

1

Elektroenergetski sustav

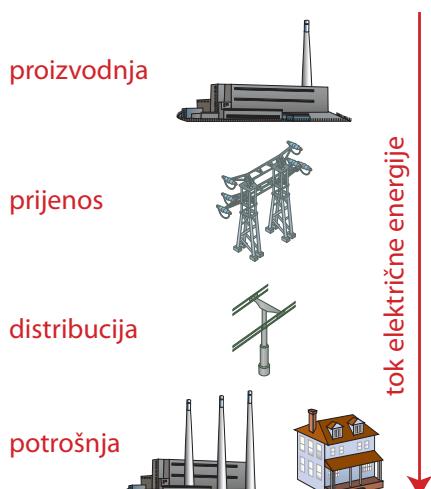
Ključni pojmovi

elektroenergetika
elektroprivreda
UCTE
elektrana
rasklopno postrojenje
energetski transformator
vod
potrošač
operator prijenosnog sustava
dnevni dijagram opterećenja
restrukturiranje
privatizacija
deregulacija
liberalizacija
prirodni monopol
javna usluga
operator distribucijskog sustava
obnovljivi izvori energije

Ciljevi

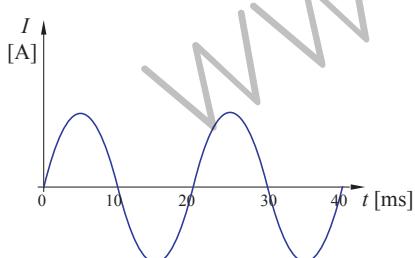
Nabrojiti dijelove elektroenergetskog sustava.
Spoznati svrhu povezivanja elektroenergetskih sustava.
Objasniti ulogu elektrana, vodova, transformatora i potrošača u elektroenergetskom sustavu.
Upoznati strukturu potrošnje električne energije u Hrvatskoj i njezine razloge.
Objasniti dnevni dijagram opterećenja.
Upoznati pojmove vezane za restrukturiranje elektroenergetskog sustava.
Nabrojiti razloge restrukturiranja elektroenergetskih sustava.
Navesti razloge subvencioniranja obnovljivih izvora energije.

1.1. Dijelovi elektroenergetskog sustava



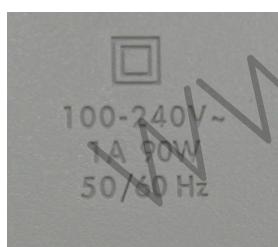
Slika 1.1

Dijelovi elektroenergetskog sustava



Slika 1.2

Sinusni valni oblik struje



Slika 1.3

Ovaj uređaj može raditi i na frekvenciji 50 i 60 Hz te na izmjeničnom naponu 100 do 240 V

Elektroenergetski sustav je složeni sustav koji dostavlja električnu energiju u domove, tvornice i svugdje gdje je ona potrebna.

Elektroenergetskim sustavima bavi se grana znanosti koja se naziva elektroenergetika.

Elektroenergetika je područje elektrotehnike u kojem se izučavaju i unaprjeđuju područja proizvodnje, prijenosa, razdiobe i korištenja električne energije, kao i problemi gospodarenja električnom energijom.

Privredna grana koja se bavi problemima proizvodnje, prijenosa, distribucije i potrošnje električne energije naziva se **elektroprivreda**. Njezin temeljni cilj je isporuka električne energije potrošačima uz osiguranje propisane kvalitete, sigurnosti i pouzdanosti, uz minimalne vlastite troškove.

Danas se elektrane rijetko grade kao izolirana postrojenja, već su готовo redovito dio **velikog elektroenergetskog sustava** koji, osim elektrana za proizvodnju električne energije, sadrži i rasklopna postrojenja za razvod i transformaciju električne energije, vodove za prijenos i razdiobu električne energije te trošila koja pretvaraju električnu energiju u korisne oblike energije. Udrživanje elektrana, potrošača, vodova i ostalih spomenutih elemenata u elektroenergetski sustav doprinosi sigurnosti opskrbe. Primjerice, ako u sustavu postoji samo jedna elektrana i ona se pokvari, ili se pokvari vod kojim je ta elektrana povezana s ostatkom sustava, potrošači u tom sustavu sigurno ostaju bez napajanja.

Elektroenergetski sustav najčešće se sastoji od četiri jasno odvojene cjeline (slika 1.1):

1. **Proizvodnja električne energije** – električna energija proizvodi se u elektranama.

2. **Prijenos električne energije** – za prijenos električne energije na velike udaljenosti primjenjuje se visoki napon zbog što manjih gubitaka. U Europi prijenosna mreža uglavnom podrazumijeva 110 kV i više naponske razine.

3. **Distribucija električne energije** – ima ulogu raspodjele električne energije krajnjim korisnicima, koristi se napon niži od 110 kV.

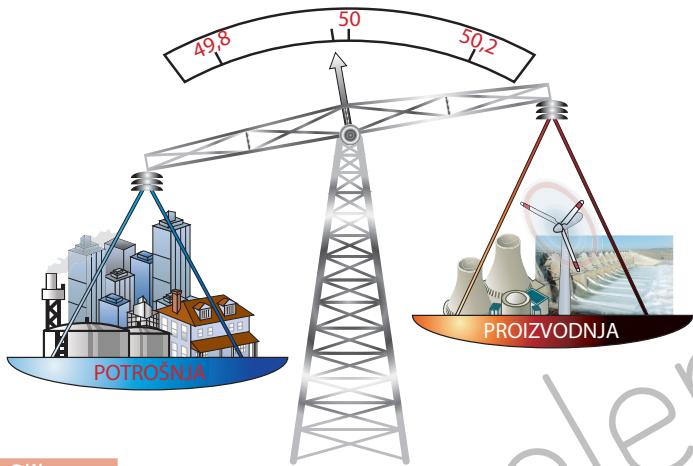
4. **Potrošnja električne energije** – raspodijeljena je na veliki broj krajnjih potrošača koji se pretežito napajaju faznim naponom od **230 V** u Europi, a u SAD-u i još nekim zemljama koristi se napon od **110 V**.

Poznato je da je električna struja u elektroenergetskim sustavima **izmjenična**, što znači da val ima oblik **sinusoide** (slika 1.2). Duljina jednog sinusnog vala određuje **frekvenciju** elektroenergetskog sustava. **Nazivna frekvencija** europskih elektroenergetskih sustava iznosi **50 Hz**. To znači da se u jednoj sekundi ponovi 50 sinusnih valova i da jedan val traje **20 ms**. Vrlo je važno da ta frekvencija uvek iznosi 50 Hz jer su uređaji u elektroenergetskom sustavu projektirani za rad na točno toj frekvenciji. Značajnijim odstupanjem frekvencije od nazivne vrijednosti električni uređaji radili bi neučinkovito i neispravno ili bi se pokvarili. Stoga je na svakom električnom uređaju istaknuto za koju je frekvenciju predviđen (slika 1.3).

Važno je znati da nemaju svi elektroenergetski sustavi frekvenciju 50 Hz. Naime, u Velikoj Britaniji i SAD-u nazivna frekvencija iznosi **60 Hz**.

Frekvencija u elektroenergetskom sustavu stabilna je u slučaju jednakosti **proizvodnje i potrošnje** u svakom trenutku, uzimajući u obzir i gubitke u mreži:

$$\sum \text{PROIZVODNJE} = \sum \text{POTROŠNJE} + \sum \text{GUBITAKA}$$



Slika 1.4

Operator prijenosnog sustava uravnovežuje proizvodnju i potrošnju električne energije

Zanemarujući gubitke, ako je proizvodnja veća od potrošnje, frekvencija će rasti iznad 50 Hz, a ako je proizvodnja manja od potrošnje, frekvencija će pasti ispod 50 Hz. U slučaju identične proizvodnje i potrošnje frekvencija iznosi točno 50 Hz (slika 1.4). S obzirom da se ne zna kada će koji potrošač biti uključen ili isključen, održavanje frekvencije na točno 50 Hz izrazito je složen zadatak.

Naravno, frekvencija se ne može održavati savršenom, ali odstupanja moraju biti unutar dopuštenih granica. Za održavanje frekvencije hrvatskog elektroenergetskog sustava unutar zadanih granica brine se **Operator prijenosnog sustava**.

U elektroenergetskom sustavu ostale će elektrane povećati proizvodnju kako bi nadomjestile ispad elektrane koja se pokvarila. Iz toga se razloga većina europskih zemalja udružila u zajednički elektroenergetski sustav **UCTE** (engl. *UCTE - Union for the Coordination of Transmission of Electricity*), čije su zemlje članice prikazane na slici 1.5. Zemlje članice UCTE sustava međusobno se pomažu i nadomeštaju nedostatak električne energije. UCTE je ogroman elektroenergetski sustav koji električnom energijom snabdijeva preko **450 milijuna ljudi**.

U UCTE sustavu dopušteno odstupanje frekvencije od nazivne vrijednosti iznosi **$\pm 1\%$** , odnosno **$\pm 50 \text{ mHz}$** .



Slika 1.5

Zemlje članice UCTE sustava

Interkonekcija predstavlja spajanje elektroenergetskih sustava u jedan veći, kao što je UCTE. Bivša Jugoslavija je 1974. g. postala dio tog velikog evropskog elektroenergetskog sustava. Međutim, na samom početku Domovinskog rata, 1991. g., uništena je transformatorska stanica Ernestinovo koja je bila povezana s transformatorskom stanicom Mladost u Srbiji te se UCTE sustav raspao na dvije zone jer u to vrijeme Poljska, Češka, Slovačka, Mađarska, Rumunjska i Bugarska nisu bile dio UCTE sustava. 2004. g., nakon obnavljanja transformatorske stanice Ernestinovo, provedena je rekonekcija i gotovo čitava Europa ponovno je povezana u veliki elektroenergetski sustav.

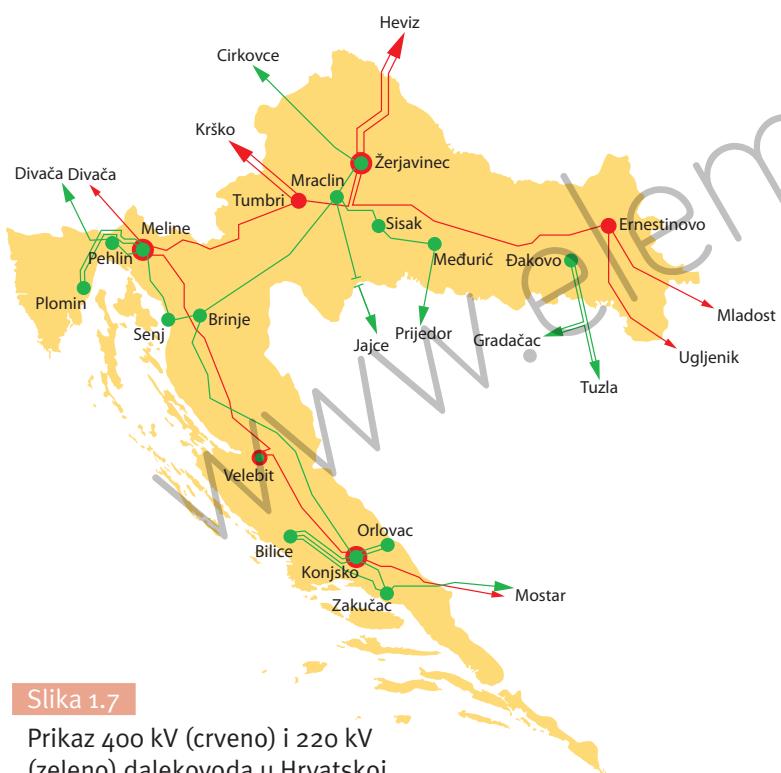
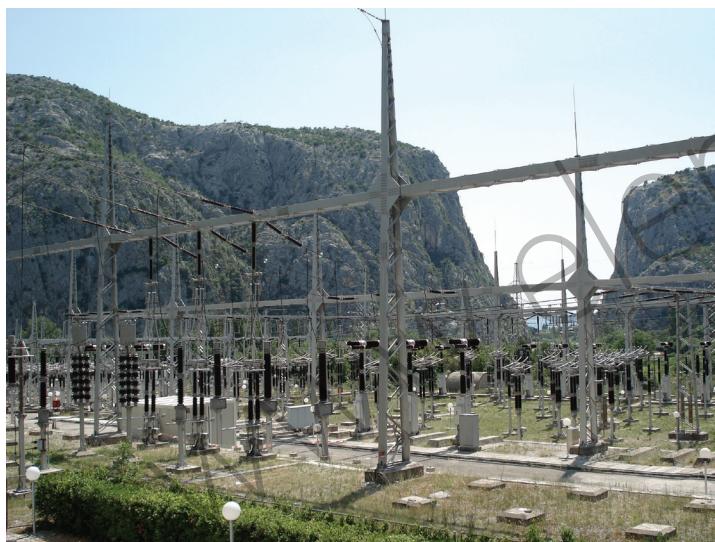
Elektrane

Elektrane su postrojenja za proizvodnju električne energije.

Električna energija ne može se **skladištitи** pa u svakom trenutku količina proizvedene električne energije mora biti jednaka količini potrošene električne energije. S obzirom da se ne može utjecati na količinu električne energije koja se troši, njezina proizvodnja u elektranama mora se stalno **prilagođavati potrošnji**. Stoga je osnovni zadatak elektrana proizvodnja upravo one količine električne energije koju potrošači trenutno troše, kako bi frekvencija elektroenergetskog sustava ostala unutar granica sigurnog rada sustava.

Slika 1.6

Rasklopno postrojenje hidroelektrane Zakučac



Slika 1.7

Prikaz 400 kV (crveno) i 220 kV (zeleno) dalekovoda u Hrvatskoj

Za pogon generatora koji proizvode električnu energiju u elektranama koriste se **pogonski strojevi**. U hidroelektranama su to vodne turbine, u termoelektranama i nuklearnim elektranama parne ili plinske turbine, a u vjetroelektranama vjetroturbine. Osim u generatorima, električna energija može se proizvoditi i u fotonaponskim celijama.

S obzirom da energija ne može nastati niti nestati, nego samo mijenjati oblike, za proizvodnju električne energije, potrebno je trošiti druge oblike energije. Tako se, primjerice, u hidroelektranama koristi potencijalna energija vode, u termoelektranama kemijska, nuklearna ili unutarnja kalorička energija, a u vjetroelektranama kinetička energija vjetra.

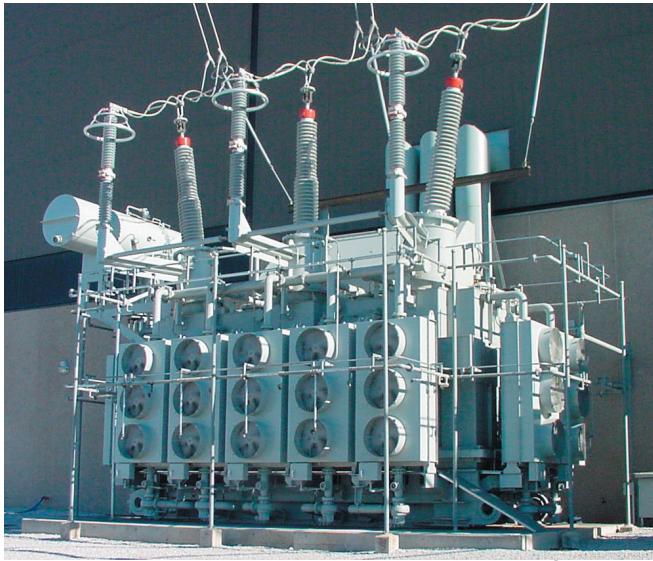
Rasklopna postrojenja

U svakom čvoru elektronefetskog sustava u pravilu postoji **rasklopna postrojenje** koje sadrži sklopne aparate, uređaje za zaštitu, mjerjenje, upravljanje i signalizaciju (slika 1.6).

U Hrvatskoj je najviša naponska razina **400 kV**, koja je prisutna u **6** rasklopnih postrojenja. Dalekovodi naponske razine 400 kV, koji povezuju ta rasklopna postrojenja, čine okosnicu hrvatskog elektroenergetskog sustava (slika 1.7).

Ukoliko u čvoru sustava, osim grananja, postoji i transformacija električne energije, rasklopna postrojenja sadrže i transformatore pa se u tom slučaju upotrebljava naziv transformatorska stanica.

Transformatorske stanice su objekti u kojima se nalaze transformatori, ali i dodatna oprema potrebna za siguran i pouzdan rad transformatora i elektroenergetskog sustava općenito. Naime, kvar u transformatorskoj stanici može uzrokovati velike probleme u većem dijelu elektroenergetskog sustava pa je posebnu pažnju potreban obratiti dizajniranju transformatorskih stanica.



Slika 1.8

Energetski trofazni transformator

U elektroenergetici transformator (slika 1.8) se upotrebjava kada je potrebno povećati, odnosno smanjiti iznos napona, ali postoje i transformatori kojima je moguće mijenjati kut napona. S obzirom da transformator ne daje niti uzima snagu, prema jednadžbi za snagu $P = U \cdot I$, ukoliko se promijeni iznos napona, obrnuto proporcionalno mijenja se i iznos struje.

Sljedeći primjer slikovito objašnjava svrhu korištenja transformatora u elektroenergetici:

$$U_1 = 400 \text{ kV}$$

$$U_2 = 0,4 \text{ kV}$$

$$I_1 = 1 \text{ A}$$

$$I_2 = 1000 \text{ A}$$

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 0,4 \text{ MW}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = 0,4 \text{ MW}$$

Budući da je $P_1 = P_2$, u oba slučaja snaga je jednaka, no struja i napon su tisuću puta veći, odnosno manji.

Električna energija prenosi se od elektrana do potrošača vodovima koji se zbog prolaska struje kroz njih zagrijavaju, a gubici su, prema **Jouleovom zakonu**, proporcionalni kvadratu struje i otporu vodiča:

$$Q = U \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

gdje je:

Q	J	energija disipirana zbog zagrijavanja vodiča
U	V	napon
I	A	struja
R	Ω	otpor
t	s	vrijeme

Gubici nastali prolaskom električne struje disipiraju se u okolini u obliku topline. S obzirom da **gubici rastu s kvadratom struje**, dvostruko veća struja kroz vodič uzrokuje četiri puta veće gubitke. Stoga je u elektroenergetici od navedena dva slučaja bolji prvi jer su gubici u prijenosu električne energije manji zbog manjeg iznosa struje. To je posebno važno kod dugačkih dalekovoda kojima se prenosi velika količina električne energije. Zato se u elektroenergetici teži transformatorima povećati iznos napona električne energije odmah nakon njezine proizvodnje u elektrani. Potom se električna energija visokonaponskim vodovima prenosi do centara potrošnje, gdje se napon električne energije transformatorima postupno smanjuje do iznosa koji zahtijevaju potrošači električne energije (u kućanstvima je to 230 V).

Vodovi

Vodovi podrazumijevaju **nadzemne vodove**, koji se koriste izvan naselja i **kabele**, koji se u naseljima najčešće ukopavaju u zemlju, iako se mogu i nadzemno razvlačiti. Kabeli se polažu i na morsko dno.

Vodovi i kabeli za prijenos električne energije načinjeni su od **bakra** ili **aluminija** jer su to materijali koji imaju malen električni otpor i time stvaraju najmanje gubitke prilikom protjecanja električne struje. Bakar je bolji vodič, ali je skuplj i teži od aluminija, pa se, osim u kućanskim instalacijama, uglavnom koriste aluminijski vodiči.

Visokonaponskim prijenosnim vodovima (slika 1.9), naponskih razina 110 kV i više, električna se energija prenosi do velikih, visokonaponskih transformatorskih stanica u kojima se transformira na niže naponske razine (35, 20, 10 ili 6 kV).



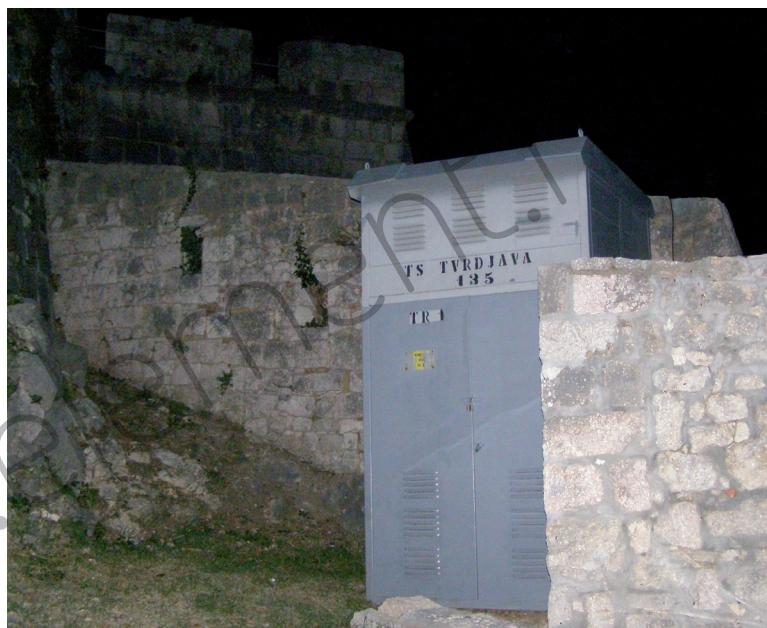
Slika 1.9

Visokonaponski prijenosni dalekovod



Slika 1.10

Distribucijski vod



Slika 1.11

Distribucijska transformatorska stanica na Kninskoj tvrđavi



Slika 1.12

Električno brojilo za kućanstva



Slika 1.13a

Rastalni ulošci osigurača

Potrošači

Potrošači su uređaji, motori i aparati u kojima se električna energija pretvara u korisne oblike energije.

Korisni oblici energije su mehanički rad, toplinska, kemijska te rasvjetna energija. Oni su neophodni za održavanje modernog ljudskog života i aktivnosti.

Kako bi se mogla obračunati potrošnja pojedinog potrošača, električna energija prolazi kroz **brojilo** (slika 1.12) koje bilježi potrošene kWh električne energije. Na temelju stanja brojila potrošači plaćaju potrošenu električnu energiju.

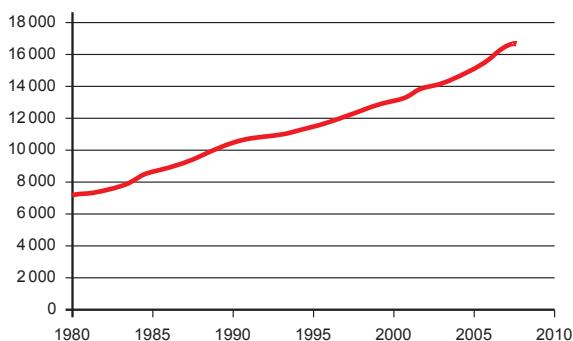


Slika 1.13b

Automatski osigurači

Prije razvoda električnih kabela po objektu, u svrhu zaštite ljudi, zaštite od požara i preopterećenja vodova, postavljaju se zaštitni uređaji - **osigurači**. Osigurači ograničavaju maksimalni iznos struje kroz kabele pa se tako električni uređaji i njihovi korisnici štite u slučaju kvarova. Osigurači s rastalnim uloškom (slika 1.13a) u slučaju kvara u instalaciji ili u nekom od trošila pregore i moraju se zamjeniti, dok **automatski osigurači** (slika 1.13b) samo isključe potrošača i za ponovno uspostavljanje strujnog kruga dovoljno je podići preklopku na njima.

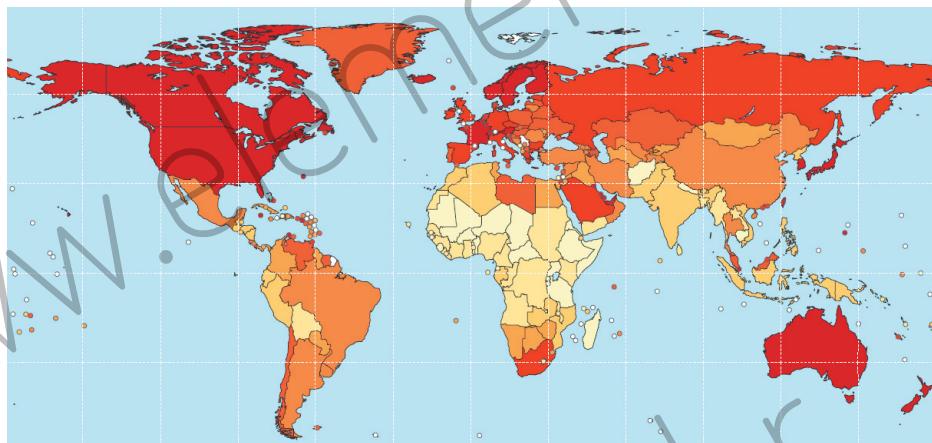
1.2. Potrebe za električnom energijom



Slika 1.14

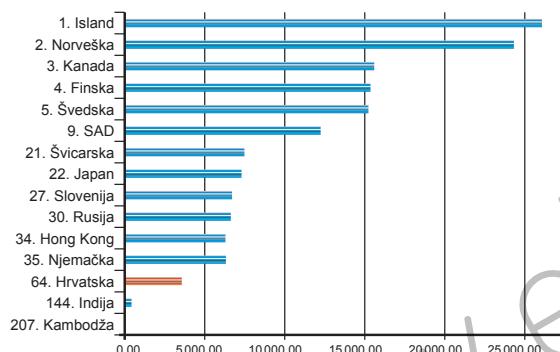
Potrošnja električne energije u svijetu u miliardama kWh godišnje

Svjetsko stanovništvo iznimno je ovisno o električnoj energiji. Gotovo svi uređaji kojima se svakodnevno koristimo troše električnu energiju i stoga je život bez nje nezamisliv. Slika 1.14 prikazuje povećanje potrošnje električne energije u svijetu. Budući da ona omogućuje kvalitetniji i lagodniji život, najviše električne energije troše najrazvijenije zemlje, što prikazuje slika 1.15. Najviše električne energije po stanovniku troši Island, čak 26 000 kWh. Zatim slijede Norveška i Kanada. Ostale skandinavske zemlje također su u samome vrhu. Hrvatska se nalazi na 64. mjestu s godišnjom potrošnjom od 3 678 kWh po stanovniku (slika 1.16).



Slika 1.15

Potrošnja električne energije u svijetu (crvenom bojom označene su zemlje koje troše najviše električne energije, a bijelom one koje troše najmanje)

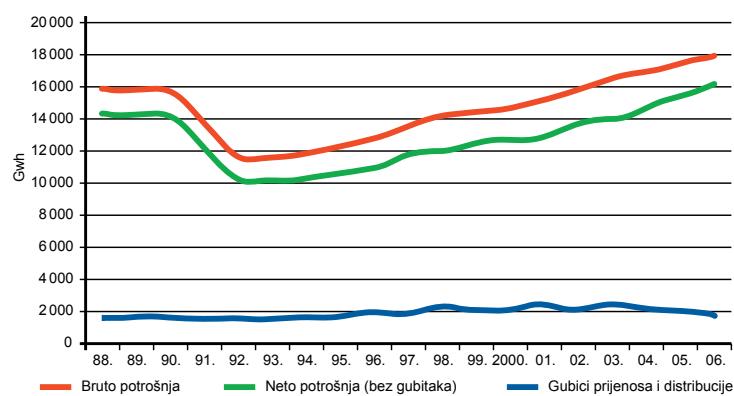


Slika 1.16

Godišnja potrošnja električne energije po stanovniku za odabранe zemlje u kWh

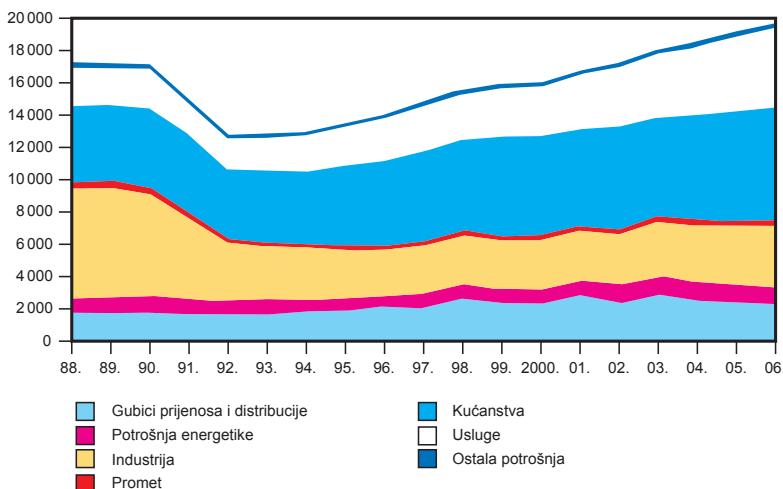
Električna energija u Hrvatskoj

Krivilja potrošnje električne energije u Hrvatskoj vrlo je specifična (slika 1.17). Naime, uslijed ratnih zbivanja, potrošnja električne energije značajno se smanjila početkom devedesetih godina prošlog stoljeća, da bi tek 2002. godine dosegla prijeratnu razinu. Iako se posljednjih godina primjećuje smanjenje gubitaka prijenosa i distribucije električne energije, taj iznos je još uvijek veći od 10%. Smanjenje ovog postotka rezultiralo bi znatnim energetskim uštedama.



Slika 1.17

Potrošnja električne energije u Hrvatskoj u GWh



Slika 1.18

Struktura potrošnje električne energije u Hrvatskoj

Vrsta elektrana	Raspoloživa snaga [MW]	Udio [%]	Električna energija predana u mrežu u 2006. g. [GWh]
Hidroelektrane	2 056	49	6 070
Termoelektrane	1 589	37	5 436
Nuklearna elektrana Krško (50 %)	348	8	2 645
Industrijske termoelektrane	210	5	24
Elektrane na obnovljive izvore	23	1	37
Ukupno	4 226	100	14 212

Tablica 1.1

Kapaciteti za proizvodnju električne energije u Hrvatskoj

Slika 1.18 prikazuje veliki zaokret u strukturi potrošnje električne energije u Hrvatskoj. Naime, prije rata je industrijska potrošnja imala znatan udio u ukupnoj potrošnji električne energije, dok se danas njen udio sve više smanjuje, a povećavaju se udjeli potrošnje kućanstava i uslužnih djelatnosti. Ovaj podatak je najbolji pokazatelj smanjenja industrijske proizvodnje u Hrvatskoj i okretanju uslužnim djelatnostima (trgovini, turizmu i sl.). Takav trend je prisutan i u ostalim razvijenim zemljama.

Instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije u Hrvatskoj iznose preko 4 200 MW, a obuhvaćaju hidroelektrane i termoelektrane u sastavu Hrvatske Elektroprivrede (uključujući i polovicu nuklearne elektrane Krško), manji broj industrijskih termoelektrana, te nekoliko elektrana na obnovljive izvore u privatnom vlasništvu.

Najveći dio električne energije u Hrvatskoj, više od polovice, dobiva se iz hidroelektrana, zatim iz termoelektrana, a manji dio iz industrijskih elektrana, koje proizvedenu električnu energiju koriste za potrebe vlastitog industrijskog procesa, te iz obnovljivih izvora (tablica 1.1). Hrvatska polovica nuklearne elektrane Krško najčešće se ubraja među termoelektrane pa je zaključak da Hrvatska ima podjednak instalirani kapacitet u termoelektranama i hidroelektranama, a da obnovljivi izvori još nemaju značajnu ulogu u proizvodnji električne energije u Hrvatskoj.

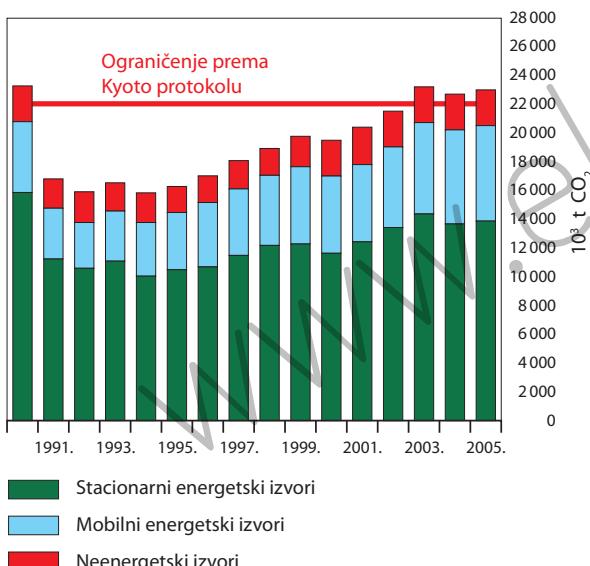
Slika 1.19 prikazuje lokacije značajnih elektrana u Hrvatskoj. Primjetno je da su Dalmatinska Zagora i Lika bogate hidropotencijalom, a hidroelektrane su građene i na rijeci Dravi. Termoelektrane su građene u blizini velikih gradova, blizu središta potrošnje električne energije. Od obnovljivih izvora značajne su vjetroelektrane na otoku Pagu i kraj Šibenika. Predviđene lokacije za obnovljive izvore energije, prvenstveno vjetroelektrane i solarne elektrane, uglavnom su u primorskoj Hrvatskoj. Korištenjem obnovljivih izvora povećava se energetska neovisnost države i donekle se ublažavaju energetski problemi. No potrebno je naglasiti da obnovljivi izvori energije rade u prosjeku 2 000 - 3 000 sati godišnje, dok je u ostalom razdoblju nužno koristiti klasične izvore električne energije.

Iako vrhunac potrošnje električne energije u Hrvatskoj iznosi oko **3 300 MW**, što je manje od instaliranog kapaciteta, preko **20 %** potrošene električne energije u Hrvatskoj se uvozi. Razlog je privremena nedostupnost nekih elektrana zbog održavanja, a često je jeftinije uvoziti električnu energiju iz stranih elektrana, posebice nuklearnih, nego proizvoditi vlastitu iz neučinkovitih elektrana na mazut (TE Sisak, TE Rijeka, TE TO Zagreb). Nadalje, dio termoelektrana kao gorivo koristi plin, čije su nestašice u zimskom razdoblju relativno česte.



Slika 1.19

Lokacije značajnih elektrana u Hrvatskoj



Slika 1.20

Izvori emisija CO₂ u Hrvatskoj i zadovoljenje uvjeta Kyoto protokola

Iako se u Hrvatskoj sve više uđaže u **obnovljive izvore energije**, prvenstveno vjetroelektrane i solarne elektrane, sve je veći raskorak između proizvodnje i potrošnje električne energije. S obzirom da se plinske elektrane i termoelektrane grade nekoliko godina, a nuklearne i do 8 godina, potrebitno je donijeti jasne ciljeve oko gradnje budućih elektroenergetskih objekata jer će u protivnom energetska strategija Hrvatske, po kojoj se udio električne energije iz uvoza treba smanjiti na nulu, predstavljati samo nedostižnu želju.

Jedna od bitnih stavki u pregovorima za ulazak u Europsku Uniju je i poštivanje odredbi **Kyoto protokola**. Naime, Hrvatski Sabor **ratificirao** je Kyoto protokol 27. travnja 2007. godine i tako je Hrvatska postala 170. zemlja potpisnica Kyoto protokola.

Usvajanjem Kyoto protokola prihvaćena je obveza smanjenja emisije stakleničkih plinova za **5 %** do 2012. g.

Zbog nepovoljne referentne godine Hrvatska već danas prelazi granicu emisija CO₂ određenu Kyoto protokolom (slika 1.20) pa ćemo morati uložiti dodatne napore u povećanje učinkovitosti prilikom korištenja energije bez negativnih utjecaja na okoliš. Ovdje se kao potencijalno rješenje nameće obnovljivi izvori energije, no svi oni pate od manjih ili većih nedostataka koji onemogućuju njihovu značajnu ulogu u proizvodnji električne energije. Osim tehnološke prirode, bitno je i **javno mišljenje** koje se protivi izgradnji nuklearne elektrane na ovim prostorima, ali i istraživanju nuklearne energetike općenito, iako je to, s obzirom na današnje stanje tehnologije, jedno od najkvalitetnijih rješenja za ublažavanje energetskih problema.

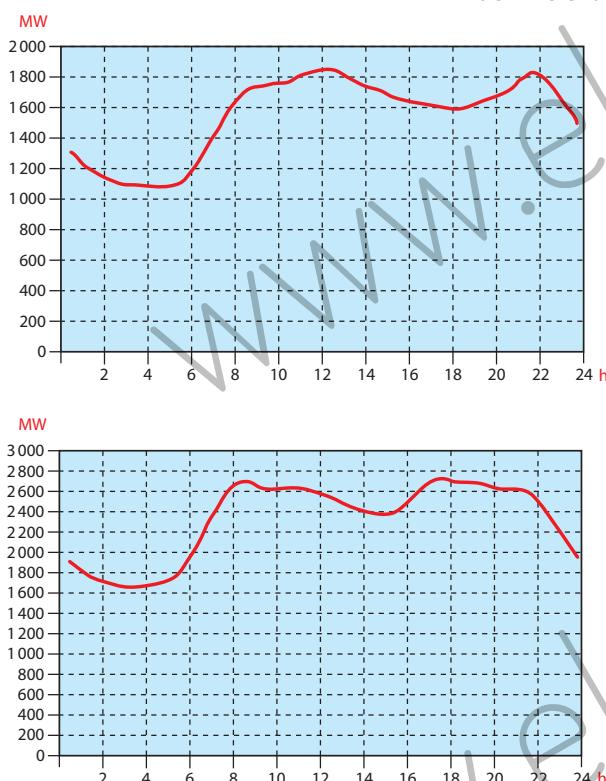
1.3. Dnevni dijagram opterećenja

U elektroenergetskom sustavu postoji velik broj potrošača koji električnu energiju troše na način i u vrijeme kada im to najviše odgovara, pa se ukupna potrošnja u sustavu **neprekidno mijenja**. Elektroenergetski sustav se sa svojim elektranama mora stalno **prilagođavati** toj potrošnji. Osnovu za upoznavanje zahtjeva potrošača, a time i polaznu točku za projektiranje, izgradnju i pogon elektrana, pruža dnevni dijagram opterećenja.

Dnevni dijagram opterećenja pokazuje kako se potrošnja električne energije mijenja tijekom dana.

Slika 1.21

Dnevni dijagrami opterećenja za karakterističnu srijedu u srpnju (gore) i prosincu (dolje) se razlikuju



Unatoč nepredvidivosti potrošnje svakog pojedinog potrošača, dnevni dijagram opterećenja ima **karakterističan oblik**. Taj oblik karakterizira rastuća potrošnja ujutro oko 8 h, kada se ljudi bude i idu na posao, potom blagi pad potrošnje nakon ručka do večernjih sati, kada zbog mraka i korištenja kućnih električnih uređaja potrošnja postiže drugi vrhunac.

Sami iznosi potrošnje, osim o dijelu dana, ovise prvenstveno o godišnjem dobu. Naime, zimi je zbog grijanja i rasvjete veća potrošnja električne energije nego ljeti, iako se ta razlika zbog instalacije i uporabe klimatizacijskih uređaja sve više smanjuje (slika 1.21). Zbog razvijenog turizma, u priobalnim područjima je potrošnja električne energije ljeti veća nego zimi. Veliki utjecaj na iznos potrošnje imaju temperatura i vremenske prilike. Također, radnim danom se troši više električne energije nego vikendom, pa i to treba uzeti u obzir.

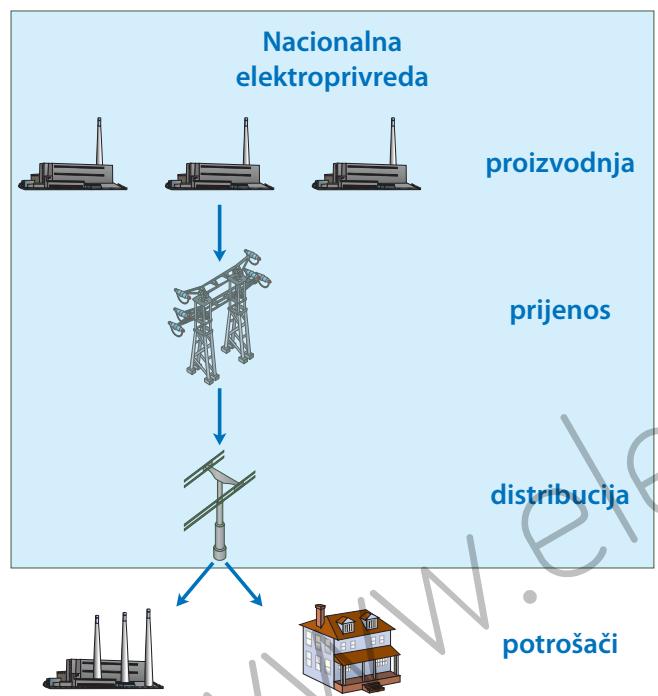
Inženjeri u **Nacionalnom dispečerskom centru**, uzimajući u obzir sve navedene čimbenike, izrađuju **vozni red** elektrana za sutradan. Naime, ne rade sve elektrane uвijek maksimalnom snagom. Ovisno o količini vode u akumulacijskim jezerima hidroelektrana, vodostaju riječka, cijeni goriva, remontima pojedinih elektrana te predviđenoj potrošnji određuje se kolikom će snagom u koje vrijeme sljedeći dan raditi pojedina elektrana u Hrvatskoj. Na temelju višegodišnjeg iskustva procjenjuje se potrošnja u vremenskim intervalima od **15 minuta**.

Ako je prisutan manjak raspoložive snage, ugovara se **uvoz** električne energije iz zemalja koje mogu proizvesti više električne energije nego što im je potrebno.

Budući da u normalnom pogonu elektroenergetskog sustava uвijek postoji **odstupanje** između predviđene i stvarne potrošnje električne energije, u sustavu postoje tzv. **regulacijske** elektrane koje mogu brzo reagirati i, prema potrebi, povećati ili smanjiti proizvodnju. Zbog mogućnosti brze promjene proizvodnje električne energije za to su najpogodnije hidroelektrane. Ukoliko je odstupanje preveliko da bi se pokrilo iz vlastitih elektrana, u dogovoru s operatorima iz susjednih zemalja ugovara se **interventni uvoz**.

Zbog mogućnosti brze promjene proizvodnje, hidroelektrane s velikim akumulacijskim jezerima i reverzibilne hidroelektrane popunjavaju vrh dnevnog dijagrama opterećenja. Termoelektranama trebaju sati za upuštanje u pogon pa se one smještaju na dno dnevnog dijagrama opterećenja. Ispod njih nalaze se jedino nuklearne elektrane, koje su stalno u pogonu zbog vrlo jeftine cijene proizvodnje električne energije.

1.4. Restrukturiranje elektroenergetskog sustava



Slika 1.22

Okomito integrirani elektroenergetski sustav

Klasični pogon elektroenergetskih sustava temelji se na njihovoj **okomito integriranoj strukturi** (slika 1.22) i privilegiranom položaju **elektroprivrede** kao javne službe s **prirodnim monopolom**. Nacionalna elektroprivreda vlasnik je svih proizvodnih jedinica (osim industrijskih elektrana), svih prijenosnih i distribucijskih vodova i jedina je odgovorna za sigurnu opskrbu električnom energijom. Iako je, s tehničkog stajališta, ovakva organizacija elektroenergetskog sustava najbolja, ona je dovela do nastanka velikih i neučinkovitih kompanija s prevelikim brojem zaposlenika.

Međutim, prema kapitalističkom konceptu, **tržišno natjecanje** je najbolja mjeru za stimuliranje učinkovitosti, pa se u razvijenim zemljama prelazi na **tržišnu organizaciju** elektroenergetike i električna energija se promatra kao **roba**. Međutim, električna energija se zbog prirode prijelaznog oblika energije ne može učinkovito skladištiti poput drugih roba, primjerice šećera, pa se iz tog razloga ipak ne može promatrati kao i svaka druga roba, već ima svoje specifičnosti.

Prije nastavka razmatranja uvođenja tržišta u elektroenergetiku, važno je definirati pojedine pojmove.

Restrukturiranje predstavlja promjenu organizacije i ekonomskih odnosa u cilju povećanja učinkovitosti i smanjenja troškova poslovanja.

Privatizacija u energetskom sektoru predstavlja oslobođanje državnog kapitala uloženog u razvitak i održavanje dijela energetskog sektora.

Deregulacija je postupak uklanjanja elemenata državne regulacije i državnog nadzora nad nacionalnom ekonomijom i tržistem.

Liberalizacija energetskog sektora prepostavlja mogućnost izbora dobavljača od strane potrošača i dostupnost energetske mreže.

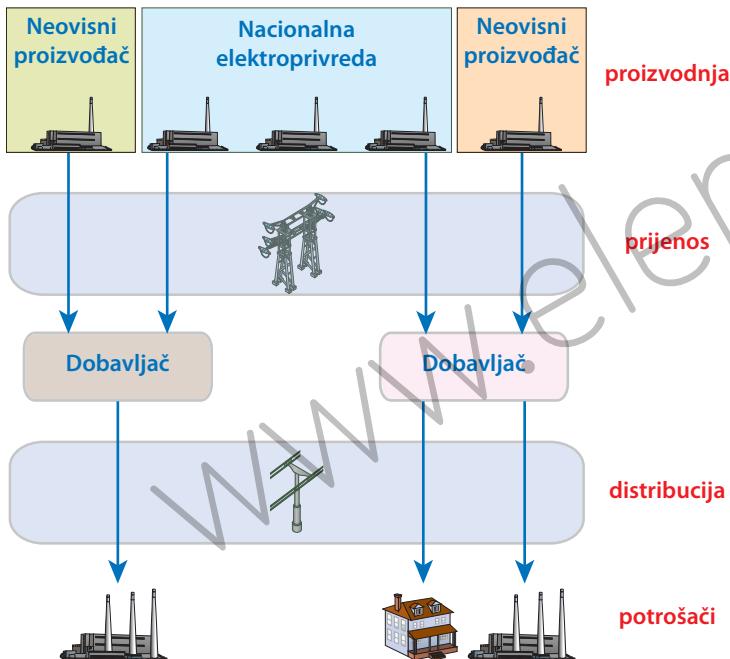
Smatra se da liberalizacija potiče konkurenčiju i time doprinosi povećanju energetske učinkovitosti te smanjenju troškova i cijene energije.

Europska Unija nastoji stvoriti interno tržište bez granica, na kojem je osiguran slobodan protok robe, osoba, usluga i kapitala. Želi se povećati sigurnost opskrbe energijom, učinkovitost elektroenergetskog sustava i konkurenčnost europskog gospodarstva, uz poštivanje zaštite okoliša. Uspostava internog tržišta u elektroenergetskom sektoru mora poticati **interkonekciju** i mogućnost zajedničkog rada elektroenergetskih sustava.

Razlozi napuštanja okomito integriranog ustroja elektroprivrede razlikuju se od zemlje do zemlje. Međutim, postoje dva karakteristična slučaja:

1. U razvijenim zemljama javila se želja potrošača da sami biraju isporučitelja električne energije, što bi zbog postojanja konkurenčije rezultiralo povećanjem kvalitete opskrbe i smanjenjem cijene električne energije za krajnjeg korisnika.

2. U zemljama u razvoju kao glavni problem pojavio se velik porast potrošnje koji neučinkovite monopolističke elektroprivrede nisu mogle pratiti zbog lošeg menadžmenta i spore prilagodbe novim uvjetima.



Slika 1.23

Restrukturirani
elektroenergetski sustav

Prirodni monopol postoji onda kada se ekonomski ne isplati nuditi neku robu ili uslugu većem broju proizvođača. Javna vlast u pravilu zadržava pravo kontrole njegovih cijena. Cijene su tada obično fiksne ili se postavlja gornja granica. Primjer je cijena goriva Eurosuper 95 koja 2007. g. u Hrvatskoj nije prelazila 8 kn na larinim benzinskim crpkama.

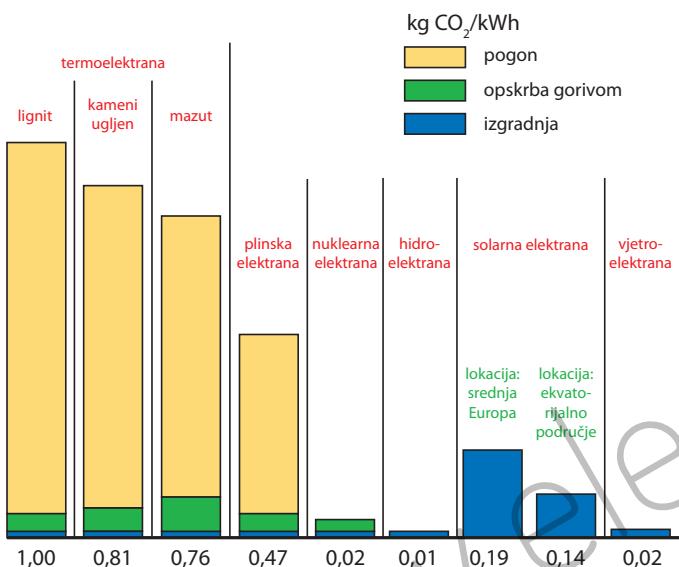
Javna usluga je usluga od općeg gospodarskog interesa i značaja povjerena jednom poduzeću kako bi se osigurala redovita i kvalitetna opskrba po razumnim cijenama, vodeći računa o zaštiti okoliša.

U elektroenergetici se **prijenos** i **distribucija** električne energije smatraju prirodnim monopolima. Naime, nije ekonomski opravdano graditi paralelne dalekovode kada postojeći zadovoljavaju potrebe prijenosa i distribucije električne energije. Stoga njima, kao prirodnim monopolima, upravlja država preko **Operatora prijenosnog sustava** i **Operatora distribucijskog sustava**. Transparentnost njihovog poslovanja kontrolira drugo državno tijelo koje se zove **energetska regulatorna agencija**.

S druge strane, proizvodnja i opskrba električnom energijom mogu se smatrati tržišnim kategorijama i njihovi vlasnici mogu biti privatni (slika 1.23). Stoga u liberaliziranom tržištu vlasnik elektrane više ne mora nužno biti nacionalna elektroprivreda (u Hrvatskoj je to Hrvatska elektroprivreda), nego privatni investitori koji svoju električnu energiju nude po određenoj cijeni. Novi subjekti na tržištu su **dobavljači** koji kupuju električnu energiju izravno od vlasnika elektrana (koje ne moraju biti u okviru jedne države) i prodaju je potrošačima.

Restruktuiranjem elektroenergetskog sustava cijene električne energije više nisu fiksne, a cilj je uravnoteženje **javnog interesa** i **profitabilnog poslovanja**.

1.5. Mehanizmi potpore obnovljivim izvorima električne energije



Slika 1.24

Emisija ugljikovog dioksida po proizведенom kWh električne energije

Slika 1.24 prikazuje emisiju ugljikovog dioksida za dobivanje 1 kWh električne energije za pojedine vrsta elektrana. Najveći zagađivači u energetskoj industriji su **rafinerije nafte** i **termoelektrane**, posebice one na ugljen. Kako bi se, sukladno Kyoto protokolu, utjecalo na smanjenje izlučivanja stakleničkih plinova, raznim **subvencijama** potiču se **neovisni proizvođači** električne energije koji koriste obnovljive izvore ili **kogeneracijska postrojenja**. Osnovna značajka kogeneracijskih postrojenja je da, osim električne, proizvode i toplinsku energiju. Učinkovitost iskorištenja goriva takvih postrojenja je preko 70 %, za razliku od klasičnih termoelektrana, čija je učinkovitost do 35 %.

Europske zemlje prema Kyoto protokolu trebaju povećati korištenje obnovljivih izvora električne energije. **Cijena** električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora znatno je **veća** od prosječne proizvodne cijene klasičnih elektrana. Stoga svaka država članica EU, ali i ona koja to namjerava postati, zakonom definira neki od **mehanizama potpore**.

Najčešće se koristi **sustav zajamčenih cijena** (engl. Feed-in Tariff System) prema kojem:

- operator prijenosnog sustava i operator distribucijskog sustava moraju priključiti povlaštenog proizvođača na elektroenergetsku mrežu;
- se mora otkupiti električna energija proizvedena iz obnovljivih izvora energije (tzv. **povlašteni proizvođači**);
- se mora primjenjivati **tarifni sustav** za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije (tablica 1.2).

Tablica 1.2

Hrvatski tarifni sustav za postrojenja priključena na distribucijsku mrežu koja koriste obnovljive izvore energije za proizvodnju električne energije instalirane električne snage do uključivo 1 MW

Tip postrojenja	kn/kWh
Solarne elektrane	
instalirane snage do uključivo 10 kW	3,40
instalirane snage veće od 10 kW do uključivo 30 kW	3,00
instalirane snage veće od 30 kW	2,10
Hidroelektrane	0,69
Vjetroelektrane	0,64
Elektrane na biomasu	
kruta biomasa iz šumarstva i poljoprivrede (granjevina, slama, koštice i sl.)	1,20
kruta biomasa iz drvno-prerađivačke industrije (kora, piljevina, sječka i sl.)	0,95
Geotermalne elektrane	1,26
Elektrane na biopljin iz poljoprivrednih nasada (kukuruzna silaža i sl.) te organskih ostataka i otpada iz poljoprivrede i prehrambeno-prerađivačke industrije (kukuruzna silaža, stajski gnoj, klaonički otpad, otpad iz proizvodnje biogoriva i sl.)	1,20
Elektrane na tekuća biogoriva	0,36
Elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	0,36
Elektrane na ostale obnovljive izvore (morski valovi, plima i oseka i sl.)	0,60

Sažetak

Elektroenergetski sustav je složeni sustav koji dostavlja električnu energiju u domove, tvornice i svugdje gdje je ona potrebna.

Elektroenergetika je područje elektrotehnike u kojem se izučavaju i unaprjeđuju područja proizvodnje, prijenosa, razdiobe i korištenja električne energije, kao i problemi gospodarenja električnom energijom.

Elektroenergetski sustav sastoji se od sljedećih elemenata:

1. proizvodnja električne energije,
2. prijenos električne energije,
3. distribucija električne energije i
4. potrošnja električne energije.

Elektrane su postrojenja za proizvodnju električne energije.

Transformatorske stanice su objekti u kojima se nalaze transformatori, ali i dodatna oprema potrebna za siguran i pouzdan rad transformatora i elektroenergetskog sustava.

Dnevni dijagram opterećenja pokazuje kako se potrošnja električne energije mijenja tijekom dana.

Restrukturiranje predstavlja promjenu organizacije i ekonomskih odnosa u cilju povećanja učinkovitosti i smanjenja troškova poslovanja.

Privatizacija u energetskom sektoru predstavlja oslobođanje državnog kapitala uloženog u razvitak i održavanje dijela energetskog sektora.

Deregulacija je postupak uklanjanja elemenata državne regulacije i državnog nadzora nad nacionalnim ekonomijom i tržištem.

Liberalizacija energetskog sektora pretpostavlja mogućnost izbora dobavljača od strane potrošača i dostupnost energetske mreže.

Prirodni monopol postoji onda kada se ekonomski ne isplati nuditi neku robu ili uslugu više nego jednom proizvođaču.

Javna usluga je usluga od općeg gospodarskog interesa i značaja povjerena jednom poduzeću kako bi se osigurala redovita i kvalitetna opskrba po razumnim cijenama, vodeći računa o zaštiti okoliša.

Restruktuiranjem elektroprivrede cijene električne energije više nisu fiksne, a cilj je uravnoteženje javnog interesa i profitabilnog poslovanja.

Europske zemlje prema Kyoto protokolu moraju smanjiti emisiju ugljikovog dioksida.