne snage veće od 35 MW (tzv. velike kogeneracije) te sva kogeneracijska postrojenja priključena na prijenosnu mrežu	PPC

PPC prosječna proizvodna cijena električne energije; 6.6.2012. iznosila je 0,53 kn/kWh.

Uvjet za ostvarenje tarife za kogeneracijska postrojenja koja *koriste* obnovljive izvore energije za isporučenu *električnu energiju* prema tablici 4.1. (koje vrijede od 6.6.2012):

– elektrane na krutu biomasu (isključujući komunalni otpad) instalirane snage veće od 300 kW

– elektrane na bioplin instalirane snage veće od 300 kW do uključivo 2 MW
– elektrane na životinjsku mast instalirane snage do uključivo 5 MW,

je minimalna ukupna godišnja učinkovitost kogeneracijskih postrojenja od 50 % u pretvorbi primarne energije goriva u isporučenu električnu energiju i proizvedenu korisnu toplinu. Kogeneracijska postrojenja manjih snaga nemaju taj uvjet.

Svi nositelji projekata koji su sklopili ugovor o otkupu električne energije s Operatorom tržišta (HROTE) prema odredbama starog tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 33/2007), moraju dostaviti operatoru tržišta valjani dokaz o izgrađenosti postrojenja u roku 12 mjeseci od dana stupanja novoga tarifnog sustava (NN 63/2012) na snagu.

4.3. Ukupna potrošnja energije

Na početku, tri uvodne opaske. Prvo, hrvatski energetski podaci sustavno se prate već dvadesetak godina u izdanjima publikacije *Energija u Hrvatskoj*, iza koje formalno kao nakladnik stoji Ministarstvo gospodarstva, a izrađuje ga svake godine Energetski institut "Hrvoje Požar". Tu se sve energetske veličine iskazuju petadžulima, a ne tisućama ili milijunima tona ekvivalentne nafte, kao u svjetskim i europskim statistikama. Osnovne relacije za preračun su:

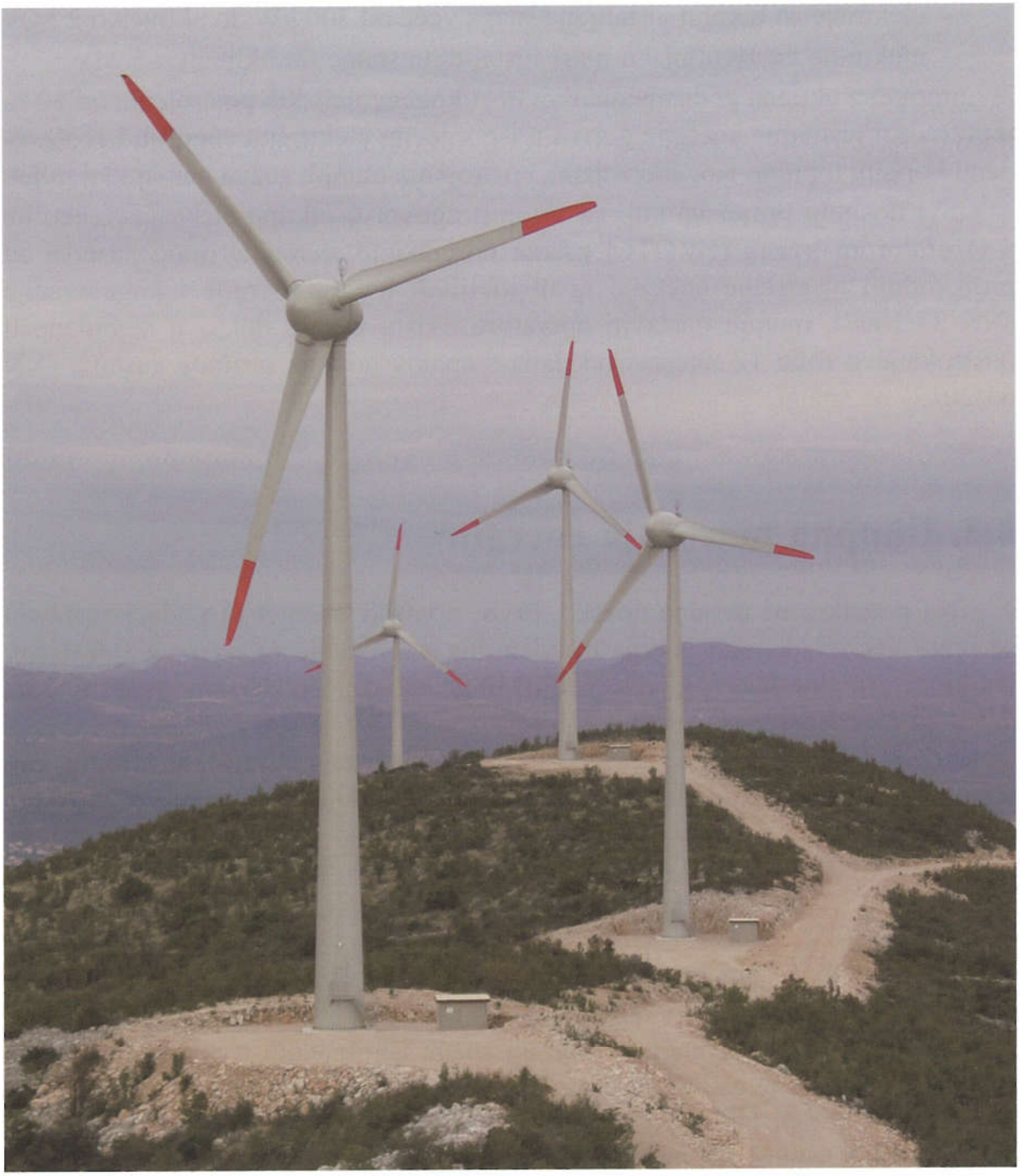
1 PJ = 23,88 tisuća tona ekvivalentne nafte, odnosno, obrnuto

1 tisuća tona ekvivalentne nafte = 0,04187 PJ

Eventualno će biti potrebno i preračunavanje energetske jedinice koja se koristi u elektroenergetici (kWh, GWh, TWh) te je 1 TWh = 3,6 PJ. Drugo, kod izračunavanja primarne energije vodnih snaga iskorištenih u hidroelektranama iz bruto proizvodnje električne energije hidroelektrana, Energetski institut "Hrvoje Požar" koristi faktor konverzije tako da pretpostavlja da je ta bruto proizvodnja proizvedena u zamišljenoj termoelektrani uz prosječni stupanj djelovanja termoelektrana u Hrvatskoj. Tako svake godine to izađe donekle drugačije, ali je red vrijednosti da 1 teravatsatu odgovara 10 petadžula. (Jer da nema hidroelektrana, toliko bi se primarne energije doista potrošilo u termoelektranama.) Prema konvenciji *Eurostata*[20], bruto proizvodnja hidroelektrana uzima se kao da je ostvarena u hidroelektranama stupnja djelovanja 100 % te je faktor konverzije određen iz relacije 1 TWh = 3,6 PJ.

U ovoj knjizi držat ćemo se načela *Eurostata*, preračunavanjem izvornih podataka o vodnim snagama iz godišnjih publikacija *Energija u Hrvatskoj*, Mi-

[20] *Eurostat*, Statistička agencija Europske unije



Vjetroelektrana Trtar-Krtolin kraj Šibenika, 11,2 MW

nistarstva gospodarstva i Energetskog instituta "Hrvoje Požar", uz faktor konverzije među jedinicama 1 TWh = 3,6 PJ. Time su svi iskazi o hrvatskom ukupnom vlastitom pridobivanju energije, ukupnoj potrošnji energije, gubicima u transformacijama i pridobivanju energije vodnih snaga posve usporedivi s iskazima *Eurostata* za Europsku uniju (pa i svjetskim podacima, iskazanih u IEA-statistici[21]).

[21] IEA, *International Energy Agency*, Međunarodna agencija za energiju

Tablica 4.4. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj (PJ)

Opis	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	rast,%
sirova nafta	51,3	47,5	47,0	44,6	42,4	40,1	38,9	37,3	35,4	33,1	30,7	–5,02
prirodni plin	59,4	70,9	74,5	76,8	77,1	79,8	94,3	100,1	94,1	93,5	93,9	4,68
Iscrpivi izvori	*110,8*	*118,4*	*121,5*	*121,4*	*119,5*	*119,9*	*133,2*	*137,4*	*129,5*	*126,6*	*124,6*	*1,18*
ogrjevno drvo	15,6	12,2	12,4	16,0	15,9	15,0	17,4	15,4	17,0	18,0	20,0	2,47
vodne snage, HE(TWh)×3,6	21,2	23,7	19,6	17,8	25,4	23,2	22,0	15,8	19,2	24,5	30,4	3,65
toplina iz dizalica topline						0,6	0,6	1,0	1,3	1,5	1,7	22,89
ostali obn.izvori						0,2	0,2	0,8	1,0	1,3	2,6	67,41
Obnovljivi izvori	*36,8*	*35,9*	*31,9*	*33,7*	*41,3*	*38,9*	*40,3*	*33,1*	*38,5*	*45,3*	*54,7*	*4,02*
VLASTITO PRIDOBIVANJE	**147,6**	**154,3**	**153,5**	**155,2**	**160,8**	**158,8**	**173,5**	**170,5**	**167,9**	**171,9**	**179,2**	1,96
ugljen i koks	18,7	19,8	24,2	27,2	28,9	33,0	31,6	33,7	34,7	24,7	30,9	5,18
drvo i biomasa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,9	-1,8	-3,2	-3,6	-3,9	–
tekuća goriva	107,7	116,3	126,8	147,2	138,0	141,8	146,3	152,4	144,7	145,0	121,9	1,24
prirodni plin	35,6	28,0	26,6	23,6	27,6	21,3	5,6	14,1	16,2	8,7	17,5	–6,85
električna energija	14,4	11,4	12,7	14,0	13,2	18,4	20,2	22,9	23,7	20,5	17,2	1,76
UKUPNI NETO UVOZ	**176,3**	**175,5**	**190,3**	**212,1**	**207,6**	**214,4**	**201,8**	**221,4**	**216,0**	**195,2**	**183,5**	0,40
ugljen i koks	18,7	19,8	24,2	27,2	28,9	33,0	31,6	33,7	34,7	24,7	30,9	5,18
tekuća goriva	159,0	163,8	173,8	191,8	180,4	181,9	185,2	189,7	180,2	178,0	152,5	–0,42
prirodni plin	95,0	98,9	101,1	100,5	104,7	101,1	99,9	114,2	110,2	102,2	111,4	1,60
električna energija iz uvoza	14,4	11,4	12,7	14,0	13,2	18,4	20,2	22,9	23,7	20,5	17,2	1,76
Iscrpivi izvori	*287,0*	*293,8*	*311,8*	*333,5*	*327,2*	*334,3*	*336,9*	*360,6*	*348,7*	*325,3*	*312,0*	*0,84*
drvo i biomasa	15,6	12,2	12,4	16,0	15,9	15,0	15,5	13,6	13,8	14,4	16,1	0,26
vodne snage, HE(TWh)×3,6	21,2	23,7	19,6	17,8	25,4	23,2	22,0	15,8	19,2	24,5	30,4	3,65
toplina iz dizalica topline						0,6	0,6	1,0	1,3	1,5	1,7	22,89
ostali obnovljivi izvori						0,2	0,2	0,8	1,0	1,3	2,6	67,41
Obnovljivi izvori	*36,8*	*35,9*	*31,9*	*33,7*	*41,3*	*38,9*	*38,4*	*31,3*	*35,3*	*41,8*	*50,8*	*3,25*
UKUPNA POTROŠNJA	**323,9**	**329,8**	**343,8**	**367,2**	**368,4**	**373,2**	**375,3**	**391,9**	**384,0**	**367,1**	**362,7**	1,14
gubici transformacija	29,1	34,6	41,5	42,7	34,9	36,8	38,5	46,9	41,5	34,6	30,9	0,62
vlastita pogonska potrošnja	31,6	28,5	31,8	32,7	33,6	32,7	30,1	34,0	26,4	31,6	30,1	–0,48
gubici transporta i distribucije	11,4	14,0	12,7	14,2	12,1	11,5	10,6	10,8	9,4	10,3	10,9	–0,47
neenergetska potrošnja	27,3	23,2	23,0	27,5	29,8	28,2	27,4	29,8	29,9	25,2	25,0	–0,89
GUBICI.... NENERG.POTROŠ.	**99,4**	**100,3**	**109,0**	**117,2**	**110,5**	**109,1**	**106,5**	**121,4**	**107,2**	**101,6**	**96,9**	–0,25
FINALNA POTROŠNJA	**224,5**	**229,5**	**234,8**	**250,1**	**257,9**	**264,1**	**268,7**	**270,5**	**276,8**	**265,5**	**265,8**	1,70
– industrija	54,1	55,9	53,9	55,0	60,0	58,0	59,9	60,8	61,2	51,1	50,3	–0,72
– promet	64,9	65,6	69,7	74,9	76,7	80,0	84,8	91,1	90,5	89,8	86,9	2,96
– kućanstva	69,6	69,7	72,3	77,8	78,5	81,2	78,4	73,0	76,2	77,2	80,8	1,50
– ostala potrošnja	35,9	38,3	38,9	42,4	42,8	45,0	45,6	45,6	49,0	47,3	47,8	2,91

Izvor: Energija u Hrvatskoj, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

I, konačno, treće: energetske bilance i sve energetske veličine za Hrvatsku uzete su u nastavku, uz spomenute korekcije, iz godišnjih publikacija *Energija u Hrvatskoj*, koje smatramo sveobuhvatnijim i preciznijim od onih podataka objavljenih za istu energetsku pojavu u *Eurostatu* te će se, stoga, unaprijed donekle razlikovati podaci o Hrvatskoj izneseni u poglavlju 3 (*Kretanja u Europskoj uniji*), od onih koji će biti izneseni u ovom poglavlju.

Ukupna potrošnja svih oblika energije 2010. godine u Hrvatskoj bila je 363 PJ (petadžula), uz primjenu *Eurostatove* konvencije o uračunavanju vodnih snaga. Kako se na ulazu u energetski sustav Hrvatske ne nalaze samo primarni oblici energije nego i neki transformirani oblici (djelomice derivati nafte i – osobito – električna energija), to ne govorimo o ukupnoj potrošnji primarnih oblika energije, već o ukupnoj potrošnji svih oblika energije ili – jednostavnije – o ukupnoj potrošnji energije, tablica 4.4.

Kako je namirena tolika ukupna potrošnja energije? Pa, vlastitim pridobivanjem i uvozom, točnije neto uvozom, dakle razlikom uvoza i izvoza svih oblika energije te saldom (razlikom izlaza iz i ulaza u skladišta) iskorištenja uskladištenih rezerva uskladištivih oblika energije u promatranoj godini, pribavljenih u ranijim godinama.

4.4. Vlastito pridobivanje energije

Vlastito pridobivanje primarnih oblika energije, ostvareno u Hrvatskoj bilo je 179 PJ, neto uvoz iznosio je 184 PJ, a saldo potrošnje iz skladišta 2010. godine bio je nula, dakle ukupno je utrošeno spomenutih 363 PJ na ulazu u energetski sustav.

Kretanja vlastita pridobivanja pojedinih primarnih oblika energije u posljednjih 10 godina, u razdoblju 2000 – 2010. godine u Hrvatskoj, prikazana su tablicom 4.4. Pridobivanja ugljena u Hrvatskoj nema već od sredine 1970-tih (mrkog i lignita) odnosno od kraja 1990-tih godina (kamenog ugljena), kada je obustavljeno pridobivanje u ugljenokopima Zagorja i Istre. Željeznički promet koristio se sporadično ugljenom u Hrvatskoj još između 1980. i 1990. godine.

Vlastito pridobivanje sirove nafte, opada u promatranom desetgodišnjem razdoblju prosječnom godišnjom stopom od oko –5 %, vrijednost u 2010. je 30,7 PJ. Ne znači da su sve hrvatske rezerve otkrivene, u budućnosti će se najvjerojatnije otkriti još (panonski i jadranski bazen), pa će se pridobivanje tada povećati. I ove godine (2012) otkrivena su dva nova nalazišta: kod Ivanić Grada te u Privlaci kod Vinkovaca.

Vlastiti prirodni plin ostvaruje u 2010. godini pridobivanje od 93,9 PJ (dakle tri puta veće od sirove nafte) i – za sada – raste, u posljednjem desetljeću, prosječnom godišnjom stopom od 4,68 %, gotovo onolikom kolikom opada

Solarni krov u Španskom (Zagreb); fotonaponski moduli 9,6 kW i solarni kolektori

pridobivanje nafte. Na početku promatranog razdoblja, ukupno godišnje pridobivanje prirodnog plina (59,4 PJ) bilo je gotovo podjednako pridobivanju sirove nafte (51,3 PJ).

Među dugovječno korištenim obnovljivim izvorima u Hrvatskoj najvažnije je ogrjevno drvo – nekad je to bilo konvencionalno gorivo; danas se njegovo korištenje svrstava u nekonvencionalne obnovljive izvore, jer se sve više radi – i sve će se više raditi – o njegovu nekonvencionalnom načinu korištenja (u ložištima centralnog grijanja, ili prethodno pripremljenom u obliku briketa i peleta, ili korištenom kao drvni otpad u toplanama te kogeneracijskim postrojenjima za suproizvodnju električne energije i topline i sl.). No, njegovo se obnovljivo korištenje odvija samo ukoliko je godišnji prirast drvne mase veći od godišnje potrošnje. U energiji ogrjevnog drva iskazana je i energija drvnih otpadaka u industriji, energija drvnih peleta i briketa te energija drvenog ugljena.

Pridobivanje ogrjevnog drva u Hrvatskoj, u posljednjem desetljeću, raste prosječnom godišnjom stopom od oko 2,5 %, što je povoljno. Nepovoljno je to što se od svekolike biomase, za sada, jedino ogrjevno drvo koristi ozbiljno, sva druga biomasa (biološki otpad iz poljoprivredne proizvodnje, komunalni i industrijski otpad, bioplin, ...) koristi se danas u Hrvatskoj doista simbolički/sporadično.

Početak korištenja vodnih snaga na suvremeni način seže u Hrvatskoj u 1895. godinu, kada je proradila hidroelektrana Krka kod Šibenika. Od tada izgrađeno je i danas je u pogonu 18 velikih hidroelektrana (snaga većih od 10 MW) i, također danas u pogonu, 15 malih hidroelektrana (snaga manjih od 10 MW).

Vodne snage korištene u velikim i malim hidroelektranama nisu u razdoblju 1989 – 2010. doživjele dogradnju nekom velikom novom hidroelektranom, osim HE Lešće od oko 42 MW u završnoj godini tog razdoblja, 2010-toj. Dakle je ukupna instalacija takvih elektrana bila tijekom čitava promatranog razdoblja (2000 – 2010) praktički ujednačena. Ipak, najmanje pridobivanje vodnih snaga (ujedno najmanja proizvodnja hidroelektrana) ostvarena je 2007. godine, a najveća 2010. godine. Omjer je najmanje i najveće godišnje proizvodnje gotovo 1:2! Godina 2010. rekordna je prema proizvodnji hidroelektrana u Hrvatskoj uopće; nikad u njima nije proizvedeno toliko energije. Uz takvu opasku, prosječni godišnji rast pridobivanja energije vodnih snaga u razdoblju 2000 – 2010. bio je visokih 3,65 %.

Toplina iz dizalica topline i energija ostalih obnovljivih izvora prati se od 2005. godine; moguće je i ranijih godina bilo sporadičnog korištenja, ali o tome ne postoje sigurni podaci. Prosječni godišnji rast njihova korištenja izračunat je za tih pet godina. Toplina iz dizalica topline rasla je prosječnom godišnjom stopom od gotovo 23 %.

U energiji ostalih obnovljivih izvora sadržana je energija vjetra, energija Sunčeva zračenja, geotermalna energija, biodizel te deponijski i bioplin. (Na žalost, danas se još sustavno ne iskazuju kretanja pojedinih vrsta obnovljivih izvora u Hrvatskoj u okviru ukupnih kretanja.) Energija iz ostalih obnovljivih izvora rasla je prosječnom godišnjom stopom od čak 67,4 %, u tih pet godina kako se prati njihovo pridobivanje.

To sve zajedno sudjelovalo je u vlastitu pridobivanju svih oblika energije, radi potrošnje u 2010. godini, u ukupnoj vrijednosti od 179 PJ. Ukupno vlastito pridobivanje raslo je prosječnom godišnjom stopom od 1,96 %. (To je povoljno, u odnosu na prilike u EU-27, tamo je ukupno vlastito pridobivanje uporno padalo u tih promatranih 10 godina, kako smo vidjeli, prosječnom godišnjom stopom od –1,23 %.)

4.5. Neto uvoz energije

Ukupni neto uvoz (razlika uvoza i izvoza), rastao je bitno sporije od ukupna vlastita pridobivanja; prosječnom godišnjom stopom od 0,4 %, tablica 4.4. To je opet vrlo vjerojatno povoljnije no u EU-27, gdje je neto uvoz svakako rastao brže, o čemu se ne raspolaže točnim apsolutnim podacima, jedino se iz rasta uvozne ovisnosti (prosječnom godišnjom stopom od 1,21 %) može tako zaključiti.

Uvoz ugljena – bio je ujedno i ukupna potrošnja ugljena, rastao je prosječnom godišnjom stopom od 5,18 %, što je očekivano, jer je upravo 2000. godine otpočela proizvodnja tada novoizgrađene TE Plomin 2, čime je dotadašnja potrošnja ugljena (za termoelektrane i industriju) postupno praktički učetverostručena.

Neto uvoz tekućih goriva bio je krajem promatranog razdoblja (2010) praktički 4 puta veći od domaćeg pridobivanja sirove nafte. Ovdje treba istaknuti, da je u iskazu uvoza sirove nafte uračunat i neto uvoz derivata (dakle transformiranog primarnog oblika sirove nafte), ali oduzimanjem salda izvoza i uvoza naftnih derivata, jer je izvoz bio bitno veći od uvoza tih derivata. Uvoz tekućih goriva rastao je prosječnom godišnjom stopom od 1,24 %.

Kako je u 2010. godini domaće pridobivanje prirodnog plina pokrivalo oko 84 % ukupnih potreba, to je moralo biti uvezeno još 16 % ukupnih potreba. Neto uvoz prirodnog plina opadao je prosječnom godišnjom stopom od –6,85 %, što je – za sada – vrlo povoljno.

Neto uvoz električne energije je bio ogroman (dakle finalni oblik energije ali iskazan u ulaznom dijelu energetske bilance, jer se tako doista zbilo), iznosio je u pet godina koje se prethodile 2010. godini praktički 20 % sveukupnog neto uvoza svih oblika energije, jedino je u 2010. ostvaren nešto niži neto uvoz električne energije, zbog već spomenute rekordne vlastite proizvodnje u hidroelektranama. Ili, oko 5 % ukupne potrošnje svih oblika energije otpada na uvezenu električnu energiju.

Treba istaknuti: u uvoz uračunata je i dobava *hrvatske* energije proizvedene u polovini Nuklearne elektrane Krško, sukladno konvenciji EU da se vlastitom proizvodnjom razumijeva energija pridobivena/proizvedena na vlastitu državnom teritoriju. Usput, paradoksalno, dobava goriva za nuklearne elektrane, ne uračunava se u uvoz dotične bilo koje europske zemlje, već *a priori* kao domaće pridobivanje, neovisno o tome odakle je to nuklearno gorivo doista dobavljeno. Međutim potrebe nuklearnog goriva za cijelu NE Krško uračunate su (kao vlastito pridobivanje) u primarnoj bilanci Slovenije, a polovina proizvedene električne energije uračunata je Sloveniji kao izvoz a Hrvatskoj kao uvoz električne energije.

Dakako, nije električna energija iz NE Krško jedino uvezena električna energija u Hrvatsku, kamo sreće da je tako! Hrvatska je *osma* po redu zemlja s najvećim apsolutnim neto uvozom električne energije u svijetu (to je valjda jedini pokazatelj prema kojemu smo među prvih 10 zemalja svijeta)!

Naime, svaka europska država (i svaka druga razborita država) nastoji na svaki način sama proizvoditi taj najprivlačniji i najplemenitiji (i, dakako, najskuplji) oblik energije, bez obzira na to što ga najčešće mora proizvesti (većim ili manjim dijelom) iz uvezenog prirodnog oblika energije. Ali uvozno gorivo je poluproizvod, njegovu preradu u električnu energiju učinit će *u svome dvorištu* i time ostvariti elektroenergetsku neovisnost i sama *pokupiti vrhnje*, ne prepuštajući ga drugome.

Kada političari govore o povećanju *energetske* neovisnosti Hrvatske, to su apsolutno neutemeljene tlapnje – hrvatska ovisnost o uvozu neizbježno će samo rasti u godinama što dolaze, jer ne raspolažemo dovoljnim rezervama fosilnih goriva (primjerice, ugljena uopće nemamo, vlastito pridobivanje nafte i plina nedovoljno je za hrvatsku potražnju i godinama će stagnirati ili blago padati a pridobivanje obnovljivih izvora rast će nedovoljnom brzinom). Realno i nužno bilo bi težiti *elektro*energetskoj neovisnosti Hrvatske, a tu se ne čini dovoljno (ili nije učinjeno gotovo ništa zadnjih dvadesetak godina). Na europskoj tržnici danas još ima električne energije ali njezina cijena uporno raste[22]. Kada dođe do njezine nestašice, a doći će jer se u Europi gradi premalo elektrana, cijena će znatno porasti i moći će je plaćati samo bogatiji od nas. Dakle, presudno bi bilo uspostaviti ritam gradnje novih elektrana kakav smo imali prije tridesetak godina: u prosjeku, *svake godine i pol* puštana je jedna nova veća ili velika elektrana u Hrvatskoj u pogon; u trideset godina do 1989. izgrađeno je 19 elektrana. Od tada, izgradili smo dvije velike elektrane: TE Plomin 2 (2000) i HE Lešće (2010), dakle u prosjeku *svakih deset godina* jednu. Vidi o tome opširnije u odjeljcima 6.7. i 6.8.

Već je istaknuto da vlastito pridobivanje ogrjevnog drva raste povoljno brzo: prosječnom godišnjom stopom od 2,5 %. Međutim, što se događa posljednjih pet godina promatranog desetgodišnjeg razdoblja? Izvozi se dio pridobivenog ogrjevnog drva, 2010. godine gotovo 20 %. Nevjerojatno! Suprotno od Europe, u kojoj – usprkos enormnom rastu korištenja vjetra i Sunčeva zračenja – još uvijek lagano raste udio korištenja biomase u korištenju svim obnovljivim izvorima (taj udio bio je 2010. godine 67,6 %, dakle veći od dvije trećine!, tablica 3.7), u Hrvatskoj se korištenje biomasom zapušta. Taj najprivlačniji obnovljivi izvor, koji jedini (pored geotermalne energije) ne traži rezervu u konvencionalnom energetskom sustavu!

Udio korištenja ogrjevnog drva u Hrvatskoj bio je 2010. godine 4,4 %, deset godina ranije (2000) bio je 4,8 % a još deset godina ranije bio je 5,9 % (1990) u ukupnoj potrošnji energije. A udio ogrjevnog drva u ukupnom korištenju svih obnovljivih izvora u Hrvatskoj bio je 31,7 % u 2010. godini, dakle manji od trećine. Uz hrvatskih 42 % teritorija obraslog šumom i sve veću nezaposlenost.

Umjesto da se teži zadržavanju korištenja ogrjevnog drva u ruralnim rijetko naseljenim krajevima (za zagrijavanje, kuhanje i pripremu sanitarne tople vode)

[22] Europska veletrgovačka cijena proizvodnje temeljne električne energije, na Europskoj energetskoj burzi u Leipzigu (EEX), uporno i značajno raste [8]:

Godina	2003.				2012.			
kvartal	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Cijena (eurocenta/kWh)	2,45	2,54	2,84	2,96	5,23	4,93	4,63	4,68

gdje je njegovo korištenje desetljećima i generacijama etablirano, ili suvremenijom i privlačnijom pripremom za distribuciju (briketiranje i peletiranje) osigura njegovo korištenje i u mjestima kamo neće dospjeti plinifikacija, u Hrvatskoj će se ići na plinifikaciju pod svaku cijenu, zamjenjujući korištenje domaćeg ogrjevnog drva uvoznim prirodnim plinom! Jer svaka potrošnja dodatne (nove) količine prirodnog plina, *a priori* povećava uvoz s obzirom da je njegova sadašnja uvozna ovisnost oko 16 %.

4.6. Ukupna potrošnja iscrpive i obnovljive energije

U tablici 4.5. daje se rekapitulacija iscrpive, obnovljive i ukupne potrošnje energije (iz tablice 4.4) prikazujući potrošnje samo u početnoj i završnoj godini.

Tablica 4.5. Ukupna potrošnja iscrpive i obnovljive energije u Hrvatskoj

Izvori energije	2000.		2010.		rast, %
	PJ	%	PJ	%	
iscrpivi izvori	287,0	88,7	312,0	86,1	0,84
obnovljivi izvori	36,8	11,3	50,8	13,9	3,25
Ukupna potrošnja	323,9	100,0	362,8	100,0	1,14

Vidljivo je da je energija obnovljivih izvora rasla četverostruko bržom stopom od iscrpive energije te da je ukupna potrošnja svih oblika energije rasla prosječnom godišnjom stopom od 1,14 %, što je znatno brže no u EU-27 (0,20 %). S druge strane porast pridobivanja obnovljive energije u Hrvatskoj se u razdoblju 2000 – 2010. godine zbivao prosječnom godišnjom stopom 3,25 %, a u EU-27 brže, po stopi od 5,60 %.

Bruto potrošnja energije u 2010. godini u Hrvatskoj, iskazana tisućama tona ekvivalentne nafte (uz faktor konverzije 1 PJ = 23,88 tisuća tona ekvivalentne nafte) bila je 8 664 ktoe. Kako je u EU-27 ukupna potrošnja energije u toj godini bila 1 759 015 ktoe, to je ostvareni udio Hrvatske u ukupnoj potrošnji Europske unije bio 0,5 %. Dakle hrvatsko stanovništvo veličine 0,85 % ukupnog broja stanovnika Europske unije troši 0,5 % ukupne energije Europske unije – zapravo: još uvijek premalo!

Ili: iskazano po stanovniku: dok europski stanovnik u prosjeku troši godišnje 3,5 tone ekvivalentne nafte, dotle stanovnik Hrvatske u prosjeku troši 2 tone ekvivalentne nafte, u 2010. godini, dakle samo 57 % po stanovniku od stanovnika Europske unije.

4.7. Finalna (energetska) potrošnja energije

Do finalne potrošnje, dakle one energije koja se iz energetskog gospodarstva predaje kupcima-potrošačima na korištenje, dolazi se tako da se od ukupne potrošnje energije oduzme sve ono što nije predano kupcima-potrošačima. To su:

- *gubici transformacija* oblika energije, nastali stoga što se niti jedna energetska pretvorba ne može izvesti, prirodno svojstveno, bez većih ili manjih gubitaka; veliki su gubici kod transformacije primarnih oblika energije u električni oblik a znatno niži – primjerice – kod transformacije sirove nafte u upotrebljive derivate nafte
- *vlastita pogonska potrošnja* pojedinih oblika energije, u elektranama, toplanama, rafinerijama (osobito), degazolinažama plina, ..., procesi u svim tim postrojenjima traže utrošak energije za crpljenje, komprimiranje, grijanje i hlađenje, dizanje i spuštanje, za telekomunikacije i procesna računala, ... – to sve uračunava se u vlastitu pogonsku potrošnju cjelokupnog energetskog gospodarstva
- *gubici transporta i distribucije*, prijenos i distribucija električne energije, prirodno su povezani pojavom neizbježne Jouleove topline u vodičima, prijevoz naftnih derivata i pretovar kao i transport plina plinovodima i distribucijskom plinskom mrežom realno nije moguće ostvariti bez gubitaka, kao i ogrjevnog drva te ostale biomase
- *neenergetska potrošnja* pojedinih oblika energije je u Hrvatskoj značajna (naročito plina za proizvodnju umjetnih gnojiva ali i derivata nafte za proizvodnju sintetičkih polimera, osnove za izradu plastičnih masa) i pri spominjanju finalne potrošnje energije, zapravo bi trebalo precizno govoriti o *finalnoj energetskoj potrošnji energije*.

Ukupno, pojedine komponente energije koja nije isporučena kupcima, mogli bismo je nazvati: gubici, potrošnja energetike i neenergetska potrošnja prikazani su tablicom 4.6.

Tablica 4.6. Ukupni gubici, potrošnja energetike i neenergetska potrošnja u Hrvatskoj

Izvori energije	2000.		2010.		rast, %
	PJ	%	PJ	%	
gubici transformacija	29,1	29,3	30,9	31,9	0,62
vlastita pogonska potrošnja	31,6	31,8	30,1	31,1	–0,48
gubici transporta i distribucije	11,4	11,5	10,9	11,2	–0,47
neenergetska potrošnja	27,3	27,4	25,0	25,8	–0,89
Ukupno	**99,4**	**100**	**96,9**	**100**	**–0,25**

Jedino su gubici transformacija porasli, dakako jer je početne promatrane godine počeo pogon TE Plomin 2 (relativno snažne elektrane, 220 MW) i postupno je povećavao gubitke transformacije na hrvatskoj razini. Svi ostali sudionici u ovom skupu, snižavali su svoju godišnju potrošnju, doduše skromnom prosječnom godišnjom stopom. Tako da je i ukupni skup doživio pad uz prosječnu godišnju stopu od –0,25 %. Oko četvrtina energije tog skupa odnosi se na neenergetsku potrošnju, ona iznosi oko 25 PJ godišnje ili oko 7 % ukupne potrošnje energije (od oko 363 PJ, tablica 4.4).

Finalna potrošnja dobiva se odbijanjem svih ovih gubitaka i neenergetske potrošnje od ukupne potrošnje i ona se usmjerava u sektore finalne potrošnje: industriju, promet, kućanstva i ostalu potrošnju; to je prikazano tablicom 4.7.

Tablica 4.7. Finalna potrošnja energije u Hrvatskoj

Sektori potrošnje	2000.		2010.		rast, %
	PJ	%	PJ	%	
industrija	54,1	24,1	50,3	18,9	–0,72
promet	64,9	28,9	86,9	32,7	2,96
kućanstva	69,6	31,0	80,8	30,4	1,50
ostala potrošnja	35,9	16,0	47,8	18,0	2,91
Finalna potrošnja	**224,5**	**100**	**265,8**	**100**	**1,70**

Finalna potrošnja energije iznosila je 2010. godine 265,8 PJ i rasla je prosječnom godišnjom stopom od 1,70 %. Najbrže je rasla potrošnja prometa, znak da se previše roba prevozi amo-tamo (u Hrvatskoj najviše se bavimo trgovinom) i da se osobno previše "vozikamo". Pala je potrošnja industrije (prosječnom godišnjom stopom od –0,72 %), znak je da se još uvijek nastavlja deindustrijalizacija, otpočeta početkom devedesetih! Raste ostala potrošnja; raznih usluga, poljoprivrede, građevinarstva i – bojimo se – sveprisutnije administracije.

Totalni stupanj djelovanja energetike dobije se diobom finalne i ukupne potrošnje. Taj je bio 2000. godine 69,3 %, a deset godina kasnije (dakle 2010) povećan je na 73,3 %, što bi brzopleto gledano bio jedan od najprivlačnijih energetskih pokazatelja u Hrvatskoj. Međutim, kada razgrnemo malo stvari i utvrdimo zašto je tome tako – na žalost – utvrdit ćemo da je to posljedica najlošijeg energetskog pokazatelja: rast neto uvoza električne energije. Jer uvezenu električnu energiju koristimo uz stupanj djelovanja transformacije od 100 % (drugdje je obavljena ta transformacija!), a da smo je morali proizvesti iz primarnih izvora energije, stupanj djelovanja bio bi najviše 50-tak posto.

4.8. Proizvodnja i potrošnja električne energije

Opet se prikazuju i kretanja u proizvodnji i potrošnji električne energije u Hrvatskoj, kao naglašenije zanimljivog transformiranog (i finalnog) oblika energije te ističu najznakovitije pojave.

Opaske uz tablicu 4.8:

- *kurzivom tiskani reci* su međupodaci koji ne ulaze u zbrojeve pojedinih stupaca
- u bruto proizvodnji iskazana je ukupna proizvodnja *na hrvatskom teritoriju*
- posebno je iskazana isporuka iz hrvatskog dijela NE Krško
- iskazan je i ostali uvoz, kao i ukupni uvoz u koji je uključena i dobava iz NE Krško
- neto uvoz, određen je razlikom ukupnog uvoza i izvoza,
- bruto potrošnja je zbroj bruto proizvodnje elektrana na hrvatskom teritoriju i neto uvoza
- finalna potrošnja je bruto potrošnja umanjena zbrojem gubitaka u mrežama i vlastite potrošnje cjelokupnog energetskog gospodarstava (elektrana, toplana i ostalog).

Kako je već isticano, a iz tablice 4.8. je evidentno vidljivo, 2010. godina nije bila uzorna zbog enormne proizvodnje hidroelektrana (omjer najvlažnije godine (2010) i najsušnije u promatranom razdoblju (2007) je 1,9; gotovo dvo-

HE Dubrava na Dravi, 76 MW

Tablica 4.8. Električna energija u Hrvatskoj (GWh)

Opis	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	rast*, %
hidroelektrane	5892	6585	5433	4936	7051	6439	6124	4400	5326	6814	8435	1,63
termoelektrane	4810	5589	6853	7734	6268	6011	6287	7810	6960	5908	5531	2,31
vjetroelektrane	0	0	0	0	2	9,5	19	34,9	39,9	54,2	139,1	93,46
fotonaponski sustavi	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,12	–
Bruto proizvodnja	***10702***	***12174***	***12286***	***12670***	***13321***	***12459***	***12430***	***12245***	***12326***	***12777***	***14105***	***1,99***
isporuka iz NE Krško	0	*0*	*0*	*1623*	*2606*	*2807*	*2645*	*2714*	*2986*	*2730*	*2690*	*0,93*
ostali uvoz	4386	*3744*	*3927*	*2856*	*2692*	*5939*	*5668*	*5098*	*5178*	*4851*	*3992*	*1,13*
ukupni uvoz	4386	*3744*	*3927*	*4479*	*5298*	*8746*	*8313*	*7812*	*8164*	*7581*	*6682*	*6,27*
izvoz	386	*588*	*406*	*586*	*1633*	*3534*	*2691*	*1451*	*1587*	*1899*	*1917*	*19,37*
Neto uvoz = ukupni uvoz – izvoz	**4000**	**3156**	**3521**	**3893**	**3665**	**5213**	**5622**	**6361**	**6577**	**5682**	**4765**	3,98
Bruto potrošnja	**14702**	**15330**	**15808**	**16562**	**16986**	**17672**	**18052**	**18606**	**18903**	**18459**	**18870**	2,56
gubici prijenosa	639	629	670	660	587	560	544	548	483	511	598	–2,45
gubici distribucije	1423	1833	1407	1883	1637	1571	1365	1479	1223	1508	1424	0,65
gubici u mrežama	*2062*	*2461*	*2077*	*2543*	*2224*	*2131*	*1909*	*2027*	*1706*	*2019*	*2022*	*–0,23*
potrošnja elektroprivrede	25	25	25	26	31	33	33	34	31	32	32	2,97
potrošnja hidroelektrana**	72	84	142	112	166	183	217	265	195	157	262	9,04
potrošnja termoelektrana	222	275	357	379	285	297	318	390	349	259	233	1,76
potrošnja javnih toplana	105	105	100	115	149	102	96	95	108	111	105	0,57
potrošnja ostalog energetskog gospodarstva	392	390	416	427	444	422	417	430	395	393	374	0,01
Finalna potrošnja	**11825**	**11991**	**12693**	**12960**	**13688**	**14505**	**15063**	**15366**	**16119**	**15489**	**15843**	3,05
– industrija	2809	2862	2890	3133	3216	3271	3455	3691	3686	3284	3382	1,75
– promet	280	264	281	287	286	304	302	322	324	312	312	1,20
– kućanstva	5729	5560	5945	5694	6072	6333	6520	6393	6711	6462	6651	1,35
– ostala potrošnja	3006	3305	3575	3845	4114	4497	4785	4961	5398	5432	5498	6,80

* Prosječni godišnji rast utvrđen je za razdoblje 2000–2009, budući da 2010. nije reprezentativna; natprosječni udio HE!

** Uključivo potrošnja energije za crpljenje u CAHE, koja je – primjerice – u 2010. godini bila 152 GWh.

Izvor: Energija u Hrvatskoj, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

struko!) te su sve vrijednosti veličina u toj godini izobličene prema višegodišnjem njihovu trendu. Stoga prosječna godišnja stopa rasta ("rast, %") nije utvrđivana za razdoblje 2000 – 2010. nego za razdoblje 2000 – 2009. godine, jer tako bolje iskazuje prosječna kretanja u tom desetljeću. Samo primjera radi: prosječni godišnji rast proizvodnje HE u razdoblju 2000 – 2010. izašao je 3,65 % a rast u razdoblju 2000 – 2009. (koji je iskazan tablicom 4.8) bio je 1,63 %, dakle zapravo dvostruko sporiji. U 2010. godini proizvedeno je u HE oko 8,4 TWh (bruto) električne energije.

Proizvodnja termoelektrana rasla je prosječnom godišnjom stopom od 2,31 %, a rekordno su proizvele 2007 (7,8 TWh)[23]; očekivano: tada je bila najmanja proizvodnja HE (4,4 TWh). U 2010. godini proizvedeno je u TE oko 5,5 TWh (bruto) električne energije.

Ukupna bruto proizvodnja na hrvatskom teritoriju rasla je prosječnom godišnjom stopom od oko 2 %, i u 2010. godini bila je 14,1 TWh.

NE Krško isporučivala je polovinu svoje proizvodnje Hrvatskoj, prosječno između 2,6 i 3 TWh godišnje (kako hrvatska polovina instalirane snage NE Krško iznosi 348 MW, to je ostvarivano vrlo visoko godišnje trajanje instalirane snage između 7 470 i 8 150 sati!). Istaknimo da u tri prvotno promatrane godine nije bilo isporuke energije iz NE Krško, radi spora dviju elektroprivreda, suvlasnika NE Krško.

Ostali uvoz nije rastao visokom prosječnom stopom, 1,13 % godišnje, no kada mu se pridoda i isporuka iz NE Krško rastao je visokom stopom od čak 6,27 %. Solidno je rastao i izvoz, znak je da Hrvatska sve više sudjeluje u tranzitu električne energije preko vlastitog teritorija; i uvoz i izvoz rastu. Izvoz, prosječno godišnje stopom od čak 19,37 %.

Konačno, neto uvoz (razlika ukupnog uvoza i izvoza) rastao je energetski i ekonomski teško prihvatljivom prosječnom stopom od skoro 4 % godišnje. Neto uvoz ima red vrijednosti posljednjih godina između 5 i 6,5 TWh, na razini je između 30 i 35 % bruto potrošnje električne energije, dakle – zaokruženo – svaki treći kilovatsat uvozimo. (U ljetnim mjesecima 2012. godine uvozni udio bio je preko polovine ukupnih mjesečnih potreba!)

Bruto potrošnja, imala je vrijednost u 2010. godini od 18,9 TWh, a rasla je prosječnom godišnjom stopom od 2,56 %.

Gubici u prijenosnoj mreži padali su prosječnom godišnjom stopom od –2,45 % što je povoljan rezultat nastojanja da se oni uporno iz godine u godinu

[23] Uz instaliranu snagu svih javnih termoelektrana u Hrvatskoj u 2007. godini od oko 1 600 MW te uz trajanje godišnjeg korištenja instalirane snage od 5 500 sati, izlazi da je granično moguća proizvodnja u tadašnjim termoelektranama oko 8,8 TWh. Te godine, hrvatske termoelektrane proizvele su 7,8 TWh – približilo se to granično mogućoj njihovoj proizvodnji. No, treba se nadati skoroj dogradnji termoelektranskog parka u Hrvatskoj, ali do tada porast će i potražnja... (2010. godine ukupna snaga hrvatskih javnih termoelektrana narasla je na oko 1 700 MW.)

Tlačni cjevovod CAHE Velebit, kraj Obrovca, 276 MW

snižavaju, ulaganjem u obnovu i dogradnju mreža, pažljivijim održavanjem te što primjerenijim vođenjem pogona. Međutim, gubici u distribucijskoj mreži variraju između 1,4 i 1,9 TWh godišnje, znak je da se ne radi samo o tehničkim gubicima već i o komercijalnim (dakle, ponajprije o tzv. nepovlasnoj potrošnji, narodski bi se reklo: *krađi*), pa *kako koje godine ispadne.* Inače, njihov je prosječni godišnji rast izašao 0,65 %.

U vlastitu potrošnju hidroelektrana uračunata je i potrošnja energije za crpljenje u crpno-akumulacijskoj hidroelektrani Velebit, koja potrošnja ima godišnji red vrijednosti između 100 i 150 GWh (i naravno najvećim je dijelom "vraćena" proizvodnjom u turbinskom radu te elektrane – uz stupanj ukupnog djelovanja od oko 80 %).

Neto proizvodnja elektrana u 2010. godini dobije se ako se od bruto proizvodnje (14 105 GWh) odbije vlastita potrošnja hidroelektrana (262 GWh) i termoelektrana (233 GWh), dakle neto proizvodnja bila je 13 610 GWh. Doda li se tome neto uvoz (4 765 GWh), dobije se energija na ulazu u mrežu: 18 375 GWh.

Do finalne potrošnje dolazi se, ako se od bruto potrošnje oduzme sve što nije predano kupcima. Tako se dolazi do finalne potrošnje u 2010. godini od oko 15,8 TWh, uz prosječni godišnji rast od oko 3 %. Dijeli se po sektorima: industrija (21,3 %), promet (2 %), kućanstva (42 %) i ostala potrošnja (34,7 %).

Pitanje je pripada li osobnom bogatstvu stanovništva (a oni bi rekli: siromaštvu) tako veliki udio kućanstava; nije li ipak električna energija za kućanstva prejeftina!? *Kamo sreće*, da kućanstava i industrija imaju udjele iz 1990 (industrija 44,2 % a kućanstva 33,7 %)!

Gubici u prijenosnoj i distribucijskoj mreži bili su oko 2 TWh. Gubitke u mrežama treba iskazati prema onoj energiji koja je na ulazu u mrežu, a to je bruto potrošnja umanjena za potrošnju elektrana ili neto proizvodnja elektrana, uvećana za neto uvoz. Godine 2010. to je bilo 18,4 TWh. Gubici su u odnosu na ulaznu energiju u mrežu bili 10,9 %. Dakako treba nastojati (oko njihova sniženja) ali samo uz ekonomski opravdane *dobit-troškove*. Istina: gubici u mrežama potrošili su točno cjelokupnu proizvodnju TE-TO Zagreb u 2010. godini (2 TWh). Ali gubitke nije moguće izbjeći bez velikih ulaganja (primjerice: udvostručenje jednog srednje opterećenog voda 400 kV dovelo bi do novčane uštede zbog sniženja gubitaka tolike da bi to isplatilo investiciju u razdoblju duljem od vijeka trajanja tog voda, a snizilo bi gubitke u prijenosnoj mreži za manje od jedne desetinke postotka)!

Raspoloživa snaga elektrana[24] u Hrvatskoj, prema glavnim njihovim tipovima od 2005. do 2010. godine, prikazana je tablicom 4.9.

Ukupna snaga svih elektrana u Hrvatskoj bila je 2010. godine 4 120 MW, dodavši tome i polovinu raspoložive snage NE Krško (348 MW), izlazi da je Hrvatska u toj godini raspolagala sveukupnom snagom od nešto manje od 4 500 MW (točno: 4 468 MW). Prosječna 5-godišnja stopa rasta raspoložive snage elektrana u Hrvatskoj bila je 1,22 %.

Termoelektrane u Hrvatskoj imale su 2010. godine ukupnu snagu 1 681 MW, u tom razdoblju dograđene su jednim novim blokom u TE-TO Zagreb (110 MW, 2009. godine), a snaga nekih termoelektrana izmijenjena je rekonstrukcijama. Prosječna godišnja stopa rasta u tom 5-godišnjem razdoblju bila je 1,26 %.

Velike hidroelektrane dograđene su u tom razdoblju samo s HE Lešće (42,3 MW, 2010. godine) ali povećanje ukupne snage je veće od toga; ostvareno je rekonstrukcijama nekih postojećih hidroelektrana. U 2010. godini ukupna snaga velikih hidroelektrana bila je 2 108 MW, uz prosječnu stopu 5-godišnjeg rasta od 0,78 %. Prirasta malih hidroelektrana u tih pet godina praktički nije bilo.

[24] Instalirana snaga elektrana je zbroj nazivnih snaga svih agregata u elektranama, a raspoloživa snaga je zbroj snaga na pragu elektrana pri čemu su uzete u obzir i snižene mogućnosti angažmana ili umanjenja za snage elektrana u dugotrajnijem zastoju.

Tablica 4.9. Raspoložive snage elektrana u Hrvatskoj (MW)

Tip elektrane	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	rast, %*
termoelektrane (HEP)	*1397*	*1397*	*1409*	*1373*	*1489*	*1489*	*1,28*
TE Plomin (HEP+RWE)	*192*	*192*	*192*	*192*	*192*	*192*	*0*
termoelektrane ukupno**	1589	1589	1601	1565	1681	1681	1,26
industrijske termoelektrane	210	210	210	210	210	210	0
elektrane na iscrpive izvore	*1799*	*1799*	*1811*	*1775*	*1891*	*1891*	*1,00*
akumulacijske hidroelektrane	*1678*	*1678*	*1687*	*1702*	*1702*	*1702*	*0,28*
protočne hidroelektrane	*350*	*350*	*356*	*357*	*357*	*406*	*3,01*
Ukupno velike HE (HEP)***	2028	2028	2043	2059	2059	2108	0,78
male HE (HEP)	*28,68*	*28,68*	*28,68*	*28,64*	*28,64*	*28,64*	*–0,03*
male HE (vlasništvo drugih)	*4,08*	*4,08*	*4,08*	*4,08*	*4,11*	*4,11*	*0,15*
Ukupno male HE	32,76	32,76	32,76	32,72	32,75	32,75	–0,01
vjetroelektrane	5,95	17,15	17,15	17,15	69,75	78,95	67,71
fotonap.sustavi, na mreži	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,16	26,19
male TE, načelno na bioplin	2,04	2,04	2,04	4,63	5,63	9,40	35,74
elektrane na obnovljive izvore	*2069*	*2080*	*2095*	*2114*	*2167*	*2229*	*1,50*
Ukupno u Hrvatskoj	**3868**	**3879**	**3906**	**3889**	**4058**	**4120**	**1,27**
NE Krško, polovina	338	348	348	348	348	348	0,58
Sveukupno	**4206**	**4227**	**4254**	**4237**	**4406**	**4468**	**1,22**

* Prosječni godišnji rast odnosi se na razdoblje 2005. – 2010.

** TE dograđene su 2009. agregatom TE-TO Zagreb (110 MW) uz neke rekonstrukcije drugih TE u tom razdoblju.

*** Velike HE dograđene su 2010. s HE Lešće (42,3 MW) uz neke rekonstrukcije drugih HE u tom razdoblju.

Kurzivom tiskani reci su međupodaci koji ne ulaze u glavne zbrojeve pojedinih stupaca.

Izvori: Energija u Hrvatskoj 2005 i 2010, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

Vjetroelektranama je narasla instalirana snaga na kraju 2010. godine na ukupno oko 79 MW, uz prosječnu 5-godišnju stopu rasta od čak 67,7 %. U početnoj godini promatranja javlja se VE Ravna na otoku Pagu (5,95 MW) koja se u proizvodnji električne energije službeno pojavljuje tek 2004. godine s proizvodnjom od 2 GWh. Godine 2006. postoje već dvije vjetroelektrane, pored VE Ravna, tu je i VE Trtar-Krtolin kraj Šibenika (11,2 MW).

Fotonaponskih sustava, priključenih na mrežu, ima u 2010. godini malo, ukupne snage 160 kW. Javljaju se, priključeni na mrežu, od 2005. godine.

Elektrane na obnovljive izvore spram elektrana na iscrpive oblike energije, prema raspoloživoj snazi, 2010. godine odnose se kao 2 229 MW : 1 891 MW, dakle pretežu elektrane na obnovljive izvore u elektranama na području Hrvatske. Omjer snage elektrana na obnovljivu, prema snazi onih na iscrpivu energiju je 1,18; za 18 % je više elektrana na obnovljivu od onih na iscrpivu energiju.

Odmah je zanimljivo pogledati: koliki je omjer obnovljive proizvodnje spram omjera iscrpive proizvodnje (u bruto proizvodnji električne energije na području Hrvatske)? U hidroelektranama, vjetroelektranama i fotonaponskim sustavima, 2010. godine proizvedeno je ukupno 8 574 GWh, a u termoelektranama 5 531 GWh, dakle je omjer tih proizvodnjâ 1,55; značajno veći nego li je omjer instaliranih snaga. Međutim, to je posljedica rekordne proizvodnje hidroelektrana u 2010. godini (8,4 TWh) i nije znakovit za dulje promatrano razdoblje.

Hidrološki najlošije godine u tom petogodištu (2007) bio je omjer instaliranih snaga elektrana na obnovljive i iscrpive izvore 1,16 – a omjer obnovljive i iscrpive proizvodnje bio je samo 0,57. Dakle je omjer snaga (obnovljivo/iscrpivo) bio dva puta veći od omjera proizvodnjâ. Te je godine, naime, ostvarena rekordna proizvodnja u termoelektranama (7,8 TWh).

4.9. Pridobivanje i korištenje pojedinih oblika obnovljive energije

Konačno, o obnovljivim izvorima u *poticanoj* proizvodnji električne energije u Hrvatskoj, tablica 4.10. Vjetroelektrane se pojavljuju simbolički 2004. godine (radi se o prvoj hrvatskoj VE Ravne na otoku Pagu), a fotonaponski sustavi (povezani s javnom električnim mrežom) 2005. godine. Iskaz proizvodnje malih hidroelektrana ubrojen je u proizvodnju hidroelektrana, a iskaz proizvodnje električne energije iz biomase ubrojen je u proizvodnju termoelektrana (u elektroenergetskoj bilanci, tablica 4.8).

Godine 2010. u postrojenjima za proizvodnju električne energije iz poticanih izvora zajedno (tablica 4.10) proizvedeno je oko 296 GWh ili 2,1 % bruto proizvodnje električne energije na području Hrvatske (to je 14,1 TWh, tablica 4.7). No, to je samo 1,6 % neto proizvodnje električne energije uvećane za neto uvoz (18,4 TWh), *manje od startnog udjela* konstatiranog *Uredbom o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče,* u kojoj je rečeno da je taj udio u 2007. godini bio 1,8 %! Vidi o tome odjeljak 4.2.

Tablica 4.10. Proizvodnja električne energije iz *poticanih* obnovljivih izvora u 2010. godini u Hrvatskoj

Oblik primarne energije	Proizvodnja el.energije, GWh	Udio, %
iz malih hidroelektrana	124,1	41,9
vjetar	139,1	46,9
Sunčevo zračenje	0,12	0,04
biomasa	33,0	11,1
Ukupno	296,3	100

Izvor: Energija u Hrvatskoj MMX, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

Podsjetimo se, *Uredbom o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče*, iz 2007. godine, bilo je određeno da do 31. prosinca 2010. godine minimalni udio električne energije proizvedene u postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije čija se proizvodnja potiče, iznosi 5,8 % u neto proizvodnji električne energije uvećanoj za neto uvoz! Dakle, izgradnja takvih izvora ozbiljno je podbacila, nije stoga čudo što je već 3 godine dovoljna nepromijenjena naknada od 0,5 lipa/kWh da se namire ukupno potrebni iznosi za otkup proizvedene energije povlaštenim proizvođačima.

Pogleda li se koliko je proizvedeno *ukupno* električne energije iz *svih* obnovljivih izvora, onda je to prikazano tablicom 4.11.

Elektrana na biomasu u Strizivojni, 3,3 MW

Tablica 4.11. Bruto proizvodnja električne energije iz *svih* obnovljivih izvora u 2010. godini u Hrvatskoj

Tip postrojenja (primarna energija)	Proizvodnja el.energije		Udio, %
	GWh	PJ	
ukupna proizvodnja velikih i malih HE	8435,2	30,37	99,3
– energija dobivena iz crpljenja u CAHE	–111,4	– 0,40	–1,3
obnovljiva proizvodnja HE	8323,8	29,97	98,0
proizvodnja vjetroelektrana	139,1	0,50	1,6
fotonaponska proizvodnja	0,12	0,0004	0,001
proizvodnja iz ogrjevnog drva i ostale biomase	33,0	0,12	0,4
Ukupna proizvodnja iz obnovljivih izvora	8496	30,59	100

Izvor: Energija u Hrvatskoj MMX, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

U obnovljive izvore u proizvodnji električne energije, ulazi *obnovljiva* energija proizvedena u svim velikim i malim hidroelektranama, pored energije iz vjetra, Sunčeva zračenja i biomase, tablica 4.10. Obnovljiva energija proizvedena u hidroelektranama je njihova bruto proizvodnja umanjena za energiju dobivenu iz crpljenja u crpno-akumulacijskim hidroelektranama, jer za crpljenje nije korištena obnovljiva energija, nego energija koja u vrijeme crpljenja bila raspoloživa u elektroenergetskom sustavu. Energija dobivena iz crpljenja određena je kao 80 % energije potrošene za crpljenje, jer je podatak o toj energiji raspoloživ, a uzet je prosječni stupanj djelovanja ukupne pretvorbe crpka-turbina od 80 %.

Godine 2010. u tim postrojenjima zajedno je proizvedeno 8 496 GWh ili 60 % ukupne električne energije proizvedene (bruto) na području Hrvatske, odnosno 45 % hrvatske bruto potrošnje električne energije, dakle gotovo polovina bruto potrošnje. No, kako smo već nekoliko puta istakli, 2010. godina nije prosječno uzorna, zbog iznimno velike proizvodnje iz vodnih snaga.

Korištenje krute i plinovite biomase za *toplinsku energiju*, uključujući onu za proizvodnju iz biomase u industrijskim kotlovnicama te za proizvodnju toplinske energije iz ogrjevnog drva za grijanje, kuhanje i pripremu tople vode u kućanstvima i drugim mjestima te potrošnje, iznosila je u 2010. godini oko 15,7 PJ. Ukupna energija iz obnovljivih izvora iskorištena za toplinu iznosila je te godine oko 18 PJ, tablica 4.12.

Ukupno korištenje biomasom niže je od one vrijednosti iskazane u ukupnoj potrošnji primarnog ogrjevnog drva i biomase (16,1 PJ, tablica 4.4). To je stoga što su korištenjem biomase dijelom proizvedeni drveni peleti i briketi te drveni ugljen i sječka, ali uz neiskazan energetski njihov sadržaj te što je djelomično u zbroj (iskazan tablicom 4.12) ulazila i transformirana energija a ne primarna (dakle, umanjena stupnjem djelovanja transformacije).

Tijekom 2010. godine proizvedeno je u Hrvatskoj 13 841 tona *biodizela* ili 0,52 PJ od čega je 24 % plasirano na domaće tržište, a preostatak je izvezen.

Tablica 4.12. Korištenje obnovljivih izvora za toplinsku energiju u 2010. godini u Hrvatskoj

Oblik primarne energije	Korištenje za topl.energiju, PJ	Udio, %
biomasa	15,73	87,5
sunčevo zračenje	0,22	1,2
geotermalna energija*	0,90	5,0
toplina iz dizalica topline**	1,12	6,3
Ukupno	17,97	100

* Odnosi se na geotermalnu energiju iskorištenu za grijanje i pripremu tople vode.

** Odnosi se na neto proizvedenu toplinu (66 % bruto proizvedene topline).

Izvor: Energija u Hrvatskoj MMX, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

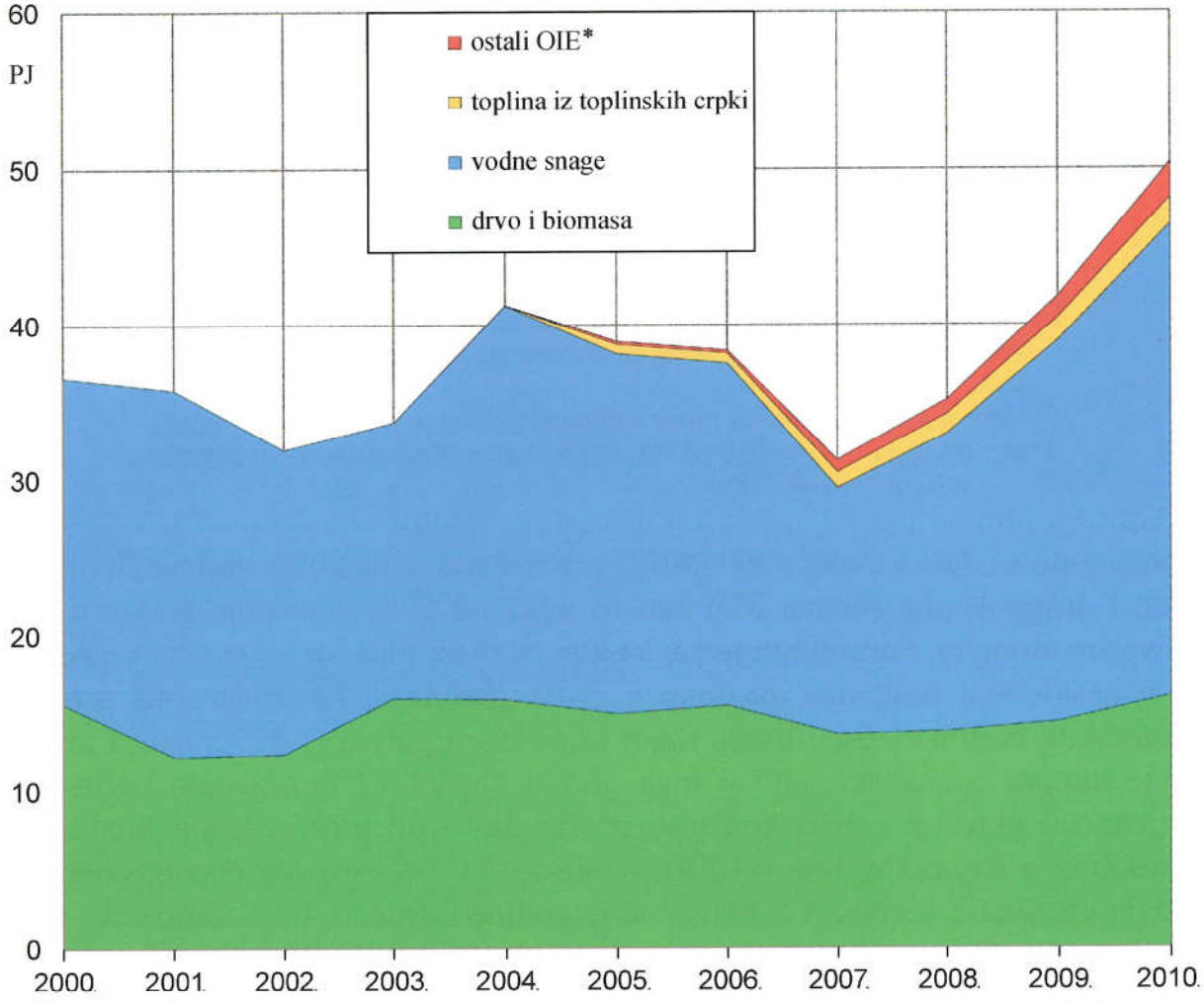
Podsjetimo se, Direktivom 2009/28/EC predviđeno je da 2020. godine Hrvatska (kao i druge zemlje-članice EU) ostvari udjel od 10 % potrošnje goriva u cestovnom prometu. Formuliran je nacionalni akcijski plan, da se to ostvari. Kako je u cestovnom prijevozu utrošeno u 2010. godini 1 710 tisuća tona goriva, motorskog benzina (636,6 tisuća tona) i dizelskog goriva (1 073,5 tisuća tona), to je ukupni energetski sadržaj toga goriva bio 71 PJ, primjenom ogrjevnih vrijednosti benzina i dizelskog goriva. Tih 24 % od proizvedenog biodizela, utrošenog u Hrvatskoj, bilo 0,12 PJ, odnosno 0,17 % ukupnog energetskog sadržaja utrošenog goriva. A u EU-27 te je godine utrošeno 4,7 % biodizela. (Da je Hrvatska članica Europske unije otkada je 10 novih članica i hrvatska bi obveza za 2010. godinu bila 5,75 % ukupne energije potrošenog goriva!)

Do ukupnog korištenja obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj 2010. godine dolazimo tako da zbrojimo proizvedenu električnu energiju (iz tablice 4.11), korištenje OIE za proizvodnju topline (tablica 4.12.) i proizvodnju biodizela iskorištenu u Hrvatskoj:

– proizvedena električna energija	30,59 PJ
– korištenje OIE za proizvodnju topline	17,97 PJ
– plasman proizvedenog biodizela	0,12 PJ
Ukupno	48,68 PJ

Ukupno korištenje energijom obnovljivih izvora u Hrvatskoj u 2010. godini bilo je 48,7 PJ. (Udjeli u toj energiji prikazani su tablicom 4.13.)

Slikom 4.1. prikazano je kretanje potrošnje obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj, tu je prikazana njihova ukupna (primarna) potrošnja. Zapaža se rast od 2007. godine na ovamo i te bi se brzopleto moglo zaključiti kako je to posljedica konačno zaokruženog zakonodavno-pravnog položaja OIE u Hrvatskoj i od tada je sve naglo krenulo, *poletjelo*! No to uopće nije tako! Prvo: praktički je korištenje ogrjevnog drva i biomase – uz neznatna odstupanja – bilo stalno,

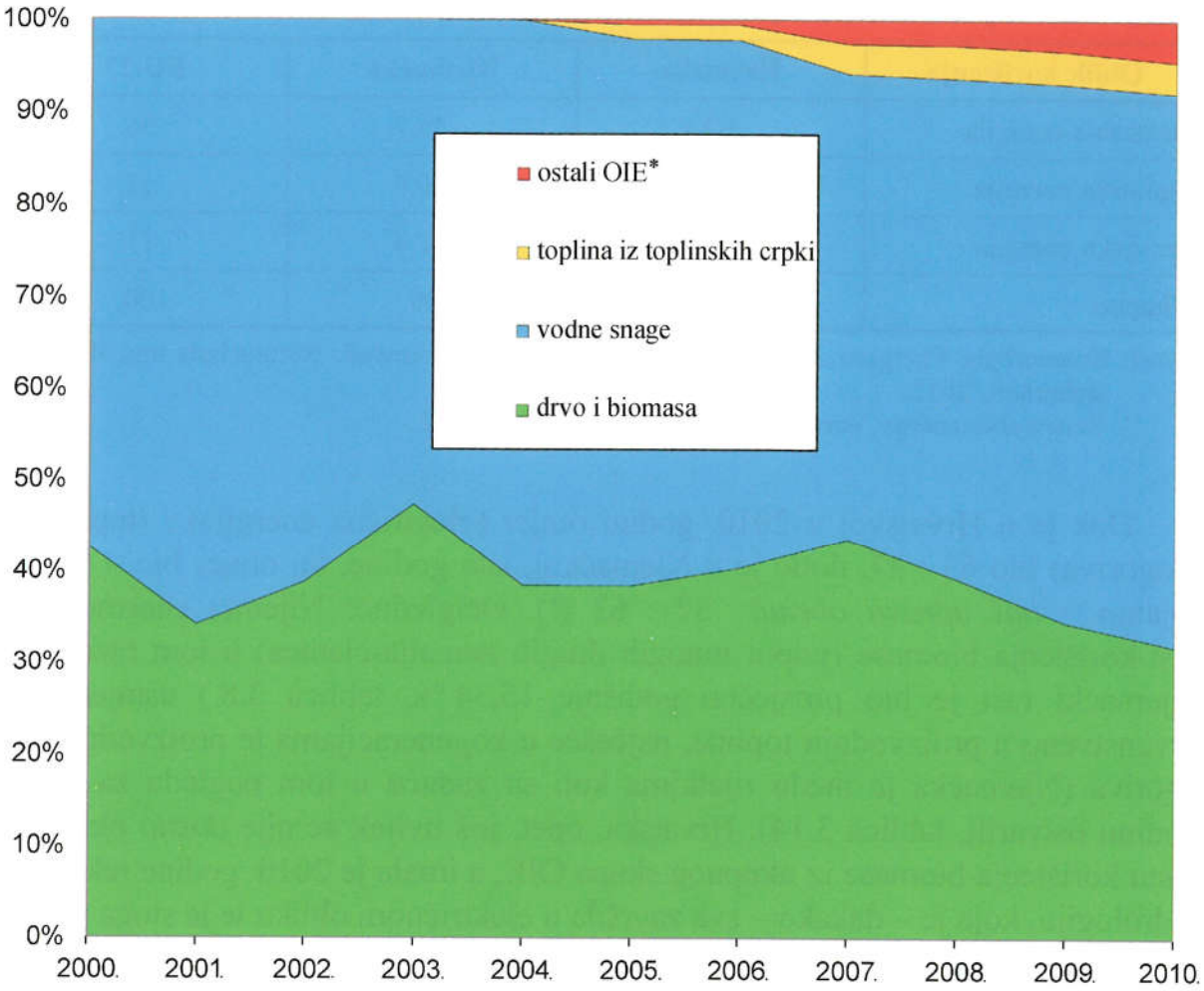


*Ostali OIE: vjetar, Sunčevo zračenje, geotermalna energija, biodizel te deponijski i bioplin.

Slika 4.1. Obnovljivi izvori energije u Hrvatskoj

na razini oko 15 PJ. Drugo: da su vodne snage ostale i posljednje tri godine na razini između 15 i 25 PJ – prosječno dakle oko 20 PJ – na kolikoj su bile prvih 7 promatranih godina, praktički, rasta obnovljivih izvora u Hrvatskoj u tih 10 godina ne bi niti bilo! U 2010. godini Hrvatska bi bila na razini 2000. godine. Treće: Sav rast – zapravo – ostvaren je zbog vodnih snaga, radi vrlo slabe hidrologije u 2007. godini i enormno vlažne 2010. godine.

Konačno, sa slike 4.2, gdje je prikazano kretanje postotnih udjela oblika OIE: drvo i biomasa sudjeluju prosječno s oko jednom trećinom u ukupnoj potrošnji obnovljivih izvora energije, uz lagani trend sniženja tog udjela (doduše, donekle je to snižavanje pojačano enormnom hidrologijom 2010. godine). Dok u Europskoj uniji taj oblik energije ima udio nešto veći od dvije trećine, s tendencijom blagog porasta odnosno stagnacije (vidi sliku 3.2)! Ali, biomasu treba uzgojiti, posjeći, prevesti, pripremiti, uskladištiti, osušiti, spaliti, zbrinjavati pepeo, bdjeti nad dimnim plinovima i – svakako – brinuti pravodobno o sadnji i uzgoju nove biomase, kako bi *krug* neprekidno bio zatvoren.



*Ostali OIE: vjetar, Sunčevo zračenje, geotermalna energija, biodizel te deponijski i bioplin.

Slika 4.2 Udjeli oblika obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj

Ukupno korištenje obnovljivih izvora energije u 2010. godini u Hrvatskoj bilo je dakle 48,7 PJ ili 13,4 % od 362,7 PJ ukupno potrošene energije u Hrvatskoj 2010. godine (iz tablice 4.5).

No to nije pokazatelj koji se prati u Europskoj uniji temeljem Direktive 2009/28/EC o promicanju korištenja energijom iz obnovljivih izvora, nego se prati udio obnovljivih izvora u bruto finalnoj potrošnji svekolike energije. Izračunavanju tog udjela za Hrvatsku, posvetit će se slijedeći odjeljak (4.10).

U tablici 4.13. prikazani obnovljivi izvori energije u Hrvatskoj 2010. godine, prema udjelu u ukupnom korištenju OIE: električnom, toplinskom i kemijskom (biogoriva) obliku.

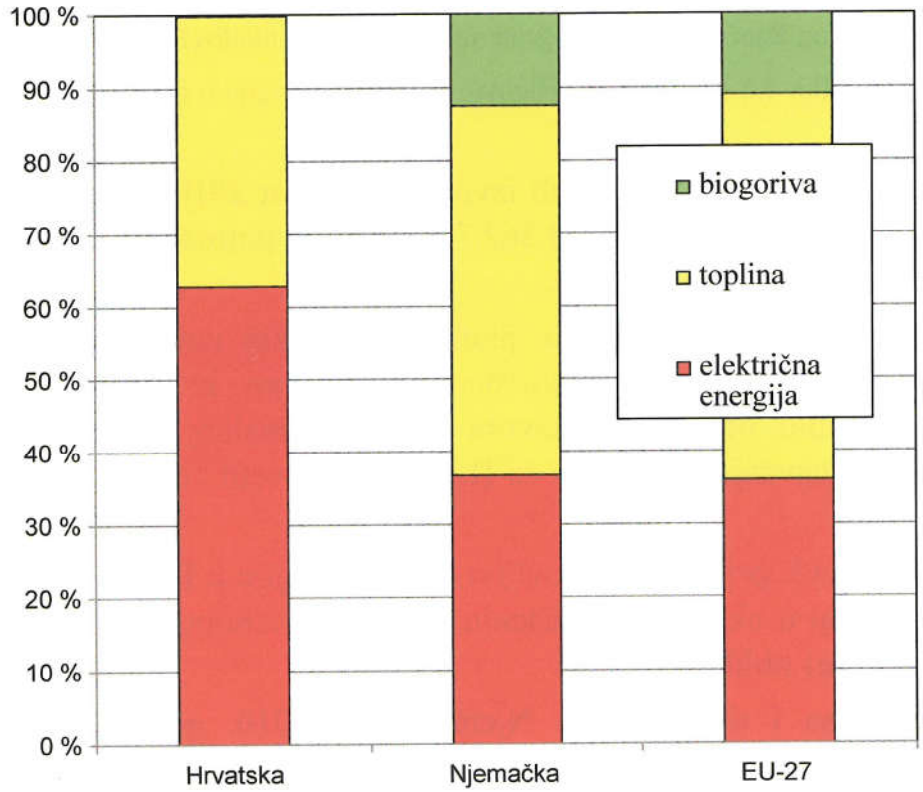
Prikazani su i ti podaci za Njemačku iz 2010. godine, prema [17] i EU-27, prema [19], radi zanimljive usporedbe. Ti se udjeli prikazuju i slikovito, slika 4.3.

Tablica 4.13. Udjeli oblika u ukupnom korištenju OIE 2010. godine (%)

Oblik korištenja	Hrvatska	Njemačka	EU-27
električna energija	62,8	36,7	36
toplinska energija	37,0	50,9	53
kemijska energija	0,2	12,4	11
Ukupno	100	100	100

Izvori: Erneuerbare Energien 2011, Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2012.
Renewable energy, eurostat-Statistics in focus, 44/2012.

Dok je u Hrvatskoj u 2010. godini omjer (električna energija) : (toplina + biogoriva) bio 63 : 37, dotle je u Njemačkoj, iste godine, taj omjer bio – nevjerojatno – *baš upravo obrnut* 37 : 63 (!). Očigledno: Nijemci enormni porast korištenja biomase (poput mnogih drugih zemalja-članica) u tom razdoblju (njemački rast je bio prosječno godišnje 15,34 %, tablica 3.8.) usmjeravaju prvenstveno u proizvodnju topline, najčešće u kogeneracijama te proizvodnju biogoriva (Njemačka je među rijetkima koji su zadaću u tom pogledu za 2010. godinu ostvarili, tablica 3.14). Hrvatska, opet, još uvijek se nije *doista* okrenula rastu korištenja biomase iz ukupnog skupa OIE, a imala je 2010. godine rekordnu hidrologiju, koja je – dakako – sva završila u električnom obliku te je stoga prikaz



Slika 4.3. Udjeli oblika u ukupnom korištenju OIE 2010. godine

na slici 4.3. donekle prenaglašen u korist električne energije, spram prosječnih prilika. Prilike u cijeloj EU-27 podjednake su njemačkim.

Zaključno – dvije vrlo važne stvari, kojima bi se trebalo okrenuti u Hrvatskoj: *više favorizirati korištenje biomasom spram drugih OIE* (usporedi sliku 4.1. sa slikom 3.1) i *korištenja OIE za proizvodnju topline i biogoriva spram korištenja OIE za proizvodnju električne energije* (vidi sliku 4.3.).

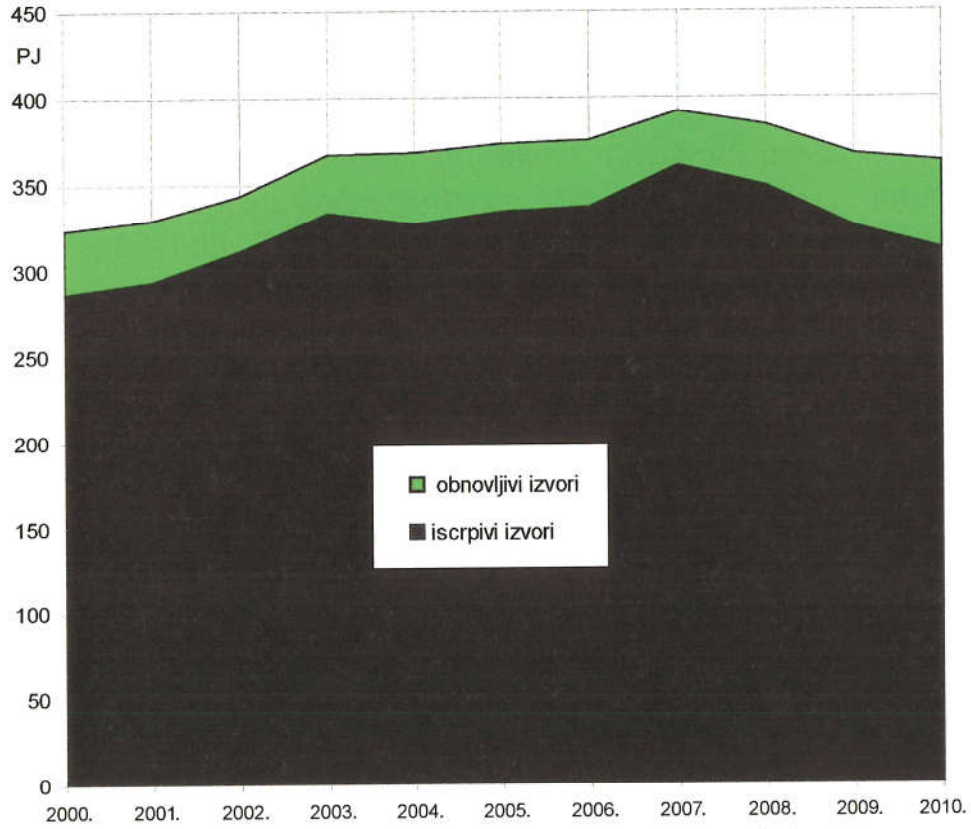
U Europskoj uniji u posljednjih 10 godina blago raste udio biomase u ukupnom korištenju svekolike obnovljive energije (vidi sliku 3.2.), tako da je danas (2010) taj udio došao na oko dvije trećine (!) u korištenju svim obnovljivim izvorima energije – usprkos *boomu* vjetroelektrana i fotonaponskog korištenja Sunčevim zračenjem.

U Hrvatskoj je korištenje biomasom u opadanju u svekolikim obnovljivim izvorima i danas (2010) je Hrvatska prema tom udjelu na jednoj trećini u korištenju svim obnovljivim izvorima (vidi sliku 4.3.). Posljednjih godina čak se izvozi 20 % pridobivenog ogrjevnog drva! Uz tolike hrvatske šume i neiskorištene obradive poljoprivredne površine i relativno sve nezaposlenije šumske radnike i poljoprivrednike!?

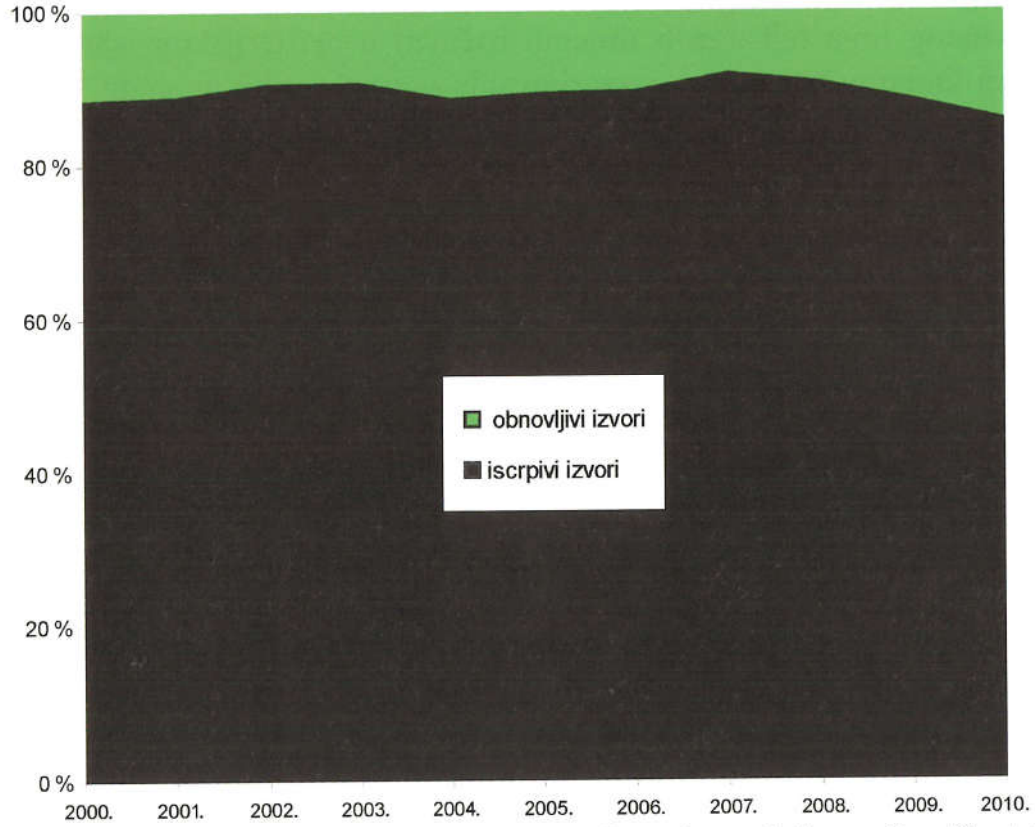
Neodložno, valja poticati kolektorsko korištenje Sunčevim zračenjem, jednokratnom novčanom subvencijom. Svakako u priobalju (gdje se povećana potražnja sanitarne tople vode dobro slaže s povećanom Sunčevom dozrakom – u ljetnim mjesecima – turizam!). U Rovinju ovaj autor izbrojao je oko 500 vidljivih satelitskih TV-antena na krovovima, a niti jedan kolektor. Zar je to moguće? U grčkom *Solunu* prije dvadesetpet je godina vidio potleušice (sklepane od izravnatog lima odbačenih limenih bačava) u periferijskom slamu, s crno obojenim limenim bačvama za zagrijavanje vode Suncem na svim krovovima. Koliko ima kolektora danas u hrvatskom *Solinu*?

Fotonaponsko korištenje Sunčevim zračenjem, masivnim instalacijama (od više desetaka kilovata na dalje) treba i dalje obeshrabrivati (sniženjem otkupne cijene, dakako). U zimskim večernjim satima, nakon povečerja – kada je u Hrvatskoj vršno opterećenje elektroenergetskog sustava – fotonaponski sustavi uopće ne sudjeluju u pokriću tog vršnog opterećenja; trebamo imati izgrađeno drugih elektrana, kao da fotonaponskih sustava niti nema! U nekoliko podnevnih sati, masovno fotonaponsko korištenje, dovelo bi do izbacivanja iz pogona nekoliko elektrana s možda jeftinijom proizvodnom cijenom od otkupne tarife za fotonaponske sustave. Zar se u to želi ići?

Prikažimo još ukupnu potrošnju energije u Hrvatskoj iskazanu apsolutnim vrijednostima samo ukupnih iscrpivih i ukupnih obnovljivih izvora energije (slika 4.4.), kao i promjenu udjela iscrpivih i obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji (slika 4.5.) tijekom posljednjeg desetljeća. Ponajprije, opaža se pad ukupne potrošnje energije, od 2007. godine, s oko 392 PJ na oko 363 PJ (2010). Najvjerojatnije, rezultat je to gospodarske stagnacije – naglašenije istaknute baš posljednjih godina – a bilo bi, dakako, bolje da je to rezultat sve učinkovitijeg korištenja energijom.



Slika 4.4. Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj



Slika 4.5. Udjeli iscrpivih i obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj

Opaža se (slika 4.5.) trend postupna povećanja udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije od 2007. godine, dakle godine u kojoj je u Hrvatskoj donesen cjeloviti slog podzakonskih akata o poticanju obnovljivih izvora energije i kogeneracije za proizvodnju električne energije. Kada je uređeno stjecanje statusa povlaštenog proizvođača te tarifni sustav za otkup njihove proizvodnje i plaćanje naknada svih kupaca električne energije za poticanje OIE i kogeneracije. Međutim, opet istaknimo: radi se o minimalnom utjecaju tih podzakonskih akata na kretanja, ponajprije se radi o utjecaju povoljnih hidroloških prilika u tim godinama (vidi sliku 4.1.). Taj utjecaj bio bi i nešto slabiji da nije došlo i do sniženja ukupne potrošnje energije (sniženje nazivnika u omjeru OIE i ukupne potrošnje!).

4.10. Udio obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji u Hrvatskoj

Često se u javnosti pogrešno ističe navodna zadaća Hrvatske da do 2020. godine ostvarimo udio obnovljivih izvora energije od 20 posto potrošnje *električne* energije. Međutim, Direktiva EU 2009/28/EC o obnovljivim izvorima energije nalaže ciljne udjele koje pojedine države-članice Unije moraju postići u *sveukupnom korištenju* obnovljivim izvorima energije, dakle ne samo u namirenju potrošnje električne energije (usput govoreći: time, to je *znatno teže* dohvatljiv cilj). Treba reći i to da je taj cilj za Hrvatsku u pristupnim pregovorima za članstvo u EU predviđen da doista bude 20 posto, ali – dakako – ukupne finalne potrošnje svih oblika energije.

Taj cilj za Hrvatsku, slučajno je identičan cilju koji je postavljen pred EU u cjelini (20 posto). Pojedine države, imaju zadani cilj između 10 posto (Malta) i 49 posto (Švedska). Određen je sukladno zatečenom stanju u korištenju obnovljivim izvorima, objektivnim mogućnostima za njihovo korištenje i gospodarske moći pojedine zemlje-članice, ali tako da ukupni udio za čitavu Europsku uniju bude spomenutih 20 posto.

Druga netočnost, koja se navodi na brojnim mjestima, je oko sadašnjeg stanja u hrvatskom ostvarenju tog cilja. Tu se onda promatra sadašnje postignuće u *poticanim* obnovljivim izvorima bez obzira što spomenuta europska direktiva govori o svim obnovljivim izvorima. Pa onda hrvatska sadašnja pozicija izađe nekoliko postotaka.

Kako stoji točno gledanje u tom području i koliki je doista udio obnovljivih izvora energije u hrvatskoj bruto finalnoj potrošnji energije, posljednje tri godine (2008 – 2010), za koje se raspolaže utemeljenim podacima?

Prema spomenutoj direktivi, finalna energija dobivena korištenjem obnovljivih izvora sadrži električnu energiju, toplinu i biogoriva (za cestovna motorna vozila). Pri tome iz hidroelektrične proizvodnje treba izuzeti energiju koja je ostvarena crpljenjem u crpno-akumulacijskim hidroelektranama, jer za crpljenje nisu

Sunčana elektrana Solvis u Varaždinu, 20,6 kW

korištene vodne snage nego raspoloživa električna energija iz sustava. Također, pod hidroelektričnom proizvodnjom razumijeva se proizvodnja u hidroelektranama, kao da su one bile u pogonu zadnjih 15 godina, a za vjetroelektrane uzima se posljednjih 5 godina. Dakle, množi se prosječna instalirana snaga u zadnjoj godini s prosječnim trajanjem iskorištenja instalirane snage tijekom čitavog razdoblja, 15 godina za HE i 5 godina za VE. To je stoga, kako bi se uprosječili ostvareni pokazatelji u promatranoj godini, ovisni o (moguće jako iznimnim) hidrološkim i vjetrenim prilikama u toj godini.

Za račun zadanog udjela, u bruto finalnu potrošnju energije, pored one koja je predana kupcima-potrošačima (neto finalna potrošnja), treba uvrstiti i energiju utrošenu prilikom preobrazbe primarnih oblika energije u transformiranu energiju (dakle vlastitu potrošnju elektrana i toplana) i gubitke pri prijenosu i distribuciji električne energije i topline. To je takozvana *bruto finalna potrošnja energije*.

Podaci o ostvarenjima u finalnoj potrošnji energije dobivene iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj od 2008. do 2010. godine, prikazani su tablicom 4.14. Ukupna električna energija, toplina i biogoriva, dobivene iz obnovljivih izvora je nešto manje ili nešto više od 40 petadžula odnosno oko 11 TWh.

U tablici 4.14., i svim slijedećim tablicama, ako je bilo potrebno, korišten je faktor konverzije između energetskih jedinica: 1 TWh = 3,6 PJ. Podatak o proizvodnji iz vodnih snaga i energije vjetra može se protumačeno naći u tablicama 4.15. i 4.16. Podatak o energiji proizvedenoj iz crpljenja izdvojen je iz *Izvještaja o poslovanju HEP-OPS u 2010. godini* [9]. *Obnovljiva* energija pridobivena iz dizalica topline određena je uz pretpostavku da je ukupno pridobivena ta energija (iz tablice 4.4) umanjena za 1/3, koliko je pretpostavljeno da je utrošeno za pogon dizalica topline (dakle da je prosječni omjer ukupno proizvedene topline i energije privedene iz vanjskog izvora, *faktor grijanja*, tih dizalica bio 3).

Tablica 4.14. Udjeli primarnih oblika obnovljive energije u finalnoj potrošnji u Hrvatskoj

Primarni oblik energije	Oblici finalne potrošnje				
	električna energija		toplina	biogoriva	Ukupno
	GWh	PJ	PJ	PJ	PJ
2008. godina					
vodne snage, 15-god. prosjek	5804	20,9			20,9
– iz crpljenja u CAHE	–123	–0,4			–0,4
obnovljive vodne snage	5680	20,4			20,4
Sunčevo zračenje	0,06265	0,0002	0,2		0,2
geotermalna energija			0,6		0,6
energija vjetra, 5-god.prosjek	32,6	0,1			0,1
toplina iz dizalica topline*			0,9		0,9
ogrjevno drvo i ostala biomasa	21	0,0001	16,6	0,1	16,6
Ukupno 2008. godine	5734	20,6	18,2	0,1	**38,8**
2009. godina					
vodne snage, 15-god. prosjek	5930	21,3			21,3
– iz crpljenja u CAHE	–93	–0,3			–0,3
obnovljive vodne snage	5837	21,0			21,0
Sunčevo zračenje	0,09136	0,0003	0,2		0,2
geotermalna energija			0,6		0,6
energija vjetra, 5-god.prosjek	76,8	0,3			0,3
toplina iz dizalica topline*			1,0		1,0
ogrjevno drvo i ostala biomasa	24,9	0,1	16,6	0,04	16,7
Ukupno 2009. godine	5939	21,4	18,3	0,0	**39,7**
2010. godina					
vodne snage, 15-god. prosjek	6212	22,4			22,4
– iz crpljenja u CAHE	–111	–0,4			–0,4
obnovljive vodne snage	6100	22,0			22,0
Sunčevo zračenje	0,120	0,0004	0,2		0,2
geotermalna energija			0,9		0,9
energija vjetra, 5-god.prosjek	135,5	0,5			0,5
toplina iz dizalica topline*			1,1		1,1
ogrjevno drvo i ostala biomasa	33	0,1	15,7	0,12	16,0
Ukupno 2010. godine	6269	22,6	18,0	0,12	**40,7**

* Obnovljiva energija iz dizalica topline određena je uz prosječni faktor grijanja 3, dakle u ovu tablicu su uvrštene 66 %-tne vrijednosti iz tablice 4.4.

Izvor: Energija u Hrvatskoj 2008, MMIX i MMX, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

Vidljivo je, da je najveći udio vodnih snaga (dakako: iz *velikih i malih* HE) u potrošenoj električnoj energiji iz obnovljivih izvora, a slijedi biomasa u potrošnji topline. Također, u Hrvatskoj se iz obnovljivih izvora energije proizvede više električne energije nego li topline. Najviše se topline dobiva korištenjem ogrjevnog drva u kućanstvima. Tekućih biogoriva proizvede se najmanje, premda bi (da smo članica EU) njihov energetski udio trebao biti 5,75 posto od potrošnje motorskog i dizelskog goriva za cestovni promet u 2010. godini.

U tablici 4.15. izračunata je uprosječena proizvodnja hidroelektrana, a u tablici 4.16. – uprosječena proizvodnja vjetroelektrana. Slijedi obrazloženje tih računa.

Uzimani su odgovarajući ostvareni nizovi trajanja iskorištenja instalirane snage hidroelektrana iz tablice 4.15:

$$T_i = 2 \cdot \frac{W_i}{P_i + P_{i-1}} \qquad i = 1 \ldots 15 \tag{4.1}$$

za 15 godina unatrag i određivana srednja vrijednost

$$T_{sr} = \frac{\text{sum}(T_i)}{15} \qquad i = 1 \ldots 15 \tag{4.2}$$

Tu su:

W_i godišnja proizvodnja HE u i-toj godini
P_i instalirana snaga HE na kraju i-te godine
P_{i-1} instalirana snaga HE na kraju (i-1)-ve godine.

Tada je uprosječena proizvodnja hidroelektrana u 15-toj godini jednaka

$$W_{15} = \frac{P_{15} + P_{14}}{2} \cdot T_{sr}. \tag{4.3}$$

Od tako dobivenih rezultata odbijana je proizvodnja crpno-akumulacijskih hidroelektrana (CAHE), dobivena potrošnjom energije za crpljenje (W_{crplj}), umanjenoj za gubitke u motorsko/turbinskom radu CAHE (pretpostavljen je stupanj djelovanja 80 %) te se došlo do *obnovljive* uprosječene proizvodnje hidroelektrana u promatranoj godini:

$$W_{HE} = W_{15} - 0{,}80 \cdot W_{crplj}. \tag{4.4}$$

Podaci o proizvodnji vjetroelektrana iz protekla 5-godišnjeg razdoblja crpljeni su iz tablice 4.16. Uzimani su odgovarajući ostvareni nizovi trajanja iskorištenja instalirane snage prema (4.1) za 5 godina unatrag i određivana srednja vrijednost:

$$T_{sr} = \frac{\text{sum}(T_i)}{5} \qquad i = 1 \ldots 5 \tag{4.5}$$

Tablica 4.15. Proizvodnja, snaga i trajanje iskorištenja hidroelektrana u Hrvatskoj

Godina	W (GWh)	P (MW)	T (h/god)	T_{sr} (h/god)	W_{15} (GWh)
1994.	4889	2076	2355		
1995.	5164	2076	2487		
1996.	7190	2076	3463		
1997.	5260	2076	2534		
1998.	5428	2076	2615		
1999.	6531	2076	3146		
2000.	5841	2076	2814		
2001.	6585	2076	3172		
2002.	5433	2076	2617		
2003.	4936	2076	2378		
2004.	7051	2076	3396		
2005.	6439	2076	3102		
2006.	6124	2076	2950		
2007.	4400	2088	2113		
2008.	5326	2088	2551	2780	**5804**
2009.	6814	2088	3263	2840	**5930**
2010.	8435	2137	3993	2940	**6212**

Izvor: Energija u Hrvatskoj, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

Tablica 4.16. Proizvodnja, snaga i trajanje iskorištenja vjetroelektrana u Hrvatskoj

Godina	W (GWh)	P (MW)	T (h/god)	T_{sr} (h/god)	W_{VE}(GWh)
2004.	2	5,95	336		
2005.	9,5	5,95	1597		
2006.	19	17,2	1641		
2007.	34,9	17,2	2029		
2008.	39,9	17,2	2320	1897	**32,6**
2009.	54,2	69,8	1246	1767	**76,8**
2010.	139,1	79	1870	1821	**135,5**

Izvor: Energija u Hrvatskoj 2008, MMIX i MMX, Ministarstvo gospodarstva i Energetski Institut "Hrvoje Požar".

Tada je uprosječena proizvodnja vjetroelektrana u 5-toj (promatranoj) godini jednaka

$$W_{VE} = W_5 = \frac{P_5 + P_4}{2} \cdot T_{sr}. \tag{4.6}$$

Tablica 4.17. Neto i bruto finalna potrošnja energije u Hrvatskoj (PJ)

Oblik finalne energije	2008.	2009.	2010.
kruta goriva	11,8	9,2	9,5
tekuća goriva	127,3	122,6	116,9
plinovita goriva	44,7	43,0	44,9
ogrjevno drvo i ostala biomasa	12,1	13,0	14,6
ostali obnovljivi izvori (Sunce i geoterm.– toplinski)	0,3	0,3	0,5
para i vrela voda	22,6	21,7	22,4
električna energija	58,0	55,8	57,0
Neto finalna potrošnja	**276,8**	**265,5**	**265,8**
vlastita potrošnja termoelektrana	1,3	0,9	0,8
vlastita potrošnja toplana	1,2	1,2	1,1
vlastita potrošnja hidroelektrana s crpljenjem	0,7	0,6	0,9
gubici prijenosa i distribucije električne energije	6,1	7,3	7,3
gubici distribucije topline	1,6	1,3	1,5
Bruto finalna potrošnja	**287,7**	**276,7**	**277,5**

Izvor: Energija u Hrvatskoj 2008, MMIX i MMX, Ministarstvo gospodarstva i Energetski Institut "Hrvoje Požar".

Ukupna neto i bruto finalna potrošnja energije u Hrvatskoj u razdoblju 2008. do 2010. godine prikazana je tablicom 4.17. To je sveukupna energija koju su koristili kupci-potrošači u toj godini. Zapaža se stagnacija, izazvana gospodarskom krizom (teško bi se moglo govoriti da se radi o utjecaju učinkovitijega korištenja energijom).

Udio je električne energije u neto finalnoj potrošnji energije u sve tri godine bio 21 posto. Dakle, približno *tek svaka peta* jedinica iskorištene energije u električnom je obliku, preostale četiri jedinice energije koriste se u obliku tekućih goriva (najviše, oko 46 posto), plinovitih goriva (oko 16 posto) i drugim oblicima, primjerice ogrjevno drvo i ostala biomasa sudjeluje s 4 – 5 posto. Tu je sadržana godišnja neto finalna potrošnja električne energije od 15,5 do 16 teravatsati, iskažu li se petadžuli teravatsatima. Dakako, tu je električnoj ener-

Mala hidroelektrana Pleternica, 220 kW iz 2012. godine

giji koju je isporučio HEP, dodana električna energija ostvarena vlastitom proizvodnjom kupaca i povlaštenih proizvođača.

Bruto finalna potrošnja u Hrvatskoj u tim godinama dobiva se tako da se neto finalnoj potrošnji doda vlastita potrošnja u elektranama i toplanama te gubici u prijenosu i distribuciji električne energije i topline.

Udio obnovljivih izvora u bruto finalnoj potrošnji energije, ostvaren u Hrvatskoj u razdoblju od 2008. do 2010. godine, prikazan je tablicom 4.18. Vidljivo je postupno povećanje, uz važnu opasku da je 2010. godina bila naglašeno vlažna (najvlažnija u najmanje dvadeset posljednjih godina) te se to – dakako – odrazilo na rast udjela obnovljivih izvora u toj godini. Te ne bi trebalo iznenaditi da slijedeće godine – ili čak slijedećih godina – on bude (čak znatnije) niži od toga!

Tablica 4.18. Udio obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji u Hrvatskoj

Opis	2008.	2009.	2010.
obnovljivi izvori u finalnoj potrošnji (PJ)	38,8	39,7	40,7
bruto finalna potrošnja energije (PJ)	287,7	276,7	277,5
Udjel obnovljivih izvora u bruto finalnoj potrošnji, %	**13,5**	**14,4**	**14,7**

Dakle, sukladno Direktivi EU 2009/28/EC o obnovljivim izvorima energije, radi se o sadašnjem udjelu *svih* obnovljivih izvora energije (ne samo *poticanih* obnovljivih izvora) u bruto finalnoj potrošnji energije (ne električne energije, nego *ukupne* energije) u Hrvatskoj na razini od 13,5 – 14,7 %. Taj bi se udio,

sukladno spomenutoj Direktivi, u Hrvatskoj trebao povećati na 20 % u 2020. godini.

Ovaj račun je prvenstveno iznesen kako bi se pojmilo u kojem smjeru bi trebao teći hrvatski dalji razvoj korištenja obnovljivih izvora, kako bi se Hrvatska što pouzdanije približila tom cilju. Hoće li se istaknuti najvažniji smjer, onda bi on bio: apsolutno favoriziranje biomase (uključujući ogrjevno drvo!) i otpada, a u tome naglašeno za proizvodnju topline (u izravnim ili – još povoljnije – u kogeneracijskim postrojenjima) i što nagliji rast kolektorskog toplinskog korištenja Sunčeva zračenja. Nedopustivo je otezanje s proizvodnjom biodizela, ne misli se valjda kako će se nedostajuće količine 2020. kupovati od Nijemaca ili Francuza ili Slovaka (uz 1 milijun hektara neobrađena a obradiva tla)!?

Vidi se utjecaj vlažnosti godine na iskazani rezultat, uskoro će i vjetrovitost godine utjecati na to – kada bude više vjetroelektrana u sustavu. Taj utjecaj, spomenutom se Direktivom nastojao donekle uvažiti uzimanjem, u promatranoj godini, prosječnih prilika u posljednjih 15 godina za hidroelektrane i posljednjih 5 godina za vjetroelektrane.

Izračunati podatak dobro se slaže s onim objavljenim u *Eurostatu* za Hrvatsku u 2010. godini. Tamo stoji da je udio u bruto potrošnji finalne energije za Hrvatsku jednak 14,6 % (tablica 3.3); razlika je u odnosu na prikazani račun 0,1 postotni poen (ne treba se uopće zamarati istraživanjem zašto je došlo do tako malene razlike!).

Na kraju, valja izračunati – premda to ne nalaže danas važeća Direktiva o obnovljivim izvorima energije 2009/28/EC – koliki je udio obnovljivih izvora u namirenju brutopotrošnje *električne* energije, tablica 4.19. Taj udio promatrala je (ugasla) Direktiva EU 2001/77/EC, koja je bila zadala ciljni udio za 2010. godinu, za EU u cjelini, od 21 %. Za tu godinu nije bio zadan cilj za Hrvatsku, jer je ta Direktiva donesena prije otpočinjanja pregovora Hrvatske o pristupu Europskoj uniji.

Tablica 4.19. Udio obnovljivih izvora u bruto potrošnji električne energije u Hrvatskoj (GWh)

Opis	2008.	2009.	2010.
ukupna proizvodnja HE	5326	6814	8435
– energija dobivena iz crpljenja u CAHE	–123	–93	–111
obnovljiva proizvodnja HE	5203	6721	8324
proizvodnja vjetroelektrana	39,9	54,2	139,1
fotonaponska proizvodnja	0,1	0,1	0,12
proizvodnja iz ogrjevnog drva i ostale biomase	21	25	33
Ukupna proizvodnja iz obnovljivih izvora	**5264**	**6800**	**8496**
bruto potrošnja električne energije	18903	18459	18870
Udio obnovljivih izvora u bruto potrošnji (%)	**27,8**	**36,8**	**45,0**

Izvori: Energija u Hrvatskoj 2008, MMIX i MMX, Ministarstvo gospodarstva i Izvještaj o poslovanju HEP-OPS u 2010. godini.

Vidi se snažni utjecaj vlažnosti pojedine godine (ovdje nisu uprosječivani podaci o proizvodnji hidroelektrana i vjetroelektrana, nego je uzeta stvarna proizvodnja u promatranoj godini). U 2010. godini udio obnovljivih izvora u bruto potrošnji električne energije Hrvatske bio je 45 % (a 2008. godine 27,8 %).

To je bio važan prigovor na provedbu svojedobno važeće Direktive EU 2001/77/EC o korištenju OIE u proizvodnji električne energije od zemalja s visokim udjelom hidroenergije (Austrija, Švedska); dokaz da prosječne zemlje-članice nisu krajem 90-tih godina prošlog stoljeća imale razumijevanja za prilike u zemljama s visokim udjelom nestalne energije. No, nova direktiva o obnovljivim izvorima uvažila je potrebu takva sagledavanja (osobito radi vjetroelektričnog *booma* u gotovo svim zemljama-članicama), što je dovelo do formulacije o uprosječivanju podataka o proizvodnji iz nestalnih obnovljivih izvora.

Literatura uz 4. poglavlje

[1] *Energija u Hrvatskoj 2005.*, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2006.

[2] *Energija u Hrvatskoj 2006.*, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2007.

[3] *Energija u Hrvatskoj 2007.*, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2008.

[4] *Energija u Hrvatskoj 2008.*, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2009.

[5] *Energija u Hrvatskoj MMIX*, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2011.

[6] *Energija u Hrvatskoj MMX*, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2011.

[7] *Energija u Hrvatskoj 1945 – 2009.*, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, 2011.

[8] *EEX Marktpreisetwicklung 2003 – 2012.*, www.e-control.at, 16.9.2012.

[9] Izvještaj o poslovanju HEP-OPS u 2010. godini

[10] B. Labudović i dr.: *Osnove primjene dizalica topline*, Energetika marketing, Zagreb, 2009.

[11] B. Labudović i dr.: *Osnove primjene biomase*, Energetika marketing, Zagreb, 2012.

[12] HROTE: Odluke o korekciji zatečenih otkupnih cijena za OIE iz 2008. – 2011. godine

[13] Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče (NN 33/2007 i NN 8/2011)

[14] Uredba o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije (NN 33/07 i NN 144/2011)

[15] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN 63/2012)

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

[17] *Erneuerbare Energien 2011.*, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2012.

[18] *Heating and cooling from renewable energies*, Directorate Genaral Transport and Energy, EU Commission, 2007.

[19] *Renewable energy*, eurostat-Statistics in focus, 44/2012.

5. Opća svojstva obnovljivih izvora energije

5.1. Uvod

Danas masovnije korišteni, a razumno ekonomski raspoloživi, obnovljivi izvori su: vodne snage (korištene velikim i malim hidroelektranama), vjetar, Sunčevo zračenje (korišteno toplinski, kolektorima i koncentratorima te korišteno električki primjenom fotonaponskih ćelija), biomasa (uključujući i ogrjevno drvo) i otpad te bioplin i korištenje toplinom okoline primjenom dizalica topline i geotermalna energija.

Većini obnovljivih izvora osnova je u energetskoj aktivnosti Sunca, a geotermalna energija javlja se kao rezultat energetske aktivnosti u unutrašnjosti Zemlje. Sunčevo zračenje može se koristiti neposredno ili u prirodi preobraženo u drugi energetski oblik (vjetar i morski valovi, strujanje vodotokova, biljna i drvna masa, toplina okoline – premda, ona je rezultat i drugih energetskih procesa). Dakle, Sunce je u ishodištu, osobito danas raspoloživih, obnovljivih izvora.

Većinom je tako i kod konvencionalnih izvora energije. Davnašnja Sunčeva aktivnost nagomilana je u kemijskoj energiji fosilnih goriva (ugljena, nafte i plina). Izvan toga je samo nuklearna energija fisije, sadržana u Zemljinoj tvari, naglašeno u izotopima urana.

Plima i oseka, za hrvatske prilike je neprikladan obnovljivi izvor energije (mala razlika visina plime i oseke na Jadranu). Uzrok plimi i oseki je prirodna izmjena položaja Mjeseca i, u manjoj mjeri, Sunca prema Zemlji.

Sunčeva energija, prirodno zahvaćena za dnevno osvjetljenje, za ugodnu temperaturu životnog i radnog prostora u pojedinim godišnjim razdobljima, za poljoprivrednu i šumarsku proizvodnju, ne uvrštava se u energetske bilance, niti se na to pomišlja kada se govori o izvorima energije. Premda: smišljeno postupanje na svakom od tih područja vodi štednji drugih oblika energije. Promišljeno oblikovanje, povoljno postavljanje zgrada u odnosu na prividnu putanju Sunca i odgovarajuće izoliranje zgrada vodi tzv. pasivnom energetskom korištenju Sunca.

Neposrednim iskorištavanjem Sunčeva zračenja razumijeva se izlaganje posebnih uređaja na osunčanim mjestima, radi transformacije tog zračenja u toplinsku (sunčani kolektori i sunčani koncentratori) ili izravno u električnu energiju (sunčane, fotonaponske ćelije). To je aktivno korištenje Sunčevom energijom.

Posredno, Sunčevo zračenje koristi se tako da se zahvaća energetski oblik koji je nastao prirodnom preobrazbom tog zračenja. Tako se energija vjetra javlja zbog nejednolikog toplinskog stanja u pojedinim dijelovima zračnih masa Zemljine atmosfere nastalog pretvorbom Sunčeva zračenja u toplinu.

Morski valovi uspostavljaju se trenjem zračnih masa u strujanju (vjetra) s morskom površinom, posredno opet iz dozračene energije Sunca.

Voda u prirodnim vodotocima dospijeva na povišenu razinu oborinama, a one su kondenzirana vodena para koja se uzdigla s tla, rijeka, jezera, mora i oceana isparavanjem, opet na *Sunčev pogon*.

Energija, u kemijskom obliku sadržana u kopnenim biljkama, drvnoj masi te u biljkama svjetskih mora/oceana, iskorištava se izgaranjem, neposredno (npr. ogrjevno drvo) ili nakon preobrazbe za pogon strojeva (npr. upojni plin, alkohol, biodizelsko gorivo). Biomasa nastala je prirodnom transformacijom, fotosintezom Sunčeva zračenja kojom se neživa materija tla, zraka i vode preobražava u živu materiju bilja i drveća. Ogrjevno drvo može se koristiti na obnovljiv način (kao i drugu biomasu), samo ako je godišnja potrošnja tog oblika energije manja ili jednaka godišnjem prirastu njegove mase.

Otpad (smeće), koji svakodnevno nastaje tekućim življenjem i djelatnošću ljudi, sadrži (povrh korisnih tzv. sekundarnih sirovina) i privlačne količine energije. Poput lignita, po jedinici mase. Stoga je, na lokacijama njegova prirodnog koncentriranja (veći gradovi, industrija), moguće i njegovo energetsko iskorištavanje.

Bioplin nastaje anaerobnim prirodnim procesom iz organskih otpadaka. Uobičajena je energetska osnova milijunima seoskih kućanstava u Aziji, osobito u Kini, a u civiliziranu svijetu u zamahu je njegovo suvremeno korištenje.

Dizalicom topline može se unutarnja toplinska energija tvari iz okoline (tlo, voda, zrak), prikupljena od Sunčeva zračenja (i od unutrašnje energetske aktivnosti Zemlje i drugih prirodnih energetskih procesa), podići na višu energetsku razinu. S niže temperature na višu temperaturu, korištenjem dopunske energije npr. iz električne mreže ili plinske mreže. Moguć je i suprotan smjer djelovanja dizalice topline, za hlađenje.

Geotermalna energija, dakle toplina koja dopire na Zemljinu površinu iz njezine dublje unutrašnjosti, rezultat je prirodnih nuklearnih procesa. To je toplina koju zimi osjećamo u podrumima, odnosno koja je sadržana u vodi geotermalnih izvora na mjestima gdje ih ima (toplice, gejziri). Geotermalna energija može se koristiti u svom izvornom obliku, bez transformacije, u čemu je

njezina velika privlačnost (npr. za zagrijavanje grada koji ima tu povoljnu okolnost da se nalazi uz dovoljno izdašan geotermalan izvor, kakve su prilike na Islandu). Geotermalnu energiju bi valjalo svrstati negdje između; objektivno to je iscrpivi izvor jer se tijekom dugoga vremena doista postupno iscrpljuje, međutim radi se – u pravilu – o vrlo dugom vremenu prema ljudskom poimanju vremena te se geotermalna energija uzima kao obnovljivi izvor, pogotovo ako se imaju na umu ogromne rezerve te energije u unutrašnjosti Zemlje koji se danas još uopće ne iskorištavaju.

Energiji nuklearne fuzije osnova je u ogromnoj masi oceanske vode, u kojoj je svaka 6000-ta molekula potencijalno gorivo (deuterij i tricij, izotopi vodika) za fuzijske nuklearne elektrane budućnosti.

Skup obnovljivih izvora energije razlikuje od skupa nekonvencionalnih izvora energije (točnije: danas šire dostupnih i masovnije korištenih takvih izvora) samo po uvrštavanju *velikih hidroelektrana*, snaga preko 10 MW (u konvencionalne obnovljive izvore) i *malih hidroelektrana*, snaga manjih od 10 MW (u nekonvencionalne obnovljive izvore).

5.2. Svojstva obnovljivih izvora energije, uvodno

Razumljivo, pri kvantificiranju i kvalificiranju svojstava obnovljivih izvora, za referencu se uzimaju općenito znana stanja pojedinog svojstva iscrpivih konvencionalnih izvora (ugljena, sirove nafte, prirodnog plina i fisijskog nuklearnog goriva) te se, u odnosu na to, atribuiraju obnovljivi izvori. Drukčije, nema se mjera za izricanje tih atributa. Ukupnu ocjenu nije lako dati, jer bi se to svodilo na *zbrajanje krušaka i jabuka* i jer što vrijedi tu – ne vrijedi tamo, što je ovako danas – onako je sutra.

Pokazat će se da obnovljivi izvori imaju podjednako poželjnih i nepoželjnih svojstava, promatrani općenito, kao cjelina (vidi tablicu 5.1). Među poželjnima ima osobito naglašenih, kao i među nepoželjnim, pa to lako odvede optimiste u brzopleto oduševljenje, pesimiste u apriornu odbojnost, a realiste na prenaglašenu suzdržljivost prema obnovljivim izvorima. Dakako, nije inače jednaka, a pogotovo ne na svakom mjestu, u svako vrijeme i u svakoj prilici, težinska vrijednost pojedinog svojstva te su sintetički zaključci kompleksni i podložni brojnim utjecajnim parametrima. Pretjerivanja su ovdje gotovo normalna: za optimiste to su neiscrpni – besplatni – apsolutno čisti izvori, a pesimisti govore: njihova je (iskoristiva) veličina zanemariva – financijski su nesavladivi – predstavljaju (doduše često prikriveno) veliko opterećenje okoliša.

U nešto daljoj budućnosti, moguće su prilike u kojima će neki novi način korištenja obnovljivim izvorima, ili čak neki novi izvor, toliko napredovati u svome razvoju da će to predstavljati bitni preokret u odnosu na sadašnje stanje

i sagledavanje. Ili će cijena konvencionalnih izvora toliko porasti (odnosno obnovljivih toliko pasti) da će primjena obnovljivih, osobito nekonvencionalnih izvora energije postati konkurentna iscrpivim konvencionalnim. Ili, će se – naprosto – zalihe iscrpivih izvora toliko smanjiti da do njih praktično više ne će biti moguće doći (bilo tehnički, bilo komercijalno).

Najvažnija praktično-provedbena prednost pri korištenju obnovljivih a osobito nekonvencionalnih izvora je – prema mišljenju ovog autora – *mogućnost posvemašnje raspršene (disperzirane) primjene, donekle čak samogradnje uređaja i održavanja u vlastitoj režiji*, što omogućuje aktiviranje osobnog potencijala (koji će radi neprestanog skraćenja radnog vremena postajati sve veći) oko osobne, ali i društvene – tvarne, mjerljive, novčane – koristi, dijelom bez iskazivih troškova. Nasuprot prepuštanju rastrošnoj potrošnji energije (korištenjem sve besmislenije snažnog automobila, glisera, raznih zapravo nepotrebnih a energetski rastrošnih pomagala), aktivira čovjeka na strani njezine proizvodnje (slogan, primjeren recimo jadranskoj obali: "*Bolje kolektor, nego gliser!*"). Uzorna društva to uspijevaju potaknuti, djelujući materijalnim, ali istodobno i nematerijalnim poticajima.

Najnepoželjnije općenito svojstvo dijela obnovljivih izvora je velika oscilacija prirodnog dotoka (dijelom periodička a dijelom stohastička), time nužnost *akumuliranja* energije (teško rješiva, zapravo danas gotovo nerješiva u masovnim količinama) ili *ostvarenja rezerve* u konvencionalnom energetskom sustavu (najčešće jedino dohvatno i moguće), što vodi djelomičnom udvostručenju kapaciteta na nacionalnoj razini i slabijem iskorištenju konvencionalnog sustava te manje bogate zemlje moraju paziti da nesmotreno ne postanu još siromašnije.

Pojedini obnovljivi oblik ima neka opća svojstva izražena potpuno, neka moguće slabije, a neka svojstva može imati izražena suprotno od općeg. Povoljno je ako, u pojedinom primjeru, izostane neko općenito nepoželjno svojstvo.

Pogleda li se danas aktualne oblike obnovljivih izvora energije, kod svakog postoje odstupanja od općenitih svojstava, u smjeru poboljšanja ili pogoršanja. Ipak, gotovo svi aktualni izvori imaju podjednak broj poželjnih i nepoželjnih svojstava, stoga su i postali aktualni.

Stanovitu prednost pred drugim obnovljivim izvorima imaju *geotermalna energija*, *toplina okoline*, *biomasa*, *otpad i bioplin* te *toplinsko (kolektorsko) korištenje Sunčevim zračenjem*, zahvaljujući suprotnom stanju jednog broja svojih svojstava u odnosu na nepoželjna referentna stanja. Ukupan broj poželjnih stanja njihovih svojstava veći je ili jednak polovini ukupnog broja razmatranih svojstava u tablici 5.1. *Velike hidroelektrane*, *male hidroelektrane*, *fotonaponsko korištenje Sunčevim zračenjem* i *vjetar* stoje nešto iza najprivlačnijih izvora te bi na tom trebalo zasnivati prethodna, uvodna opredjeljenja o redoslijedu prioriteta njihova korištenja.

Tablica 5.1. Opća i pojedinačna svojstva obnovljivih izvora energije

Svojstvo	Referentno stanje	Velike hidroelektrane	Male hidroelektrane	Toplinsko korištenje Sunčevim zračenjem	Fotonaponsko korištenje Sunčevim zračenjem	Vjetar	Korištenje unutarnje topline okoline dizalicom topline	Biomasa i otpad, bioplin	Geotermalna energija
mogućnost raspršenog korištenja	da	↔	=	=	=	=	=	=	=
potencijal	velik	~	↔	=	=	~	=	=	↔
površinska distribucija	ravnomjerna	↔	↔	=	=	~	=	~	↔
površinska gustoća	mala	↔	↔	=	=	=	=	=	↔
mogućnost izvornog transporta	ne postoji	=	=	=	=	=	=	↔	=
mogućnost izvornog uskladištenja	ne postoji	~	=	=	=	=	↔	↔	↔
korištenje u prirodnom obliku	nemoguće	=	=	=	=	=	=	~	↔
trošak pridobivanja izvornog oblika	ne postoji	=	=	=	=	=	↔	↔	=
trošak izvornog transporta i skladištenja	ne postoji	=	=	=	=	=	=	↔	=
zauzimanje prostora na mjestu transformacije	veliko	=	↔	~	=	=	~	↔	↔
lokalno vizualno opterećenje	veliko	=	~	~	=	=	↔	~	↔
mogućnost kogeneracije	nije moguća	=	=	~	=	=	=	↔	↔
emisija na mjestu transformacije	ne postoji	~	=	=	=	~	=	↔	=
kumulativna CO_2-neutralnost	da	=	=	=	↔	=	=	=	=
stupanj djelovanja pri transformaciji	malen	↔	↔	↔	=	~	↔	~	=
energetski omjer	malen	↔	=	↔	=	↔	=	=	=
trajanje energetske amortizacije	veliko	↔	=	↔	=	↔	=	=	=
oscilacija prirodnog dotoka	velika	=	=	=	=	=	~	=	↔
trajanje iskorištenja instalirane snage	malo	~	=	=	=	=	↔	↔	↔
rezerva ili akumulacija	nužna	~	=	=	=	=	↔	↔	↔
povjerenje u instaliranu snagu	malo	~	=	~	=	=	↔	↔	↔
djelovanje na zapošljavanje	moguće	~	~	=	=	~	=	=	~
Ukupno poželjnih svojstava	8	7	8	11	7	6	13	11	15

■ poželjno stanje
= pojedinačno stanje (pod)jednako referentnom
~ pojedinačno stanje slabije izraženo od referentnog
↔ pojedinačno stanje suprotno referentnom

Svijet donekle, a hrvatska javnost osobito, prihvaća ili odbija obnovljive izvore gotovo suprotnim slijedom prioriteta. Najviše se okreće Suncu i vjetru. Pitajući se zašto je tomu tako, ovaj autor ne može a da ne pomisli: u čitav lanac korištenja primjerice biomasom i otpadom (koji su izvori dobili među najvišim ocjenama u uvodnom pregledu, tablica 5.1) treba ulagati mnogo rada, upornog, tijekom svake godine, bez prestanka. A postrojenje za korištenje Sunčevim zračenjem ili vjetroelektranu treba samo dobaviti, kupiti, a onda to postrojenje funkcionira *samo-od-sebe* godinama – recimo. Treba samo pravodobno očitati brojilo. U posve proizvodno zapuštenoj Hrvatskoj, orijentiranoj prvenstveno na laku trgovačku zaradu (*kruha-bez-motike*) – to se čini najprikladnijim, i gotovo jedinim, objašnjenjem.

Koliko se udio interesa investitora za izgradnju postrojenja na OIE u Hrvatskoj slaže s rangom koji bi proizlazio iz tablice 5.1. u ovoj knjizi? Tome će poslužiti Projekti upisani u Registar projekata i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača koji su u *sustavu poticaja* odnosno u procesu stjecanja statusa povlaštenog proizvođača (Registar projekata), koji je početkom 2012. godine uspostavljen u Ministarstvu gospodarstva.

Prema stanju prijavljenih projekata koncem rujna 2012. godine ukupne prilike bile su sljedeće: ukupan broj prijavljenih projekata za izgradnju elektrana na OIE bio je 689, a njihova ukupna predviđena instalirana snaga bila je neznatno manja od 5 300 MW. Dakle, respektabilna je to snaga – veća od sadašnje ukupne instalirane snage svih elektrana u Hrvatskoj (nešto više od 4 100 MW)! K tome treba dodati još i 9 kogeneracija čija je ukupna snaga 46,6 MW, ali nije poznat omjer električnog i toplinskog dijela u toj snazi.

Načinjen je rang elektrana pojedinih tipova iz tablice 5.1. u ovoj knjizi, tako da je postrojenju s najviše poželjnih svojstava prema ukupnom broju promatranih svojstava pridružen rang 10, pa onda računski utvrđen rang svih drugih prema njihovu udjelu u ukupnom broju poželjnih svojstava.

Najviše pozitivnih svojstva dobila je geotermalna energija, no ona je izostavljena iz uspoređivanja jer, objektivno, u Hrvatskoj ima skromni potencijal i male su temperature raspoložive vode, koje su praktički neprilične za elektranu, jer bi njezin stupanj djelovanja bio suviše nizak. A u Registru projekata prijavljena je samo jedna geotermalna elektrana. Time su rang 10 dobile elektrane na biomasu, otpad i bioplin.

Projektima iz Registra projekata, određen je rang na dva načina: prema udjelu prijavljenih projekata određenog tipa postrojenja u ukupnom njihovom broju i prema udjelu snage pojedinih skupina u ukupnoj prijavljenoj snazi. Ponovno je najvećem od tih udjela pridružen rang 10 a ostali su rangirani prema njihovim udjelima u prijavljenom broju i snazi.

Zanimljivi su rezultati pri uspoređivanju! Vidi tablicu 5.2. Dakle, dok su elektrane na biomasu i bioplin prošle najbolje prema udjelu u broju poželjnih svojstava (rang 10), najlošije su prošle vjetroelektrane (rang 5,5).

Tablica 5.2. Rang elektrana na OIE prema poželjnim svojstvima, prema udjelu u interesu za njihovu izgradnju te prijavljenoj snazi u Hrvatskoj prema Registru projekata

Postrojenje na OIE	Prema poželjnim svojstvima		Prema broju projekata u Registru		Prema prijavljenoj snazi u Registru	
	poželjno	rang	ukupan broj	rang	MW	rang
elektrane na biomasu i bioplin	11	**10**	155	4,4	324	0,7
male HE	8	7,3	64	1,8	126	0,3
Sunčane elektrane	7	6,4	356	**10**	87,5	0,2
vjetroelektrane	6	5,5	113	3,2	4756	**10**
Ukupno	**22**	–	**688**	–	**5293**	–

Izvor: Registar projekata, ministarstvo gospodarstva, stanje: rujan 2012.

Prema interesu za izgradnju takvih elektrana u Hrvatskoj, najbolje su prošle sunčane elektrane, zapravo fotonaponski sustavi (opet rang 10), a najlošije male hidroelektrane (rang 1,8). Male hidroelektrane, prema prijavama, imaju prosječnu instaliranu snagu od oko 2 MW.

A prema ukupnim snagama pojedinih tipova elektrana na OIE, dakako premoćno su pobijedile vjetroelektrane (rang 10), one nose 90 % ukupne instalirane snage svih prijavljenih elektrana na OIE. Imaju prosječnu prijavljenu snagu od 40-tak megavata, radi se dakle većinom o vjetroelektranskim parkovima. Najlošije su prošle sunčane elektrane (rang 0,2), no one imaju neočekivano veliku prosječnu snagu: oko 250 kW, pretežno se dakle ne radi o fotonaponskim sustavima na krovovima zgrada do 10-tak kilovata (to je dijelom posljedica pretjerano visoke zajamčene otkupne cijene fotonaponske proizvodnje u doba uspostave Registra).

Dakle, ni prema interesu, ni prema snazi, ne poklapaju se najbolji rangovi (a niti najslabiji) rangovi s onima koje su postrojenja dobila prema ukupnom broju poželjnih svojstava. Dakako i naravno: pojedino poželjno svojstvo nema nikako istu težinu, pa čak ni ovdje i tamo, ili ni danas i sutra, ali za najgrublju usporedbu može poslužiti.

Kako su prošli drugi po rangu u pojedinim načinima promatranja? Prema broju poželjnih svojstava druge po rangu su male HE, prema broju prijavljenih projekata to su elektrane na biomasu i bioplin (rang 4,4), kao i prema ukupno prijavljenoj snazi (rang 0,7). Inače nema niti jedne prijavljene elektrane na ot-

pad, a ni kogeneracije na otpad. Prosječna snaga prijavljenih elektrana na biomasu i bioplin je oko 2 MW. Najvažnije privlačno svojstvo elektrana na biomasu i bioplin, koje bi kod težinskog vrednovanja pojedinih svojstava dobilo vrlo visoki udio, je nepotrebnost rezerve u elektranama na stalne izvore energije, jer su one same takve elektrane i – preznačajno za Hrvatsku – moguće zapošljavanje velikog broja seoskog stanovništva trajnim marom oko biomase i bioplina.

Što zaključiti? Interes investitora donekle je inverzan broju poželjnih svojstava: prema broju prijavljenih projekata (najviši rang: sunčane elektrane) i prema ukupnoj snazi prijavljenih projekata (najviši rang: vjetroelektrane). A prema broju poželjnih svojstava, ta dva rješenja (sunčane elektrane i vjetroelektrane) prošla se najslabije; tu su najbolje prošle elektrane na biomasu i bioplin.

U nastavku, razmotrit će pojedinačna svojstva danas dostupnih obnovljivih izvora energije te istaknuti poželjna i nepoželjna svojstva kod korištenja pojedinim njihovim oblicima.

5.3. Mogućnost raspršenog (disperziranog) korištenja

Najznačajnije poželjno svojstvo većine obnovljivih oblika energije je mogućnost posvemašnje raspršene primjene, uključivo neovisno od bilo kakva *velikog sustava* opskrbe energijom. Praktički, svi izvori obnovljive energije (osim velikih hidroelektrana) – dakako ako su raspoloživi na promatranom mjestu – mogu se koristiti *u malome*, u vlastitoj režiji, djelomice ili potpuno u samogradnji – time se trošak rada kod instaliranja, pogona i održavanja praktički dade izbjeći ili barem prikriti (“*radim za sebe, u slobodno vrijeme – dakle besplatno*”).

Svatko zna za te mogućnosti: npr. za zagrijavanje vode Sunčevim zračenjem (od zagrijavanja u tamnim plastičnim posudama do primjene kolektora) ili ložišta/ognjišta za loženje biomasom (npr. ogrjevnim drvom). Vlastito održavanje pri korištenju omogućuje aktiviranje prikrivenih vlastitih potencijala bez opterećenja iskazivim troškovima. To je praktički nemoguće kod primjene iscrpivih izvora energije (osim, moguće kod korištenja prirodnog plina, ali tamo je to naglašeno opasno i protivno propisima; samo ovlašteni serviser ...).

Za sve obnovljive izvore (osim velikih hidroelektrana), dakle, svojstveno je i njihovo moguće posve izdvojeno korištenje, bez ovisnosti o kakvom velikom sustavu i bez njegova opterećivanja. Bilo umreženog sustava (elektroenergetska i plinska mreža, mreža centralizirane proizvodnje topline) – bilo sustava za distribuciju i opskrbu fosilnim gorivima (ugljenom, naftnim derivatima, tekućim naftnim plinom). Npr. moguće je pripremati hranu, sanitarnu toplu vodu i grijati se korištenjem drvne mase pridobivene u dovoljnim količinama vlastitim radom uz mjesto življenja.

Slično je moguće ostvariti korištenje malog vodotoka, vjetra, biomase i otpada pa i topline okoline na kakvoj povoljnoj lokaciji te manjih količina elek-

trične energije iz sunčanog uređaja s akumulatorom. Dakako, u tome prednjači toplinsko iskorištavanje Sunčeva zračenja kolektorom, jer je tu moguća i jeftina izravna akumulacija topline dobro toplinski izoliranim bojlerom.

Sve je to moguće izvesti na razini jednog kućanstva, jedne kuće za odmor, na razini jednog malog sela ili manjeg naselja, na razini stambenog bloka u većem gradu. Dakle, korištenje obnovljivim izvorima omogućuje raspršenu (disperziranu), djelomice decentraliziranu opskrbu energijom, koja se naveliko forsira u suvremenom svijetu i u Europi. Kako bi se i korisnike energije *uvuklo* u barem dio njezine dobave što neovisnije o velikim sustavima i učinilo suodgovornim za opskrbu u normalnim prilikama te bez dvojbe poticalo na učinkovitije i štedljivije korištenje energijom, jer se odjednom sami brinu o tome što je *iza utičnice*. Ali osigurati i stanovitu minimalnu opskrbljenost u izvanrednim prilikama: velikih kriza na tržištu primarnih energenata, velikih poremećaja u sustavima, velikih poplava, potresa, terorističkih razaranja velikih razmjera, ... A korist za velike sustave je u sniženju prosječnog opterećenja svih njihovih jedinica, time sniženju gubitaka i povećanju ukupne sigurnosti opskrbe.

5.4. Potencijal obnovljivih izvora energije

Općenito, obnovljivi izvori imaju velik potencijal – što je dakako poželjno svojstvo – ipak, male hidroelektrane te izvori geotermalne energije predstavljaju ograničeni potencijal (kojega naprosto nema na znatnom dijelu ogromnih prostranstava globusa), a ogrjevno drvo i biomasa predstavljaju veliki ali ipak znatno manji potencijal od energije Sunčeva zračenja. Sagledavanja svjetskih potencijala glavnih obnovljivih izvora iznose se u tablici 5.3. (iz drugog izvora podataka, pored onih iznesenih u tablici 2.3).

Tablica 5.3. Potencijal nekih obnovljivih izvora energije u svijetu

Izvor	Procjena svjetskog potencijala
Sunčevo zračenje	ukupna dozraka oko 8 000 puta TPES*; iskoristivo ?
biomasa	energetski iskoristivo oko 2 puta TPES
vjetar	teorijski iskoristivo oko 25 % TPES-a
vodne snage (velike i male HE)	tehnički iskoristivo oko 15 % TPES-a
geotermalna energija	teorijski: oko 2 % TPES-a, korištenjem na sadašnji način (inače je ukupni teorijski potencijal procijenjen na 2 puta TPES)

*Total Primary Energy Supply (ukupna sadašnja svjetska potrošnja primarne energije) iznosi 12 Mtoe
Izvor: BDEW, Udruga njemačkog energetskog i vodnog gospodarstva [13].

Na površinu Hrvatske godišnje dostruji sa Sunca približno 500 puta energije kolika je današnja hrvatska ukupna godišnja potrošnja primarne energije.

Različite su prognoze u pogledu trajanja rezerva uz sadašnju godišnju potrošnju, ali kao red vrijednosti možemo uzeti da će rezerve nafte, plina i urana trajati još pedesetak godina a rezerve ugljena još dvjestotinjak godina. Ističemo: uz sadašnju godišnju potrošnju i sadašnji način njihova iskorištavanja. Kako je godišnja potrošnja iz godine u godinu sve veća, to je takva prognoza trajanja tih rezerva nerealno duga, osim ako se ne uzme u obzir (a) povećanje učinkovitosti korištenja pojedinog oblika energije, (b) bitnija nova otkrivanja još danas neotkrivenih nalazišta i (c) poboljšavanja tehnologije iskorištavanja nalazišta. Neki autori smatraju da je još uvijek rast rezerva fosilnih goriva brži od svjetskog rasta njihove potrošnje.

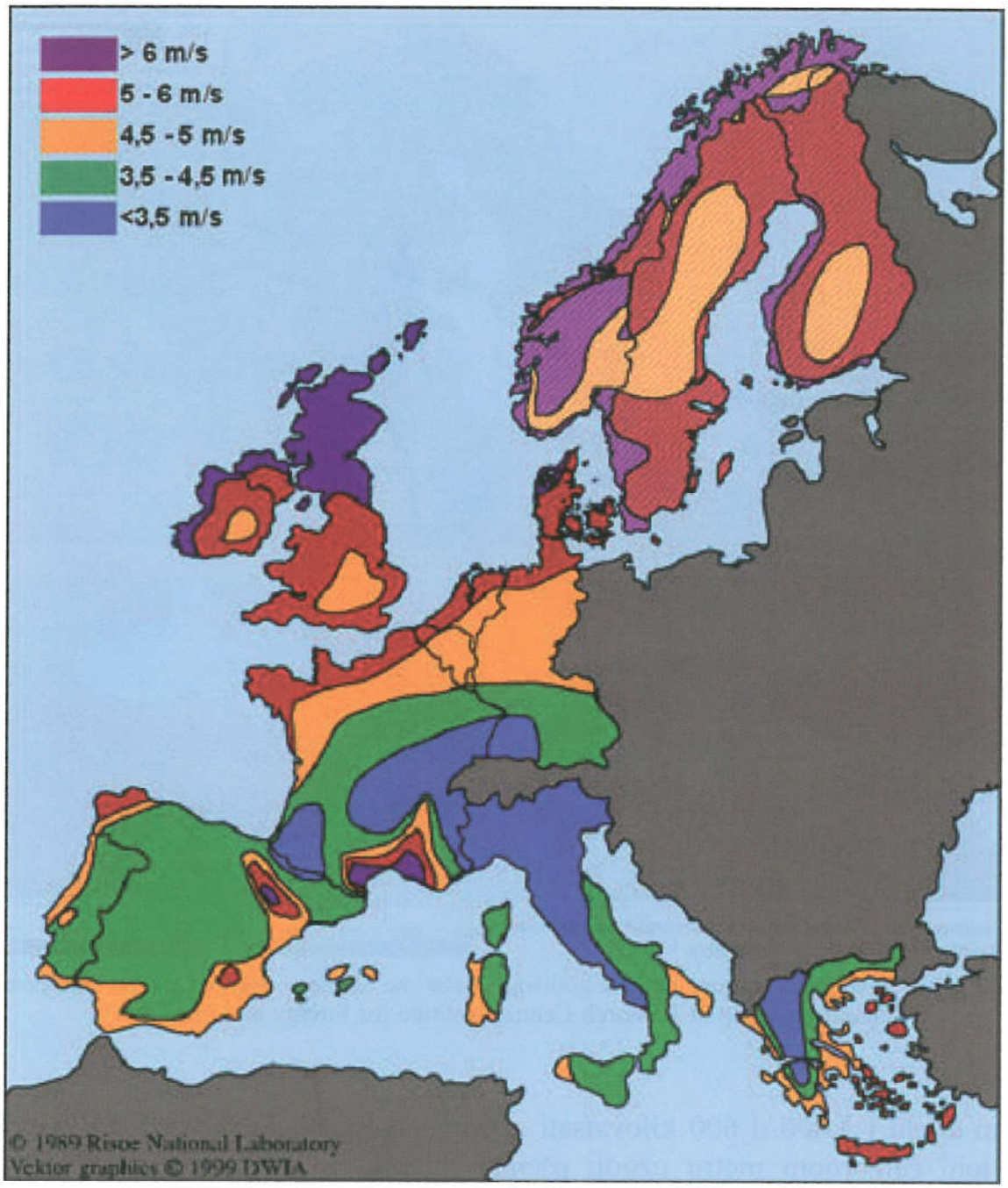
Rad indijskog profesora M. Subramaniana *Global Energy Reserves* [35] navodi trajanja svjetskih rezerva konvencionalnih goriva, uz sadašnju godišnju potrošnju: ugljena (200 godina), nafte (40 godina), plina (60 godina) i nuklearnog goriva (minimalno 200 godina, sadašnjim načinom korištenja). Za obnovljive izvore (energija Sunčeva zračenja, vjetra, plime/oseke i vodnih snaga) kaže da im je sadašnje godišnje korištenje oko 3 % njihova ukupnog potencijala.

5.5. Površinska distribucija (površinska raspodjela)

Sunčevo zračenje *pravednije* je raspoređeno po Zemlji od ma kojeg drugog primarnog izvora energije. Sunčevo zračenje dopire do svakog izloženog kutka Zemlje, ako ne izravno – onda barem difuzno. Dakako, manje ga je u Stockholmu, više u Kairu, a u hrvatskim geografskim širinama negdje između toga. Štoviše, manje razvijenim dijelovima svijeta je čak dostupnije, jer se uz manju gustoću stanovništva nalaze u predjelima povoljnije izloženima Suncu.

Znatno manja ali ipak primjereno je ujednačena površinska distribucija za biomasu i otpad. Biomase ima gotovo svugdje gdje se trajnije nastanjuju ljudi, a otpada ima svugdje gdje ima aktivnosti ljudi a tu je potrebna i energija, nema ga tamo gdje nema ikakve ljudske aktivnosti no tamo nema niti potrebe za energijom. Topline okoline ima posvuda. Vjetra, prikladnog za energetsko korištenje, nema baš posvuda a i ostali obnovljivi oblici energije nisu ravnomjerno raspoređeni po globusu.

Europska raspodjela prosječnih brzina vjetra prikazana je na slici 5.1. Valja znati da je snaga vjetroelektrane proporcionalna brzini vjetra na *treću* potenciju! Dvostruko veća prosječna brzina vjetra na sjeveru Europe, znači 8 puta veću snagu vjetroelektrane od one koju bi imala na jugu Europe a jednakog promjera elise, uz puhanje vjetra – dakako – u obje upravo baš tamošnjom prosječnom brzinom.

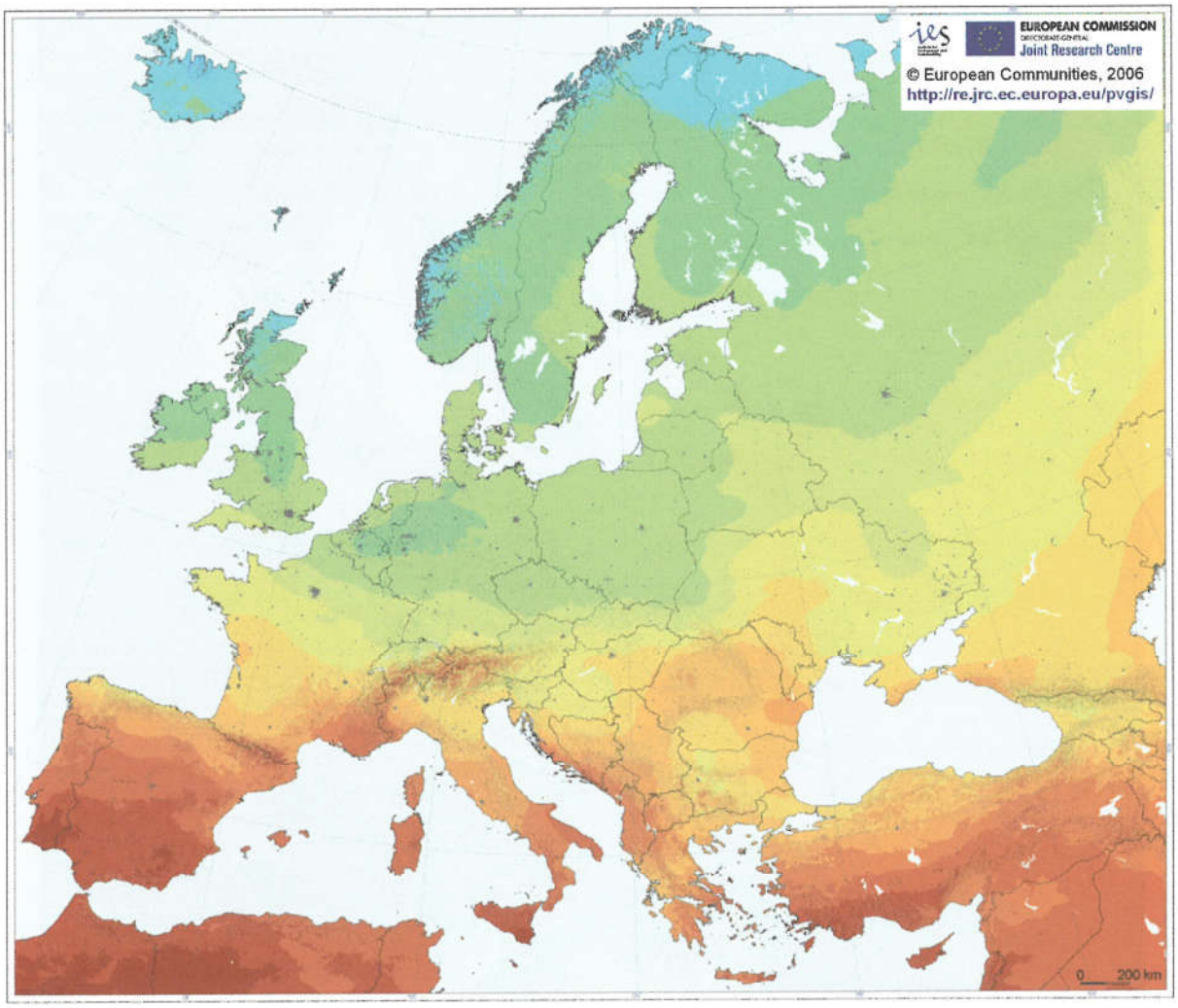


Slika 5.1. Površinska raspodjela prosječnih brzina vjetra u nekim europskim zemljama (izvor: www.altenergymag.com)

5.6. Površinska gustoća

Mala površinska gustoća energije, velika je mana obnovljivih izvora. Površinska gustoća mala je za Sunčevo zračenje, još manja za biomasu i otpad te nešto veća za vjetar (tamo gdje ga uopće ima raspoloživog za energetsko korištenje), jedino je kod malih HE i kod toplih izvora površinska gustoća primjereno visoka.

Prosječno, energija koja godišnje sa Sunca dopre do svakog četvornog metra na geografskoj širini Hrvatske je 1 200–1 400 kilovatsati u kontinental-



Slika 5.2. Površinska gustoća ukupne godišnje dozračene Sunčeve energije (izvor: European Commission's Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport)

nom dijelu i 1 400–1 600 kilovatsati u primorskom dijelu (slika 5.2.). Ako se na tom četvornom metru uzgoji pšenica, slama će imati energetski sadržaj od oko 2 kilovatsata. Bušotina nafte koja na jednom mjestu daje godišnje 100 000 tona sirove nafte, predstavlja izvor od preko 1 400 milijuna kilovatsati, dakle reda vrijednosti milijun puta veći od osunčanog četvornog metra tla ili sedam stotina milijuna puta veći od slame, ako bi se uzgojila na tom četvornom metru.

Tok topline iz Zemljine unutrašnjosti je gustoće po prilici 50–100 mW/m^2, a uz morske obale još je snižen. Dakle prosječna godišnja gustoća isijane energije iz Zemlje je 0,438–0,876 kWh/m^2, radi se dakle o vrlo malenoj gustoći, ali koja ipak grije podrume, koju toplinu osjećamo u hladno doba godine. Dakako, na bušotinama radi iskorištavanja geotermalne energije, znatno je veći toplinski tok, inače se na toj lokaciji ne bi niti uspostavljalo korištenje.

Vjetrogenerator, lociran na mjestu gdje je maksimalna iskoristiva brzina vjetra 20 m/s, uz godišnje trajanje od 2 000 sati, ostvarivao bi godišnju proizvodnju od oko 2 000 kilovatsati po svakom četvornom metru ploštine površine koju u vrtnji opisuje elisa. Gdje je to u usporedbi s naftnom bušotinom s godišnjim iscrpkom od recimo 100 tisuća tona čiji je energetski sadržaj otprilike 1 milijarda kilovatsati a zauzima ploštinu tla od par stotina četvornih metara?!

Na europskom prostoru, dakle, inverzno je raspodijeljen potencijal vjetra i Sunčeva zračenja, u smjeru sjever–jug. Gustoća dozračene Sunčeve energije mijenja se od južnih predjela do sjevernih (slika 5.2.); omjer je – po prilici – 2, jednako kao za brzine vjetra, samo od sjevernih k južnim predjelima (slika 5.1). Već je rečeno, vjetar je iskoristiviji 8 puta više na sjeveru (2^3, dva na treću!), a Sunčevo zračenje 2 puta više na jugu. Kako se iskorištenje vjetra vjetrogeneratorom odvija uz ukupni stupanj djelovanja od oko 34 % a fotonaponsko iskorištenje Sunčeva zračenja uz stupanj djelovanja 6–16 %, izlazi značajna prednost sjevera (korištenjem vjetrom) prema jugu Europe (fotonaponskim korištenjem Sunčevim zračenjem). Znatno bolje iskorištenje Sunčeva zračenja postiže se primjenom kolektora za preobrazbu u toplinu (uz stupanj djelovanja od oko 45 %) te bi to trebala biti naglašena orijentacija za korištenje Sunčevim zračenjem na Sredozemlju.

5.7. Mogućnost izvornog transporta, uskladištenja i izravnog korištenja

Općenito, izvorno se ne daju transportirati mnogi obnovljivi oblici energije, kao niti uskladištiti u izvornom obliku. Moraju se trošiti na mjestu i u ritmu svoga nastanka (što se ne mora slagati s mjestom i ritmom potražnje energije). Dio velikih hidroelektrana (akumulacijske i crpno-akumulacijske) omogućuje akumuliranje energije vodnih snaga i njihovo korištenje onda kada to odgovara elektroenergetskom sustavu. Dapače, u crpno-akumulacijske hidroelektrane dade se pohraniti električna energija (kada je ima raspoložive u elektroenergetskom sustavu) u crpnom načinu rada takve elektrane, preobrazivši raspoloživu električnu energiju u potencijalnu energiju vode. Ta se energija ponovno pretvara u električnu energiju, kada treba, turbinskim načinom rada crpno-akumulacijske hidroelektrane.

Unutarnja toplina okoline upravo i jeste akumulirana energija te se takva akumulirana i toplinski koristi dizalicama topline, gdje se ta toplina diže na višu temperaturnu razinu (kod grijanja) ili spušta na nižu temperaturnu razinu (kod hlađenja) uz privođenje energije iz nekog vanjskog izvora (električne energije, prirodnog plina ili bioplina).

Jedino ogrjevno drvo te biomasa i otpad daju se transportirati na razumno veliku udaljenost (jer bi prevelika udaljenost tražila više energije za transport od energetskog sadržaja tvari koja se prevozi te bi to bilo nerazumno; ispala bi *skuplja pita od tepsije*), a svakako se daju uskladištiti i koristiti u ritmu potreba.

Mogućnost finalnog korištenja u prirodnom obliku, postoji samo kod ogrjevnog drva (dakle ne sve biomase; slamu bi – primjerice – bilo posve nespretno izravno koristiti jer se radi o malom sadržaju energije i time ogromnom obujmu) i geotermalne energije, svi drugi primarni oblici obnovljive energije moraju se privesti uređaju za transformaciju u oblik prikladniji za finalno korištenje. Ogrjevno drvo dade se u kućanstvima koristiti u štednjaku, ili peći za zagrijavanje prostora ili sanitarne vode – pa onda traži samo prostor za skladištenje.

5.8. Troškovi pridobivanja, transporta i skladištenja

Neposredno iskorištavanje Sunčeva zračenja, vjetra, vodnih snaga i toplih izvora ne traži ikakve tekuće troškove pridobivanja iz prirode (kao što postoji značajan trošak eksploatacije ugljenokopa ili na naftno/plinskim bušotinama), niti trošak transporta prirodnog oblika, jer je dakako transport nemoguć. Potrebno je samo uređaje za transformaciju oblika energije izložiti djelovanju prirodnog energetskog dotoka, a troškovi se svode na održavanje tih uređaja u ispravnom stanju.

Kod ogrjevnog drva te biomase i otpada javljaju se ti troškovi, primjerice trošak sječe drvne mase, trošak pošumljavanja i uzgoja šume te trošak transporta od mjesta sječe do mjesta uskladištenja, sušenja, pripreme za korištenje i korištenja energijom drveta, konačno i trošak zbrinjavanja pepela. Jednako je s ostalom biomasom, no tu može izostati trošak uzgoja ako se uzgoj odvija neovisno od eventualnog energetskog korištenja, primjerice slama nastaje kao rezultat poljoprivredne proizvodnje pšenice pa će ili strunuti, ili se iskoristiti energetski (pored i drugih mogućih načina korištenja). Kod otpada izostaje opet trošak uzgoja, ali ostaje trošak transporta i skladištenja.

Primjenom dizalica topline postoji neizbježni pogonski utrošak energije, prilikom njihova pridobivanja. Naime, samo tim privođenjem vanjske energije omogućeno je funkcioniranje dizalice topline. U izlaznoj energiji veći je dio topline uzete iz okoline nego li energija uzeta iz vanjskog izvora, tako da omjer konačno dobivene topline i energije privedene izvana može biti 3 do 5 (toplinski omjer). Tako da poneki brzopleto govore kako je stupanj djelovanja dizalice topline recimo 5, a zaboravlja da u ulaznu energiju treba uračunati zbroj topline preuzete iz okoline (u tom slučaju 4 jedinice) i vanjske energije (u tom slučaju 1 jedinice), pa onda ipak izađe stupanj djelovanja manji od jedan, jer i dizalica topline ima neizbježne gubitke.

Za pridobivanje bioplina (to je također rezultat biomase uložene u proces), ako se on pridobiva smišljeno (a ne prirodno; deponijski ili kanalizacijski plin),

također treba ulagati energiju za pripremu i usitnjavanje ulaznog supstrata, za prešanje, privođenje dovoljnih količina vode, za održavanje temperature i miješanje smjese u fermentoru (koji je središnji dio, gdje konačno nastaje bioplin) te, konačno, za crpke koje su nužne u procesu.

Važno je: ti troškovi ne smiju se nikako promatrati samo novčano, nego prvenstveno energetski, jer je te aktivnosti nemoguće izvesti bez utroška energije (pri pridobivanju, preradi i transportu) što umanjuje energetsku učinkovitost čitavog procesa ili bi ga čak dovelo u pitanje, ukoliko bi se radilo o neprihvatljivo velikim utrošcima energije.

5.9. Zauzimanje prostora i lokalno vizualno opterećenje

Uspostavom postrojenja za transformaciju velikih snaga, velike zauzete površine na mjestu instalacije tih uređaja mogu predstavljati i predstavljaju veliko opterećenje okoliša, u najmanju ruku: vizualno-estetsko. Oduzima se prostor za drugu upotrebu, djeluje se na klimu užeg područja, osiromašuje tlo.

Zauzimanje prostora na mjestu preobrazbe primarnog oblika energije u prikladniji oblik za finalno korištenje veliko je pri korištenju svih obnovljivih oblika kod kojih je površinska gustoća mala i kod kojih je stupanj djelovanja pri toj transformaciji nizak.

Stupanj djelovanja transformacije Sunčeva zračenja u električnu energiju je veoma nizak što, uz malu gustoću, traži velike površine za zahvaćanje dovoljnih količina primarne energije za poželjnu količinu korisne energije (jer se u nju pretvori samo mali dio uložene energije). Premda vjetroagregati ne zauzimaju osobito veliki tlocrtni prostor, znaju zauzimati impresivni nacrtni prostor koji zna biti znatno viši od stotinu metara (toranj plus radijus lopatice turbine), a često se do njih izgrađuju pristupni putovi duljine više kilometara, tako da je i ukupno zauzeti tlocrtni prostor pozamašan. Pogotovo, računa li se, a *mora se tako* računati, po jedinici snage vjetroelektrana!

Kod korištenja topline tla (vidljivo) zauzimanje prostora zna biti vrlo malo, ali podzemno rasprostiranje kolektora za prikupljanje topline tla mjeri se stotinama četvornih metara, za primjenu u obiteljskoj kući.

Elektrana ili toplana na ogrjevno drvo te biomasu i otpad traži nešto više prostora od onoga kojeg bi tražile konvencionalne termoelektrane jednake snage, zbog nešto većeg skladišna prostora. Međutim, cjelokupni "zauzeti" prostor radi opskrbe tih postrojenja ogrjevnim drvom – radi sječe drveća – je velik i značajno izložen osiromašenju tla (nema godinama otpalog lišća s drveća, dok ponovno ne naraste zamjensko drveće) i eroziji. Kod ostale biomase je također u pitanju osiromašenje tla dušikom i kvarenje teksture tla te se mora voditi računa o plodoredu; ne smije se tlo zasijavati svake godine iznova istom kulturom.

Fotonaponsko postrojenje kraj Freiburga, Njemačka

Geotermalna energija, ukoliko se koristi neposredno za zagrijavanje, troši najmanje prostora – jednostavno se *cijev zabije u tlo* (ipak, dakako, pojednostavnjeno rečeno) i razvede po kućama ili drugim objektima.

Kod korištenja malih HE to zauzimanje prostora je znatno manje, a donekle je smanjeno i kod kolektorskog korištenja Sunčevim zračenjem.

Najveće zauzimanje tlocrtnog prostora za njihovu uspostavu traže velike HE. Uzvodno djelovanje na zaobalje hidroelektrana znade biti dugo nekoliko desetaka kilometara, s najčešće teško prihvatljivim djelovanjem na izmjenu prirodnog režima podzemnih voda te na zatečenu floru i faunu prije uspostavljanja hidroelektrane. Ploštine umjetnih jezera akumulacijskih HE znaju biti nekoliko desetaka četvornih kilometara, uz izazivanje erozije zatečena tla, smetnje zbog varijacije vodostaja i onemogućenja bilo kakvih čovjekovih aktivnosti, dakako i stanovanja i gospodarskog korištenja, u potopljenim predjelima. Nizvodne neprilike znaju se javljati kod naglog nadolaska vodnog vala i neočekivanog podizanja vodostaja, jer je došlo dio iznenadno velikog korištenja hidroelektrane, a također dolazi do postupne erozije priobalja.

Lokalno vizualno opterećenje okoliša, praktično je proporcionalno lokalnom zauzimanju prostora, uz neke iznimke. Male hidroelektrane mogu narušiti zatečeni prirodni ambijent i zauvijek ga degradirati, a radi se često o iskonski netaknutoj prirodi. Kolektorsko rješenje toplinskog korištenja Sunčeva zračenja može se estetski riješiti manje ili više prihvatljivo. Za velike i veće fotonaponske sustave,

neintegrirane na krovove ili zidove, teško se može reći da uljepšavaju krajobraz, na kojem su uspostavljeni a zauzimaju doista ogromnu površinu[25]. Primjena dizalica topline i geotermalne energije vizualno osobito ne opterećuje okoliš, a biomasa može opterećivati ogromnim otvorenim skladištem goriva, na kojem se neprekidno nešto događa i u kojega se dovozi gorivo i odvozi pepeo u velikim količinama. Vjetroelektrane, ukoliko se radi o vjetroelektranskom parku a ne pojedinačnom agregatu, također ne uljepšavaju panoramu kraja u kojem su se našle, a ako je lokacija smještena na kakvo uzvišenje ili planinu do koje se mora izgraditi pristupni put, time se znatno i zauvijek osakaćuje zatečeni prirodni ambijent (recimo šuma ili nisko raslinje kojim je planina obrasla).

Za velike hidroelektrane, može se paralelno izreći sve ono što je izneseno u vezi sa zauzimanjem prostora, osim što se umjetna jezera ipak daju smišljeno iskoristiti za kupanje, sportove na vodi, uzgoj ribe i ribolov te turizam. Vremenom se dade uspostaviti život na njihovim obalama na novi i prihvatljivi način. Dobar primjer je turističko korištenje umjetnog jezera Bajer kod Fužina, akumulacije hidroelektrane Vinodol.

5.10. Mogućnost kogeneracije

Suvremeni energetski pogled zalaže se za primjenu kogeneracije (suproizvodnja, kako govorimo na hrvatskome) – dakle spojenu proizvodnju toplinske i električne energije, što je više moguće, jer se time postiže veće iskorištenje primarnog oblika energije. Dalji razvoj energetike Europske unije *usmjeravan je naglašeno u tom smjeru*. Vidi ukratko o Direktivi EU koja govori o tome u uvodnom odjeljku (3.2) poglavlja o kretanjima u EU.

Najjednostavnije rješenje: nužno hlađenje elektrane nije ostvareno zagrijavanjem okoline, nego se ta toplina vodi toplinskim potrošačima. Termoelektrana koja *ne* koristi takvo rješenje naziva se *kondenzacijska* TE, i tu se kondenzator hladi rashladnom vodom koja se zagrijava i tako završava otpadna toplina iz TE (u najboljem današnjem slučaju: 40–50 % ukupno uložene energije!) u obližnjem vodotoku ili zraku kod hlađenja rashladnim tornjevima. Iskorištenje energije goriva je dakle 50–60 % u najboljim današnjim rješenjima; starija rješenja imaju stupanj djelovanja negdje 35–40 %.

Termoelektrana ona koja se koristi spojenim procesom proizvodnje električne i toplinske energije može biti *protutlačna* ili *oduzimna* TE.

U *protutlačnoj* TE para koja je djelomično iskorištena u parnoj turbini vodi se u mrežu toplinskih trošila, koji preuzimaju ulogu kondenzatora, i nakon ohla-

[25] Najveći njemački solarni park od 53 MW, drugi po veličini u svijetu (2009), prostire se na 162 hektara ploštine, velike kao 210 nogometnih igrališta (www.energetika-net.hr/20.08.2009)!

đivanja vraća kao voda natrag u spremnik napojne vode. Dakako, moraju postojati relativno stalni potrošači topline, koji će preuzeti svu izlaznu paru, takvu elektranu regulira zapravo potrošnja topline.

U oduzimnoj TE *oduzima* se dio pare prije niskotlačnog dijela parne turbine i vodi u izmjenjivač topline koji predaje toplinu vodi koja služi zagrijavanju, kružeći toplinskim trošilima. Para koja nastavlja u niskotlačni dio turbine završava u kondenzatoru, gdje se hladi i kondenzira uobičajeno.

Toplina iz takvih TE[26] odvodi se do udaljenijih potrošača (nastaje tzv. *centralizirani toplinski sustav*, a toplina koja se u njemu isporučuje naziva se često *daljinska toplina*) ili potrošača u neposrednoj blizini toplovodima, primjerice u krugu tvornice gdje je instalirano to postrojenje. Ostvaruje se ukupno iskorištenje goriva od oko 85 %, praktički dvostruko nego li u kondenzacijskoj elektrani, pa je takvo rješenje energetski naglašeno privlačno. Naravno, moguće je samo ukoliko u nepretjeranoj udaljenosti od postrojenja postoji toplinska potrošnja; toplovodi duljine veće od desetak kilometara imali bi tolike gubitke energije, da se takav prijenos ne bi energetski isplatio. Detaljnije o tome vidi u odjeljku 6.17.

Između ostalog, a danas također od najveće važnosti: opterećenje okoliša emisijom iz takve spojene proizvodnje je reda vrijednosti dvostruko manje (za jednaku količinu ukupno proizvedene električne i toplinske energije) nego li opterećenje okoliša pri razdvojenoj njihovoj proizvodnji. Također, znatno se snižava i opterećenje okolne rashladne vode, jer je velika većina rashlade riješena odvodom topline i korisnim grijanjem (parom ili vrelom vodom).

Danas se već rješava i *trigeneracija*, istodobna proizvodnja električne energije te toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje.

Međutim, kogeneracija moguća je samo kod obnovljivih izvora upotrjebljenih kao gorivo u termoelektranama-toplanama (ogrjevno drvo, ostala biomasa i otpad te bioplin) ili ako se geotermalna energija koristi za pogon takve elektrane, dakle mora se raditi o vrlo vrućem izvoru (kakvih ima na Islandu).

Ostali oblici obnovljive energije ne omogućuju kogeneraciju, osim toplinsko koncentrirano korištenje Sunčeva zračenja s toplinsko-električnom transformacijom, a danas se već proizvode fotonaponski paneli s integriranim kolektorima za pripremu tople vode (hibridni kolektori).

Prvi slučaj kogeneracije primjenom obnovljivih goriva, korištenim u TE-TO jednak je takvom rješenju primijenjenom pri takvom korištenju iscrpivih goriva. Dolaze u obzir sva obnovljiva goriva koja će osigurati temperaturu od barem 210 °C (bioplin, kanalizacijski plin, deponijski plin, biljno ulje, drvo i peleti, bioetanol, plin prikupljen iznad otpada u ulaznim skladištima spalionica otpa-

[26] U Hrvatskoj je najčešće upotrebljavani naziv termoelektrana-toplana (TE-TO).

da). Opet su zbog nižih parametara pare, time nižeg stupnja djelovanja i manjih jedinica postižu, dakako nešto niža ukupna iskorištenja goriva nego li u najsuvremenijim velikim TE-TO na komercijalna goriva, osobito radi li se u njima o plinsko-parnom procesu.

Osobit slučaj toplinske primjene obnovljivih izvora u spojenom procesu je korištenje tzv. *blokovskih termoelektrana-toplana* (njem. BHKW, *Blockheizkraftwerke*). Služe za opskrbu jednog kućanstva električnom energijom i toplinom, ili – češće – za opskrbu skupine kućanstava, stambenog bloka, odatle naziv blokovski. Radi se o TE-TO postrojenjima malih do srednjih snaga, s motorom s unutrašnjim izgaranjem ili plinskom turbinom, koji pokreću električni generator. Hlađenje toga relativno ipak ovećeg motora, riješeno je u tri paralelno-serijska kruga: hlađenje ulja za podmazivanje motora, hlađenje cilindara motora te hlađenje plinova izgaranja prije ispuštanja. Omogućuju da optočna voda u sustavu grijanja iz takve kogeneracije ima temperaturu od oko 100 °C.

Drugi slučaj kogeneracije primjenom obnovljivog goriva (biomase ili bioplina) te topline iz Sunčeva koncentratora, rješava se primjenom tzv. *Stirlingova motora* koji istodobno treba (a) dovod topline (plinovima izgaranja ili Sunčevom koncentriranom dozrakom) i (b) intenzivno hlađenje, odvođenjem topline u okoliš ili trošilima topline. To hlađenje načelni je uvjet njegova djelovanja, to nije hlađenje radi odvođenja gubitaka topline, kao kod motora s unutrašnjim izgaranjem. (Ako se energija hlađenja ne koristi za toplinsku potrošnju, Stirlingov motor mora imati veliku rashladnu površinu rebrastog hladnjaka – pogotovo ukoliko se hladi termosifonskim strujanjem okolnog zraka.) Dakako osovina motora povezana je s osovinom generatora te čitav sklop služi proizvodnji električne i toplinske energije, dakle za kogeneraciju uz vrlo visoki stupanj iskorištenja goriva odnosno ulazne energije!

Treći slučaj kogeneracije iz OIE je primjena tzv. *hibridnog kolektora* koji se sastoji iz fotonaponskog panela i toplinskog kolektora spojenih u jednu cjelinu. Omogućuje istodobnu proizvodnju električne i toplinske energije. Većina Sunčeve dozrake koju apsorbira fotoćelija ne pretvara se u električne energiju nego u toplinu, povećavajući temperaturu fotoćelije. To smanjuje stupanj djelovanja fotoćelije[27] te je upravo prikladno odvesti tu toplinu s fotoćelije povoljno pridruženim kolektorom; djelovat će na održanje stupnja djelovanja fotoćelije (te će se proizvesti više električne energije) a usput pridobit će se i toplinska energija. Konstrukcijski stvar se izvodi tako da se ispod panela fotoćelija priljubi panel s cjevastim kolektorskim rješenjem.

Može se postići ukupni stupanj djelovanja hibridnog kolektora od oko 60 %, ali mora se ostvariti odgovarajući maseni protok rashladnog medija kolektorom. Kao rashladni medij koristi se voda ili zrak.

[27] Vidi fusnotu 28!

5.11. Opterećenje neposrednog okoliša

Štetne emisije (ponajprije plinova, ali i čestica, buke, prekomjerno zagrijane ili onečišćene vode, otpadnog mulja, nekontroliranog raznošenja raznog sitnijeg otpada vjetrom, ...) iz postrojenja za transformaciju oblika energije mogu se podijeliti na one koje završavaju u neposrednom (ili barem bližem) okolišu tog postrojenja i one koje završavaju ponekad stotinama kilometara daleko te, konačno, one koje završavaju u Zemljinoj atmosferi, gdje se više niti ne zna niti može znati njihovo izvorno porijeklo.

Najprije će se sagledati opterećenje neposrednog ili neposrednijeg okoliša takvih postrojenja a zatim na globalno opterećenje emisijama (u odjeljku 5.12), prvenstveno štetnih plinova.

U tijeku transformacije pojedinog obnovljivog izvora energije u poželjni ili jedino iskoristivi oblik nastaje emisija, koju zovemo *izravna emisija*, jer nastaje izravno korištenjem postrojenja za transformaciju oblika energije, primjerice izgaranjem goriva u postrojenjima za korištenje biomase, bioplina i otpada. Izravna emisija traje sve dok je postrojenje u pogonu.

Kod disperzirane primjene i kada je ta primjena u manjoj mjeri, mogu se postići smanjena opterećenja okoliša izravnom emisijom ili tog opterećenja praktički nema, u primjerima korištenja vjetro-generatorom namjesto dizelskim generatorom, ili (svakako) izvorom geotermalne vode namjesto gradskom toplanom te sunčanim kolektorom ili korištenjem dizalica topline namjesto kućnog centralnog grijanja na fosilno gorivo ili fotonaponskim ćelijama za proizvodnju električne energije namjesto nekom drugom vlastitom proizvodnjom električne energije (recimo na kakvu mjestu udaljenom od organiziranih naselja), primjerice benzinskim agregatom.

Premda moguće ne očekujemo izravnu emisiju hidroelektrana, ipak ona je posljedica ishlapljivanja metana iz područja uspora vode (kod protočnih hidroelektrana) ili akumulacijskog jezera (kod akumulacijskih hidroelektrana). A metan je 25 puta štetniji od ugljična dioksida (naravno iste emitirane količine), no o tomu vidi u slijedećem odjeljku (5.12).

Korištenje vjetrom izaziva buku i čini pokretnu enervantnu sjenu na tlu i objektima, od sjeverozapada do sjeveroistoka, u blizini, za sunčana vremena. Trajna izloženost buci rješava se propisanom minimalnom udaljenošću od 500 metara od građevinskog ruba naseljena područja.

Izgaranje ogrjevnog drva te biomase i otpada izaziva emisiju plinova eventualno manje štetnih od konvencionalnih goriva jer praktički nema sumpora (kao u ugljenu ili nafti). Ipak je emisija iz tih postrojenja nešto veća nego li iz konvencionalnih postrojenja iste snage, jer riječ je o nižem stupnju djelovanja pri pretvorbi energije i manjim i što jeftinije izgrađenim jedinicama. Iz istih razloga će i opterećenje zagrijanom rashladnom vodom, ispuštenom u prirodni vodotok biti nešto veće. Emisija kod korištenja otpadom može biti opasna ako se prethodno iz otpada (osobito smeća) ne izdvoje evidentno štetni sastojci.

Uočimo razliku lokalne emisije u neposredni ili neposredniji okoliš postrojenja, ako se u njemu transformacija rješava izgaranjem goriva, od globalne emisije. Najčešće, građani ne znaju kako u najneposrednijoj blizini elektrane ili toplane na biomasu (jednako tako i elektrane na fosilno gorivo), zapravo nisu izloženi globalnim emisijama, jer visoki dimnjaci odvode plinove izgaranja na veće ili čak velike udaljenosti od elektrane, građani u blizini elektrane nalaze se zaštićeni kao *pod klobukom gljive*, što se toga tiče.

Međutim, izlaganju emitiranim česticama, izložena je neposredna blizina postrojenja, jer krupnije čestice padaju u bliži okoliš. Najopasnije su sitne čestice, veličine reda vrijednosti ispod 1 mikrometra koje lebde u zraku, sporo padajući na tlo te ih mogu udisati ljudi i ostala živa bića. S te strane mogu biti neprilična postrojenja na biomasu, relativno manjih snaga, jer kod njih nije primijenjena solidnija tehnologija (ili nije uopće primijenjena) filtriranja čestica iz dimnih plinova, a dimnjaci su im niski.

Dakako, suvremena rješenja toplinskih energetskih postrojenja sadrže filtre dimnih plinova, koji zadržavaju leteće čestice. Velika termoenergetska postrojenja, bilo na biomasu bilo na konvencionalna goriva, sadrže i uređaje za odsumporavanje i za odstranjivanje dušikovih oksida iz plinova izgaranja.

Još nešto u vezi s emisijom plinova iz elektrane na gorivo (konvencionalno ili nekonvencionalno gorivo), koja ima rashladni toranj. Iz takva tornja vidljivo je izlaženje nekakva bjelkasta gustog plina, i građani smatraju da se to dimi elektrana, a radi se zapravo o bezopasnim raspršenim česticama kondenzirane vodene pare.

5.12. Kumulativna CO_2-neutralnost

Najčešće se ističe CO_2-*neutralnost* obnovljivih izvora energije prilikom pretvorbe prirodnog obnovljivog oblika energije u iskoristiviji oblik (*izravna emisija*). Tada je gledanje o CO_2-neutralnosti (gotovo) svih obnovljivih izvora točno. Za biomasu to je dakako ispunjeno samo ako je godišnje iskorištavanje mase jednako ili manje od godišnjeg prirasta nove mase. Tada će emisija CO_2 pri korištenju tom biomasom biti jednaka imisiji CO_2 prilikom fotosinteze te biomase. U protivnom, ne bi se uopće radilo o obnovljivom nego o djelomice ili potpuno iscrpivom korištenju biomase. (No i tada preostaje izravna emisija mnogih radnih strojeva, koji se koriste prilikom sadnje/pošumljavanja, sječe, prijevoza, manipuliranja, sušenja i skladištenja.)

Neizravnom emisijom razumijeva se ona koju je izazvala proizvodnja materijala i opreme, njezin transport, montaža te pridobivanje i proizvodnja građevinskog materijala i građenje postrojenja za transformaciju (čelik, bakar, aluminij, cement, šljunak i pijesak, staklo, plastika i mnogobrojni specijalni materijali) te pri razgradnji tih postrojenja – na način svojstven tim aktivnostima – onečišćuje se okoliš. Kako je tih materijala ponekad potrebno u velikim količinama, spoznaja o tome opterećenju oko-

liša ne smije izostati. Za sve te aktivnosti bila je korištena energija, koja je također izazivala emisiju, doduše jednokratnu (i, reći ćemo u šali: *tko-zna-gdje*).

Neizravna emisija često se preračunava na jedinicu proizvedene energije pojedinog postrojenja, uzevši u obzir njegov očekivani vijek trajanja i očekivanu proizvodnju tijekom čitava tog trajanja te onda diobom ukupne neizravne emisije i te očekivane proizvodnje dolazi se do iskaza neizravne emisije po jedinici proizvedene energije. Tako se omogućuje iskazivanje ukupne emisije po jedinici proizvedene energije, jer je dakako lakše iskazati izravnu emisiju po jedinici proizvedene energije.

Dakle, promatra li se čitav energijski lanac, od pridobivanja prirodnog oblika energije, preko transporta i njegove pripreme za korištenje te energije potrebne za izradu i transport opreme i materijala za izgradnju postrojenja za transformaciju i njihova zbrinjavanja nakon korištenja (*neizravna emisija*) dolazi se do pojma *ukupne emisije* (ili *kumulativne* emisije) i ta nije za sve obnovljive izvore povoljna. Izravna, neizravna i ukupna emisija klimatski štetnih plinova iz elektrana prikazana je u tablici 5.4.

Tu se klimatski štetnim plinovima razumijevaju oni što su sankcionirani Kyoto-protokolom o zaštiti klime (dakle, ponajprije ugljikov dioksid, metan i dušikov oksid, ali i neki drugi plinovi, primjerice sumporov heksafluorid, koji izazivaju pojačanje stakleničkog efekta). Kako njihov utjecaj u stakleničkom efektu nije jednak, to se njihovi pojedinačni udjeli preračunavaju u djelovanja jednakovrijedno ugljikovu dioksidu i zbrojena vrijednost iskazuje tzv. CO_2-ekvivalentom.

Tablica 5.4. Ukupna emisija klimatski štetnih plinova iz elektrana (CO_2-ekvivalent)

Tip elektrana	Izravna emisija, gram/kWh	Neizravna emisija, gram/kWh	Ukupna emisija, gram/kWh
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
konvencionalne termoelektrane na plin	340	80	420
konvencionalne termoelektrane na kameni ugljen	820	100	920

Izvor: VEÖ-Journal 3/2004.

Dodajmo podatak iz knjige D. Feretić i dr.: *Elektrane i okoliš* [4], da ukupna emisija iz nuklearne elektrane iznosi 27–44 grama CO_2-ekvivalenta/kWh.

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 % svjetskog ispuštanja ugljikova dioksida. Obvezuje na globalno smanjenje emisije u 2012. godini od 5,2 % 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 i Rusiju, 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, klorofluoro-ugljika CFC te plina smijavca N_2O. Hrvatska je Kyoto-protokol ratificirala 2006. godine i dobila obvezu smanjenja emisija od 5 % spram emisija u 1990. godini (uz bezuspješno sporenje Hrvatske oko vrijednosti te početne emisije).

CO_2-ekvivalent određuje se tako da se utvrdi (dakako računalskim modelima) stakleničko djelovanje pojedinih plinova tijekom pretpostavljenih idućih 100 godina, jer to djelovanje sporo, ali ipak postupno zamire. Tada se odredi omjer toga djelovanja prema djelovanju ugljikova dioksida i to je onda faktor kojim se iskazuje djelovanje iste količine promatranog plina i ugljikova dioksida. Naravno, stakleničko djelovanje ugljikova dioksida tada ima vrijednost 1, iskazanu CO_2-ekvivalentom.

Tablica 5.5. CO_2-ekvivalenti najvažnijih plinova

Stakleнički plin	CO_2-ekvivalent
ugljikov dioksid CO_2	1
metan CH_4	25
dušikov oksid N_2O	298

Izvor: Četvrto izvješće Međuvladinog panela o klimatskim promjenama (IPCC) iz 2007.

U tablici 5.5. navedeni su samo CO_2-ekvivalenti najvažnijih i za energetiku bitnih stakleničkih plinova. Inače su izvješćem IPCC navedeni još mnogi plinovi koji imaju daleko veće CO_2-ekvivalente (mjeri se tisućama), jedino je njihova uobičajena primjena daleko manja te ne uzrokuju ozbiljnije stakleničke probleme.

Zanimljivo je dodati da se *vodena para*, rezultat izgaranja vodika elektrana na fosilna goriva ili biomasu, isparavanja vlage unesene gorivom pa često i rashladnih tornjeva elektrana iz tih goriva (ukoliko je tako riješeno njihovo hlađenje), ne smatra stakleničkim plinom – premda ima takva svojstva – jer njezino stakleničko djelovanje nestaje za nekoliko dana.

Što je staklenički efekt? Od ukupne količine Sunčeva zračenja, koje dospijeva na Zemlju, 30 % se reflektira natrag u svemir a 70 % apsorbiraju tlo, zrak

i oceani te tako dolazi do zagrijavanja Zemljine površine i atmosfere. Zagrijana Zemljina površina i zrak emitira infracrveno toplinsko zračenje, koje većim dijelom završava u svemiru i tako je omogućeno hlađenje Zemlje – te se uspostavlja ravnoteža dozračenog i emitiranog zagrijanja na temperaturi uz koju su se živa bića na Zemlji prilagodila (prosječna temperatura od oko +15 °C). Poput stakla u staklenicima koje dobro propušta Sunčevu dozraku pri visokoj frekvenciji vidljivog svjetla, a znatno sprječava propuštanje – u suprotnom smjeru – infracrvenog toplinskog zračenja; i atmosfera s više nekih osobitih plinova u sebi ponaša se jednako, odatle naziv *stakleнički efekt* i *stakleнički plinovi,* koristi se i naziv *klimatski štetni plinovi.*

Oni bi trebali biti odgovorni, prema službenom stajalištu velikog broja svjetskih znanstvenika za klimatske primjene koje rezultiraju postupnim povećanjem srednje temperature na Zemlji. Ima znanstvenika, koji se ne slažu s takvim gledanjem, tvrdeći da se Zemlja nalazi u ciklusu zagrijavanja, neovisno o čovjekovoj proizvodnji stakleničkih plinova te da će slijediti (na dulji rok) ponovno ciklus zahlađenja.

Uspostavljen je Europski sustav trgovanja emisijskim jedinicama (EU-ETS), koji bi trebao omogućiti postizanje famoznog cilja u Europskoj uniji do 2020. godine "20–20–20", a koji znači 20 % obnovljivih izvora u potrošnji energije : 20 % smanjenja emisija stakleničkih plinova u odnosu na 1990. godinu : 20 % sniženja ukupne potrošnje energije u odnosu na procjenu ekstrapolacijom rasta iz prethodnog razdoblja (tzv. referentni razvojni scenarij).

Hrvatska je pristupila EU-ETS-u te je od 1. siječnja 2013. (šest mjeseci prije punopravnog članstva) obvezna kupovati emisijske kvote *za svaku* emitiranu tonu CO_2 pri proizvodnji električne energije, uz mogućnost smanjenja te obveze za emisije koje se ispuštaju prilikom proizvodnje toplinske energije u spojenom procesu. Istodobno, prestat će obveza hrvatskih elektrana da plaćaju naknadu za emisiju po hrvatskim propisima, koju su plaćale od 2007. godine. Udio hrvatske energetike u ukupnoj godišnjoj emisiji CO_2 je oko 1/3, isto toliko i prometa (1/3) a preostala trećina dijeli se podjednako na industriju i ostalo (u što su uključena kućanstva).

Cijena sredinom 2012. godine te emisije je 7 eura po toni CO_2, a u 2013. godini pala je na oko 5 eura po toni. Ukoliko za određenu ostvarenu emisiju zemlja ne plati cijenu, kazna je 100 eura po toni CO_2. Prikupljena sredstva usmjeravaju se u *onoj državi-članici EU koja ih je prikupila*, ali namjenski, za poboljšanje zaštite klime: povećanjem energetske učinkovitosti, ulaganjem u OIE, razvojem tehnologija za smanjivanje emisija stakleničkih plinova, razvojem tehnologija za izdvajanje i prikupljanje CO_2 te mjerama u prometu.

Ima li se na umu proizvodnja raznih i donekle vrlo osobitih potrebnih materijala za izgradnju fotoćelija a u manjoj mjeri i kolektora, onda izlazi da je primjena Sunčevog zračenja "kvazi-CO_2-neutralna". Ukupna emisija fotonaponskih

elektrana je polovina ukupne emisije plinskih termoelektrana. Bitno je CO_2-neutralnija primjena nuklearne energije u današnjim nuklearnim elektranama!

U tom pogledu dobro stoji biomasa, jer njezino korištenje ne zahtijeva izgradnju obimnijih postrojenja (nisu bitno veća od termoenergetskih postrojenja na fosilna goriva, dakako jednake snage), a tijekom izgaranja emitiraju toliko CO_2 koliko su utrošili iz atmosfere fotosintezom prilikom svoga razvoja. Neznatna je njihova emisija SO_2, nešto veća emisija čestica, a najveća NO_x (dušikovih oksida) – ta je po prilici 2/3 emisije tih plinova iz elektrane na ugljen. Naravno, ostaje emisija cjelokupne tehničke podrške, koja se mora primijeniti pri pridobivanju biomase, pa do – konačno – njezinog dovođenja u ložište i odvoženja te zbrinjavanja pepela.

Izgaranje plinova koji sadrže metan, povoljnije je od njihova eventualnog ispuštanja u atmosferu, jer je metan mnogostruko (25 puta) staklenički štetniji od ugljikova dioksida, ne treba se – dakle – čuditi bakljama na kojima gori plin prikupljen kao otpadni u rafinerijama ili postrojenjima za preradu plina; CO_2 nastao tim izgaranjem 25 puta je manje štetan od metana koji bi inače bio ispušten u atmosferu.

Sumporov dioksid SO_2 znan je kao *kiseli plin* jer u atmosferi prilikom njegova prijenosa na veće udaljenosti nastaju kiseli spojevi (primjerice H_2SO_4) koji izazivaju *kisele kiše* te se talože i uzrokuju zakiseljavanje tla i površinskih voda, a osobito uginuće šuma. To znade biti stotinama kilometara udaljeno od izvora te neprilike, ovisno od prosječnih smjerova vjetra nad elektranom ili toplanom (samo na fosilna goriva, a značajno manje na biogoriva, jer u njima je neznatno sumpora) i dakako od sadržaja sumpora u gorivu koje se primjenjuje.

5.13. Stupanj djelovanja

Stupanj djelovanja pri transformaciji u koristan oblik općenito je malen, manji nego li kod konvencionalnih oblika energije, tablica 5.6. Osobito je to naglašeno pri fotonaponskom korištenju Sunčeva zračenja kod kojega je stupanj djelovanja samo 6–16 %, prosječno dakle desetak posto. Time, za jedan kilovatsat dobiven iz sunčanih ćelija treba izložiti toliko površine da bude osunčana s okruglo deset kilovatsati (ili, u hrvatskom podneblju prosječno treba ugraditi fotonaponskih ćelija od oko 7 m^2/kW vršne izlazne snage). Istaknimo, da stupanj djelovanja fotoćelija opada s porastom temperature površine fotoćelije, pa je zimi veći nego ljeti[28]. Također, blago se snižava tijekom životne dobi fotoćelije. O stupnju djelovanja fotoćelija i kolektora vidi odjeljak 6.21.

[28] Stupanj djelovanja se od maksimalnog, u primjeru neka je to 13 %, pri najpovoljnoj temperaturi fotoćelije od oko 25 °C, snizi na samo 8 %, pri temperaturi za 35 °C većoj od okoline na

Tablica 5.6. Stupanj djelovanja nekih postrojenja i uređaja za transformaciju primarnog oblika energije

Postrojenje	Stupanj djelovanja
starije parne termoelektrane	33 % i manje
novije parne termoelektrane	oko 40 %
plinsko-turbinske elektrane	oko 40 %
plinsko-parna termoelektrane	oko 60 %
kogeneracijska elektrane	do 85 %
velika hidroelektrane	do 95 %
sunčani kolektor, jednostavni	oko 45 %
fotonaponska ćelija – amorfna	do 6 %
fotonaponska ćelija – multikristalinična	11–14 %
fotonaponska ćelija – monokristalinična*	12–16 %
geotermalne elektrane, električno korištenje	oko 15 %

*Časopis *Scientific American* je 27.8.2009. objavio da je uspostavljena proizvodnja monokristaliničnih fotonaponskih ćelija stupnja djelovanja od 18,5 % po cijeni od 2 dolara po vatu.

Izvor: www.strom.de

Profesor Požar, u svojoj knjizi *Izvori energije* [1], utvrdio je očekivani stupanj djelovanja vjetroelektrane od oko 34 %.

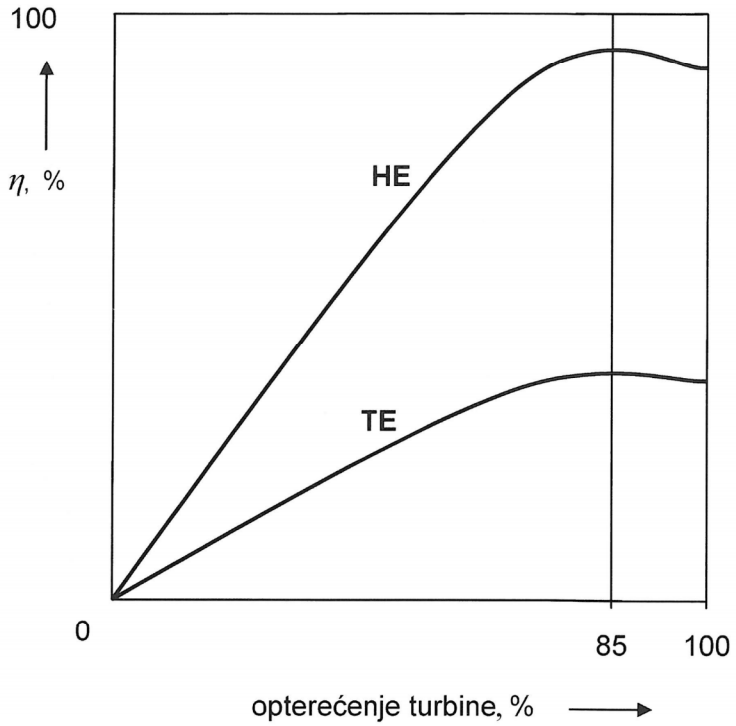
Prema B. Labudoviću, u knjizi *Osnove primjene biomase* [18], okvirni stupanj djelovanja elektrana na biomasu je:

- 5–10 % za postrojenja električne snage do 1 MW
- 10–25 % za postrojenja električne snage 1–5 MW
- 15–30 % za postrojenja električne snage veće od 5 MW.

Prema istom izvoru, kogeneracijska postrojenja na biomasu postižu i veće stupnjeve djelovanja u dijelu toplinsko-električne pretvorbe, između 16 i 55 % (taj, korištenjem plinsko-parnog procesa).

Stupanj djelovanja najveći je kod velikih hidroelektrana, donekle kod kolektorskog toplinskog korištenja Sunčevim zračenjem i neposrednog toplinskog iskorištavanja geotermalne energije. Relativno povoljan stupanj djelovanja ostvaruje se kod korištenja ogrjevnim drvom, biomasom i otpadom, no ipak niži nego li kod konvencionalnih termoenergetskih postrojenja jer se ovdje radi o manjim instaliranim snagama, nižim parametrima pogonske pare i nešto slabijoj pripremi goriva, nego li kod konvencionalnih modernih postrojenja. Vrlo slabi stupanj djelovanja postiže se kod korištenja geotermalne energije za proizvodnju električne energije (10–15 %), jer se radi izvorno o toplini na relativno niskoj temperaturnoj

koju se nadtemperaturu zagrije fotoćelija u ljetno doba [16].



Slika 5.3. Ovisnost stupnja djelovanja o opterećenju turbine HE i TE (kvalitativni prikaz)

razini (između 150–250 °C, na najpoznatijim svjetskim mjestima korištenja; Island, Kalifornija), spram temperaturnih razina modernih termoelektrana koje znatno prelaze 500 °C. Već je istaknuto da je stupanj djelovanja fotoćelija ovisan o temperaturi fotoćelija: što viša temperatura, to niži stupanj djelovanja (mijenja se približno za 0,5 postotnih poena po svakom Celzijevom stupnju [18]).

Vrlo je važno: stupanj djelovanja svih postrojenja za transformaciju najčešće bitno ovisi o opterećenju tog postrojenja, nije stalan u odnosu spram opterećenja. To se osobito odnosi na ona postrojenja u kojima se električna energija dobiva transformacijom rotacijske mehaničke energije turbina ili motora, generatorom (slika 5.3.). Dakle, kod elektrana na biomasu, otpad, tekuća biološka goriva i bioplin. Vrti li se turbina/pogonski stroj u praznom hodu, bez opterećenja na svojoj osovini, stupanj djelovanja je, dakako, nula. Jer pri vrtnji turbine u praznom hodu savladavaju se gubici praznoga hoda (gubici trenja u ležajevima i ventiliranja rashladnog sredstva u čitavom agregatu – turbini i generatoru), dakle ulaže se ulazna energija pri ništa korisne energije na izlazu te je stupanj djelovanja nula. Pri porastu opterećenja turbine/pogonskog stroja, postupno raste stupanj djelovanja, da bi pri opterećenju između 75 % i 85 % nazivnog dosegnuo svoj maksimum. To je radi toga što se predviđa da agregat radi najčešće pod tolikim opterećenjem. Kod povećanja opterećenja iznad toga raspona do nazivne snage agregata, opet neznatno opada stupanj djelovanja. Dakle, pri ekonomičnom korištenju termoelektranom (na iscrpive i obnovljive izvore energije) vrlo je važno da je opterećenje elektrane u području optimalnog stupnja djelovanja jer se u protivnom troši više jedinica ulazne energije za proizvodnju jednog kilovatsata isporučenog iz elektrane.

Često se termoelektrane rangiraju prema tom specifičnom potrošku topline po jedinici proizvedene električne energije, dakako i taj se mijenja s opterećenjem elektrane. Govori li se o maksimalnom stupnju djelovanja neke elektrane, odnosno o najmanjem specifičnom potrošku, bez posebne opaske, razumijevaju se ti podaci pri optimalnom režimu rada agregata u elektrani.

Sve izneseno oko stupnja djelovanja termoelektrana, vrijedi – načelno – i kod hidroelektrana (vidi sliku 5.3.). Jedino je tjeme krivulje koja pokazuje ovisnost stupnja djelovanja o opterećenju znatno uzdignutije kod HE nego li kod TE. Omjer maksimalnih stupnjeva djelovanja bi bio po prilici 95 % : 40 %, ako bi se uzeli podaci modernijih HE i TE (a kod najmodernijih plinsko-parnih TE bio bi dostignuti stupanj djelovanja do 60 %). Stupanj djelovanja varira i s variranjem pada vode, dakle s promjenom razine gornje vode mijenja se i stupanj djelovanja. Sadrži li hidroelektrana između akumulacijskog jezera i dovodnog tunela kompenzacijski bazen, onda ta pojava nije izražena. Inače, za TE manjih snaga, na biogorivo, realniji bi bio stupanj djelovanja do jedno 25 %.

U elektranama s dva ili više agregata, mora se voditi računa o zajedničkom stupnju djelovanja svih agregata, pa onda umanjeno za jedan agregat, sve do samo dva agregata i konačno samo jednog agregata. Može se lako shvatiti da nije povoljno držati jedan agregat u pogonu sve do punog njegova opterećenja, već treba prije toga uključiti i drugi agregat i tako dalje, što se dade jednostavno računski odrediti. U najmanju ruku, približno, zadavajući ukupno opterećenje u nekim razumno malim koracima i računajući gubitke, pri jednom, dva, tri ... agregata, a za taj račun bilo bi potrebno poznavanje krivulje stupnja djelovanja o opterećenju svakog agregata. Također, nerazumno bi bilo držati sve agregate u pogonu pri vrlo malom opterećenju, ukupni stupanj djelovanja bio bi znatno manji od stupnja djelovanja jednog agregata, u takvu slučaju.

5.14. Energetski omjer i trajanje energetske amortizacije

Ima li se na umu energija uložena za proizvodnju opreme, a ne samo novac potreban za opremu koja se treba ugraditi za korištenje obnovljivim izvorima, onda izlazi da pojedini izvor mora neprekidno raditi stanovito vrijeme, da bi tek tada postao neto-proizvođač energije. Jer treba proizvesti cement, čelik, staklo, aluminij i razne druge – ponekad vrlo osobite – materijale u čiju proizvodnju treba uložiti energiju. A kako za pojedine oblike energije treba mnogo takvog materijala ali i uloženog rada (primjerice: ogromni građevinski zahvati oko izgradnje brane akumulacijskih hidroelektrana, ili uzvodnih nasipa i brane protočnih hidroelektrana, temelji i nosači fotoćelija i kolektora, same fotoćelije i kolektori, visoki betonski ili čelični stupovi vjetrogeneratora, oprema svih postrojenja na obnovljive izvore energije) to se energija za njihovu izradu, transport, građevinske

radove i montažu ne smije zanemariti. Neki moraju čak nekoliko godina raditi da bi vratili energiju uloženu pri njihovoj proizvodnji (od pridobivanja sirovine do montaže). Tek nakon toga, pozitivno sudjeluju u energetskoj bilanci.

Naravno, mnogi će reći *tko-zna-gdje* je, barem za dio opreme i materijala, uložena energija u njihovo pridobivanje i proizvodnju, međutim točno i potpuno gledanje na to pitanje ne smije zaobići njezin iskaz (jer je posve sigurno da se to dogodilo na Zemlji).

Energetski omjer (koji se još naziva i *omjerom povrata energije*) je omjer ukupno proizvedene energije u određenom tipu postrojenja za transformaciju energije (tijekom očekivana vijeka trajanja takva postrojenja) i energije koja je ukupno uložena prilikom dobave sirovina, izrade opreme, gradnje, pogona i održavanja, zbrinjavanja ostataka tog postrojenja (nakon isteka vijeka trajanja) te prilikom dobave primarnog oblika energije (radi li se o gorivu).

Prilikom određivanja energetskog omjera, u uloženu energiju ne uračunava se energija primarnog oblika energije koji se transformira, nego samo eventualno utošena energija za pridobivanje, pripremu i transport primarnog oblika energije.

Nijemci pojam energetskog omjera nazivaju "*žetveni faktor*" (*Erntefaktor*), dakle, hoće reći: *koliko si požnjeo, ako si toliko posijao*. Englezi ga nazivaju "*povrat energije*" (*Energy returned on energy invested*). Kod nas ga još nazivaju "*energetski faktor*".

Uložena energija može se iskazati i kao postotni omjer uložene energije i dobivene energije tijekom vijeka trajanja postrojenja za transformaciju, dakle to je postotna recipročna vrijednost energetskog omjera[29].

Odmah se vidi, da je utvrđivanje energijskog omjera skopčano s nizom pretpostavki i – ako precizno te pretpostavke nisu navedene – ne zna se, zapravo, što je sve i kako uzeto u obzir. Primjerice: je li vijek trajanja korištenja hidroelektrane 40 ili 100 godina, koliko je godišnje trajanje iskorištenja promatranih hidroelektrana uzeto – 2 000 ili 4 000 sati/god, je li uračunata energija za dotur pijeska i šljunka i s kolike prosječne udaljenosti od gradilišta – 5, 50 ili 100 kilometara, je li za izradu opreme uračunata samo energija utrošena doista prilikom njezine izrade u tvornici ili je uzeta u obzir i energija koja je uložena pri rudarenju, preradi i transportu metala i drugih komponenata koje su iskorištene za izradu opreme ... Jednako tako, mora se uzeti u obzir niz pretpostavki pri uračunavanju energije utrošene za dobavu goriva, ukoliko se radi o takvom izvoru (fosilno i nuklearno gorivo, biomasa i otpad, bioplin). Gotovo svaki od tih sudionika u zbrojevima može varirati barem u omjeru 1:2 te mogući rezultat treba očekivati doista u širokim granicama a zaključke donositi kvalitativno, nikako kvantitativno.

[29]Akademik Udovičić rado koristi izraz "*energija za energiju*" za recipročnu vrijednost energijskog omjera, dakle koliko je ukupno uloženo energije da bi se dobila određena konačna količina energije.

Tablica 5.7. Energetski omjer

Tip elektrane	Energetski omjer	Uložena energija, %
hidroelektrana	43–205	0,5–2,3
nuklearna elektrana PWR, centrifugalno obogaćivanje goriva	46–59	1,7–2,3
nuklearna elektrana PWR, difuzijsko obogaćivanje goriva	15–21	4,2–9,5
termoelektrana na ugljen	7–34	2,9–14
termoelektrana na prirodni plin	6–26	3,8–20
sunčana elektrana, toplinsko-električna pretvorba	10,6	9,4
sunčana fotonaponska elektrana	3,7–12	8–27
vjetroelektrana	6–80	1,3–16,7

Izvor: Energy Analysis of Power Systems, UIC/Australija, 2006.

Jedan od takvih pristupa utvrđivanju energetskog omjera iznesen je u tablici 5.7, u kojoj je iskazana i recipročna vrijednost energetskog omjera, dakle uložena energija u postocima ukupno proizvedene energije tijekom vijeka trajanja.

Vidljivo je da se energetski omjer kreće između 6 i 59 za elektrane na stalne iscrpive izvore energije (fosilno i nuklearno gorivo), a da je za hidroelektrane on između 43 i 205. Dakle, gornja vrijednost prema tim australijanskim autorima kaže da se 205 puta više energije dobije iz hidroelektrana, nego li se uloži u njezinu uspostavu.

U izvoru nema podataka o energetskom omjeru elektrana na biomasu, ali iz drugih izvora podataka izlazi da su njihovi energetski omjeri upola niži od najniže iskazanih za termoelektrane na ugljen ili prirodni plin (dakle oko 3), pošto se kod njih radi o stalno potrebnom utrošku energije pri uzgoju, sječi, prijevozu i pripremi goriva, relativno niže ogrjevne vrijednosti. Pri razmatranju nekog konkretnog projekta korištenja biomase upravo energetski omjer može biti odlučujući, jer bi mogao izaći posve neprihvatljiv (premalen).

Također, nije iskazan energetski omjer za kolektorsko korištenje Sunčeva zračenja, no iz drugih izvora podataka izlazi da on iznosi 17–48, dakle relativno visok.

Primjena dizalica topline zahtijeva neprestano ulaganje energije „sa strane" (električna ili plinska mreža) vrijednosti između 1/3 i 1/5 izlazne energije. Dakle, pri korištenju unutarnje topline okoline ostvaruje se – samo radi dobave primarnog oblika energije – mali energetski omjer, od 3–5.

Ponovno se ističe: te iskaze treba uzimati donekle kvalitativno, nego li precizno kvantitativno, premda – dakako – međusobna kvalitativna usporedba ipak kaže da je energetski omjer hidroelektrana stotinjak puta veći od fotonaponskog postrojenja.

Isti pojam, ali iskazan na drugačiji način, prikazan je tablicom 5.8. Radi se o takozvanom trajanju energetske amortizacije; to je vrijeme potrebno da pro-

Tablica 5.8. Trajanje energetske amortizacije

Tip energetskog postrojenja	Energetska amortizacija
plinsko-parna termoelektrana na plin	oko 1 mjesec
nuklearna elektrana (PWR)	oko 3 mjeseca
termoelektrana na mrki ugljen	oko 3 mjeseca
termoelektrana na kameni ugljen	oko 4 mjeseca
hidroelektrana, velika	oko 14 mjeseci
vjetroelektrana	7–16 mjeseci
hidroelektrana, mala	24–36 mjeseci
fotonaponsko – amorfne ćelije	20–35 mjeseci
fotonaponsko – multikristalinične ćelije	35–60 mjeseci
fotonaponsko – monokristalinične ćelije	45–70 mjeseci

Izvor: www.energie-fakten.de/14.11.2007

teče pri korištenju pojedinog tipa elektrane da se vrati energija prethodno uložena za izradu opreme, gradnju postrojenja, pogon i njegovo održavanje te naknadno uložena energija za njegovu razgradnju, na kraju njegova vijeka trajanja. Tek nakon isteka tog vremena, elektrana počne biti neto-proizvođač energije.

U tablici 5.8. nije obuhvaćena energija potrebna za pridobivanje, pripremu i transport goriva, za one elektrane koje koriste gorivo (ugljen, plin, nuklearno gorivo). Ako bi se i ta energija uzela u obzir, trajanje energetske amortizacije za te elektrane bi se približno udvostručilo.

U prvoj grupi elektrana dolazi do energetske amortizacije u trajanju znatno manjem od godinu dana, da kod vjetroelektrana to znade iznositi nešto preko godinu dana, a kod sunčanih fotonaponskih elektrana od godinu i pol do čak šest godina! Ovisi o tehnološkoj zgotovljenosti sunčanih ćelija koje se primjenjuju: amorfni kristali su najjeftiniji, ostvaruju najmanji stupanj djelovanja pri transformaciji energije Sunčeva zračenja u električnu energiju (oko 6%), ali traže i najmanje energije za njihovu izradu. Najbolje su monokristalinične ćelije (stupanj djelovanja do 16%), ali su najskuplje i traže najviše energije pri svojoj proizvodnji.

Konačno, radi usporedbe brojčanih pokazatelja o kojima je ovdje riječ, iznosi se tablica 5.9. s recentnim podacima, u kojoj je iskazan energetski omjer različitih tipova elektrana u Njemačkoj, prema njemačkom Institutu za čvrsta stanja i nuklearnu fiziku (*Institut für Festkörper-Kernphysik*) iz Berlina.

Pri utvrđivanju energetskog omjera uzeti su utrošci energije za proizvodnju jedne tone najvažnijih materijala za gradnju postrojenja: aluminij (86 GJ), bakar (40 GJ), čelik (20 GJ), cement (3 GJ) i beton (0,6 GJ), a za proizvodnju jednog četvornog metra fotonaponskog modula i njegovu instalaciju na krovu 2,1 GJ.

Tablica 5.9. Energetski omjer u Njemačkoj

Tip postrojenja	Energetski omjer
nuklearna elektrana (100% obogaćeno gorivo)	107
nuklearna elektrana (83% obogaćeno gorivo)	75
hidroelektrana osrednje veličine	50
termoelektrana na mrki ugljen (bez energije za transport ugljena)	31
termoelektrana na kameni ugljen (bez energije za transport ugljena)	29
plinsko-parna termolektrana velike snage na prirodni plin	28
sunčani kolektor s vodom kao medijem	17
vjetroelektrana na kopnu (srednje njemačke prilike)	16
plinsko-parna termolektrana velike snage na bioplin	3,5
fotonaponski sustav na krovu (polikrostalinične fotoćelije)	4
fotonaponski sustav na krovu (amorfne fotoćelije)	2,3
fotonaponski sustav na krovu (monokristalinične fotoćelije)	1,3

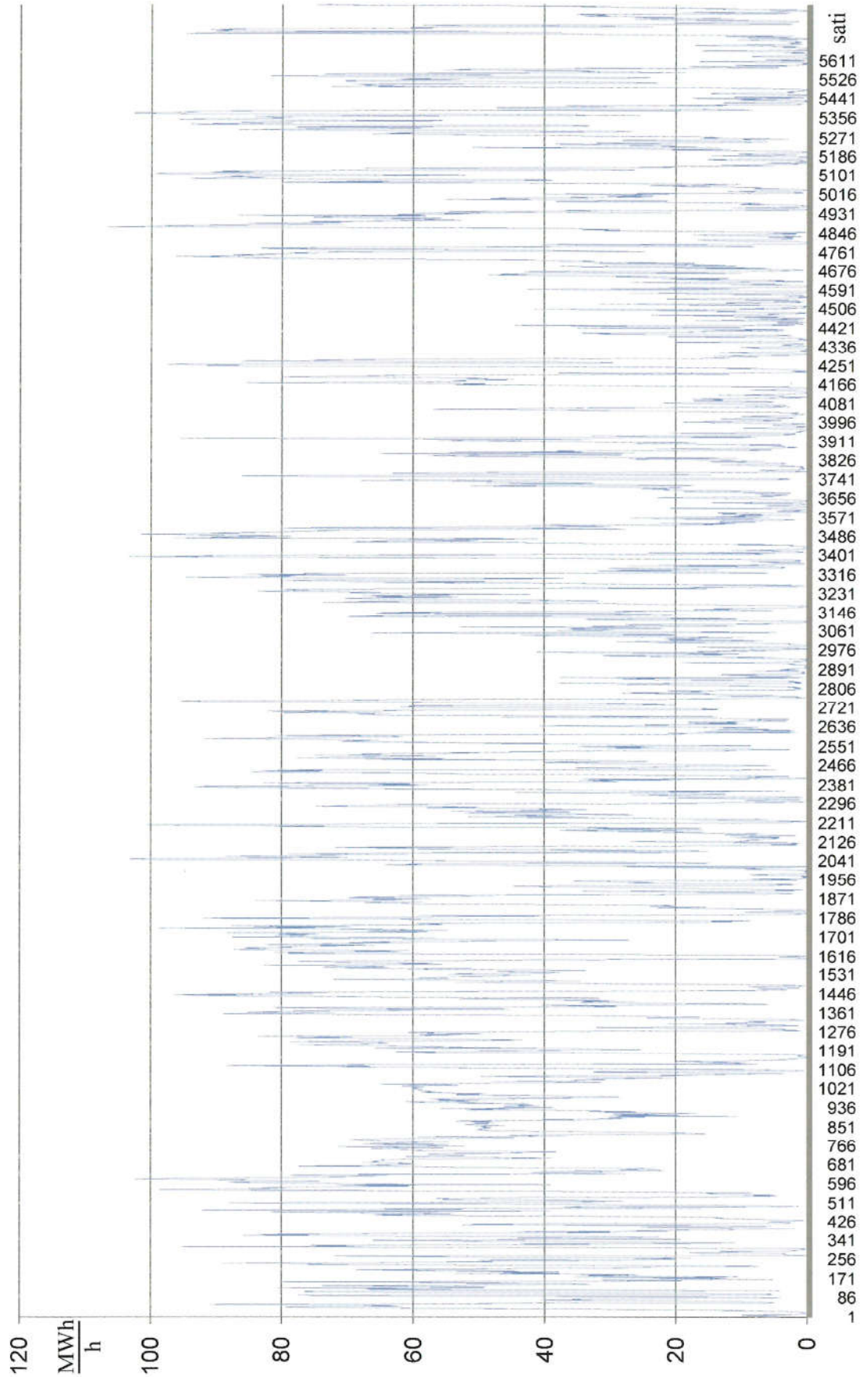
Izvor: http://festkoerper-kernphysik.de/erntefaktor details, aktualizirano 29.3.2013

Nije uračunata energija potrebna za zbrinjavanje odnosno recikliranje fotoćelija. Uzete su prilike osunčanja u južnoj Njemačkoj. (Usput: trošak zbrinjavanja fotoćelija će *kad-tad* doći na naplatu vlasnicima.)

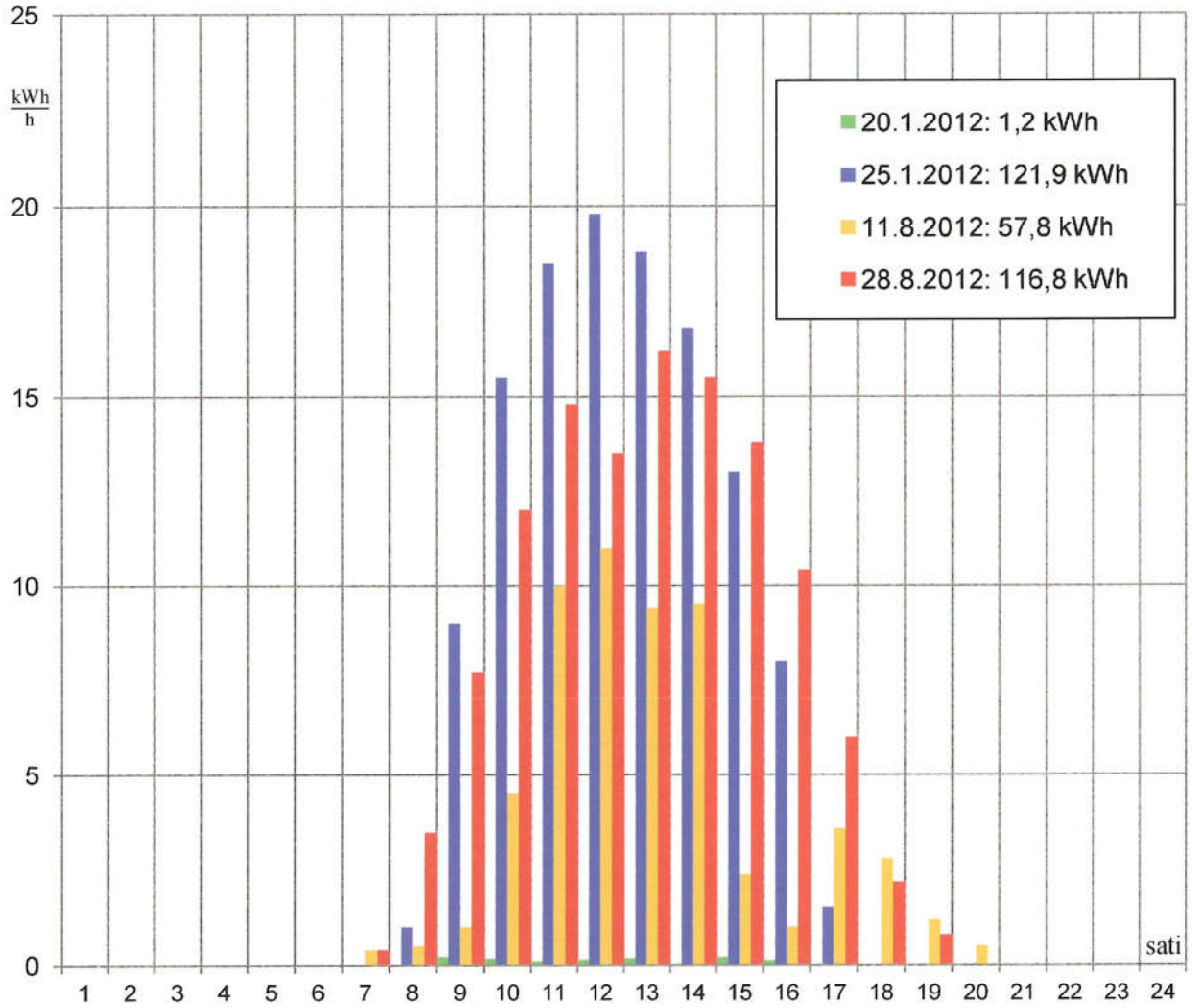
Prema gledanju tog instituta, monokristalinične fotoćelije imaju oko 25% veći stupanj djelovanja od polikristaliničnih, ali dvostuko veći utrošak energije pri proizvodnji pa je izašao vrlo maleni energetski omjer. Amorfne fotoćelije imaju polovinu stupnja djelovanja od polikristaliničnih, polovinu vijeka trajanja i četvrtinu utrošene energije pri prozvodnji. Kvalitativno, vidljivo je dobro slaganje tih podataka s onima u tablici 5.7.

5.15. Oscilacija prirodnog dotoka

Velika mana dijela obnovljivih izvora energije je prirodna nestalnost njihove raspoloživosti. Može biti periodička (Sunčevo zračenje), dnevna: dan-noć ili godišnja: ljeto-zima s relativno visokim stupnjem slučajnih odstupanja od prosječne veličine, a raspon dnevnih izmjena je od nula (noću nema Sunčeva zračenja) do maksimalnog (oko podneva). No može biti i stohastička (vjetar) čija pojava ne ovisi o bilo čemu što bi se periodički ponavljalo i s vrlo je visokim stupnjem odstupanja i relativno velikom mogućom brzinom odstupanja od prosječne veličine, opet u rasponu od nula do oluje ili orkana. Ovdje se iznose primjeri satne proizvodnje svih hrvatskih vjetroelektrana u razdoblju siječanj-kolovoz 2012. godine (slika 5.4, prema [37]) i satne proizvodnje sunčane



Slika 5.4. Satna proizvodnja svih hrvatskih vjetroelektrana u razdoblju siječanj-kolovoz 2012. godine



Slika 5.5. Satna proizvodnja SE Solvis-Varaždin, u danu s najmanje i najviše osunčanja u siječnju i kolovozu 2012. godine (kWh/h) i ukupna dnevna proizvodnja (kWh, iskazane u legendi)

elektrane Solvis-Varaždin u danima s najmanje i najviše osunčanja u siječnju i kolovozu 2012. godine i ukupnoj dnevnoj proizvodnji (slika 5.5, prema [38]).

Sve hrvatske vjetroelektrane od početka godine do kraja promatranog razdoblja imale su ukupnu instaliranu snagu 131,25 MW, najviši angažman ostvaren je 21. srpnja 2012. godine u 24 sata i iznosio je 106,6 MW, dakle 81,2 % ukupne instalirane snage. U čitavu promatranom razdoblju nisu imale veći zajednički angažman od toga. Prosječno bio je angažirano 32,9 MW, dakle 25 % ukupne instalirane snage. Međutim, satni raspored ukupne proizvodnje varirao je između nula i najvišeg angažmana, s relativno naglim usponima i padovima. Satni angažman maksimalno se promijenio za 45 MW (dakle: ako je u jednom satu angažman bio 60 MW u slijedećem je satu bio za maksimalno 45 MW niži ili viši; bio je 15 ili 105 MW). To je oko 34 % ukupne instalirane snage.

Prosječno, svaki četvrti dan javljao se sat u kojem je angažman svih vjetroelektrana bio nula ili blizu nule. To ne znači da zrak nad područjem cijele

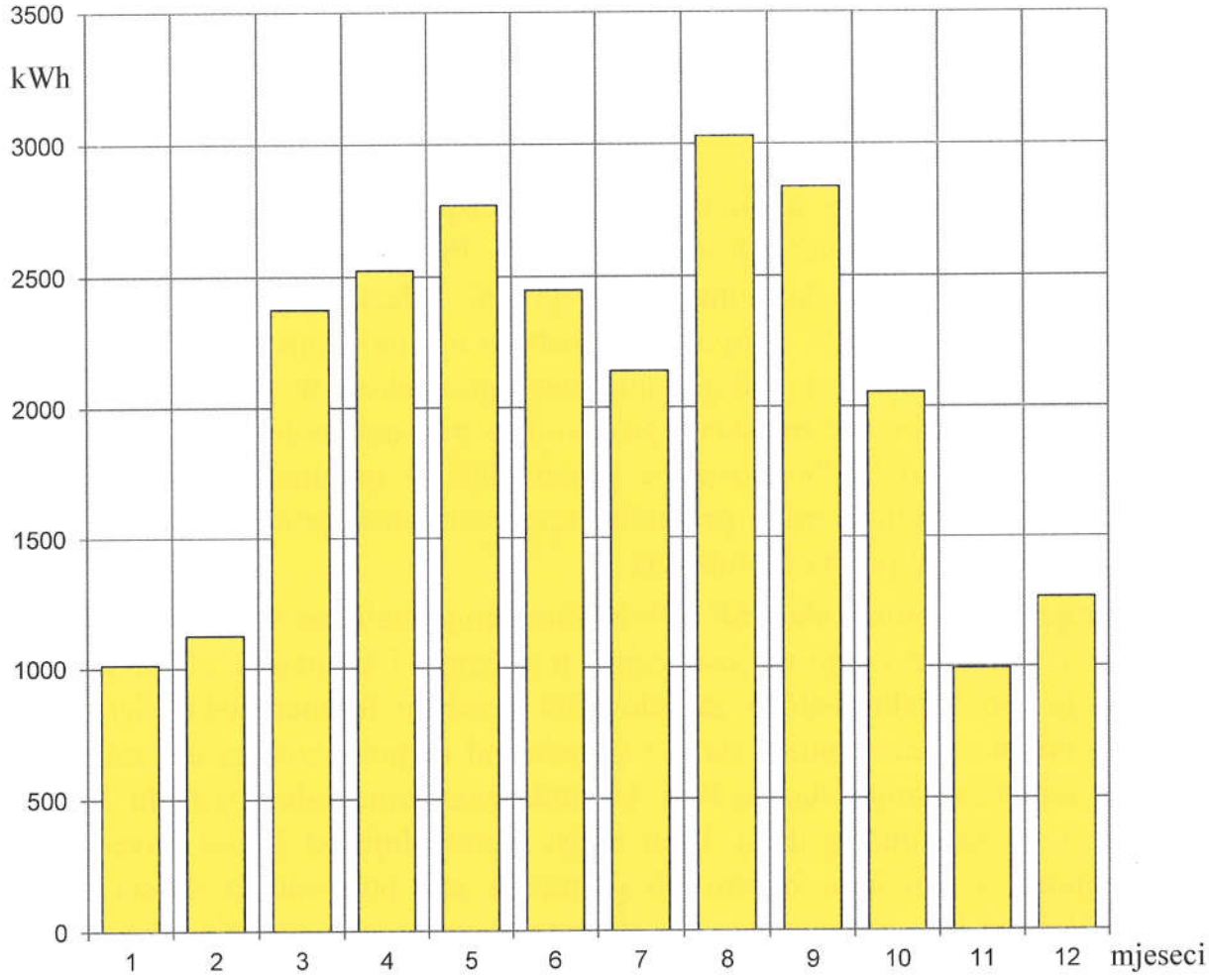
Hrvatske u tim satima potpuno miruje, nego znači to da je brzina vjetra u tim satima bila manja od minimalne za proizvodnju električne energije svih, ili gotovo svih, vjetroagregata u Hrvatskoj (o izlaznoj snazi vjetroagregata u vezi s brzinom vjetra vidi sliku 6.2).

Ipak, može se uočiti stanovita pravilnost rasporeda prosječnog dnevnog i godišnjeg angažmana hrvatskih vjetroelektrana. Promatra li se satni angažman tijekom dnevnih sati svakog mjeseca u godini, izlazi da je podnevni satni angažman prosječno 85 % onoga što se ostvari u ponoćnom satu. Promatra li se raspored mjesečnih proizvodnjâ vjetroelektrana tijekom tri posljednje godine (2011–2013), izlazi da je mjesečna proizvodnja bila najmanja u lipnju kada je prosječno ostvareno 52 % prosječne proizvodnje iz prosinca. Dijelom, to je posljedica veće gustoće zraka pri nižim temperaturama (ponoćne prema podnevnoj i prosinačke prema lipanjskoj).

Primjer satne proizvodnje SE Solvis-Varaždin (instalirane snage 20,64 kW_p), u danu s najmanje i najviše osunčanja u siječnju i kolovozu 2012. godine iznesen je kao karakterističan za bilo koju hrvatsku fotonaponsku elektranu. Samo 8 minuta Sunce ranije izlazi u Osijeku od njegova izlaska u Varaždinu, a isto 8 minuta kasnije izlazi u Puli. U zimi nema proizvodnje između 18 sati predvečer i 7 sati idućeg dana. Ljeti nema proizvodnje od 21 sat navečer do 6 sati ujutro, s tim je u blizini tih graničnih sati proizvodnja doista minimalna. Veća je bila proizvodnja 25. siječnja (a najveća u siječnju; iznosila je 121,9 kWh) od one 28. kolovoza (ali najveća u kolovozu). Međutim, najmanja proizvodnja u siječnju ostvarena je 20. siječnja; angažman je tada bio između 100 i 220 W (jedva se vidi na slici 5.5) – nekoliko sati – tako da je taj dan proizvedeno samo 1,2 kWh! Očito, radilo se o danu s vrlo jakom naoblakom. Šansa da se tako dogodi u siječnju, dakako, veća je nego li u kolovozu. Ipak, omjer najveće i najmanje dnevne proizvodnje u kolovozu bio je oko 2.

Slikom 5.5. ilustrirali smo dnevnu oscilaciju Sunčeva zračenja, a na slici 5.6. ilustrirat ćemo sezonsku (ili godišnju) oscilaciju Sunčeva zračenja, iskazujući mjesečne proizvodnje Sunčane elektrane Solvis-Varaždin tijekom 2011. godine.

Očigledno: zimski mjeseci (od studenog do veljače) su slabije osunčani, a proljetni, ljetni i jesenski jače su osunčani. Omjer najveće (u kolovozu) i najmanje (u siječnju, odnosno u studenom) mjesečne proizvodnje bio je – po prilici – 3. Prosječna mjesečna proizvodnja te fotonaponske elektrane bila je 2 048 kWh, a ukupna godišnja proizvodnja u 2011. godini bila je 24 580 kWh; ostvareno je godišnje trajanje instalirane snage od 1 191 sat (vidi odjeljak 5.16). Dan s najvećom dnevnom proizvodnjom bio je 9. ožujak, kada je proizvedeno 130,8 kWh, dan s najmanjom proizvodnjom bio je 15. prosinac,



Slika 5.6. Proizvodnja SE Solvis-Varaždin po mjesecima 2011. godine

kada je proizvedeno 1,05 kWh, dok je prosječna dnevna proizvodnja bila 67,3 kWh.

Uspoređujući svojstva oscilacije vjetra i Sunčeva zračenja, može se općenito reći da je oscilacija Sunčeva zračenja donekle povoljnija od oscilacije vjetra, jer je izvjesnija unaprijedna prognoza Sunčeve dozrake: zimi je znatnije manja od ljeta, noću je uopće nema, najviše je ima oko podneva i – ovisno od naoblake, sitnih čestica u zraku i magle – može se donekle prihvatljivo prognozirati kakva će biti sutra. Za vjetar je to teže ostvarivo, premda se metode prognoziranja sve više usavršavaju i točnost njegova predviđanja za relativno udaljeniji trenutak neprestano se povećava.

Nemogućnost akumuliranja (uskladištenja, pohrane) tih nestalnih obnovljivih izvora u prirodnom obliku i vremensko nepoklapanje njihove prirodne raspoloživosti s potražnjom onemogućuje samostalno sigurno snabdijevanje energijom iz takvih izvora – bez rezerve u konvencionalnom energetskom sustavu (točnije: rezerve u izvorima stalne energije) ili bez uređaja za akumuliranje potrebnog oblika energije.

Kolektorsko korištenje Sunčevim zračenjem i – uopće – toplinsko korištenje Sunčeva zračenja može donekle kompenzirati oscilaciju prirodnog dotoka, akumulacijom transformirane topline u dobro toplinski izoliranom spremniku (primjerice bojleru) u razdoblju od nekoliko sati a i više, ovisno o kvaliteti izolacije. U najmanju ruku može – primjerice – osigurati toplu vodu za kupanje navečer, akumuliranom toplinom tijekom podnevnih sati istoga dana.

Vodne snage imaju sporiju vremensku promjenu dotoka od Sunčeva zračenja, a kamoli vjetra, a sezonsku oscilaciju pojedini konkretni vodotoci imaju ipak – barem u nekoj mjeri, donekle – pravilnu. Za neke rijeke znakoviti su veći dotoci u rano proljeće, zbog topljenja snijega u višim predjelima kroz koje protječe vodotok, za neke opet u kasniju jesen, zbog jesenskih kiša. Time se uspostavlja stanovita višegodišnja statistička veća vjerojatnost da će u određeno doba godine dotok vode biti veći ili jednak od nekoga konačnog. Za veće ili velike vodotoke, nije vjerojatno da bi im raspon dotoka počeo od nule, praktički postoji 100 %-tna vjerojatnost da će on biti – doduše minimalan – ali svakako nekakav.

Oscilacija dotoka vode dade se bitno ublažiti akumulacijskim hidroelektranama, zadržavanjem dotoka vode u gornjem jezeru i korištenjem te vode onda kada je najpotrebnije elektroenergetskom sustavu. Još bolja svojstva, u tom pogledu, imaju crpno-akumulacijske hidroelektrane u čije se gornje jezero crpi voda kada ima viška električne energije u elektroenergetskom sustavu (u pravilu: u "sitnim satima" noću) a koristi ta voda onda kada nedostaje električne energije, ili – točnije rečeno – kada nema dovoljno raspoložive snage ostalih elektrana u sustavu ili je ona dosta skupa, dakle u doba vršnoga opterećenja čitava sustava.

Male HE znaju biti na takvim vodotocima, koji u određenim prilikama znaju posve presušiti ili su zaleđeni u doba niskih temperatura okoline.

Donekle, oscilacija dobave ogrjevnog drva je smanjena (nije dostupno samo pri nepovoljnim vremenskim uvjetima) no uzevši u obzir i mogućnost njegova uskladištenja, dade se donekle kompenzirati. Ostala biomasa sazrijeva praktički trenutno i onda se to ponavlja tek – u pravilu – za godinu dana. Ali njezina uskladištivost, kao i uskladištivost bioplina, može osigurati – pravilnim dimenzioniranjem uskladištene količine – opskrbu energijom potpuno sukladno potražnji. Otpad dotječe relativno ravnomjerno, dotok komunalnog otpada je donekle ovisan o godišnjoj sezoni, a industrijskog o godišnjem remontu i/ili kolektivnom godišnjem odmoru zaposlenika.

Toplina okoline (tla, vode i zraka) iskorištava se dizalicama topline, kojima je faktor grijanja ovisan o temperaturi izvora topline te se donekle sezonski mijenja, najviše koristi li se kao izvor okolni zrak, manje koristi li se tlo, a najmanje koristi li se podzemna voda ili otpadna toplina (istrošeni, a donekle

zagrijan zrak ventiliran iz prostorija). Jedino geotermalna energija, ravnomjerno dotječe iz svog izvora. Premda, radi li se o turbinskom iskorištenju geotermalne energije u elektrani, stupanj djelovanja transformacije ovisi o temperaturi okoline i veći je što je ta temperatura niža.

5.16. Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage

Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage iskazuje se i prati samo za postrojenja za transformaciju oblika energije, kod kojih je izlazni oblik električna energija, dakle za elektrane (premda bi se moglo pratiti i za toplane i kolektorsko korištenje Sunčevim zračenjem).

Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage elektrana na obnovljive izvore energije, dakle omjer godišnje proizvedene energije i instalirane snage, maleno je kod svih izvora čije su prirodne oscilacije velike, jer su samo manji – ili mali – dio godišnjeg vremena *u punom pogonu*.

Valja reći, da mnogi autori koriste pojam *godišnjeg iskorištenja* instalirane snage, iskazan postocima, koji se utvrđuje omjerom godišnjeg trajanja instalirane snage s ukupnim trajanjem godine (8 760 sati).

Dostupan primjer iz Njemačke u 2010. godini iznesen je u tablici 5.10. i prikazan slikom 5.7, gdje su – radi usporedbe – prikazana ta trajanja i za elektrane na iscrpive izvore energije. Primjer Njemačke izabran je kao reprezentativan za predmetno pitanje, jer je dobro prožeta svim tipovima elektrana; doduše ima premalo hidroelektrana, no to nije toliko udaljeno od prosječnih europskih prilika. U Europi je 2010. godine bilo 22 % hidroelektrana u sveukupnom parku elektrana, a u Njemačkoj oko 7 %.

Primjer Hrvatske u 2010. godini iznesen je u tablici 5.11; hrvatski je elektroenergetski sustav opet nadprosječno prožet hidroelektranama (u ukupnoj instaliranoj snazi elektrana Hrvatske, hidroelektrane sudjeluju s preko polovinom, 52 %), a ostalo čine termoelektrane i – za sada – relativno malo elektrana na ostale obnovljive izvore.

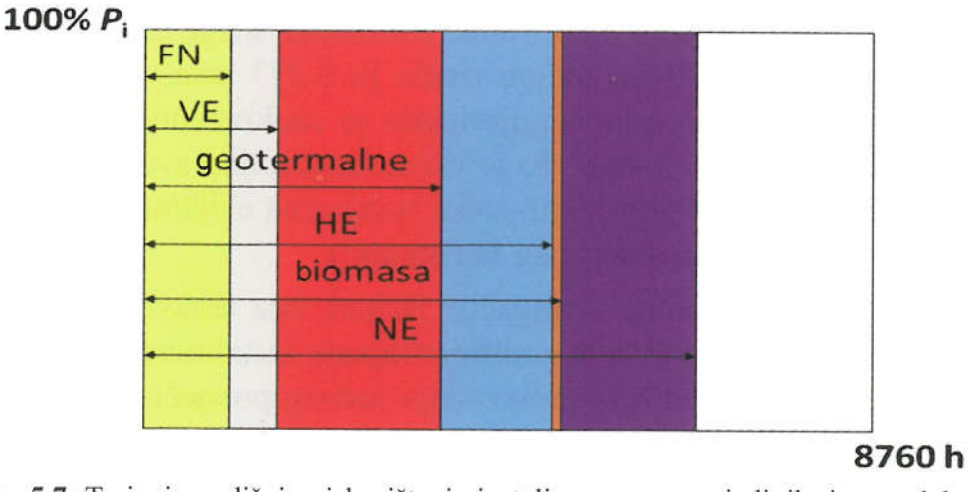
Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage u tablicama 5.10. i 5.11. određeno je omjerom godišnje proizvodnje električne energije i prosječne ukupne instalirane snage pojedinog tipa elektrana, jer je – osobito kod najnovijih izvora (vjetar i Sunce) – godišnji prirast instalirane snage toliko velik da bi dijeljenjem proizvodnje s, recimo, snagom na kraju godine, dobivali iskrivljeni rezultat. A, tijekom godine, može doći i do obustave elektrana kojima je istekao vijek trajanja, pa je opet primijenjeni pristup upravo prihvatljiv.

Tablica 5.10. Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage elektrana u Njemačkoj u 2010. godini

Opis	Snaga na početku godine, MW	Snaga na kraju godine, MW	Prosječna snaga, MW	Proizvodnja elektr. energije, GWh	Trajanje instalirane snage, h/god
nuklearne elektrane	20300	20300	20300	133400	**6571**
termoelektrane, konvencionalne	71300	69300	70300	344300	**4898**
Ukupno, elektrane na iscrpive izvore	*91600*	*89600*	*90600*	*477700*	***5273***
elektrane na biomasu i otpad	5913	6387	6150	30392	**4942**
hidroelektrane, obnovljivo	4037	4244	4141	20003	**4831**
vjetroelektrane	25434	26981	26208	37793	**1442**
fotonaponski sustavi	9631	17488	13560	11683	**862**
geotermalne elektrane	8	8	8	28	**3500**
Ukupno, elektrane na obnovljive izvore	*45023*	*55108*	*50067*	*99899*	***1995***

Izvori: Memo ENTSO-E 2009.
Memo ENTSO-E 2010.
Erneuerbare Energien und das EEG, BDEW, 2011.

Valja odmah istaknuti razliku korištenja elektrana: (a) elektrana na stalne iscrpive izvore energije (nuklearne elektrane i elektrane na fosilna goriva) koje se koriste prvenstveno prema njihovoj proizvodnoj cijeni i rasporedu potražnje električne energije (jeftinije najviše, a skuplje manje – ali bi se one mogle



Slika 5.7. Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage pojedinih tipova elektrana spram trajanja godine, u Njemačkoj 2010. godine

Tablica 5.11. Trajanje godišnjeg iskorištenja instalirane snage elektrana u Hrvatskoj u 2010. godini (sati/godišnje)

Opis	Snaga na početku godine, MW	Snaga na kraju godine, MW	Prosječna snaga, MW	Proizvodnja elektr. energije, GWh	Trajanje instalirane snage, h/god
Ukupno, elektrane na iscrpive izvore	*1891*	*1891*	*1891*	*5531*	***2925***
Elektrane na biomasu i otpad	5,63	9,40	7,52	33	**4388**
Hidroelektrane, obnovljivo	2088	2137	2113	8324	**3939**
Vjetroelektrane	69,75	78,95	74,35	139,1	**1871**
Fotonaponski sustavi	0,081	0,164	0,123	0,120	**976**
Ukupno, elektrane na obnovljive izvore	*2163*	*2226*	*2195*	*8496*	***3871***

Izvor: Energija u Hrvatskoj MMIX i MMX, Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut "Hrvoje Požar".

koristiti i znatno više od toga), (b) elektrana na biomasu i otpad, koje se koriste sukladno potražnji, ali bi se – načelno – mogle također koristiti i više, (c) geotermalnih elektrana – dakle na stalni obnovljivi izvor energije, koje se koriste, sukladno prirodnom dotoku, ali donekle i potražnji i (d) elektrana na nestalne obnovljive izvore energije (vodne snage, Sunce i vjetar) koje se koriste upravo maksimalno moguće, onoliko koliko omogućuje prirodni dotok energije i više se niti ne mogu koristiti. Osim, dakako, kada je dnevni raspored potražnje bio takav da se dio dotekle energije nije mogao plasirati (osobito kod HE, tada govorimo da se dogodio *preljev*, zauvijek izgubljen dio primarne energije).

Najprije: godišnje trajanje iskorištenja instalirane snage elektrana na iscrpive izvore u Njemačkoj 2010. godine izašlo je 5 273 sata, a to isto trajanje elektrana na obnovljive izvore energije izašlo je zaokruženo 2 000 sati, dakle više nego li *dva i pol puta manje*! To je važno nepoželjno svojstvo obnovljivih izvora energije. (Usput: slovensko/hrvatska Nuklearna elektrana Krško ostvaruje godinama oko 8 000 sati godišnjeg korištenja!)

Može se godišnje trajanje i drugačije iščitati, bez ikakvih numeričkih zahvata. Dakle, možemo i reći da je godišnje trajanje instalirane snage, u tablicama 5.10 i 5.11, ujedno godišnja proizvodnja jednog prosječnog kilovata određenog tipa elektrane (u određenoj godini i u određenoj zemlji, dakako). Pa tako možemo reći da je 1 kW prosječno godišnje proizveo u Njemačkoj i Hrvatskoj (2010):

- 6 571 kWh u nuklearnim elektranama Njemačke, a 7 730 kWh u NE Krško
- 4 942 kWh u elektranama na biomasu i otpad Njemačke, a 4 388 kWh u Hrvatskoj
- 4 898 kWh u konvencionalnim termoelektranama Njemačke, a 2 925 kWh u Hrvatskoj
- 4 831 kWh obnovljive proizvodnje u HE Njemačke, a 3 939 kWh u Hrvatskoj
- 3 500 kWh u geotermalnim elektranama Njemačke
- 1 442 kWh u vjetroelektranama Njemačke i 1 871 kWh u vjetroelektranama Hrvatske
- 862 kWh u fotonaponskim sustavima Njemačke i u (doduše u malobrojnim) hrvatskim fotonaponskim sustavima 976 kWh.

Nije loše znati, kao mjeru za utvrđivanje energetske vrijednosti jednog kilovata različitih vrsta elektrana!

Već je rastumačen pojam obnovljive proizvodnje u hidroelektranama; to je ukupna bruto proizvodnja u hidroelektranama od koje je odbijena proizvodnja crpno-akumulacijskih hidroelektrana koja je ostvarena crpljenjem u te elektrane (dio energije u tim elektranama dobiven je, eventualno, iz prirodnog dotoka u gornje jezero).

Iskorištenje ogrjevnog drva, biomase i otpada podjednako je iskorištenju konvencionalnih termoelektrana (ali u Njemačkoj, u Hrvatskoj je trajanje iskorištenja elektrana na biomasu znatnije veće od konvencionalnih termoelektrana!). Očigledno, posve sukladno potražnji – jer je tako moguće i to je najznačajnija prednost tih obnovljivih goriva (biomase) pred svim drugim obnovljivim izvorima energije.

Vidljivo je da je *obnovljivo* iskorištenje instalirane snage njemačkih hidroelektrana izašlo više od hrvatskih za oko 900 sati/god (i to za rekordno vlažne prilike u Hrvatskoj 2010). U Njemačkoj je iskorištenje HE izašlo samo neznatno niže od iskorištenja elektrana na komercijalna (ugljen, nafta, plin) ili nekomercijalna (biomasa, otpad, bioplin) goriva. Znak je da u Njemačkoj pretežu protočne hidroelektrane sa zadovoljavajuće ravnomjernim dotokom vode cijele godine. U Hrvatskoj naglašeno pretežu akumulacijske HE (80 % snage svih hidroelektrana); kod njih prevladava korištenje snagom od korištenja proizvodnjom (energijom).

Geotermalna energija dade se koristiti posve u ritmu potražnje. Dakle, ljeti se *grije okolni zrak*, ukoliko je izgrađena geotermalna toplana ili geotermalna termoelektrana-toplana, a nema ljetne potražnje topline ili se ljeti posve obustavlja njezina proizvodnja topline uz ispuštanje topline iz izvora u okolinu.

Priobalni park vjetroelektrana u Sjevernom moru

Vjetroelektrane u Njemačkoj 2010. godine korištene su samo *šestinu godine*; dakle kada bi radile punom snagom – tada bi svoju godišnju proizvodnju ostvarile tako da tom snagom rade jedan dan a onda pet dana posve miruju, i tako redom! Mnogi se nadaju da će nagli prirast priobalnih a osobito pučinskih vjetroelektrana u Sjevernom moru poboljšati takvo stanje, jer nad morem vjetar puše ravnomjernije i nema njegova trenja s konfiguracijom terena i drvećem, koje postoji na kopnu.

Hrvatske vjetroelektrane postigle su u 2010. godini za preko 400 sati veće iskorištenje instalirane snage od njemačkih!

Fotonaponski sustavi u Njemačkoj 2010. godine korišteni su samo 852 sata, dakle okruglo *jednu desetinu godine,* hrvatski takvi sustavi korišteni su 976 sati (očekivano više, veće je prosječno godišnje osunčanje).

A prirast fotonaponskog korištenja bio je u Njemačkoj u 2010. godini gotovo 9 gigavata (9 000 megavata, to je više od dvostruke ukupne instalacije svih elektrana u Hrvatskoj!). Je li to uopće razumno!? U podnevne sate fotonaponski sustavi izbacuju iz pogona nuklearne elektrane u Njemačkoj, višestruko niže proizvodne cijene od zajamčene otkupne cijene fotonaponske proizvodnje! Njemački dnevni dijagram opterećenja je naglašeno "industrijski", pa se vršno opterećenje zbiva u podnevnim satima (izvan zime), a ne u predvečernjim/večernjim. Hrvatski je naglašeno "kućanski" te se godišnje vršno opterećenje javlja navečer, osim u priobalju, *ali samo ljeti*, kada je vršno opterećenje u podnevnim satima.

5.17. Nužnost rezerve ili akumulacije

Za sve oblike čije je godišnje trajanje iskorištenja malo i prirodni dotok nestalan (Sunčevo zračenje, vjetar, donekle vodotoci, a svakako mali vodotoci) mora se osigurati akumulacija energije, pa je onda koristiti iz akumulatora ako je dotok malen ili posve izostao a potražnja postoji. To jedino praktički dolazi u obzir kod toplinskog korištenja Sunčevim zračenjem (akumulator je dobro toplinski izoliran bojler) ili kod akumulacije neznatne količine električne energije koja se može akumulirati u akumulatoru kod fotonaponskog korištenja Sunčevim zračenjem. Veća količina električne energije ne dade se ekonomično akumulirati u (danas raspoloživim) akumulatorima jer bi oni bili ogromnih masa i preskupi (primjerice akumulatori, koji bi napunjeni postizali korištenje manjeg električnog automobila vožnjom od 100 kilometara dnevno, koštali bi danas oko 20 tisuća eura, a sam automobil 10 tisuća).

Tako da se praktički kod svih drugih nestalnih obnovljivih izvora općenito poseže za elektroenergetskim sustavom kao rezervnim rješenjem (odnosno dijelom crpno-akumulacijskim elektranama, ukoliko ih uopće ima u sustavu) ili

primjerice (za manje rezervne snage) dizel-generatorom s rezervoarom goriva dovoljna sadržaja.

To je *najznačajnije nepoželjno svojstvo* korištenja Sunčeva zračenja i vjetra (o nužnosti rezerve vjetroelektranama, opširnije vidi u odjeljcima 6.2. i 6.3) a u stanovitoj mjeri i hidroelektrana! Kako je električna mreža svuda prisutna, to je najjednostavnije posegnuti za elektroenergetskim sustavom kao rezervom.

Načelno, postoje dva postojeća načina da se ta rezerva (masovnije, dakako) osigura iz elektroenergetskog sustava: (a) korištenjem crpno-akumulacijskih elektrana i (b) dogradnjom elektrana na stalne izvore (iscrpive ili obnovljive energije), tolikom da ukupni park takvih elektrana osigura ukupno potrebnu rezervu elektranama na nestalne izvore energije.

Korištenje crpno-akumulacijskih hidroelektrana (CAHE) bi bilo najprivlačnije, ukupni stupanj djelovanja kompletne pretvorbe (električna energija-potencijalna energija vode-električna energija) je visok, reda vrijednosti 75–80 %. Usput: rješenje s CAHE ima, pored energetskog, i ekonomsku privlačnost; u CAHE se crpi energija (i pri tome troši raspoloživa električna energija) kada je ima viška u sustavu i kada je – time – najjeftinija, a iz CAHE se povlači električna energija onda kada postoji njezin manjak u sustavu, dakle kada je najskuplja. Rješenje, međutim ima veliku manu: malo je raspoloživih lokacija, mjesta na kojima bi se mogle uspostaviti takve elektrane, a znatan dio raspoloživih takvih mjesta već je iskorišten (primjerice: u Norveškoj, Švedskoj, Švicarskoj, Austriji i Njemačkoj – u Njemačkoj je instalirano oko 7 000 MW u CAHE, u Hrvatskoj je za sada jedna velika CAHE, Velebit od 240 MW u crpnom i 276 MW u turbinskom radu). Potrebna su dva prirodna rezervoara vode, na gornjoj i na donjoj razini, uz primjerenu visinsku razliku a ne preveliku vodoravnu udaljenost, a to nije lako topografski naći.

Moguća su dva tehnička rješenja CAHE. Prema konvencionalnom rješenju na istoj osovini nalazi se vodna crpka, motor-generator i vodna turbina, pa onda motor-generator radi u motorskom režimu s crpkom kada je potreban crpni rad, a u generatorskom režimu s turbinom kada je potreban turbinski rad. Novije rješenje koristi crpku-turbinu kao jedan stroj na osovini s motor-generatorom. Crpka-turbina, ovisno o smjeru vrtnje, crpi vodu na gornju razinu ili koristi vodu s gornje razine.

Razmatraju se i druge različite mogućnosti akumulacije, s komprimiranim zrakom u podzemnim praznim strukturama (napušteni rudnici ili iscrpljena nalazišta nafte i plina), korištenjem ogromnih zamašnjaka u vrtnji, korištenjem osobitih električnih kondenzatora ogromnog kapaciteta, ali sve to nije još dospjelo do praktične i ekonomične izvedbe.

Dogradnja elektroenergetskih sustava dodatnim elektranama na stalne izvore energije (nuklearnim elektranama, termoelektranama na fosilna goriva, termoelektranama na biomasu i otpad te bioplin, postrojenjima za korištenje unu-

tarnje topline okoline, geotermalnim elektranama) radi rezerve elektranama na nestalne obnovljive izvore energije je uvijek dostupno, praktički ograničeno jedino velikim novčanim iznosima koje bi trebalo uložiti, ali jedino danas potpuno raspoloživo rješenje.

To naglašeno poskupljuje korištenje čitavog elektroenergetskog sustava na tri načina: (a) investicijski, jer praktično vodi udvostručenju kapaciteta na nacionalnoj razini u dijelu nestalnih OIE i (b) jer poskupljuje proizvodnju u dijelu sustava sa stalnim izvorima energije zato što je on donekle podiskorišten, nije angažiran kada su elektrane na OIE ipak raspoložive. Konačno, (c) raste i udjel regulacijskih elektrana u sustavu, koje su neprekidno u vrtnji, ali osrednje opterećene, jer moraju biti spremne za trenutačno reagiranje, prema *gore* ili prema *dolje*, što opet poskupljuje prosječnu cijenu proizvodnje tih elektrana (rade s nižim prosječnim stupnjem djelovanja).

Postavlja se pitanje s kolikom rezervom bi trebalo računati za pojedine tipove elektrana na nestalne obnovljive izore energije. Trivijalni odgovor, na strani 100 %-tne sigurnosti opskrbe, bio bi: izgraditi ukupnu rezervu snage u elektranama na stalne izvore energije jednaku ukupnoj snazi elektrana na nestalne izvore, pa smo mirni. Ako u nekom trenutku svi nestalni izvori budu neraspoloživi, nadoknadit ćemo ih tako dimenzioniranom rezervom u stalnim izvorima – i gotovo! Međutim, takvo rješenje bilo bi tehnički a i ekonomski neopravdano.

Neoprezni odgovor, taj je na strani 0 %-tne sigurnosti opskrbe, bio bi: nemojmo dograđivati elektranama na stalne izvore ništa, obnovljivi izvori neće nikada svi istovremeno izostati, osobito radi li se o velikom prostornom obuhvatu promatranim elektroenergetskim sustavom (u Europi ima valjda uvijek nekih rijeka koje su ovaj čas nabujale, nekih mjesta gdje ovaj čas puše vjetar, ima i dnevnih razdoblja gdje je ovaj čas Sunce u zenitu, more je baš u periodu oseke pa se može koristiti energija prikupljena vodom u vrijeme plime ...).

Međutim, sveeuropska prijenosna mreža još ne postoji i pitanje je hoće li se tehnološki ona uopće uspostaviti: bez ikakve kontrole tokova snage prekograničnim vodovima. Danas je stanje takvo da su elektroenergetski sustavi podijeljeni na podsustave, *regulacijska područja*, koja se u pravilu poklapaju s državnim granicama (uz neke izuzetke na manje ili više, dakle u jednoj državi dva-tri regulacijska područja, a skupina dvije-tri manje države čini jedno regulacijsko područje). Odgovornost je voditelja tih područja stalna kontrola salda razmjene električne energije sa susjedima i ukoliko se ona poremeti – trenutačni angažman elektrana na vlastitom području radi dovođenja u predviđeno stanje (sekundarna a potom i tercijarna regulacija, vidi odjeljak 5.18.) ili trenutačni zahtjev za unutareuropskim *uskakanjem* onoga tko je raspoloživ da pomogne. I to će vjerojatno tako i dalje ostati, jer se time posljedice velika poremećaja ipak ograničavaju na dio države, na državu ili skupinu država, a ne na cijelu Europu!

Stoga su područja na kojima treba promatrati istovremenu pojavu/nepojavu nestalnih izvora energije ipak ograničena na područja veličine 900 kilometara puta 900 kilometara (zaokruženo), za najveće (Francuska, Španjolska). Ostala regulacijska područja prostorno su manja.

Međutim, na primjeru Njemačke (koja ima i sjevernomorsko/baltičko područje i južno bavarsko područje, udaljeno 700-tinjak kilometara) ne može se zaključiti o utjecaju prostornog obuhvata na povećanje vjerojatnosti ukupne raspoloživosti obnovljivih izvora, u ovom primjeru vjetra. Naime, najmanja mjesečna izmjerena ukupna 15-minutna *istovremena snaga svih vjetroelektrana* u toj zemlji je u tri promatrane godine (2007–2008–2009) bila u dvije od tih godina 0,5 % sveukupne instalacije vjetroelektrana (tih godina: između 20 i 24 gigavata, dakle 20–24 tisuća megavata!) a u jednoj od tih godina 0,3 %. To znači da je u tom trenutku bilo angažirano samo 72 MW u vjetroelektranama cijele Njemačke. Dakle, vjetra nije uopće bilo ili je bio pretjerano jak. Dalje: u prve dvije promatrane godine bilo je šest mjeseci u kojima je ukupni angažman vjetroelektrana barem jedanput bio manji od 1 %, a u trećoj promatranoj godini to se dogodilo u svih 12 mjeseci. Komentar: suvišan!

5.18. Povjerenje u instaliranu snagu elektrana

Postoji dakle neka mjera kojom bi se iskazali najvjerojatniji doprinosi ukupno angažiranih snaga pojedinih tipova elektrana na nestalne obnovljive izvore energije i onda, dakako uz njihovu međusobnu istodobnost, utvrdio ukupni, dovoljno vjerojatan, minimalni angažman svih tipova elektrana na obnovljive izvore energije i iz toga zaključilo kolika je potrebna minimalna rezerva u elektranama na stalne izvore energije.

Zbroj vrijednosti snaga: (a) postojećeg parka elektrana na stalne izvore energije (raspoloživih snaga, moguće je koja elektrana u dugotrajnom zastoju, radi rekonstrukcije, dogradnje, ...) i (b) minimalnog ukupnog angažmana elektrana na nestalne obnovljive izvore energije, treba biti veći od očekivanog vršnog opterećenja sustava, dakako, promatra li se samodostatni elektroenergetski sustav. Svakako, taj zbroj bio bi nedovoljan, ukoliko se ne bi predvidjela (dodala tome) rezerva za slučaj dugotrajnijeg zastoja ili trenutačnog ispada iz pogona jedne ili dvije najsnažnije proizvodne jedinice u sustavu. Također, valja računati s rezervom za usluge sustava, uključujući obveznu rezervu prema članstvu u europskoj interkonekciji, u okviru ENTSO-E[30].

[30] ENTSO-E, Udruga europskih operatora prijenosnih električnih mreža; među stalim propisuje obvezu držanja određene rezerve za slučaj potrebne ispomoći bilo kojoj članici.

Mjera kojom se iskazuje najvjerojatniji doprinos pojedinog tipa elektrana na nestalne izvore energije je tzv. *povjerenje u instaliranu snagu elektrana* (engl. *capacity credit*). Povjerenje u instaliranu snagu određenog tipa elektrana (načelno: na nestalne obnovljive izvore energije) je najvjerojatniji udio ukupne instalirane snage takvih elektrana koji će biti raspoloživ u trenutku godišnjeg vršnog opterećenja elektroenergetskog sustava (preciznije: najvećeg opterećenja u *kritičnom razdoblju* elektroenergetskoga sustava, kada su inače najviše angažirane elektrane na stalne izvore energije, to – načelno – ne mora biti razdoblje vršnog opterećenja, ali najčešće jest). Dakle, hoće se iskazati: *koliki dio ukupne instalacije elektrana određenog tipa neće zakazati u trenutku kada elektroenergetskom sustavu budu najpotrebnije.*

Povjerenje se iskazuje postocima ukupne instalirane snage elektrana određenog tipa, a kao "najvjerojatniji udio" uzima se onaj s vrlo visokom vjerojatnošću, 95–98 %.

Povjerenje je ovisno o prožimanju (penetraciji) proizvodnje promatranog tipa elektrana na OIE u bruto proizvodnji svih elektrana promatranog elektroenergetskog sustava; prožimanje je dakle (postotni) udio proizvodnje promatranih elektrana na OIE u ukupnoj bruto proizvodnji svih elektrana. Što je prožimanje veće to je povjerenje manje, prema *IEA Wind Task 25, Design and operation of power systems with large amounts of wind power* [14].

Drugi iskaz prožimanja je udjelom ukupne instalirane snage elektrana na OIE promatranog tipa elektrana u vršnom opterećenju elektroenergetskog sustava. Prožimanje snagom, veće je od prožimanja u proizvedenoj energiji, uz sve jednake okolnosti; to je stoga što elektrane na nestalne OIE tek uz bitno veću snagu mogu proizvesti jednako energije kao elektrane na stalne izvore.

Povjerenje bi trebalo rasti i sa zemljopisnom veličinom obuhvaćenog područja ("*pa, valjda barem negdje puše povoljan vjetar*!") [14]; navedeni primjer Njemačke – na kraju odjeljka 5.17., za vjetar, to odlučno osporava. Vjerojatno bi se to odnosilo na velika prostranstva SAD ili još nekih zemalja ogromnih prostranstava, neusporedivo veća od regulacijskih područja u Europi.

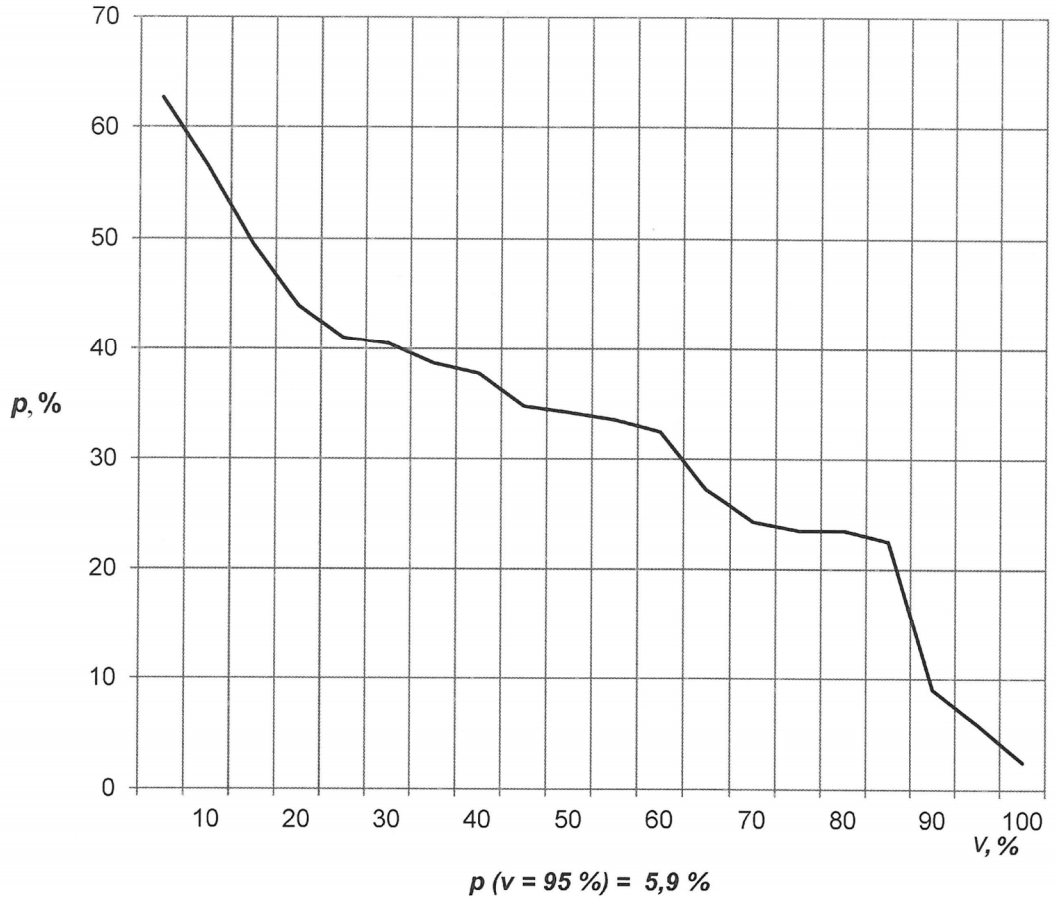
U radu [14], iz 2009. godine, analizirane su prilike u jednom broju obuhvaćenih zemalja: Danske, Finske, Irske, Nizozemske, Norveške, Njemačke, Portugala, Španjolske, Ujedinjenog Kraljevstva i nekoliko saveznih država SAD-a. Tu je zaključeno da se, pri prožimanju vjetroelektrana *u snazi* od 10 %, povjerenje u njihovu ukupnu snagu kreće u granicama 10–40 %, a pri prožimanju od 30 %, povjerenje se kreće u granicama, 5–22 %. Granice su određene pogledima različitih obuhvaćenih država te su stoga toliko široke.

Za Njemačku (Nijemci su oprezni, vidi opet njihovo iskustvo na kraju odjeljka 5.17.), to je povjerenje iskazano s 8 %, uz prožimanje *u snazi* od 20 % te uz prožimanje od 47 %, Nijemci su izračunali povjerenje od 5 %. To je, za tu donju granicu povjerenja, sukladno ranijem njemačkom stavu ([17], iz 2006. godine) o tome kako na svaki megavat vjetroelektrana treba imati rezervu od 0,85–0,95 MW u konvencionalnim elektranama, za očuvanje sigurnosti opskrbe – dakle povjerenje u vjetroelektrane je 5–15 % (komplement rezerve do 100 %, jer je: povjerenje + rezerva = 100 %).

Za Finsku, ali uz 10 % prožimanja iskazanog u bruto potrošnji (a ne vršnom opterećenju) iskazano povjerenje je 3,7 %.

Za Hrvatsku, autor ove knjige, je u svom radu *Snaga i energija elektrana na obnovljive izvore* [27], 2012. godine utvrdio da je povjerenje u hrvatske vjetroelektrane (ali samo na osnovi promatranja u jednoj godini, za zimskoga vršnog opterećenja 2011/12. godine, u veljači 2012.) jednako 5,9 % s 95 %-tnom vjerojatnošću, slika 5.8. Dakle da je 95 % vjerojatno da će hrvatske vjetroelektrane biti angažirane barem s 5,9 % svoje ukupne instalirane snage u trenucima vršnog opterećenja elektroenergetskog sustava Hrvatske (ali, istovremeno, da je 5 % vjerojatno da će biti angažirane s manjom snagom od 5,9 %.). Prožimanje u snazi hrvatskih vjetroelektrana bilo je u to vrijeme: vjetroelektrane ukupno 131 MW, a vršno opterećenje oko 3 100 MW, dakle je prožimanje bilo 4,2 % vršnoga opterećenja.

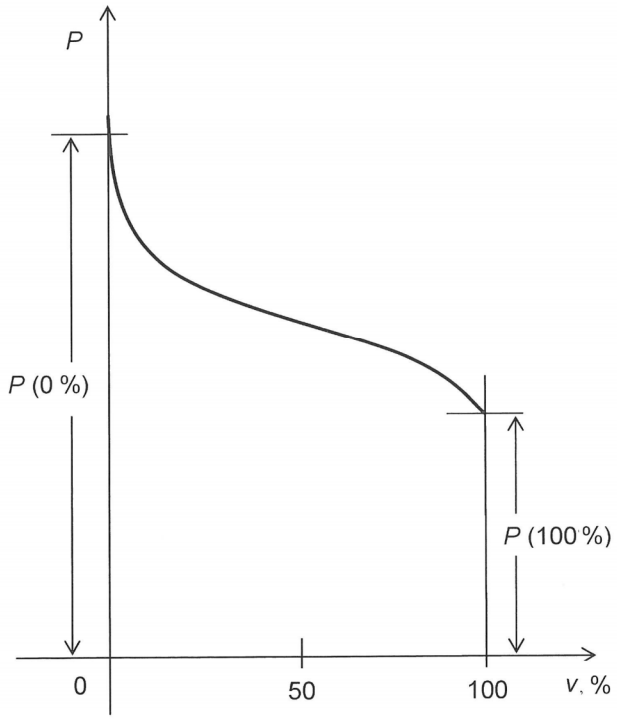
Do dijagrama na slici 5.8. došlo se na sljedeći način. Najprije je utvrđen blok od dvadesetak dana u kojima su bila najviša dnevna vršna opterećenja u veljači 2012, koja je u zimi 2011/12. bila najopterećeniji mjesec. Zatim se u trenucima (satima) dnevnih vršnih opterećenja hrvatskog elektroenergetskog sustava, ustanovljavalo koliki je bio istodobni angažman svih hrvatskih vjetroelektrana (podaci o tome prikupljaju se *on-line*, satno) i taj se iskazivao postocima ukupne instalirane snage VE u Hrvatskoj (tada: 131 MW). Dobivenih dvadesetak rezultata svrstano je u padajući niz. Najvećoj vrijednosti pridružena je vjerojatnost nula, a najmanjoj vjerojatnost 100 %. Krivulja se pravilno očitava tako da se za izabranu vjerojatnost v očita $p(v)$, shvaćajući to kao vjerojatnost v da će vjetroelektrane imati snagu $p(v)$ *ili veću od nje.* Također, i da je vjerojatnost (100 % – v) da će vjetroelektrane imati manju snagu od $p(v)$. Očitajmo primjer: 30 % je vjerojatno da će vjetroelektrane imati snagu jednaku ili veću od 40 % ukupno instalirane snage i – istodobno – 70 % je vjerojatno da će vjetroelektrane imati snagu manju od 40 % ukupno instalirane snage. Vidljivo je i to, da je najveći mogući (ali najmanje vjerojatan, $v \approx 0$) angažman vjetroelektrana u trenucima vršnog opterećenja izašao oko 63 % ukupne instalirane snage. Dakako, takvo istraživanje valjalo bi protegnuti na nekoliko slijedećih godina, kako bi se dobila prosječna vrijednost povjerenja u hrvatske vjetroelektrane.



Slika 5.8. Padajući niz angažmana vjetroelektrana u trenucima vršnih dnevnih opterećenja Hrvatske u veljači 2012. godine (100 % je ukupna instalirana snaga VE, tada 131 MW)

U nekoj malo udaljenijoj budućnosti moguće je da će najprihvatljivije općenito rješenje biti i kombinacija (a) postrojenja za pohranu energije, (b) dodatno izgrađenih rezervnih postrojenja na stalne izvore energije i (c) djelomična *smišljena redukcija* ili *premještanje potražnje* u razdobljima snižene raspoloživosti opskrbe, zbog istovremenog – ali prirodom uvjetovanog i neizbježnog – minimalnog ukupnog angažmana elektrana na obnovljive izvore, a nedovoljne ukupno raspoložive snage elektrana na stalne izvore energije. To, dakle (c), možda će biti ekonomičnije nego li dogradnja elektranama na stalne izvore za 100 %-tnu sigurnost opskrbe. Jer za mala povećanja sigurnosti, u blizini 100 %, treba sustav dograditi velikom dodatnom snagom, koja bi moguće bila iskorištena nekoliko desetaka sati godišnje.

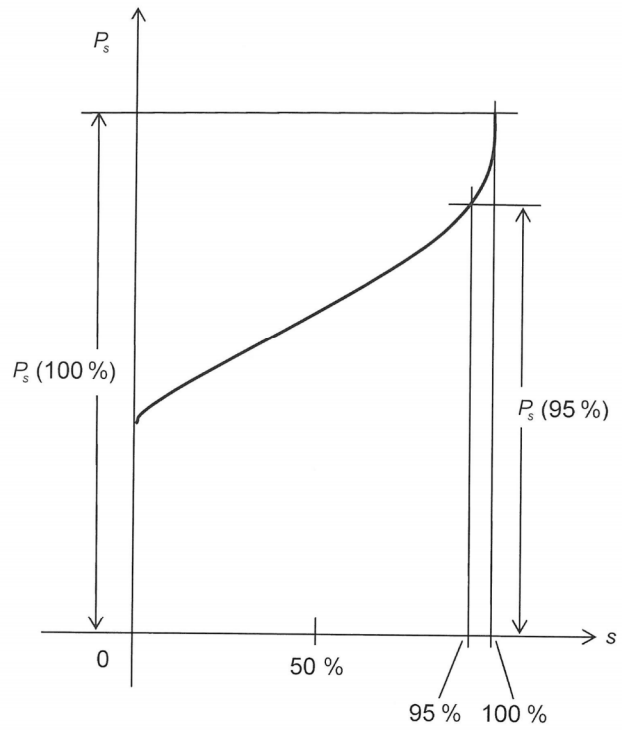
Premještanje potražnje iz dnevnih razdoblja snižene raspoloživosti elektrana na obnovljive izvore energije u razdoblja njihove povećane raspoloživosti bit će među glavnim zadaćama – treba se nadati: što skorije ostvarenih – *pametnih mreža*. O pametnim mrežama detaljnije vidi u odjeljku 6.20.



Slika 5.9. Vjerojatnost *v* istodobne pojave raspoložive snage elektrana *P* na nestalne izvore energije u trenucima najvećeg dnevnog vršnog opterećenja u kritičnom razdoblju elektroenergetskog sustava

Ilustrira se, kvalitativno taj pristup[31]. Na slici 5.9. prikazana je vjerojatnost *istodobne* pojave raspoložive snage *P svih* elektrana na nestalne izvore energije (dakle na vodne snage, vjetar i Sunčevo zračenje) u elektroenergetskom sustavu u trenucima najvećih dnevnih vršnih opterećenja u kritičnom razdoblju. Dobivene vrijednosti složimo u padajući niz i tako se dođe do krivulje prikazane tom slikom. Dakako, vjerojatnosti 0 % pridružujemo najveću njihovu istodobnu zajedničku snagu u trenucima vršnog opterećenja u kritičnom azdoblju elektroenergetskoga sustava, a 100 % najmanjoj snazi. Ovaj čas ne raspravlja se kako se dolazi do te krivulje, pretpostavlja se da je ona utemeljeno utvrđena. Unatrag to je evidentno svakako moguće: za hidroelektrane u jednom višegodišnjem nizu (recimo 5 godina) a za vjetroelektrane i elektrane na Sunčevo zračenje, u – istom – petgodišnjem nizu. Angažman akumulacijskih HE, mogao bi se pratiti tako ili pretpostaviti vjerojatnim

[31] Pristup je opisao profesor Hrvoje Požar (1916–1991) u svojoj knjizi *Leistung und Energie in Verbundsystemen*, Springer Verlag, Wien, 1963. Tu je određivana potrebna snaga termoelektrana (elektranâ na iscrpive izvore) uz vjerojatnost pojave snaga hidroelektrana (tada jedinih elektrana na nestalne izvore, ali s visokim udjelom u Hrvatskoj, znatno većim no u prosječnim europskim prilikama). Prvi otisak te knjige na hrvatskom, neuvezan [7], tzv. špalte, koji je Profesor dobio radi posljednje autorizacije pred tisak, autoru ove knjige dao je Profesor 1966. godine, kao podlogu za diplomski rad na ETF-Zagreb. Zadatak je bio, detaljnije razraditi ideju iz knjige o vrijednosti gubitaka u prijenosu i transformaciji. Autor ove knjige računao je na tada drugome računalu u Hrvatskoj, na Elektrotehničkom fakultetu u Splitu.



Slika 5.10. Potrebna raspoloživa snaga elektrana na stalne izvore energije P_s u ovisnosti o sigurnosti opskrbe s u elektroenergetskom sustavu s elektranama na nestalne izvore energije

da su one u doba najvećih opterećenja mogle biti angažirane maksimalno moguće.

Razlika između najvećeg dnevnog vršnog opterećenja u kritičnom razdoblju i krivulje snage na slici 5.9. prikazana je slikom 5.10., gdje je dana ovisnost potrebne raspoložive snage (dakle, nedostajuće snage do najvećeg dnevnog vršnog opterećenja) elektrana na stalne izvore energije P_s o sigurnosti opskrbe s u elektroenergetskom sustavu o kojem je riječ. Vjerojatnost sigurnosti opskrbe od 0 % pridružena je razlici između očekivanog najvećeg dnevnog vršnog opterećenja i najmanje vjerojatne ukupne raspoložive snage elektrana na nestalne OIE, a vjerojatnost sigurnosti opskrbe od 100 % pridružena je najviše vjerojatnoj ukupnoj raspoloživoj snazi elektrana na nestalne OIE (ali – time – najvećoj potrebnoj raspoloživoj snazi elektrana na stalne izvore energije).

Vidljivo je da se krivulja u blizini s = 100 % strmo uzdiže (derivacija snage po sigurnosti, dP_s/ds sve je veća), dakle treba puno dodatne snage elektrana na stalne izvore za neznatni porast sigurnosti opskrbe, u blizini 100 %-tne sigurnosti. Izabere li se sigurnost opskrbe od 95 % (odnosno, njezin komplement do 100, *vjerojatnost redukcije* od 5 %), uštedjelo bi se ozbiljno na dogradnji sustava novim elektranama na stalne izvore energije. Pa, ukoliko se dogodi *peh* da se u stvarnosti dogodi takav slučaj, još uvijek se može po-

segnuti za interventnim uvozom, računajući što je manje: plaćanje tog iznenadnog uvoza (po, očekivano, visokoj cijeni) ili šteta koja će nastupiti kod nekih – unaprijed izabranih – kupaca zbog redukcije. To trebaju biti kupci s relativno konstantnim a dovoljno velikim opterećenjem, koji se beneficiraju – recimo – trajno nižom tarifom ili visokom odštetom za uskraćenu energiju.

Zaključno, kvalitativni prikaz vrijednosti povjerenja u neke vrste elektrana na stalne i nestalne izvore energije dan je u tablici 5.12.

Tablica 5.12. Povjerenje u instaliranu snagu pojedinih tipova elektrana u postocima ukupne instalirane snage tih tipova elektrana

Tip elektrane	Povjerenje	Opaska
sve elektrane na stalne fosilne izvore energije	100 % – z %	Dakako, ako su skladišta goriva dovoljno puna i ukoliko se ne radi o TE-TO, kojoj je električna snaga ovisna o toplinskom konzumu.
akumulacijske HE, velike	$100\,\% \cdot \frac{h}{H} - z\,\%$	h/H je omjer trenutačnog pada i pada za nazivnu snagu, umanjuje moguću snagu HE (ukoliko je pad uopće znatnije ovisan o pražnjenju, ovisi o konstrukciji privodnog sustava).
protočne HE, velike	svakako > 0 %, a umanjeno za z %	Ovisi o dotoku u kritičnom razdoblju, ali je posve nevjerojatno da on potpuno izostane.
male HE	moguće čak 0 %	Ako mali vodotok presušuje ili je zamrznut u kritičnom razdoblju.
fotonaponsko korištenje Sunčevim zračenjem	0 %	Ukoliko osunčanja nema u vrijeme vršnog opterećenja.
vjetroelektrane, Njemačka	5–15 %	Prema dispečerskom prilazu pri planiranju pokrića vršnog opterećenja [17].
vjetroelektrane, Hrvatska	5,7 %	Prema podacima iz jedne godine (zima 2011/12. godine) [27].
elektrane na biomasu, otpad i bioplin	100 % – z %	Dakako, ako su skladišta goriva dovoljno puna ili gorivo ravnomjerno pristiže.
geotermalne elektrane	100 % – z %	Ukoliko se ne radi o kogeneracijskoj elektrani, kojoj je električna snaga ovisna o toplinskom konzumu.

U većini iskaza 100 % je umanjeno za vjerojatnost prisilnog zastoja z %, jer se remonti i planirani zastoji neće organizirati u kritičnom razdoblju (odno-

sno, razdoblju vršnog opterećenja sustava). A prisilni zastoj može se dogoditi bilo kad, moguće baš u kritičnom razdoblju.

Povjerenje akumulacijskih HE bilo bi potpuno (100 % umanjeno za z %), zato što će u gornjem jezeru biti barem toliko vode da će sat-dva, koliko dnevno traje vršno opterećenje, moći raditi punom snagom, osim – možda – umanjenom faktorom h/H (omjer stvarnog pada u to vrijeme i pada za nazivnu snagu). To je upravo važno energetsko svojstvo akumulacijskih HE: mogući angažman, kraće vrijeme, punom snagom.

Kod protočnih HE, povjerenje će svakako biti veće od nule (nema većih rijeka koje ikada posve presušuju). Tu treba postupiti na jednak način, kao što je ovdje prikazan za vjetroelektrane: sagledavanjem ukupnih raspoloživih snaga HE u trenucima vršnog dnevnog opterećenja u kritičnom razdoblju za dovoljno godina unatrag te utvrditi koliki je očekivani angažman HE uz vjerojatnost 95 %. Povjerenje u male HE može biti nula, ukoliko mali vodotok presušuje, zamrzava se ili ima premali dotok za rad HE, u kritičnom razdoblju.

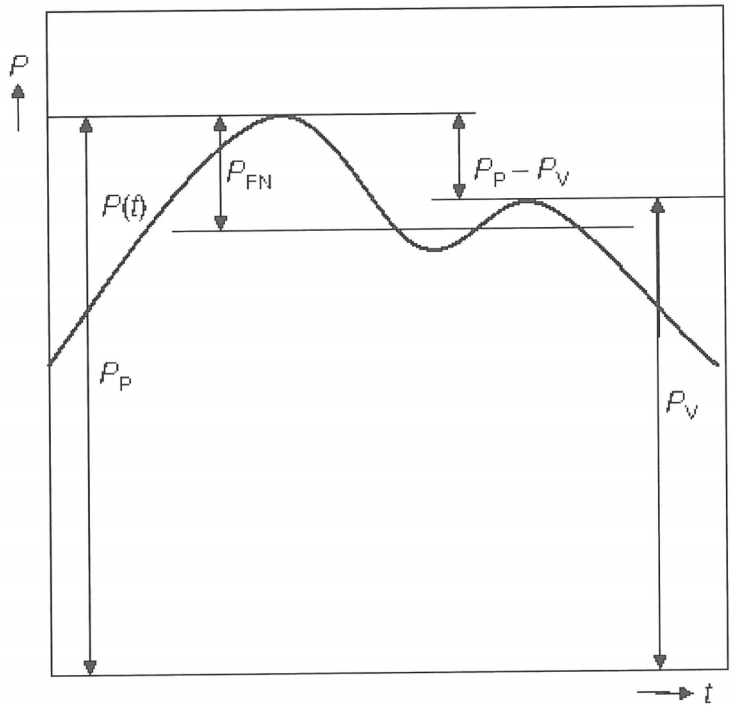
Sunčevo zračenje ima poznatu periodičnost, dnevnu (stalna izmjena dan-noć) i godišnju (izmjena ljeto-zima) koju remete samo stvarni meteorološki uvjeti pojedinog dana (naoblaka, magla, čestice u zraku). Dakle, može se zadovoljavajuće točno predvidjeti ritam angažmana fotonaponskih sustava. Opširnije o tome vidi u odjeljku 6.4. Ukoliko je dnevni dijagram potražnje takav da se vršno opterećenje sustava javlja u zimskim večernjim satima a ne podnevnim, onda je povjerenje u fotonaponske sustave jednako nula (jer tada nema osunčanja). Ako se vršno opterećenje javlja podjednake veličine i u podnevnim i večernjim satima, opet je povjerenje jednako nula ili približno nula (ukoliko je podnevni vrh nešto veći) jer svako podne prati jedna večer. Ili, hoće li se izraziti posve precizno, za slučaj podnevnog vrha većeg od večernjeg, tada bi povjerenje trebalo pomnije utvrditi. Vidi sliku 5.11. s prikazom takvog dnevnog dijagrama opterećenja $P(t)$ u kritičnom razdoblju elektroenergetskoga sustava, gdje su:

P_P podnevno vršno opterećenje

P_V večernje vršno opterećenje

P_{FN} ukupna raspoloživa snaga fotonaponskih sustava.

Ukupna raspoloživa snaga fotonaponskih sustava P_{FN} u promatranu elektroenergetskom sustavu je 95 %-tna (ili koji drugi visoki postotak) vjerojatna pojava fotonaponske snage u trenutku podnevnog vršnog opterećenja, dobivena na način kako je opisano uz sliku 5.9, primjenjeno samo na fotonaponske sustave. Ona ovisi o dnevnom satu pojave vršnog podnevnog opterećenja – moguće nisu istodobne pojava vršnog opterećenja i pojava maksimalnog Sunčeva ozračenja te o mjesecu pojave godišnjeg vršnog opterećenja (točnije: kritičnog razdoblja) – radi li se o zimskom mjesecu, vrijednost će biti manja a u ljetnom mjesecu, vrijednost će biti veća.



Slika 5.11. Dnevni dijagram opterećenja elektroenergetskog sustava u kritičnom razdoblju u kojemu je podnevno vršno opterećenje veće od večernjega

Povjerenje u instaliranu snagu fotonaponskih sustava p % određuje se za dva slučaja.

Slučaj (a): $P_{FN} \leq P_P - P_V$

U tom slučaju iskoristit će se sva raspoloživa snaga fotonaponskih sustava za pokriće dnevnog vršnog (podnevnog) opterećenja, jer je večernje vršno opterećenje manje od podnevnog, umanjenog za snagu raspoloživih fotonaponskih sustava te je povjerenje:

$$p\,\% = 100 \cdot \frac{P_{FN}}{P_i} \tag{5.1}$$

gdje je

P_i ukupna instalirana snaga fotonaponskih sustava.

Tada je povjerenje jednako omjeru raspoložive fotonaponske snage i ukupne instalirane snage fotonaponskih sustava u promatranom elektroenergetskom sustavu.

Slučaj (b): $P_{FN} > (P_P - P_V)$, kao na slici 5.11.

U tom slučaju bit će za pokriće dnevnog vršnog (podnevnog) opterećenja iskorištena ukupno raspoloživa fotonaponska snaga P_{FN}. Međutim, za namirenje razlike

$$P_{FN} - (P_P - P_V)$$

pri pokriću večernjega vršnog opterećenja morati će biti angažirane druge elektrane elektroenergetskoga sustava (pretpostavlja se da je u doba večernjeg vršnog opterećenja izostala obdanica). Dakle, treba množiti (5.1) omjerom

$$\frac{P_P - P_V}{P_{FN}}$$

da se dođe do rezultirajućeg povjerenja u instaliranu snagu fotonaponskih elektrana:

$$p\,\% = \left(100 \cdot \frac{P_{FN}}{P_i}\right) \cdot \frac{(P_P - P_V)}{P_{FN}} = 100 \cdot \frac{P_P - P_V}{P_i} \qquad (5.2)$$

Izlazi, da je u tom slučaju (dakle: raspoloživa snaga fotonaponskih sustava veća je od razlike podnevnog i večernjeg vršnog opterećenja) povjerenje neovisno o visini raspoložive snage fotonaponskih sustava – ali prema čemu je, dakako, promatranje dospjelo u slučaj (b) – povjerenje ovisi jedino o razlici podnevnog i večernjeg vršnog opterećenja i ukupnoj instaliranoj snazi fotonaponskih sustava u promatranom elektroenergetskom sustavu. Što je ta razlika manja, bit će i manje povjerenje u instaliranu snagu fotonaponskih sustava. U graničnom slučaju, ako je ta razlika jednaka nuli, i povjerenje bi bilo – očekivano – nula. Jer bi se sva fotonaponska snaga angažirana u doba podnevnog vršnog opterećenja morala na večer nadoknaditi angažmanom drugih elektrana.

Dnevni dijagram opterećenja, kakav je prikazan na slici 5.11. odgovarao bi industrijskoj zemlji (primjerice: Njemačkoj, ali izvan zime!), gdje se vršna dnevna potrošnja radnoga dana zbiva u podnevnim satima. Za Hrvatsku, u kojoj je industrijska potrošnja znatno niža od potrošnje električne energije u kućanstvima, vršno dnevno opterećenje zbiva se u večernjim satima i prema tome povjerenje u fotonaponske sustave je nula, ma koliko ih bilo izgrađeno.

Još nešto o usporedbi povjerenja u elektrane na Sunčevo zračenje i vjetroelektrane! Premda je, praktično, za Hrvatsku, povjerenje u fotonaponske sustave izašlo nula, ipak njihovo korištenje ima jednu bitnu prednost pred korištenjem vjetroelektrana (čije je povjerenje izašlo blizu nule, ali ipak je barem reda vrijednosti 5 %). Sunčevo zračenje je periodička pojava s astronomski precizno određenim trajanjem perioda; jedan period traje 24 sata, a drugi jednu godinu i tako će se ponavljati do unedogled. Stoga se s visokom sigurnošću može planirati, recimo dan unaprijed, kad se već zna relativno pouzdana prognoza vremena (dakle sutrašnja oblačnost), dakako vrlo ovisno i o godišnjoj sezoni.

Pojava vjetra je stohastička, ni o čemu znanom pouzdano periodički ne ovisi te je – s te strane – vjetar neprikladniji od Sunčeva zračenja. Ako se vjetrena prognoza bude jednom svladala tako da ona postane idealno točna, recimo

za slijedeći dan, to neće povećati povjerenje u vjetroelektrane ni za mrvicu. Zašto? Pa, ako se prognozira brzina vjetra za idući dan na cijelom državnom području tolika da se ukupno u vjetroelektranama tada može angažirati 5,7 %, recimo za 20 sati u zimsku večer u kritičnom razdoblju, uz 100 %-tnu točnost prognoze tako će se i ostvariti. Upravo će biti u pogonu 5,7 % vjetroelektrana i trebati će u to vrijeme rezervna snaga u vrijednosti 94,3 % ukupne snage vjetroelektrana u stalnim/drugim izvorima, dakle točnost prognoze ništa neće promijeniti povjerenje u vjetroelektrane. Jedino će se to unaprijed znati, pa će se pravodobno planski aktivirati tercijarna rezerva u sustavu, bez da treba biti angažirana sekundarna rezerva. Opširnije o tome vidi u odjeljku 6.3.

U pogonu elektroenergetskog sustava poznajemo tri regulacije: primarnu, sekundarnu i tercijarnu. Primarna se odvija na svakoj turbini koja pogoni generatore unutar nekoliko sekunda do manje od minute, sekundarna automatski daje nalog sekundarnim regulacijskim elektranama da spuste ili podignu svoj angažman i time dovedu u ravnotežu trenutačnu *ponudu i potražnju* električne energije, u svom regulacijskom području u trajanju do oko 15 minuta. Konačno tercijarna regulacija aktivira se nakon najdulje 15 minuta od početka poremećaja, izvodi se izdavanjem naloga dispečera da elektrana (koja je u spremnosti za tercijarnu regulaciju) ide u pogon ili izađe iz pogona, čime se oslobađa sekundarna regulacija za novu njezinu reakciju.

Kogeneracijske geotermalne elektrane i TE-TO na fosilna goriva mogle bi funkcionirati tako da je električna snaga električnog dijela proporcionalna trenutnom toplinskom konzumu, radi li se o protutlačnoj elektrani, tada bi povjerenje ovisilo o toplinskom konzumu u trenutku vršnoga opterećenja u kritičnom razdoblju.

5.19. Djelovanje korištenja obnovljivih izvora energije na prigušenje uvozne ovisnosti i na zapošljavanje

To se dvije teme o kojima rado raspravljaju zagovornici što veće primjene obnovljivih izvora energije. Kako su primarni obnovljivi oblici *a priori* domaći izvori, to se doista za njihov udjel u ukupnoj opskrbi energijom smanjuje uvozna ovisnost, dakako energetski deficitarnih zemalja. Ili, inverzno govoreći: za toliko povećava se sigurnost dobave energije, za taj dio ne postoji rizik nesigurnosti i cijene uvoza. Razlikovati treba tako shvaćanu sigurnost dobave od tekuće pouzdanosti dobave energije iz stanovitog, konkretnog obnovljivog izvora; u tom pogledu svi izvori nestalne energije manje su pouzdani od izvora stalne energije!

Za svaki proizvedeni kilovatsat električne energije i za svaki megadžul proizvedene toplinske energije te za svaku litru proizvedena biogoriva – iz obnovlji-

vih, domaćih izvora energije u Hrvatskoj, odgovarajuće se snižava uvoz, jer je Hrvatska uvozno ovisna u odnosu na sva primarna fosilna goriva. U tom pogledu, svi oblici obnovljive energije su dobrodošli, niti jedan nije u nekoj prednosti pred drugima. Druga je stvar, koliko će to djelovati na ukupni neto uvoz energije, ali svakako će njegov rast biti prigušen, a – moguće – jednoga dana čak i snižavan.

Već je procijenjeno (u odjeljku 3.7.) mogućim zaustavljanje daljnjeg rasta uvozne ovisnosti u EU-27, gdje je izračunato da bi – uz *zatečene* trendove: rasta ukupne potrošnje, pada vlastita pridobivanja iscrpivih izvora i (doista visokog) rasta korištenja obnovljivih izvora – negdje između 2020. i 2025. godine moglo doći do preokreta u uvoznoj ovisnosti: moglo bi otpočeti njezino snižavanje.

No, na uvoznu ovisnost pri dobavi postrojenja za transformaciju obnovljivih izvora, treba u Hrvatskoj oprezno gledati. Domaći (hrvatski) proizvod, ukoliko je uopće raspoloživ, bit će manje učinkovit od najboljih uvoznih alternativa, bit će najčešće skuplji (jer se proizvodi u malenim serijama), najčešće neće biti podržan privlačnim kreditnim aranžmanom niti potican državnim subvencijama; sve to vodit će potencijalne investitore na ozbiljno razmatranje uvoza kod odlučivanja. Te će se često dogoditi da se odluče za uvozno rješenje. Dakako, uvozno rješenje je neminovno za one komponente ili sustave koji još nisu niti raspoloživi na domaćem tržištu.

Dosljedno tome, tako je i s domaćim zapošljavanjem (prvenstveno, opet, hrvatskim domaćim zapošljavanjem). Ono bi se povećavalo kada bi se povećavala domaća proizvodnja komponenata ili sustava za opskrbu energijom iz obnovljivih izvora, a pogotovo kada bi se ostvarivao značajniji izvozni udjel u njihovim isporukama. Dakle, trebalo bi se raditi o učinkovitosti podjednakoj inozemnim uzorima, cijenama sumjerljivim uvoznoj konkurenciji te o kreditnoj i poreznoj podršci kakvu eventualno uživa konkurencija ... Inače, teško je govoriti o nekakvom direktno primjenjivom iskustvu neke uzorne zemlje u kojoj je došlo do vrlo velikog zapošljavanja u branši obnovljivih izvora, koje zapošljavanje se mjeri desetinama tisuća radnika (ili čak stotinama tisuća), ali – *propušta se uočiti* – i o godišnjim isporukama, domaćim i izvoznim, koje se mjere tisućama megavata. Vidi njemački primjer u odjeljku 6.12.

Međutim, pojedini oblici obnovljive energije, imaju u tom pogledu ipak svoje specifičnosti – neki kod gradnje postrojenja, neki kod njihova instaliranja, a neki pri pogonu i održavanju.

U vrijeme gradnje velikih hidroelektrana, pogotovo kada bi se uspostavio sustavni pristup pri tome (jedne godine završava se gradnja jedne hidroelektrane, iste godine završava se izrada opreme za narednu hidroelektranu i – također – iste godine završava se projektiranje treće u nizu budućih hidroelektrana; gdje bi nam bio kraj! – a, po prilici, tako se radilo u razdoblju do pred kraj osamdesetih godina prošlog stoljeća!), mogle bi biti trajnije i kontinuirano zaposlene

stotine projektanata i tisuće građevinskih radnika, na ogromnim gradilištima koja se otvaraju na takvim građenjima.

Male HE nemaju tako veliki potencijal novoga zapošljavanja, ali uz veće serije vlastito proizvedenih hidroagregata u normiziranih nekoliko stepenica nazivne snage ...

Kolektorsko i fotonaponsko korištenje Sunčevim zračenjem – jednako tako i korištenje unutarnje topline okoline dizalicama topline, ukoliko bi doživjelo masovni zamah (ovaj autor priželjkuje takav zamah kolektorskoga korištenja!), tražilo bi zapravo velik broj ovlaštenih instalatera, disperziranih po cijeloj državi. A oni bi, i u budućnosti, trajno bili angažirani na ovlaštenim popravcima, održavanju i servisiranju tih uređaja i instalacija. Naravno, moguć je i sve veći udio domaće proizvodnje samih uređaja, opet najnaglašenije: za kolektorsku transformaciju Sunčeva zračenja u toplinu. Postoji već i vlastita proizvodnja fotonaponskih modula.

Kod vjetroelektrana su za sada (u Hrvatskoj) neprihvatljive prilike; ima ih za koje su se i prethodno fabricirane betonske kabelske kanalice uvozile! Domaća proizvodnja postoji, ali se za sada radi o vrlo malim serijama (teško je uopće još govoriti o *serijama*). A kada se jednom izgradi, za redoviti pogon i održavanje, traži angažman vlasnika i nekoliko radnika (ukoliko se ne radi o vjetroelektranskom parku većeg broja i veličine agregata).

Korištenje biomasom i otpadom te bioplinom, može najjače djelovati na zapošljavanje, osobito zemalja koje nisu na najvišoj tehnološkoj razini, pa ne mogu bitnije sudjelovati na svjetskome tržištu sve sofisticiranije opreme. Međutim, za sađenje, sječu, transport i uskladištenje velikih količina biomase ili zbrinjavanje velikih količina otpada, treba veliki broj radnika ne previše visoke kvalificiranosti. A za uzgoj uljane repice ili drugih biljki pogodnih za proizvodnju biodizela, potreban je angažman velikih poljoprivrednih obradivih površina i trajni angažman tisuća i tisuća seoskih kućanstava. Dakle, mnoge zemlje proizvodnju biodizela, primarno uopće ne gledaju kao važnu energetsku preokupaciju nego prvenstveno kao mjeru zadržavanja zaposlenog seoskog stanovništva na selima, jer s proizvodnjom hrane su – zbog povećane produktivnosti – sve manje zaokupljeni. Detaljnije, vidi odjeljke 6.1. i 6.13. u poglavlju 6.

5.20. Snaga i energija elektrana na obnovljive izvore

Poznato je iz opće energetike, a napose iz elektroenergetike, da potražnju i proizvodnju električne energije obilježava, kako snaga u pojedinom trenutku – tako i energija u pojedinom razdoblju. Često se – osobito kod razmatranja uloge elektrana na obnovljive izvore – na to zaboravlja, pa se suženo govori samo

o snazi tih elektrana ne mareći pri tom na moguću njihovu proizvodnju. Ili se, kako to čini EWEA – Europska udruga vjetroenergije, u svom izvješću za 2010. godinu govori samo o procijenjenoj proizvodnji vjetroelektrana u vjetreno normalnoj godini, a ne i stvarno ostvarenoj proizvodnji u određenoj godini. A WWEA – Svjetska udruga vjetroenergije, u svome izvješću gotovo usput navodi ostvarenu proizvodnju vjetroelektrana, a s mnogih motrišta opširno analizira samo njihovu instaliranu snagu.

Međutim, snaga i energija u elektroenergetskom sustavu međusobno su neraskidivo povezane i za potpunu energetsku obaviještenost *treba istovremeno poznavati obje veličine*. Nije dovoljno poznavati, primjerice, samo dnevnu potražnju eklektične energije, nego i satni ili 15-minutni raspored snaga te potražnje. Istovremeno mora se poznavati i raspoloživa snaga elektrana, također u satnom ili 15-minutnom rasporedu s kojom se može računati za namirenje te potražnje.

Kod elektrana na stalne izvore energije (nuklearne, termoelektrane, elektrane na biomasu i otpad te bioplin, geotermalne elektrane) dovoljno je poznavati njihovu instaliranu snagu i statističko godišnje trajanje remonta, planiranih i prisilnih zastoja te to trajanje oduzeti od trajanja godine (8 760 sati) i množenjem s instaliranom snagom dobiti očekivanu, moguću vrijednost godišnje bruto proizvodnje. Stvarnu vrijednost proizvodnje odredit će smještaj određene elektrane u dijagram opterećenja te će to biti jednako (za elektrane angažirane u baznom dijelu dijagrama opterećenja), manje (za angažman u promjenjivom dijelu dijagrama) ili znatno manje (za angažman u vršna razdoblja dijagrama opterećenja) od moguće njihove godišnje proizvodnje.

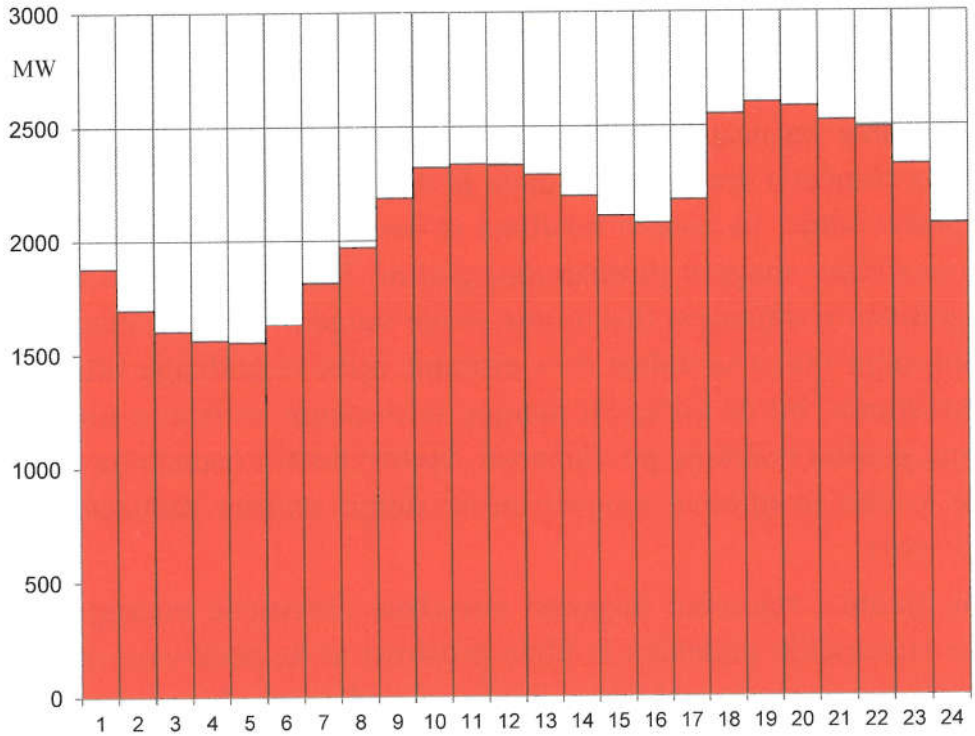
Elektranama na nestalne izvore energije (hidroelektrane, vjetroelektrane i elektrane na Sunčevo zračenje) moguće je samo statističko očekivanje njihove moguće proizvodnje, na osnovi rezultata iz dovoljnog niza prethodnih godina i njihove instalirane snage u promatranoj godini. Tada se ta snaga množi s prosječnim godišnjim trajanjem instalirane snage određene vrste elektrana na određenom području i tako se dolazi do vjerojatne njihove godišnje bruto proizvodnje. U ostvarenju, bit će većeg ili manjeg odstupanja, ovisno o tome koliko se promatrana godina razlikuje po vlažnosti, vjetrovitosti i osunčanja od prosječne godine te koliko je njihove moguće proizvodnje stvarno preuzeto od sustava (poželjno: sva).

Satni, tjedni i mjesečni raspored potražnje električne energije poznaje se također iz statističkih podataka iz bliže prošlosti te uz očekivani rast (ili, eventualno, pad) potražnje i predvidive krupne pojedinačne događaje na strani potražnje, procjenjuje se očekivana potražnja u slijedećim godinama, mjesecima, danima u tjednu ili satima u danu.

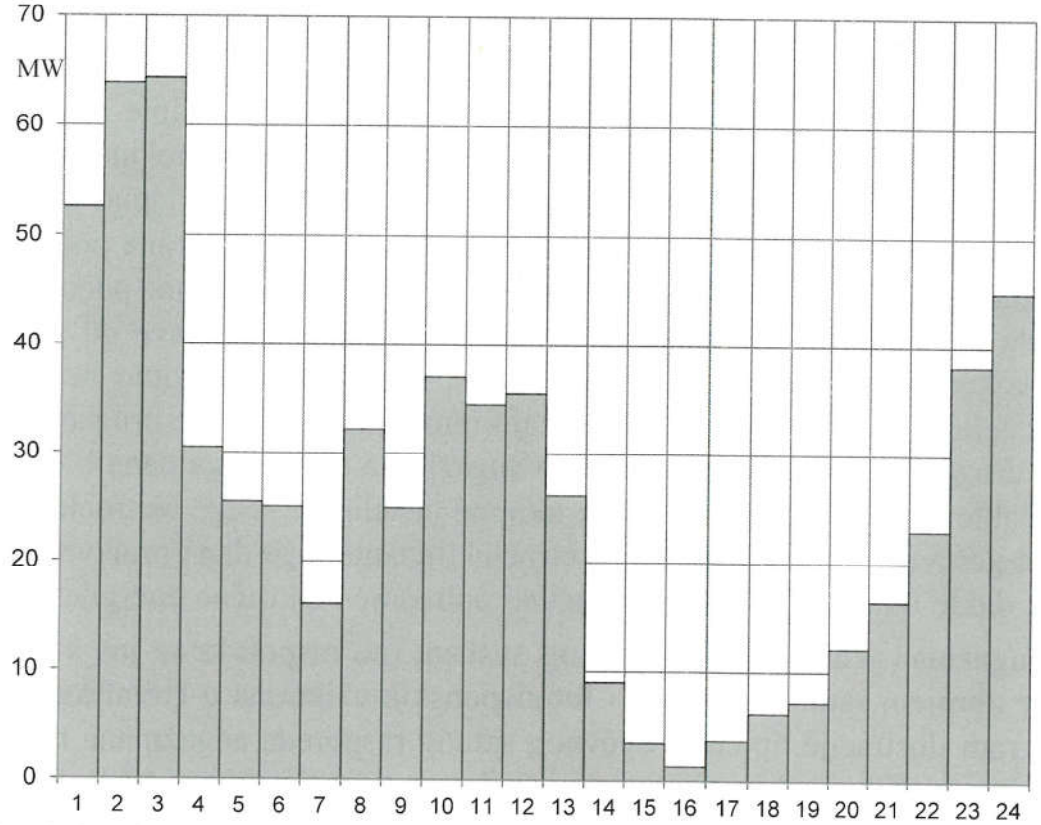
Neka posluže ilustraciji izrečenoga o snazi i energiji u elektroenergetskom sustavu tri slike, na kojima je za jedan slučajno izabrani dan, subotu 21. siječnja 2012. godine, prikazano, svojim rasporedima po satima toga dana:

- konzum elektroenergetskoga sustava, ukupna satna potrošnja u Hrvatskoj, slika 5.12.
- ukupni angažman svih vjetroelektrana u Hrvatskoj, slika 5.13.
- angažman jednog fotonaponskog sustava (u Varaždinu), slika 5.14.

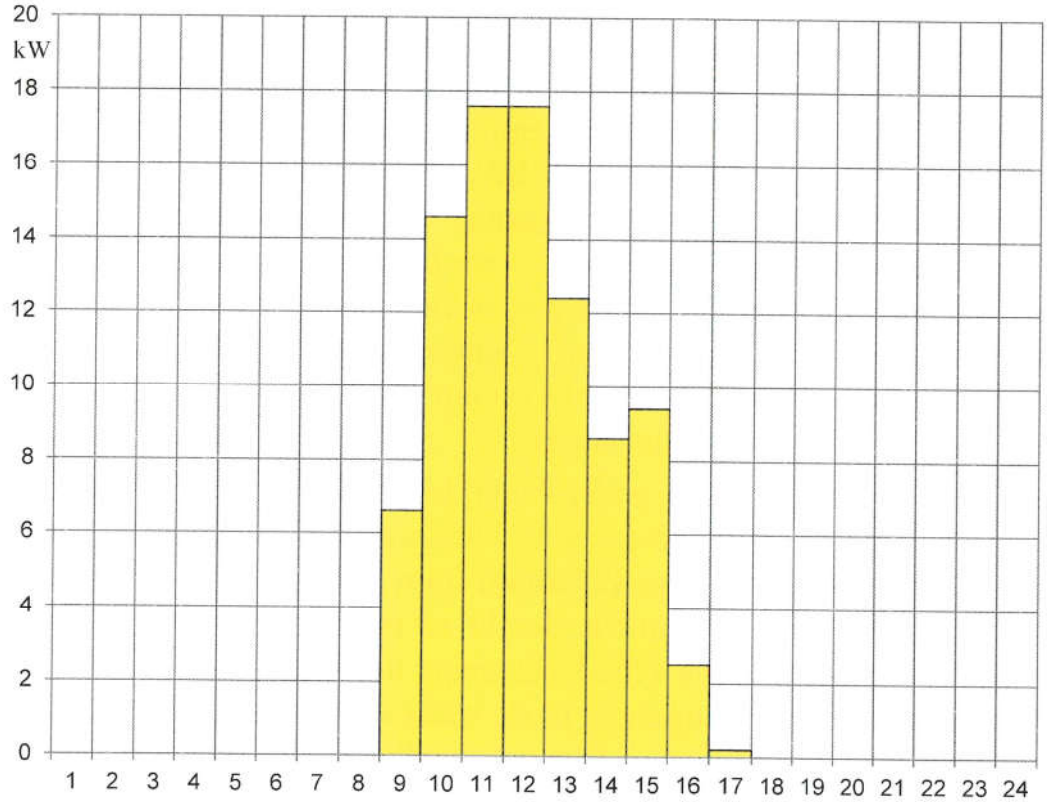
Iz prikaza konzuma elektroenergetskoga sustava Hrvatske (ukupne satne potrošnje, dakle MWh/h = MW; to je ukupna snaga na razini prijenosne mreže 110 kV: potražnja kupaca-potrošača uvećana za gubitke u prijenosnoj i distribucijskoj mreži), slika 5.12. – vidljiv je tipičan satni raspored konzuma: sniženo opterećenje noću, prijepodnevni rast i podnevni vrh, potom nešto blaži pad i onda nagli rast prema vršnom večernjem opterećenju, većem od podnevnoga, i onda smiraj do nakon ponoći. Omjer najvišeg i najnižeg opterećenja toga dana bio je oko 1,7. Vidimo da je neprekidno elektranama moralo biti pokriveno jedno 1 500 MW (to je tzv. *konstantno opterećenje* sustava), a tzv. *varijabilno opterećenje* bilo je između nule i oko 1 600 MW, dakle u kritičnom satu (to je bio 19-ti sat) toga dana trebalo je biti angažirano oko 2 600 MW neto snage (snage na pragu) elektrana (tzv. *vršno opterećenje* toga dana), ili, ako je raspoloživo manje – onda: redukcija ili uvoz! Ukupna električna energija koja je toga dana, uz takav satni raspored opterećenja, potrošena (konzumirana) bila je 50,9 GWh (to je površina ispod krivulje snage na tom dijagramu).



Slika 5.12. Konzum elektroenergetskog sustava Hrvatske 21. siječnja 2012., dnevno vršno opterećenje 2607 MW u 19 sati, dnevna energija 50,9 GWh



Slika 5.13. Ukupni angažman vjetroelektrana Hrvatske 21. siječnja 2012., ukupna instalirana snaga 131,25 MW, najveći angažman 64,3 MW u 3 sata, ukupna proizvodnja 634 MWh



Slika 5.14. Angažman sunčane elektrane Solvis-Varaždin 21. siječnja 2012., instalirana snaga 20,64 kWp, najveći angažman 17,6 kW u 11–12 sati, ukupna proizvodnja 89,5 kWh

Iz prikaza ukupnog angažmana svih vjetroelektrana u Hrvatskoj (slika 5.13), kojih je ukupna instalirana snaga tada bila 131,25 MW – vidljivo je tipično svojstvo rasporeda angažmana vjetroelektrana: nije s ičime u vezi – sutra-preksutra će biti drugačiji, kao što je tako bilo i jučer-prekjučer. Najveći angažman pojavio se toga dana u *sitnim satima* (u 3. satu). Usput: kada je to bilo najmanje potrebno sustavu. Najniži angažman vjetroelektrana pojavio se u 16. satu, kada bi već dobro došlo da je bio viši, jer potražnja počinje naglo rasti, da bi relativno brzo rastao (angažman vjetroelektrana) sve do ponoći, u vrijeme kada se potražnja snižavala. Dakle, neprekidno suprotno nego što bi bilo poželjno. (Ali, dakako: već sutra taj vremenski tijek bit će drugačiji i jučer je bio drugačiji!) Najveća istovremeno angažirana snaga toga dana bila je 64,3 MW, dakle nešto manje od polovine ukupne instalirane snage vjetroelektrana, a najniža gotovo nula! Ukupno je u vjetroelektranama toga dana proizvedeno 634 MWh, dakle oko 1,25 % ukupne dnevne potrošnje električne energije.

Angažman jednog fotonaponskog sustava (ne raspolaže se još s ukupnim *on-line* zbrojem satnih snaga svih fotonaponskih elektrana u Hrvatskoj), prikazan je radi ilustracije tipičnog dnevnog satnog rasporeda angažmana takvih sustava, jer su njihovi dnevni angažmani doista tipični (slika 5.14.)! Radi se o Sunčanoj elektrani *Solvis* u Varaždinu, instalirane snage 20,64 kW_p (ovo *p* znači *peak*, na engl. *vršno*), u pogonu od 2009. godine. Tipično je – i tako se ponavlja svaka nova 24 sata i tako je bilo svih posljednjih po 24 sata, od pamtivijeka – noćni angažman jednak nuli, do jedno 7–8 sati (ovisno o godišnjem dobu), onda rast koji nalikuje poluvalu sinusoide (ako ne naiđu oblaci), s maksimumom oko podneva i onda potpuni smiraj oko 17–18 sati (opet ovisno o godišnjem dobu) koji traje sve do idućeg jutra. Promatrana elektrana postigla je maksimalni angažman toga dana 17,6 kW, u 11–12 sati, što je jako dobro za zimski dan (85 % instalirane snage, iskazane vršnim kilovatima), jer ima oblačnih dana kada to bude samo 200-tinjak vata (recimo u toj elektrani: dan ranije 20. siječnja!). Proizvedeno je 89,5 kWh, dakle vjerojatno znatno više nego što bi dnevno potrošilo jedno kućanstvo – samo to se javlja u krivom dnevnom razdoblju; tipično kućanstvo bi trebalo većinu energije od predvečerja do kasnije večeri, a u to doba nema osunčanja!

Što bi, nakon tog kratkog podsjećanja, bilo najprikladnije – a sintetičko – obilježje elektrana na obnovljive izvore energije? Pa, ostvareno prosječno godišnje *trajanje instalirane snage* pojedinih tipova tih elektrana, dakako u određenom elektroenergetskom sustavu. Jer bi se tada, množenjem s prosječnom instaliranom snagom (srednja vrijednost snage na početku i kraju godine), mogla odrediti proizvodnja s kojom se može računati kao vjerojatnom u godišnjoj bilanci za narednu, ili naredne godine za pojedine tipove elektrana.

Stvarni podaci o tome, u primjerima Njemačke i Hrvatske u 2010. godini, prikazani su tablicom 5.13. Njemačka je primjer s dobro raspoređenim prožimanjem

raznih tipova elektrana na obnovljive izvore (osim geotermalnih), a Hrvatska je primjer s naglašenim prožimanjem hidroelektrana i (za sada) vrlo slabim prožimanjem elektrana na ostale obnovljive izvore. Prožimanje je omjer instalirane snage pojedinog tipa elektrana i vršnog opterećenja elektroenergetskoga sustava, o kojem je riječ, a ponekad – kako je ranije istaknuto – i omjer proizvodnje pojedinog tipa elektrana i ukupne bruto proizvodnje u sustavu, ali *kvalitativno* svodi se na isto.

Tablica 5.13. Trajanje instalirane snage elektrana na OIE u Njemačkoj i Hrvatskoj u 2010. godine (h/god)

Opis	Njemačka	Hrvatska
elektrane na biomasu i otpad	4942	4388
hidroelektrane, obnovljivo[32]	4831	3939
vjetroelektrane	1442	1871
fotonaponski sustavi	862	976
geotermalne elektrane	3500	–
Ukupno	1995	3871

Izvori: Tablica 5.10. (za Njemačku) i tablica 5.11. (za Hrvatsku).

Što se najprije može zapaziti u njemačkim i hrvatskim sumarnim podacima?

Godišnja proizvodnja svih elektrana na obnovljive izvore energije u Njemačkoj bila je oko 100 TWh, a ukupna prosječna instalirana njihova snaga bila je 2010. godine oko 50 GW. Stoga je godišnje trajanje instalirane snage bilo zaokruženo 2 000 h/god (točno: 1995).

Kako je njemačka bruto potrošnja bila u toj godini 604 TWh, ostvareni je udio proizvodnje elektrana na obnovljive izvore energije u bruto potrošnji bio 16,6 %.

Iz hrvatskih podataka za istu godinu, uz ukupnu proizvodnju elektrana na obnovljive izvore energije od 8 496 GWh, i ukupnu prosječnu instaliranu snagu tih elektrana 2 195 MW, godišnje je trajanje instalirane snage izašlo 3 871 h/god.

U Hrvatskoj je ostvarena bruto proizvodnja električne energije na vlastitu području u 2010. godini bila 14,1 TWh te je udio elektrana na obnovljive izvore energije u proizvodnji bio 60 %. Međutim, proizvodnja je bila nedovoljna za pokriće ostvarene potrošnje te je četvrtina potrebne električne energije morala biti uvezena. Brutopotrošnja je bila 18,9 TWh te je udio elektrana na obnovljive izvore energije u pokrivanju bruto potrošnje bio 45 %. Dakle, udio obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj potrošnji električne energije bio je gotovo tri puta veći od tog udjela u Njemačkoj!

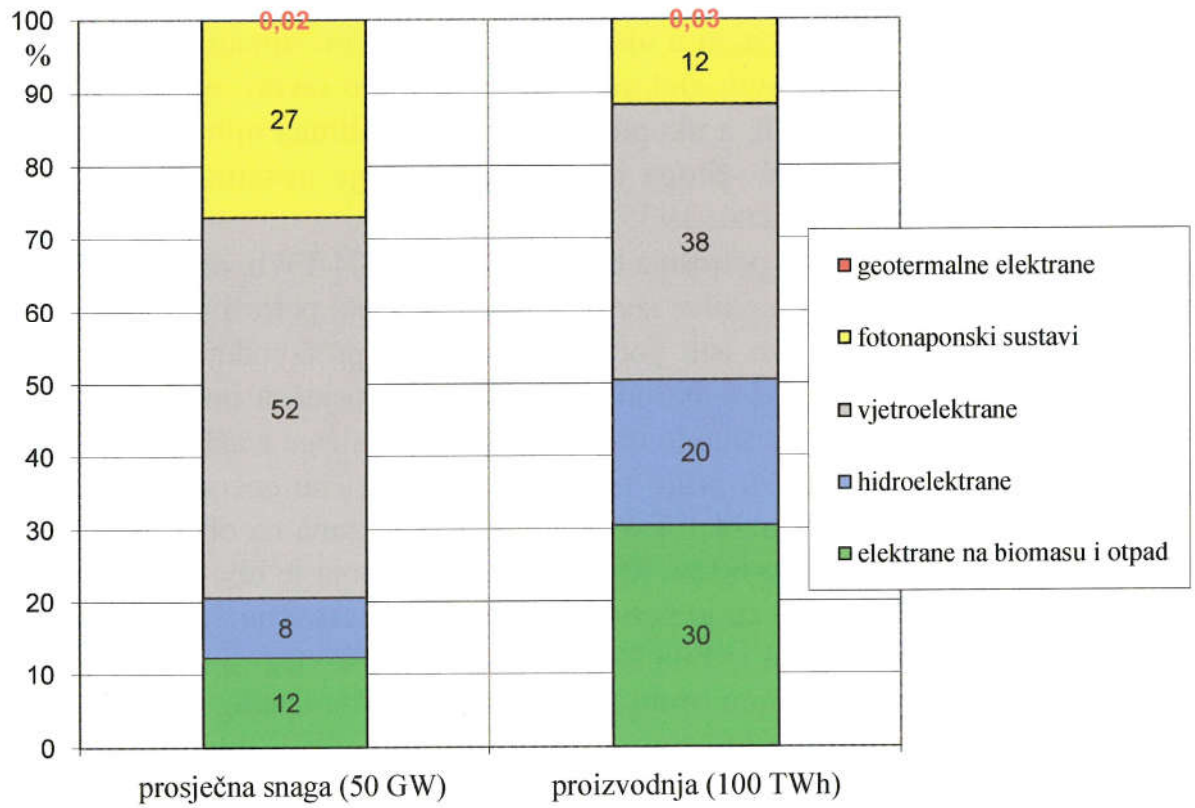
[32] Obnovljiva proizvodnja hidroelektrana je bruto proizvodnja hidroelektrana umanjena za proizvodnju iz crpljenja u CAHE.

Njemačke hidroelektrane ostvarile su u 2010. godini čak za oko 900 h/god veće trajanje od hrvatskih, znak je da je bogata protočnim hidroelektranama.

Ostvareno je vrlo malo trajanje instalirane snage vjetroelektrana u Njemačkoj u 2010. godini: samo 1 442 h/god. Znak da su vjetrene prilike u toj zemlji bile slabe u toj godini, što je znakovito za već nekoliko posljednjih godina za Njemačku: uz stalni godišnji relativno veliki prirast novih vjetroelektrana, ukupna godišnja proizvodnja stagnira ili čak pada! Najvjerojatnije će se to postupno mijenjati dogradnjom pučinskih vjetroelektrana, jer je njihovo godišnje trajanje instalirane snage veće nego kopnenih.

U Hrvatskoj su vjetroelektrane ostvarile solidno trajanje instalirane snage: čak 1 866 h/god. I u prethodne tri godine ostvareno je povoljno trajanje, osim u 2009. koja je bila vjetrovito slabija.

Vidljivo je da elektrane na OIE različitih tipova a jednake instalirane snage imaju moguću godišnju proizvodnju u približnom omjeru 5:1 (elektrane na biomasu : FN-sustavi). To je isto što i omjer njihovih godišnjih trajanja instalirane snage – protumačeno je to ranije, u odjeljku 5.16. Međutim, to nije jedino o čemu valja voditi računa prilikom energetskoga vrednovanja OIE. Ravnopravno je i pitanje raspoloživosti elektrana na OIE u trenucima vršnog opterećenja elektroenergetskoga sustava.



Slika 5.15. Prosječna instalirana snaga tijekom godine i proizvodnja elektrana na obnovljive izvore energije u Njemačkoj 2010. (izvor: Erneuerbare Energien und das EEG, BDEW, 2011.)

Elektrane na biomasu i otpad, njemačke i malobrojne hrvatske, *imaju najveće* godišnje trajanje instalirane snage. S druge strane, imaju još jednu bitnu prednost pred elektranama na ostale obnovljive izvore: *ne traže rezervu* u elektroenergetskom sustavu. Osim, dakako, nužne i uobičajene rezerve za iznenadni zastoj koje elektrane, no i ta rezerva mogla bi se ostvariti elektranama na biomasu i otpad. Njihovo gorivo je uskladištivo i mogu se koristiti sukladno potražnji. Stoga bi elektrane na biomasu (dakako i na otpad i bioplin), osobito kogeneracijske, trebale biti najprotežiranije prilikom društvenog opredjeljivanja o korištenju obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije.

Sve druge elektrane na obnovljive izvore (osim geotermalnih) traže rezervu u sustavu, to veću što je manja vjerojatnost da će biti raspoložive u vrijeme vršnoga opterećenja elektroenergetskog sustava (još točnije: tijekom kritičnog razdoblja, to je razdoblje u godini kada je najveća razlika između najvećeg opterećenja sustava i mogućeg angažmana elektrana na stalne izvore energije). Vjerojatna raspoloživost u to vrijeme je povjerenje u snagu elektrana na obnovljive izvore energije i iskazuje se postocima ukupne instalirane snage pojedinog tipa tih elektrana, kako je rečeno u odjeljku 5.18.

Možda najupečatljiviju ilustraciju za poimanje snage i energije elektrana na obnovljive izvore energije pruža slika 5.15, gdje su prikazani udjeli prosječne godišnje instalirane snage elektrana na obnovljive izvore energije i udjeli u ostvarenoj njihovoj proizvodnji u Njemačkoj 2010. godine.

Vidljivo je da samo nešto više od jedne desetine snage elektrana na biomasu i otpad pokriva čak gotovo trećinu ukupne proizvodnje elektrana na obnovljive izvore energije. Ili, elektrane na biomasu i otpad te hidroelektrane, zajedno tvore petinu instalirane snage svih elektrana na OIE, a proizvode polovinu ukupne proizvodnje. Istodobno: gotovo trećina instalirane snage fotonaponskih sustava pokriva samo nešto više od desetine ukupne proizvodnje. To je, pored toga da je povjerenje u fotonaponske sustave praktički jednako nula, glavni razlog da u fotonaponske sustave treba ići što *suzdržljivije*! Na drugom mjestu po suzdržljivosti trebaju biti vjetroelektrane, jer i one – u njemačkom primjeru – sudjeluju oko polovinom snage a proizvodnjom 38 % ukupne proizvodnje obnovljivih izvora.

5.21. Potrebne mrežne prilagodbe

Masovniji prodor obnovljivih izvora energije, kako pojedinačno velikih – tako i mnogo malih, ima (ili će imati) za posljedicu potrebu prilagodbe elektroenergetske mreže novim prilikama. Dok je donedavna distribucijska električna mreža bila pasivna, priključkom prvog izvora na obnovljivi izvor energije, ona je postala aktivna i to će – nezaustavljivo – postajati sve više. Ukupna potražnja električne energije na granici prijenosna/distribucijska mreža će se sniziti, ali

njezin dnevni raspored postajat će sve dinamičniji i sve teže predvidljiv. U *predobnovljivo* doba, posljednjih stotinjak godina, unaprijed se poznavao dnevni raspored potražnje u distribuciji za radne dane i neradne dane u tjednu (poput dnevnog rasporeda na slici 5.12.) te sezonska odstupanja prema mjesecu u pojedinim klimatskim razdobljima godine. I to se kvantitativno mijenjalo za nekoliko postotaka godišnje na više, gotovo linearno. Naglija odstupanja izazvala bi pojava ili trajnija obustava kakvog velikog kupca-potrošača. I to je bilo to!

U novim okolnostima, u prvi mah, distribucija će se kod masovnije odluke o korištenju OIE na nekom mrežnom potezu ili manjem mjestu suočiti s do sada nepoznatim tehničkim problemom: umjesto da bdije nad ne previše velikim padom napona u mreži, najednom će se pojaviti potreba brige oko sprječavanja previsokog napona. Recimo za podnevna doba ljetnoga radnoga dana, kada je potražnja kućanstava relativno mala (većinom su ukućani na mjestu svojih dnevnih aktivnosti izvan kuće), a proizvodnja većeg broja fotonaponskih sustava, priključenih na jedan ulični vod, velika. Može se dogoditi da presjek niskonaponskog voda nije dovoljan, kako za svladavanje naponske problematike, tako i u odnosu na maksimalne struje koje sada teku prema transformatorskoj stanici, a ne od nje, a možda dođe u pitanje i instalirana snaga uličnog/naseljskog transformatora. Da se ne govori o mogućem djelovanju na električno onečišćenje mreža, emisijom neželjenih viših harmonika iz neoprezno dobavljenih uređaja za proizvodnju električne energije iz OIE.

Dakle, čitav će se pristup kod planiranja, rekonstrukcija, dogradnje i vođenja pogona električnih distribucijskih mreža morati mijenjati. A briga od iznenadne mogućnosti pojave napona na isključenoj mreži radi radova održavanja ili popravaka, koja do sada nije postojala!? Kada je jednom radijalni vod na svome početku bio isključen, do napona na njemu moglo je doći samo ukoliko se križao s nekim drugim vodom pod naponom, pa padne vodič s tog voda na isključeni vod, atmosferskim djelovanjem (udar groma) ili međuinduktivnim djelovanjem s nekog visokonaponskog voda u blizini a da njime baš teče velika struja kvara. Naravno, radi sigurnosti od svih tih dosadašnjih iznenađenja, vod se obvezno uzemljivao prije ručnog dodira njegovih vodiča, ali ... Međutim, u doba sve šire i disperzirane primjene, pa čak i neovlašteno priključenih izvora električne energije na OIE, pažnja će radnika na održavanju i intervencijama morati biti višestruko povećana.

Međutim, dalje izlaganje okrenuto je prijenosnoj električnoj mreži. Operatori (elektro)prijenosnih sustava svih zemalja-članica EU-27, pa i mnogih izvan Unije – praktički sve zemlje koje se kolokvijalno ubrajaju u Europu (vidi sliku 5.16.) – objedinjeni su (međusobno povezani spojnim vodovima visokoga napona) već više od pola stoljeća u UCPTE[33], zatim UCTE[34]. Da bi

[33] UCPTE, Unija za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije, djelovala od 1951–1999.

[34] UCTE, Unija za koordinaciju prijenosa električne energije, djelovala od 1999–2008.

to preraslo u koordinaciju ENTSO-E[35], danas u Europskoj uniji pravno utemeljenu na Direktivi 2009/72/EC o internom tržištu električne energije. S predvidivim, a eventualnim, budućim (ne tako skorim, ali tko zna ...) ciljem: stvaranjem sveeuropske (vele)prijenosne mreže s nadnacionalnim usmjeravanjem izgradnje, a svakako nadnacionalnim vođenjem pogona. I danas su već operatori pojedinih članica obvezni izgraditi ono što je u 10-godišnjem planu razvoja mreže ENTSO-E proglašeno europskim interesom, pod cijenu povećanja nacionalne novčane naknade za prijenos (dakle, recimo, kod nas, u kunama/kilovatsatu). A već više od pola stoljeća koordinira se pogon prijenosnih mreža u europskoj elektroenergetskoj interkonekciji[36].

Prijenosna električna mreža ključni je faktor europske energije budućnosti, zasnovane na tehnologijama proizvodnje električne energije s niskom razinom ugljika. Predviđaju se ulaganja u prijenosnu mrežu od 135 milijarda eura u razdoblju 2007–2030. godine[37] (u ukupno preko 1 600 milijarda eura u cjelokupni elektroenergetski sektor: proizvodnju preko 1 000 milijarda eura i distribuciju preko 400 milijarda) kako bi se pokrio rast potrošnje električne energije, ostvarila zamjena ostarjele mrežne infrastrukture i pojačala integracija nacionalnih elektroenergetskih sustava (međusobna i unutarnja).

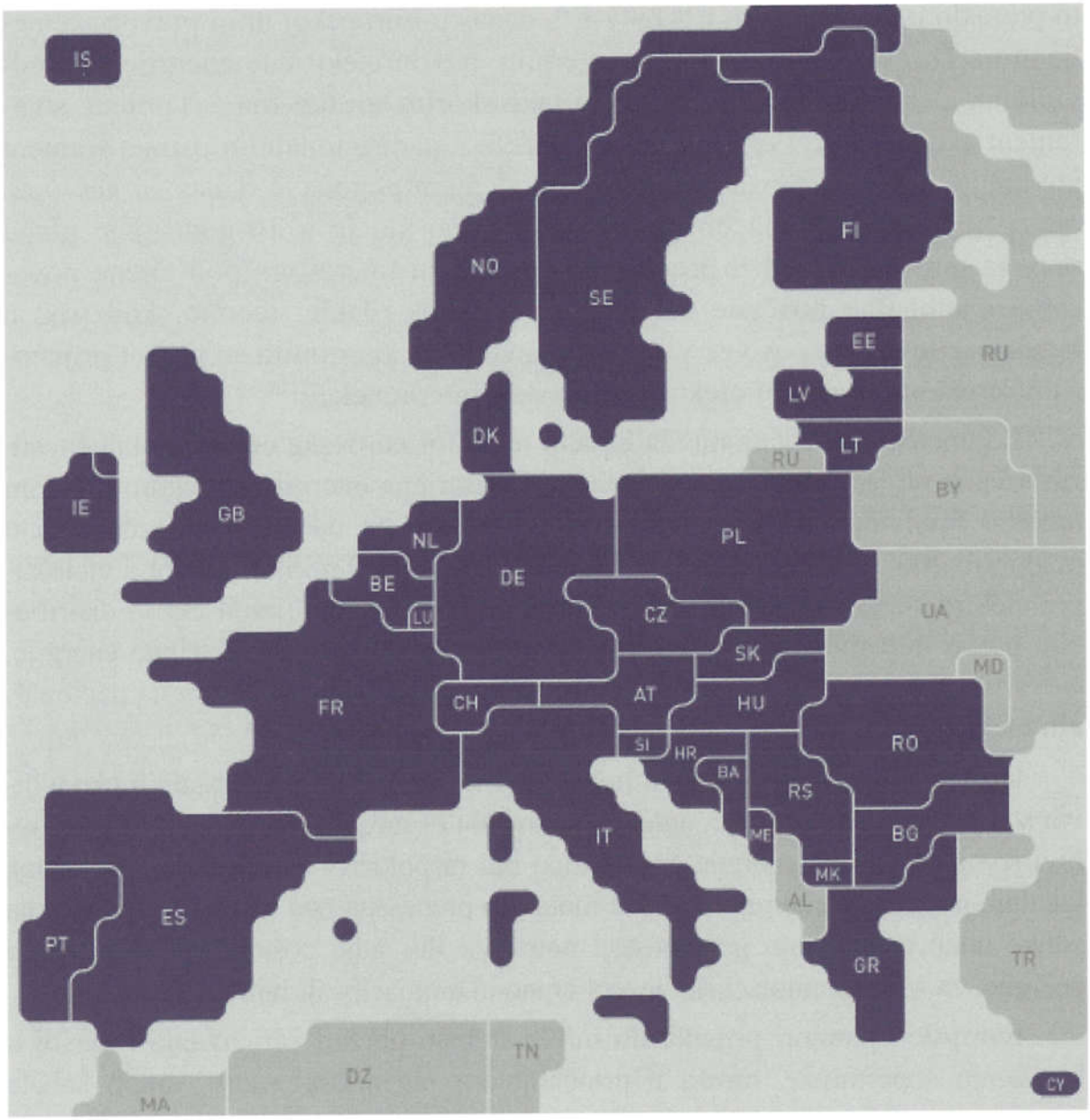
Ulaganja u prijenosnu mrežu trebaju pomoći veliki prodor nestalnih obnovljivih izvora električne energije, uglavnom iz vjetra i sunčanih izvora energije. Obnovljivi izvori električne energije često mogu biti raspoloživi na mjestima gdje nema lokalnih potreba za energijom te ona mora biti prenesena pod visokim naponom na velike udaljenosti, tamo gdje postoji potražnja ili/i gdje postoje velika skladišta energije, za sada akumulacijska jezera crpno-akumulacijskih hidroelektrana.

Europski operatori prijenosnih mreža trebaju ubrzati istraživanja i razvoj u korištenju supermreže, mreža u priobalnom i pučinskom moru, dugih kabela istosmjerne struje, uopće tehnologije prijenosa istosmjernom strujom visokog napona (istosmjerna struja pogodnija je za prijenos velikih snaga na velike udaljenosti od izmjenične) te u korištenje *pametnih mreža* (naglašeno: radi prilagođavanja trenutnog opterećenja s trenutnim mogućnostima angažmana OIE), kao i metode integriranja velikih količina nestalnih izvora električne energije u sustav. Prosječna udaljenost između proizvodnje i potrošnje električne energije povećat će se već u idućih nekoliko godina, a dramatično će se povećati i brze promjene tokova energije u i iz pojedinih sektora elektroenergetskih sustava te se moraju uvoditi poboljšane metode najnovijih hardverskih i softverskih tehnologija.

[35] ENTSO-E, Udruga europskih operatora (elektro)prijenosnih sustava, osnovana 2008.

[36] Interkonekcija je skup međusobno povezanih nacionalnih elektroenergestkih sustava, točnije rečeno skup svih međusobno povezanih regulacijskih područja.

[37] Prema gledanju ENTSO-E.



Slika 5.16. ENTSO-E: zemlje-članice i okruženje

Prijenosne mreže imaju dugi vijek trajanja (preko pedeset godina), čije su projektiranje, izgradnja i održavanje vođeni uz sljedeće sadašnje probleme na europskoj razini:

- Prekogranična razmjena, koja se suočava sa zemljopisnim preprekama (mora, ili primjerice Pirineji i Alpe između Španjolske, Italije i Francuske), ekološkim i društveno-ekonomskim prinudama.
- Liberalizacija tržišta, koja je uzrokovala stalan rast prekogranične razmjene, s posljedicama na mrežna (pre)opterećenja.
- Izostanak integralnog planiranja opskrbe zbog organizacijsko-pravnog razdvajanja proizvodnih i prijenosnih operatora te maksimiziranje prihoda proizvodnje uz ograničene prihode prijenosa.

- Potreba za sveeuropskim regulatornim rješenjima radi financiranja projekata prijenosa od sveeuropskog značaja: interkonekcijskih spojnih vodova i relevantnih unutarnjih vodova.
- Skladištenje energije, vezano uz optimiranje električne mreže s velikim udjelom nestalnih obnovljivih izvora, izravno za pohranu električne energije ili neizravno, dogradnjom sustava postojećih crpno-akumulacijskih hidroelektrana.
- Rast poteškoća oko izgradnje novih nadzemnih vodova, zbog građanskog protivljenja gradnji interkonekcijskih nadzemnih vodova a visokih troškova alternativnih (kabelskih) rješenja.
- Povezivanje nestalnih obnovljivih izvora energije u sustav dovodi do dodatnih investicija ali i inovativnih rješenja u mrežama.
- Masivna integracija nestalnih obnovljivih izvora u sustav smanjuje predvidljivost raspoloživosti izvora te posljedično predvidljivost tokova snaga u mreži.
- Učinkovito povezivanje vjetroelektrana na obalnom i pučinskom moru.

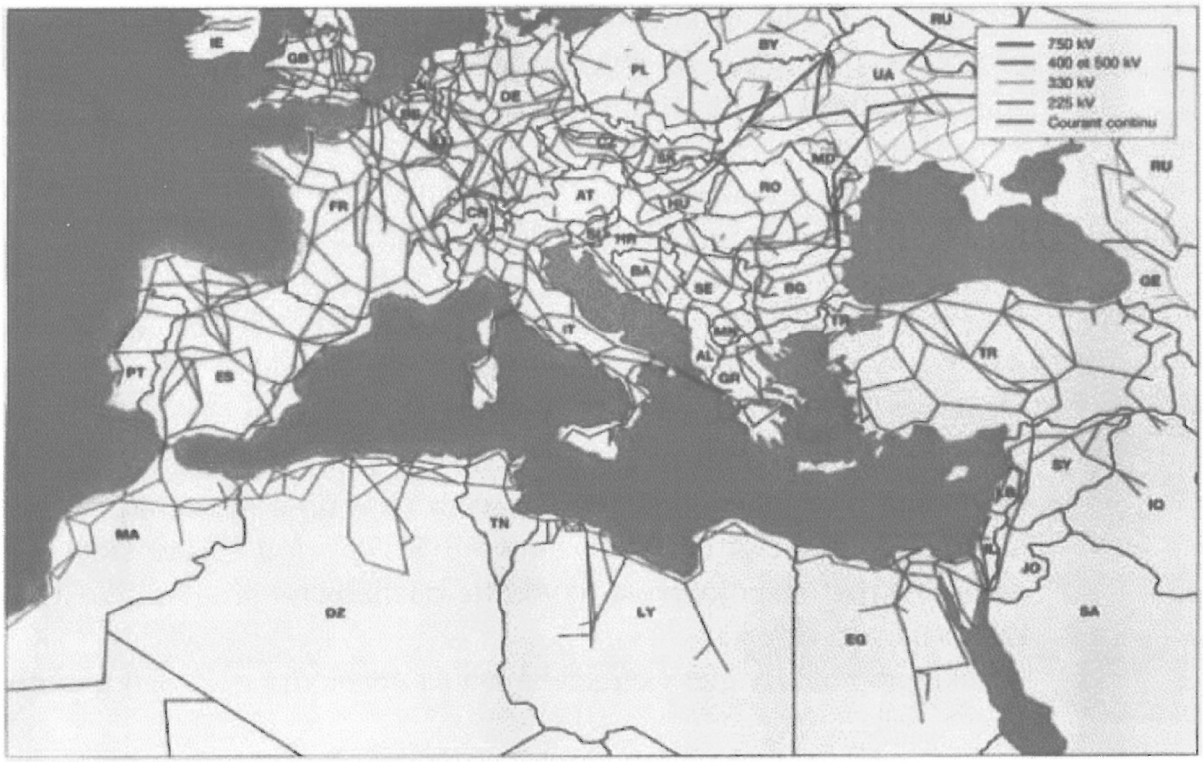
Zanimljivo, a potencijalno moguće buduće rješenje veleprijenosne mreže u Njemačkoj vidi u odjeljku 6.16.

Godine 1991. osnovan je poseban komitet MEDELEC[38] kojem je cilj elektroenergetsko povezivanje oko Mediterana. Već danas u pogonu je veza koja proteže europsku elektroenergetsku interkonekciju na sjeverno-afrički prostor – države Magreba: Maroko, Alžir i Tunis, koje i same čine međusobnu interkonekciju. Dva kabela izmjenične struje napona 400 kV ispod Gibraltara, danas spajaju Španjolsku s Marokom, počevši od 1997. godine. Zemlje Mašrega: Libija, Egipat, Jordan, Libanon i Sirija tvore jedan interkonekcijski blok. Slijedi povezivanje Tunis–Libija te na tursko-sirijskoj granici. Bospor je, inače, danas premošten s četiri voda pod naponom 400 kV, slika 5.17.

Međukontinentalno povezivanje koje time nastaje, omogućilo bi europsko investiranje u korištenje prirodnim energetskim izvorima sjeverne Afrike, u daljoj budućnosti i dublje u Africi – sve do eventualno mogućih ekonomski prihvatljivih budućih sunčanih rješenja masovno instaliranih u ekvatorijalnom području Sahare. Lokalnu korist ostvarile bi lokalne zajednice, ustupanjem dijela proizvedene energije kao i (vrlo važnom) istodobnom proizvodnjom dovoljno količina pitke vode, desalinizacijom morske vode.

Danas funkcionira i svjetska fondacija DESERTEC, koja je osnovana 2009. godine pod geslom: "*Dozračena energija sa Sunca tijekom 6 sati tolika je, koliko svijet potroši u jednoj godini!*" U prvi mah, usredotočena je također na krug oko Sredozemlja (odnosno, kako oni zovu to svoje primarno područje zanimanja: zemlje MENA – zemlje Bliskog istoka i sjeverne Afrike), korištenje saharskih sun-

[38] MEDELEC, Mediteranska udruga poduzeća za opskrbu električnom energijom.



Izvor: MEDELEC

Slika 5.17. Dio mreže ENTSO-E i mreža sjevernoafričkog i bliskoistočnog područja

čanih potencijala, ali je načelno zaokupljena korištenjem *svih* velikih svjetskih pustinjskih predjela za takvo korištenje. Smatra toplinsko-električnu pretvorbu s koncentratorima odlučujućom, kao i istosmjernu tehniku vodova za veleprijenos, međusobni i do Europe te unutar Europe. Dovoljno *čiste* snage moglo bi biti proizvedeno u svjetskim pustinjama i opskrbljivati čovječanstvo s dovoljno električne energije na održivoj osnovi. DESERTEC je integrirani koncept koji uključuje energetsku sigurnost i zaštitu klime, kao i proizvodnju pitke vode, društveno-gospodarski razvoj, sigurnosnu politiku i međunarodnu suradnju.

5.22. Troškovi izgradnje i pogona

Kritični dijelovi mnogih postrojenja za pretvorbu obnovljive energije u koristan oblik spadaju u visoku tehnologiju, u najmanju ruku tu su složeni uređaji za regulaciju i automatizaciju pogona, jer bez njih su efekti znatno sniženi. To čini uređaje zavisnijim od uvoza, složenijim i skupljim te osjetljivijim na održavanje.

Sve to čini obnovljivu energiju još uvijek donekle skûpom: uz – najčešće – čak besplatno "gorivo" – ponekad: relativno velika, skupa i složena postrojenja. Radi veličine tih postrojenja i izloženosti okolini, izražen je i problem njihova elementarnog održavanja: čistoća, podmazivanje, otklanjanje kvarova, zaštita od korozije i sl., hoće li se ostvariti poželjni vijek trajanja i trajna učinkovitost pojedinog uređaja za

prihvat i transformaciju obnovljivog oblika energije. A, opet, radi potrebe rezerve u konvencionalnom sustavu (za većinu obnovljivih izvora) taj je konvencionalni sustav manje iskorišten te je time njegova proizvodnja skuplja.

Naglašava se odmah: troškovi pogona i održavanja postoje kod svih izvora. Neki se mogu ne iskazati, ako su radovi izvedeni u vlastitoj režiji, ali oni teoretski postoje. Investicijski troškovi i troškovi pogona nekih tipičnih elektrana, prikazani su tablicom 5.14, prema [29].

Radi se o podacima ugledne njemačke udruge *VGB PowerTech* iz Essena, koja je osnovana 1920. godine, a akronim znači: **V**erband der **G**roßkessel-**B**esitzer, dakle Udruga vlasnika velikih (parnih) kotlova. Nakon 90 godina postojanja, danas je to neobvezna europska udruga poduzeća za proizvodnju električne energije i topline. Radi se, dakle, o relevantnom izvoru recentnih podataka (s kraja 2011).

Tablica 5.14. Troškovi izgradnje (CAPEX) i troškovi pogona (OPEX) elektrana (stanje: prosinac 2011.)

Tehnologija elektrane	**Vijek trajanja, god.**	**Tipična snaga, MW**	**Trajanje iskorištenja, h/god**	**Stupanj djelovanja, %**	**CAPEX, €/kW**	**OPEX, %/godišnje od investicija**
Fosilna goriva, NE i CAHE						
plinski otvoreni ciklus	25	~250	6000	45	650	3
plinsko-parni proces	25	>400	6000	60	800	2,5
kameni ugljen	35	~800	7500	47	1300	2
lignit	35	~800	7500	47	1400	2
suspaljivanje ugljena i biomase	30	~800	7500	47	1390	2
nuklearna elektrana	40	1600	7900	36	3000	2
crpno-akumulacijska HE	50–60	~250	2500	80	1100–2400	1
Obnovljivi izvori energije						
protočna HE	50–60	20–250	6000	90	1800–2200	1
vjetroelektrana na kopnu	25	2–3	1800	...	1100–1300	3,3
vjetroelektrana, priobalna	25	5	3200	...	2000–2200	4,3
vjetroelektrana, pučinska	25	5	3800	...	2600–3000	5
fotonaponski sustav	25	5 kW–0,5 MW	2000	...	1800–2800	1
koncentrirani sunčani sustav	30	2–50	2800	...	3000–3500	2
elektrana na biomasu	30	<25	7500	~40	2500	2,5

Izvor: VGB, Survey 2012: Investment and Operation Cost Figures, rujan 2012.

Investicijski troškovi (CAPEX) su novčana ulaganja utrošena za izgradnju elektrane, obuhvaćaju sve sustave izvedene "unutar ograde" pa i izgradnju potrebne infrastrukture, dakle predrazvojne troškove, troškove inženjeringa, građevinskih radova, dobave opreme i montažnih radova.

Troškovi pogona (OPEX) sadrže sve rashode koji se odnose na pogon i održavanje elektrana, uključujući rezervne dijelove, pomoćne troškove, troškove osiguranja, troškove radne snage, mrežne pristojbe, poreze i ugovore o održavanju. Iskazani su kao svakogodišnji postoci investicijskih troškova. Troškovi goriva i izdaci za kupnju emisijskih jedinica *nisu* uključeni iskazanim troškovima pogona.

Troškovi pogona kreću se do 1 do 5 % investicijske vrijednosti objekta i plaćaju se svake godine pogona u razdoblju vijeka trajanja elektrane. Najveći su kod pučinskih vjetroelektrana (5 %), a najmanji kod hidroelektrana i fotonaponskih sustava (1 %).

Troškovi goriva, među elektranama na obnovljive izvore, postoje samo kod elektrana na biomasu i procijenjeni su prosječno 100 eura po toni biomase. To predstavlja nešto više nego li investicijski i pogonski troškovi tih elektrana iskazanih po jedinici njihove proizvodnje, dakle gorivo nešto više nego li udvostručuje ukupnu proizvodnu cijenu iskazanu novčanim jedinicama po kilovatsatu, vidi tablicu 5.15. Elektrane na ostale OIE, obuhvaćene tablicom 5.14, tih troškova nemaju.

Elektrane na fosilna goriva moraju plaćati emisijske jedinice (sredinom 2012. godine: 7 eura). Najviše će to dodatno opterećivati (pored investicijskih i pogonskih troškova) cijenu proizvedene električne energije u elektranama na lignit, a najmanje cijenu plinsko-parnih termoelektrana. Omjer tih dodataka, radi emisije CO_2, u cijeni po kilovatsatu proizvedene električne energije elektrana na lignit i plinsko-parnih elektrana je nešto veći od 2.

Uzme li se da je trošak investicija termoelektrane na kameni ugljen 1 300 €/kW, izlazi da pučinske vjetroelektrane koštaju najmanje dvostruko više (2 600 €/kW), a ako su izvedene na kopnu, današnji im je gornji investicijski trošak jednak elektranama na kameni ugljen, a donji investicijski trošak danas je već niži od elektrana na kameni ugljen (1 100 €/kW).

Gornja granica investicijskog troška fotonaponskih sustava danas je na nešto višoj nego dvostrukoj razini (2 800 €/kW) od elektrane na kameni ugljen, a donja granica (1 800 €/kW) za trećinu je viša od elektrana na kameni ugljen.

Inače, još pred oko deset godina investicijski trošak fotonaponske elektrane bio je 6 000–10 000 eura po kilovatu! Dramatični pad dogodio se na tržištu fotonaponskih modula; praktički za 10 godina njihova je cijena više nego prepolovljena. Tome je posljednjih godina pridonijela ogromna kineska ponuda fotonaponskih ćelija, koje kvalitetom odgovaraju europskim zahtjevima – utvrdili su to njemački stručnjaci. Detaljnije o tome vidjeti u odjeljku 6.14.

Danas, krajem jeseni 2012, mogu se na internetu naći ponude kompletnih fotonaponskih sustava (dakle moduli, konstrukcijski nosači, istosmjerno/izmjenični pretvarači i regulacija, bez troškova montaže i mjernih uređaja) po nevjerojatnoj cijeni od oko 1 €/W!

Prema istom izvoru, [29], proizvodna cijena elektrana na obnovljive izvore (dakle kada se investicijski troškovi podijele s vijekom trajanja i svake godine dodaju troškovi pogona), danas (točnije koncem 2011) kretala se u granicama prikazanim tablicom 5.15.

Tablica 5.15. Proizvodne cijene elektrana na obnovljive izvore

Tip elektrane	Proizvodna cijena, €centa/kWh	Opaska
protočne HE	3	
vjetroelektrane na kopnu	9–11	
vjetroelektrane, priobalne	10–11	
vjetroelektrane, pučinske	11–13	
fotonaponski sustavi	12–18	
koncentrirani sunčani sustavi	15–17	
elektrane na biomasu	11	investcijski troškovi i troškovi pogona: 5 €centa/kWh gorivo: 6 €centa/kWh

Izvor: VGB, Survey 2012: Investment and Operation Cost Figures, rujan 2012.

Dakako: investicijski troškovi iskazani su kao da je sav novac potreban za izgradnju bio raspoloživ u vrijeme ulaganja te da se nizašto nije morao podizati kredit. Otplate kamata na eventualno podignute kredite, podizale bi proizvodne cijene, prema visini kreditnog udjela i ugovorenoj kamatnoj stopi. No, to ovim prikazima nije iskazano.

Najmanju proizvodnu cijenu imaju protočne hidroelektrane (3 €centa/kWh), zatim vjetroelektrane na kopnu – donja granica (9 €centa/kWh) te za elektrane na biomasu, uključivo prosječnu cijenu goriva (11 €centa/kWh, uz pretpostavljeni trošak emisije od 30 €/t ispuštenog CO_2). Donja granica fotonaponskih sustava, krajem 2011. godine već je približena toj cijeni (12 €centa/kWh).

Kako je prosječna cijena temeljne električne energije na europskoj elektroenergetskoj tržnici sredinom 2012. godine bila oko 5 €centa/kWh [12], vidi se da cijena proizvodnje iz vjetroelektrana može biti dvostruko veća a cijena proizvodnje iz fotonaponskih sustava i trostruko veća. Naravno, za uvoz s elektroenergetske tržnice moraju se potrošiti devize, a za proizvodnju vjetroelektrana ili fotonaponskih elektrana načelno troše se kune i one u većoj ili manjoj mjeri ostaju u zemlji (osim plaćanja uvoznih komponenata i otplate inozemnih kredita).

Dakako, taj omjer smanjivat će se kako će rasti prosječna proizvodna cijena iz konvencionalnih elektrana, a padati investicijski troškovi i rasti učinkovitost elektrana na obnovljive izvore energije.

Zajamčene otkupne cijene proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora moraju biti poticajno visoke, inače za sada ne bi došla u obzir njihova izgradnja i korištenje. U pravilu, uređene su zakonom ili uredbama u pojedinim zemljama.

Kako se namiruju sredstva potrebna za isplatu elektranama koje koriste obnovljive izvore? U većini zemalja svi kupci električne energije, a ponegdje i kupci drugih oblika energije, plaćaju određenu namjensku naknadu po svakoj kupljenoj jedinici energije koja naknada se koristi isključivo za isplatu poticane proizvodnje u elektranama na obnovljive izvore.

Radi usporedbe, iznose se i proizvodne cijene elektrana na fosilna goriva, NE i CAHE, uključujući i trošak emisije CO_2, ali koji su autori procijenili na 30 eura po toni CO_2, računajući da će u ne baš tako dalekoj budućnosti ona doći na tu razinu, vidi tablicu 5.16.

Tablica 5.16. Proizvodne cijene elektrana na fosilne izvore, NE i CAHE (uračunat trošak emisije, pretpostavljeno 30 eura po toni ispuštenog CO_2)

Tip elektrane	Proizvodna cijena, €centa/kWh	Cijena CO_2	Ukupna cijena
s otvorenim plinskim ciklusom	7,5	1,5	9
plinsko-parna elektrana	6,3	1,3	7,6
na kameni ugljen	4,4	2,6	7
na lignit	3,3	2,8	6,1
suspaljivanje ugljena i biomase	4,8	2,5	7,3
nuklearna elektrana	6,3	0	6,3
crpno-akumulacijska HE*	5,3–11,3	0	5,3–11,3

* Uključivo trošak energije za crpljenje.
Izvor: VGB, Survey 2012: Investment and Operation Cost Figures, rujan 2012.

Proizvodne cijene elektrana na fosilna goriva kreću se od 3,3–7,5 €centa/kWh, dakle njihova proizvodnja je za sada jeftinija od svih elektrana na OIE, osim protočnih HE. Proizvodna cijena nuklearne elektrane izašla je 6,3 €centa/kWh.

Pri tom uspoređivanju proizvodnih cijena nisu uračunati troškovi emisije; oni bi u sadašnje vrijeme (2012) bili 1/4 iskazanih (jer iznose 7 spram 30 €/t, koliko je računato u tablici 5.16). Usput: troškovi emisije po kilovatsatu elektrane na lignit veći su više nego dvostruko od tih troškova plinsko-parne elektrane.

5.23. Naknade za poticanje korištenja obnovljivim izvorima energije

Veći prodor obnovljivih izvora energije u elektroenergetske sustave traži, kako je pokazano, danas, još uvijek, a i u bližoj budućnosti, mnogo novca! Načelno: u većini zemalja uvodi se posebna, svrhovito usmjerena namjenska naknada koja se dodaje cijeni električne energije i tako nastaje fond na državnoj razini iz kojega se onda plaćaju isporuke električne energije proizvođačima, vlasnicima elektrana na obnovljive izvore energije (tzv. *povlaštenim proizvođačima*, negdje ih zovu *kvalificiranim proizvođačima*, dakle, dokumentirano kvalificiranima za tu osobitu proizvodnju).

I jedno i drugo, naknade za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i povlaštene, poticajne tarife za otkup tako proizvedene energije, propisuju nadležna državna tijela.

Za veliki zamah korištenja obnovljivim izvorima energije, kakav je bez presedana ostvaren u Njemačkoj (jedino Belgija ima neke pokazatelje, ali za nijansu, bolje od Njemačke) zaslužne su – istovremeno i neodvojivo: (a) odlučnost da se određeno opredjeljenje do kraja provede i (b) raspolaganja s dovoljno novca za provedbu.

Kako je bilo s novcem za provedbu u Njemačkoj tijekom posljednjih 10 godina? Volje i odlučnosti je bilo, na to ostvareni rezultati ukazuju. Nijemci imaju zakon kojim su uređena praktično sva pitanja vezana uz korištenje obnovljivim izvorima energije, zovu ga EEG (to je akronim za: ***E**rneuerbare-**E**nergien-**G**esetz*, dakle, *Zakon o obnovljivim izvorima energije*, opširnije o EEG vidi odjeljak 6.16.). Obveznici plaćanja naknade za OIE su svi kupci električne energije. (Predviđa se da veliki kupci, ovisno o potrošnji, iskazanoj u nekoliko stepenica, a s velikim udjelom električne energije u svojoj proizvodnji, plaćaju sniženu naknadu od 2013. godine. Opet briga o konkurentnosti domaće proizvodnje!) Opća naknada porast će predvidivo s 3,59 (2012) na 5,28 €centa/kWh u 2013. to je gotovo 50 %-tno povećanje!

Iznesimo tablicu 5.17. prosječnih cijena električne energije za kućanstva u Njemačkoj (uključivo svi porezi i sve naknade) i visinu naknade za OIE, za potrošnju kućanstva od 3 500 kWh/godišnje. (To nije premnogo: hrvatska kućanstva troše prosječno preko 4 000 kWh/god)

Tablica 5.17. Cijene električne energije za kućanstva u Njemačkoj i naknada za OIE

Opis	2002.	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	rast %
A	16,11	17,19	17,96	18,66	19,46	20,64	21,65	23,21	23,69	24,95	25,74	5,24
B	0,35	0,42	0,51	0,69	0,88	1,03	1,16	1,31	2,05	3,53	3,59	27,27
C	2,2	2,5	2,8	3,7	4,5	5,0	5,4	5,7	8,6	14,2	14,0	–

A prosječna cijena električne energije za kućanstva, uključivo sve poreze i naknade (€centa/kWh)
B naknada za obnovljive izvore energije (€centa/kWh)
C udio naknade za OIE u cijeni električne energije u postocima; $C = 100 \cdot B/A$
Izvor: BDEW, Udruga njemačkog energetskog i vodnog gospodarstva

Kako je finalna potrošnja električne energije 2010. godine bila u Njemačkoj oko 530 TWh, to je ukupno za OIE pribavljeno oko 11 milijarda eura! Solidna svota – za taj novac moglo bi se izgraditi (samo da se dobije osjećaj o kojemu se tu novcu radi) vjetroelektrana ukupne snage 10 gigavata, vjetroelektrana na kopnu po najnižoj investicijskoj cijeni. Pretpostavi li se najnovije vjetroagregate pojedinačnih snaga 5 MW, tada bi se moglo izgraditi takvih 2 000 novih agregata – u jednoj godini. No, taj novac ne služi toj svrsi, njime se plaća otkup proizvedene energije iz poticanih obnovljivih izvora energije (nisu ni kod Njemaca sve elektrane na OIE poticane).

Dok je prosječna godišnja stopa rasta cijena električne energije za kućanstva u Njemačkoj bila nešto viša od 5 % (!), dotle je godišnja stopa rasta naknade za OIE bila čak nešto veća od 27 %. Tako je udio naknade za OIE u cijeni s 1,4 % u 2000. godini, porastao na 14 % u 2012. godini.

U Njemačkoj se već godinama plaća i poseban porez, koji bi trebao voditi štedljivijem i prigušenijem rastu potrošnje električne energije i prirodnog plina. tzv. *eko*-porez. Visina mu se nije mijenjala već deset godina i iznosi 2,05 €centa/kWh.

U Austriji se prikupljanje naknade za korištenje elektrana na obnovljive izvore energije plaća jedinstvenim jednokratnim godišnjim paušalom. Austrijanci tu naknadu službeno nazivaju *paušalom po brojilu* (jer se doista plaća po svakom kupčevu brojilu). Ovisi o naponskoj razini priključka kupca-potrošača na mrežu. Za razdoblje 2012–2014. godine ona je utvrđena kao u tablici 5.18.

Dakle, radi se doista o simboličkom iznosu za kupce na niskom naponu. Pretpostavimo li da kućanstva godišnje troše 3 500 kWh, izlazi da je prosječni iznos naknade po kilovatsatu jednak 0,32 €centa/kWh. To je ipak približno peterostruko više od naknade kupaca u Hrvatskoj, koji danas tu naknadu plaćaju – kao što će se u nastavku vidjeti – 0,5 lipa/kWh, dakle oko 0,07 €centa/kWh.

Tablica 5.18. Godišnji paušalni iznos naknade za korištenje OIE u Austriji (€/god)

Opis	Paušal
kupci na visokom naponu ≥110 kV	35000
kupci na srednjem naponu (SN), 10–30 kV	5200
kupci na NN-strani transformatora SN/NN	320
kupci na mreži niskog napona (NN)	11

Izvor: www.e-control.at

Kako stoji s tom naknadom u Hrvatskoj? U Hrvatskoj bi vjerojatno manjkalo novca kada bi bilo njemačke odlučnosti i efikasnosti u provedbi (provedbi bilo čega, doista, bilo čega; nikako ne samo opredjeljenja o obnovljivim izvorima energije). Međutim u prvi mah bilo je planirano da novca u Hrvatskoj za tu svrhu bude ali nije bilo spremnosti da se on utroši.

Od 1. srpnja 2007. godine svi hrvatski kupci električne energije plaćaju naknadu za poticanje korištenja obnovljivim izvorima energije i kogeneracije, sukladno posebnoj Uredbi o naknadi (vidi odjeljak 4.2.). Naknada prema izvornoj uredbi i ona koja je mijenjana dopunama izvorne uredbe mijenjala se prema tablici 5.19.

Tablica 5.19. Naknade za poticanje OIE i kogeneracije u Hrvatskoj (lipa/kWh)

Opis	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.
Prema izvornoj Uredbi	0,89	1,98	2,71	3,50	–	–
Prema dopunama Uredbe	0,89	0,89	0,89	0,50	0,50	0,50

Izvor: Uredba o naknadi ... (NN 33/2007) i njezine dopune, posljednja u NN 144/2011.

Dakle, Uredba je izvorno predviđala postupna – ali čak relativno nagla – povećanja naknade. Zakonodavac se, dakle, pobrinuo, da bude dovoljno novca, barem u početnim godinama primjene Uredbe. Zamišljalo se, da se nakon 2010. godine sagleda dokle se stiglo, pa se ili ubrza ili donekle uspori dalji rast naknade. Međutim, pokazalo se da se prikupilo više sredstava nego li je bilo potrošeno za plaćanje preuzete energije iz poticanih postrojenja, stoga što je izgradnja postrojenja za korištenje OIE i kogeneracije značajno podbacila i značajno podbacuje sve do danas, tako da je između početka 2010. godine pa do isteka cijele 2012. godine utvrđena snižena naknada od 0,5 lipa/kWh. Dodajmo: nisu sredstva prikupljena naknadom jedini izvor punjenja *kase,* koja se formira u Hrvatskom operatoru tržišta energije (HROTE) za plaćanje otkupa poticane proizvodnje iz OIE. Više od toga čine plaćanja opskrbljivača HROTE-u za obvezno (propisano uredbom [13] iz odjeljka 4.2.) preuzetu proizvodnju iz OIE po prosječnoj proizvodnoj cijeni konvencionalne proizvodnje. Time se opskrbljivači novčano ne terete većom cijenom od one pri kojoj prosječno dobavljaju energiju za svoje kupce, a razlika do poticane cijene po kojoj HROTE otkupljuje proizvodnju iz pojedinih OIE namiruje se naknadom.

5.24. Otkupne cijene električne energije iz obnovljivih izvora energije

Europske države, pogotovo 15 članica *stare* Europske unije (EU-15), već deset-petnaest posljednjih godina ili u nešto kraćem razdoblju, uvele su tzv. poticajne cijene za zajamčeni otkup električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije, tijekom zajamčenog trajanja, točnije iz nekonvencionalnih izvora, jer proizvodnju u velikim hidroelektranama ne potiču takvom cijenom. Trebalo bi točnije, dakle, govoriti o cijenama iz nekonvencionalnih izvora, ali se uvriježilo zakonodavno govorenje o obnovljivim izvorima, pak i ovaj autor čini tome ustupak. Granica između malih i velikih hidroelektrana je u pravilu 10 MW instalirane snage; tako je prihvaćeno i u hrvatskome zakonodavnom gledanju. Poticajne cijene trebale bi sanirati objektivno – za sada – višu cijenu proizvodnje u nekonvencionalnim elektranama spram objektivno niže proizvodne cijene – također: za sada – u konvencionalnim elektranama.

U tablicama iznosi se – radi primjera i možebitne usporedbe – pregled tih cijena u Austriji (tablica 5.20.) i Hrvatskoj (tablica 5.21.), uz opaske da je Hrvatska prikazana prema tarifnom sustavu za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije iz 2012. godine [31].

Tablica 5.20. Otkupne cijene električne energije iz postrojenja na obnovljive izvore u Austriji 2012. godine

Tip postrojenja	Trajanje (godina)	€centa/kWh		kuna/kWh	
		najviša	najniža	najviša	najniža
fotonaponske elektrane, integrirane*	13	27,60	23,00	2,07	1,73
fotonaponske elektrane, na slobodnom*	13	25,00	19,00	1,88	1,43
male hidroelektrane**	–	–	–	–	–
vjetroelektrane	13	9,50		0,71	
elektrane na šumsko-poljoprivrednu biomasu	15	14,98	10,00	1,12	0,75
geotermalne elektrane	13	7,50		0,56	
elektrane na bioplin	15	18,50	13,00	1,39	0,98
elektrane na otpad	15	5,00	3,00	0,38	0,23
elektrane na tekuća biogoriva	15	5,80	2,00	0,44	0,15
elektrane na deponijski i kanalski plin	13	6,00	5,00	0,45	0,38

* FN-sustavi do 5 kW koriste jednokratnu investicijsku subvenciju.
** Poticanje malih HE riješeno je investicijskim subvencioniranjem.
Primijenjeni tečaj za preračun austrijskih izvornih podataka: 1 euro = 7,5 kuna.
Izvor: www.e-control.at

Tablica 5.21. Otkupne cijene električne energije iz postrojenja na obnovljive izvore u Hrvatskoj 2012. godine

Tip postrojenja	Trajanje, god	kn/kWh		€centa/kWh	
		najviša	najniža	najviša	najniža
Snaga ≤1 MW					
fotonaponske elektrane, integrirane ≤300 kW	14	2,63	1,65	35,06	22,00
fotonaponske elektrane, na slobodnom	14	1,10		14,67	
FN-elektrane[1], uz korištenje toplinskog sustava	14	3,16	1,70	42,13	22,67
FN-elektrane, na slobodnom[2]	14	2,00		26,67	
male hidroelektrane	14	1,20	0,60	16,00	8,00
vjetroelektrane	14	0,72		9,60	
elektrane na šumsko-poljoprivrednu biomasu[3]	14	1,30	1,20	17,33	16,00
geotermalne elektrane	14	1,20		16,00	
elektrane na bioplin	14	1,42	1,20	18,93	16,00
elektrane na tekuća biogoriva	14	PPC[4]		7,07	
elektrane na deponijski i kanalski plin	14	PPC[4]		7,07	
elektrane na ostale obnovljive izvore	14	PPC[4]		7,07	
Snaga > 1 MW					
male hidroelektrane	14	1,00	0,57	13,33	7,60
vjetroelektrane	14	0,71		9,47	
elektrane na šumsko-poljoprivrednu biomasu[3]	14	1,20	0,90	16,00	12,00
geotermalne elektrane	14	1,20		16,00	
elektrane na bioplin	14	1,42	1,20	18,93	16,00
elektrane na tekuća biogoriva	14	PPC[4]		7,07	
elektrane na deponijski i kanalski plin	14	PPC[4]		7,07	
elektrane na ostale obnovljive izvore	14	PPC[4]		7,07	

[1] Integrirane FN-elektrane, uz korištenje topline pomoću OIE u zgradi na kojoj je FN-sustav.
[2] Ali u dvorištu zgrade na kojoj nema FN-sustava, snage ≤10 kW.
[3] Isključujući komunalni otpad.
[4] PPC prosječna proizvodna cijena električne energije; 6.6.2012. iznosila je 0,53 kn/kWh.
Primijenjeni tečaj za preračun hrvatskih izvornih podataka: 1 euro = 7,5 kuna.
Izvor: Tarifni sustav (NN 63/2012)

U tim tablicama navedene su granične cijene, najviša i najniža, stoga što u tarifnim sustavima cijene za pojedine tipove postrojenja ovise o instaliranoj snazi agregata (niža snaga – nešto viša otkupna cijena) a – za male HE – i o godišnjoj proizvodnji (opet manja proizvodnja – nešto viša otkupna cijena).

Tablica 5.22. Otkupne cijene električne energije iz nekih postrojenja na obnovljive izvore u Njemačkoj i Francuskoj 2012. godine

Vrsta elektrane	Njemačka		Francuska	
	Trajanje otkupa, god	Otkupna cijena, €centa/kWh	Trajanje otkupa, god	Otkupna cijena, €centa/kWh
fotonaponske elektrane	20	18,36[od 1.10.2012.]	20	38,80[do 31.3.2012.]
vjetroelektrane početno	20	8,93+0,48[do 2015.]	15	8,2
vjetroelektrane naknadno		4,87		2,8–8,2
elektrane na biomasu	20	14,30*–6,00*	20	4,34*
elektrane na bioplin			15	13,37*–11,9*

* Moguć bonus na osnovnu cijenu, vidi dalje.

Zadovoljavajući je odnos hrvatskih spram austrijskih cijena u pogledu vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana, međutim hrvatska otkupna cijena malih FN-sustava do 10 kW snage nepotrebno je pretjerana! Dobro je što su otkupne cijene elektrana na biomasu nešto veće od austrijskih – one se *moraju jače poticati*, ponajprije što primjerenijom otkupnom cijenom.

Ipak, hrvatske su ukupne otkupne cijene postavljene u prosjeku nešto više od austrijskih. Na to se može gledati s dva stajališta: (a) dobro je što su u Hrvatskoj nešto više – bit će intenzivniji poticaj ulagačima da se što više *otvore* takvom investiranju, ali i (b) ne bi li hrvatskom ukupnom društvenom bogatstvu bile primjerenije nešto niže otkupne cijene!? U Austriji se, ukupno gledano, otkupne cijene kreću između 5 i 25 €centa/kWh, u Hrvatskoj između 7 i 35 €centa/kWh. Dakle, to je – za sada i sada – i 5 do 7 puta skuplje od tekuće cijene temeljne energije na europskom elektroenergetskom tržištu (oko 5 €centa/kWh).

Prikazuju se i otkupne cijene iz elektrana na OIE u Njemačkoj i Francuskoj, ali samo za integrirane fotonaponske elektrane najnižih snaga, dakle do 10 kW (Njemačka) ili do 9 kW (Francuska), za vjetroelektrane na kopnu te granične otkupne cijene za elektrane na biomasu i bioplin prema njihovim snagama (Njemačka) i bez obzira na snagu (biomasa, Francuska) i ovisno o snazi (bioplin, Francuska). Za sve vrste tih elektrana, navode se i trajanja zajamčenog razdoblja otkupa, tablica 5.22.

Otkupne cijene iz fotonaponskih elektrana, Nijemci od 1. travnja 2012. usklađuju svakog mjeseca! Još 30. ožujka 2012. ta je cijena bila 24,43 €centa/kWh, da bi danas[39] dospjela na 18,36 €centa/kWh[40], a već idući

[39] Ovaj dio teksta autor piše 4. listopada 2012.

[40] Uz tamošnju sadašnju prosječnu maloprodajnu cijenu za kućanstva od 25,74 €centa/kWh.

mjesec bit će niža. Važno je: ta cijena odnosi se na fotonaponsku proizvodnju stvarno plasiranu u mrežu. Za vlastito potrošeni dio fotonaponske proizvodnje, u vlastitom kućanstvu, postoji također poticajna cijena – posljednjih godinu-dvije dana (prije nije postojala!), ali ona je niža, iznosi oko 1/3 cijene iz tablice 5.22.

U Njemačkoj za vjetroelektrane imaju jednu cijenu za prvih pet godina pogona, a drugu za preostalih do 15 godina (trajanje zajamčena okupa tamo je protegnuto na 20 godina). Cijena iz početnih pet godina (viša) produljuje se u primjeni obrnuto proporcionalno godišnjem trajanju iskorištenja instalirane snage vjetroelektrane (više godišnje proizvodnje – kraće trajanje povrata ulaganja!). Međutim, imaju još i sistemski dodatak koji će se isplaćivati do 2015. godine.

Proizvodnja iz biomase i bioplina otkupljuje se po višoj cijeni za manje snage, do 150 kW, a po dosta sniženoj cijeni za velike snage, preko 5 MW. Biomasa i bioplin u Njemačkoj imaju bonus ukoliko se radi o kogeneracijskim postrojenjima, ovisno o snazi od 2,5 €centa/kWh (snage preko 5 MW) do 6 €centa/kWh (snage do 500 kW). Od 1. siječnja 2012. uvedena je poticajna otkupna cijena od 25 €centa/kWh za mala postrojenja na bioplin, do 75 kW.[!]

U Francuskoj se otkupne cijene fotonaponske proizvodnje usklađuju tromjesečno, tako da je iskazana cijena u tablici 5.22. vrijedila u prvom tromjesečju 2012. Početna otkupna cijena za vjetroelektrane kod Francuza vrijedi prvih 10 godina pogona, a slijedećih 5 godina, vrijedi cijena između 2,8 i 8,2 €centa/kWh, ovisno o povoljnosti lokacije vjetroelektrane za veću ili manju proizvodnju. Proizvodnja iz biomase ima osnovnu otkupnu cijenu neovisno o snazi elektrane, ali se tome dodaje bonus između 7,71 i 12,53 €centa/kWh, ovisno o snazi, vrsti goriva i energetskoj učinkovitosti. Bioplinskim postrojenjima u Francuskoj otkupna cijena ovisi o snazi, a imaju i bonus između 0 i 4 €centa/kWh, ovisno o energetskoj učinkovitosti te bonus, ukoliko se radi o stajskom gnoju između 0 i 2,5 €centa/kWh.

Neizbježno je očekivati rast europske burzovne cijene električne energije u predstojećem razdoblju, jer će potražnja rasti a mogućnosti isporuke opadati, cijene proizvodnje na bazi ugljika će rasti zbog povećanja cijena goriva i zbog obveznog kupovanja emisijskih jedinica, no treba se nadati i sve nižim cijenama otkupa iz obnovljivih izvora, radi tehnoloških poboljšanja, sve diverzificiranije proizvodnje i sve većih proizvodnih serija opreme za korištenje obnovljivim izvorima energije (prisjetiti se treba samo najskorijeg *booma* u dramatičnom sniženju cijena fotonaponskih modula).

5.25. Hrvatska i obnovljivi izvori energije, zaključni komentar

Uvodno: barem podjednako značajno kao poticanje korištenja obnovljivim izvorima, ovaj autor smatra otvorenost javnosti i energetske struke prema *korištenju ugljenom* u Hrvatskoj (dakako i prema *korištenju nuklearnom energijom* i prema što *učinkovitijem korištenju* svekolike energije).

Prema tzv. *Zelenoj knjizi* (Prilagodba i nadogradnja strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske [10]), predviđa se da udio ugljena u 2020. godini bude oko 7 % u bilanci ukupne potrošnje energije (podjednak današnjem!). Do te se godine u svijetu ne sagledava lom porasta korištenja ugljenom; sada je njegova potrošnja na razini 27 % ukupne potrošnje energije. Godine 2010. ostvaren je udjel ugljena u zemljama EU-27 od 16 % i doista blago opada, ali unutar razdoblja od dvadesetak posljednjih godina (naravno, jer naglo raste udio OIE!). Je li dobro odmjereno da mi u 2020. godini postignemo bitno manji udio ugljena od onog koji imaju te zemlje danas (imale one vlastitog ugljena ili ne, bile one turističke zemlje ili ne)? Pretjerano izlaganje uvoznom plinu apsolutno je nerazborito (osobito za njegovu pretvorbu u električnu energiju; njega treba naglašeno usmjeravati izravno u finalnu potrošnju)! Vidjeti o tome primjer Danske u odjeljku 6.11.

Sadašnje poznate svjetske *rezerve ugljena* svojim energetskim sadržajem čine oko 2/3 ukupnih rezerva fosilnih goriva, a sadašnja svjetska potrošnja ugljena čini samo 1/3 godišnje potrošnje fosilnih goriva te će nestašica ugljena nastupiti znatno kasnije od nestašice ostalih fosilnih goriva.

Ugljen je *najpravednije* raspoređen po Zemljinoj površini; tri najveća svjetska izvoznika ugljena: Australija, Sjeverna Amerika i Južna Afrika pripadaju međusobno udaljenim i praktički neovisnim geostrateškim područjima. Oko 1/3 svjetske trgovine ugljenom predstavlja uvoz u zemlje Europske unije te je Europa fizičkim i poslovnim prometnim ustrojstvom bitno *okrenuta* ugljenu.

Cijena ugljena od svjetske energetske krize najstabilnija je među fosilnim gorivima. U doba zenita cijena (1985), kada je plin bio 8,5 puta skuplji nego u 1973. godini, nafta je bila oko 7,5 puta skuplja, a ugljen nešto ispod 3 puta.

U 10 europskih zemalja (Danska, Njemačka, Grčka, Irska, Poljska, Slovenija, Španjolska i Ujedinjeno Kraljevstvo, Češka, Bugarska) ugljen je vodeće gorivo u termoelektranama s udjelom većim od 35 %. Europske sredozemne zemlje (Španjolska, Francuska, Italija, Grčka) koriste se prednošću što *imaju more*, pa s instaliranih 40 000 MW na obali, koriste oko četvrtinu ukupnog europskoga uvoza energetskog ugljena [10].

Prema [39], sadašnja instalirana snaga svih elektrana u Europskoj uniji je oko 900 GW, a predvidiva dogradnja u razdoblju do 2020. godine je snage oko 280 GW. U toj dogradnji predviđa se da elektrane na ugljen predstavljaju 17,7 % ukupne snage. U Njemačkoj, toj predvodnici korištenja OIE u Europi (pa i svi-

jetu), također se do 2020. godine predviđa izgradnja 15 termoelektrana na ugljen u ukupno predviđenih 69 novih elektrana snage veće od 20 MW, prema sagledavanju BDEW (Njemačke savezne udruge za energetsko i vodno gospodarstvo) iz travnja 2012. [40].

Naravno, ugljen ima i dvije bitne mane: visoka emisija CO_2 kod izgaranja u elektranama i nezaobilazni snažni otpor javnosti prema njegovu korištenju.

No, što je s OIE?

Hrvatska danas koristi obnovljive izvore energije udjelom od 14,6 % u bruto potrošnji finalne energije, a prosjek za EU-27 je 12,5 %. Europa se u 2010. približila zadanom cilju za 2020. godinu sa 63 % a Hrvatska sa 73 %.

Ali: Hrvatska je u 2010. godini ostvarila bruto domaći proizvod od 14500 eura/stanovniku a zemlje Europske unije u cjelini ostvaruju 24500 eura/stanovniku (prema paritetu kupovne moći, podaci *Eurostata*). Prosječne mogućnosti EU-27 da izdvaja sredstva za poticanje obnovljivih izvora energije su oko 1,7 puta veće (shvaćene po stanovniku), a najbogatijih zemalja (Belgije, Danske, Finske, Njemačke, Nizozemske, Austrije, Švedske, Ujedinjenog Kraljevstva, ...) su više od dva puta veće. Veći je dio njih (Belgija, Njemačka, Nizozemska, Ujedinjeno Kraljevstvo) znatnije udaljen u sadašnjem ostvarenju svog cilja za 2020. godinu od nas, tablica 3.3.

Naglašenijim poticanjem trebalo bi u Hrvatskoj favorizirati razborito izabrane segmente, primjerice: toplinsko korištenje Sunčevim zračenjem masovnim korištenjem kolektora u priobalnom pojasu. Ili: ogrjevnog drva u šumskim područjima, kao i biomase, biodizela, bioplina i otpada te geotermalne energije, jer njihov potencijal danas dijelom zapravo propada, a njihovo korištenje jedino doista umanjuje potrebnu izgradnju u konvencionalnom energetskom sustavu (k tome, ogrjevno drvo i geotermalna energija mogu se finalno koristiti, bez prethodne transformacije prirodnog oblika energije).

Radi potpunijeg razumijevanja zalaganja o mogućim projektima za široku javnost, iznosi se nekoliko primjera.

Početkom svake školske godine, distribuiranje letka upućenog svim učiteljima u osnovnim školama, kojim ih se upućuje da u okviru nastave o prirodi, pouče učenike osnovnoj priči o energiji (na tom letku je naravno iznesena ta priča; za njezin sadržaj trebalo bi raspisati natječaj i pomno izabrati najbolje rješenje). Uporna *energetska edukacija* je uvijek raspoloživa, a nepretjerano rastrošna mjera za kojom bi trebalo posezati od vrtića i osnovne škole – do odraslih u proizvodnji, uslugama, upravi, kućanstvima i javnim medijima. Nevjerojatno je koliko je *površnosti i elementarnog energetskog neznanja* prisutno u najčešće dobronamjernim ali neutemeljenim javnim zalaganjima u energetskom sektoru.

Sve potrošačke šaltere u svim distribucijskim jedinicama HEP-a i plina opskrbiti obveznim policama na kojima su izloženi slogovi letaka o energiji,

učinkovitom korištenju energije te o obnovljivim izvorima, koji su pomno sadržajno fundirani i atraktivno vizualno oblikovani, u jednom ustaljenom logotipu te kontinuirano osvježavani novim i dopunskim izdanjima. Isto činiti i na internetskim stranicama HEP-a i plinskih poduzeća.

Korisnike državnog proračuna i energetske tvrtke trebalo bi obvezati na učinkovito korištenje energijom u vlastitom poslovanju, kako bi se osiguralo *najšire emitiranje poruka o energetskoj suzdržljivosti vlastitim primjerom* (primjerice: korištenje štedljivim sijalicama, nerastrošno korištenje *suzdržljivo izabranim* automobilima, favoriziranje korištenja javnim prijevozom, posvemašnje korištenje informatičkom tehnologijom za komuniciranje uz izbjegavanje putovanja ili korištenje kvalitetnom toplinskom izolacijom zgrada).

Osigurati bi trebalo u svakoj priobalnoj općini jedan besplatni komplet potrebne opreme, besplatnu izradu projekta te davanje savjeta i nadzora pri montaži, koju bi dobrovoljno izvelo jedno kućanstvo, ugrađujući kolektorski sustav za zagrijavanje sanitarne tople vode korištenjem Sunčeva zračenja. Naći prikladan način izbora tog kućanstva, između dobrovoljno prijavljenih interesenata; to provući kroz narednih pet godina (dakle svake godine pokriti petinu općina). *Ovaj autor smatra ključnom masovno kolektorsko korištenje Sunca u Dalmaciji, prije nego što se tamo razbukta plinifikacija.* Svaka općina morala bi donijeti odluku o eventualnoj zabrani primjene kolektora u povijesno-zaštićenim urbanim mjesnim cjelinama i na takvim pojedinačnim objektima.

Poticati Vladu Republike Hrvatske da propiše *minimalnu energetsku učinkovitost* koju moraju postizati proizvodi koji koriste energiju ako se namjeravaju staviti na tržište u Hrvatskoj. Nije dovoljna oznaka energetske učinkovitosti, za čije stavljanje je uvedena obveza u 2007. godini.

Poticanje *recikliranja* (staklo, papir, aluminij, bijeli lim, umjetne mase) i *višekratnog korištenja materijalom* (primjerice naglašeniji povratak na korištenje staklenom ambalažom za pića i mlijeko), kao jedne od mjera učinkovitijeg korištenja energijom i smanjenja štetnih emisija. Poput uspješno uvedenog prikupljanja staklenih i plastičnih boca, od početka 2007. godine.

Naprosto bi neke *društvene obveze ili olakšice trebalo povezati s dohodovnom energetskom učinkovitošću* subjekta tih obveza ili olakšica.

Zbog snažnog razvojnog favoriziranja plina, treba se čuvati da se *plinifikacijom nesmotreno ne istisne ogrjevno drvo* (udio ogrjevnog drva od 5,9 % (1990) opao je na 4,4 % (2010) u primarnoj energetskoj bilanci) u malim mjestima Gorskog kotara, Like i drugim tradicionalno šumskim područjima, u kojima je korištenje ogrjevnim drvom još danas etablirano. U takvim područjima bi trebalo uščuvati korištenje ogrjevnim drvom: poticati modernizaciju zagrijavanja, atraktivniju pripremu ogrjevnog drva (npr. briketiranje) i bolju organizaciju njegove distribucije (ili sudjelovati u njegovoj dobavi stanovitim poticajnim udjelom u cijeni, zašto ne?).

Na svim područjima obnove nakon ratnih razaranja nastalo je stotinjak tisuća stanova u stanju elementarne građevinske obnovljenosti koja se zgotovljava – u pravilu – na isti način: bez završne obrade fasade te bi dobro došla posvemašnja akcija oko poticanja završne obrade takvih fasada sa zahtjevnom toplinskom izolacijom. Naprosto je prilika da se, bez velika odgađanja, donese Vladino rješenje prema kojemu se *stimulira povećana toplinska izolacija pri obnovi zgrada nakon ratne razorenosti*, jer bi se time postigao ukupni državni interes.

U vezi s promicanjem korištenja obnovljivim izvorima energije u Hrvatskoj, korisno bi bilo provesti multidisciplinarno istraživanje o razlozima hrvatskog potpuno neefikasnog ostvarivanja bilo čega. Još bolje: o načinu kakva uspješnog i efektnog ostvarenja društvenog nastojanja u Hrvatskoj (tu je iznimka: uspješna provedba prikupljanja plastičnih i staklenih boca!).

Ovaj autor smatra da su hrvatskom mentalitetu primjereni uporno ponavljani, malobrojni po vrstama a na što širem frontu provođeni, dobro i ciljano izabrani, razumljivi i jednostavni, praktični primjeri učinkovitog korištenja energijom i korištenja nekonvencionalnim/obnovljivim izvorima. Dakako: i stanovitom – makar minimalnom – novčanom stimulacijom (kao primjerice 50 lipa za svaku vraćenu bocu). Najvažnijim u promociji, izdvaja se *potreba formiranja javnog stava o prestižnosti takvih primjera* (jer jedino time, ovaj autor može protumačiti doista ogromni zamah primjene satelitskih TV-prijemnika ili – moguće još bolji primjer – mobitela u Hrvatskoj).

I, konačno: kako ubrzati prodor korištenja obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj (kao, uostalom, i svuda drugdje)?

Prvo: što većim prigušivanjem ukupne potrošnje energije, povećanjem energetske učinkovitosti i razboritim korištenjem energije (primjerice, prirodni plin usmjeravati što više u izravnu toplinsku potrošnju), to će – elementarno – povećavati vrijednost razlomka kojem su u brojniku korištenje OIE a u nazivniku ukupna potrošnja energije.

Drugo: izgraditi dovoljno snage na stalne izvore energije u konvencionalnim elektranama (te elektranama i elektranama-toplanama na biomasu), kako bi bili dovoljna rezerva elektranama na nestalne obnovljive izvore energije – na prvi pogled paradoksalno, ali je tako: za veći prodor OIE nužna je i veća istodobna dogradnja konvencionalnih elektrana! Maksimalno iskoristiti moguću izgradnju crpno-akumulacijskih hidroelektrana.

Treće: odlučno ići u primjenu pametnih mreža[41], kako bi one omogućile izmicanje dijela opterećenja iz razdoblja smanjene raspoloživosti elektrana na nestalne izvore energije u razdoblja njihove povećane raspoloživosti.

[41] Opširnije o pametnim mrežama vidi u odjeljku 6.20.

Literatura uz 5. poglavlje

[1] H. Požar: *Izvori energije*. SNL-Zagreb, 1980.

[2] D. Krpan-Lisica: *Osnove energetike*. HINUS-Zagreb, 2001.

[3] B. Udovičić: *Energetski sustavi u globalizaciji i slobodnom tržištu*. Kigen-Zagreb, 2004.

[4] D. Feretić, Ž. Tomšić, D. Škanata, N. Čavlina, D. Subašić: *Elektrane i okoliš*. Sveučilište u Zagrebu, 2000.

[5] V. Knapp i P. Kulišić: *Novi izvori energije*. Školska knjiga – Zagreb, 1985.

[6] *Key World Energy Statistics 2011*. IEA (www.iea.org)

[7] H. Požar: *Snaga i energija u elektroenergetskim sistemima*, ZJE, Beograd, 1966.

[8] Eurostat (epp.eurostat.ec.europa.eu)

[9] *Energija u Hrvatskoj 2005. do MMX*. Ministarstvo gospodarstva i Energetski institut Hrvoje Požar-Zagreb, 2006.

[10] *Prilagodba i nadogradnja strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske* (*Zelena knjiga*), Ministarstvo gospodarstva, 2008.

[11] *Strategija energetskog razvoja Republike Hrvatske*. NN 130/2009.

[12] www.e-control.at

[13] www.bdew.de

[14] *Design and operation of power systems with large amounts of wind power*, IEA Wind task 25, 2009.

[15] www.german-renewable-energy.com

[16] M. Đurišević, V. Šunde, Ž. Jakopović: *Ovisnost djelotvornosti hibridnog naponsko-toplinskog sunčanog kolektora o upotrijebljenim materijalima*, FER – Zagreb

[17] *Hohe Kapazitätsauslastung im deutschen Strommarkt*, www.strom.de/14.11.2006.

[18] D. Labudović i dr.: *Osnove primjene biomase*, EM-Zagreb, 2012.

[19] ec.europa.eu/16.11.2007.

[20] *Heating and cooling from renewable energies*, Directorate Genaral Transport and Energy, EU Commission, 15.6.2007.

[21] *Energy Analysis of Power Systems*, UIC/Australija, 2006. www.uic.com.au/29.5.2007

[22] Odluka o prihvaćanju Petog nacionalnog izvješća Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (NN 24/2010)

[23] D. Labudović i dr.: *Osnove primjene dizalica topline*, EM-Zagreb, 2009.

[24] M. Kalea: *Električna energija*. Kigen-Zagreb, 2007.

[25] M. Kalea: *Prednosti i mane nekonvencionalnih izvora energije*. Elektroenergetika 2/2008.

[26] M. Kalea: *Mogući udio vjetroelektrana u namirenju vršnog opterećenja elektroenergetskoga sustava*, Savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, 2011.

[27] M. Kalea: *Snaga i energija elektrana na obnovljive izvore*, izlaganje na Okruglom stolu HAZU i HRO CIGRE, Zagreb, 2012.

[28] Direktiva 2009/72/EC o internom tržištu električne energije

[29] VGB, Survey 2012: *Investment and Operation Cost Figures*, rujan 2012.

[30] HROTE: *Odluke o korekciji zatečenih otkupnih cijena za OIE iz 2008–2011. godine*

[31] *Uredba o naknadama za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije* (NN 33/07 i NN 144/2011)

[32] *Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije* (NN 63/2012)

[33] B. Diekmann, K. Heinloth: *Energie*. 2. Auflage. Teubner, Stuttgart 1997

[34] *Erneuerbare Energien und das EEG*, BDEW, 2011.

[35] M. Subramanian: *Global Energy Reserves*, Tamil Nadu, India, 2010.

[36] M. Kalea: *Prijenos električne energije, što je to*?. Kigen-Zagreb, 2006.

[37] M. Lovrić: *Izvješće o proizvodnji vjetroelektrana* siječanj-kolovoz 2012.

[38] www.sunnyportal.com/Templates/PublicPagesPlantList.aspx

[39] VGB, *Zahlen und Fakten zur Stromerzeugung 2011/2012*, rujan 2011.

[40] BDEW, *69 Kraftwerke bis 2020 geplant*, travanj 2012.