

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda d.d., Zagreb

ZA IZDAVAČA

Mr. sc. Ivan Mravak, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa

UREĐIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

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

UREDNIČKI ODBOR – EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. ing.
Urednik – Editor: mr. sc. Slavica Barta-Koštrun, dipl. ing.
Lektor – Šimun Čagalj, prof.
Grafički urednik – Graphic Editor: Miroslav Trajković

HEP d.d. – Energija
Uredništvo – The Editorial Board
Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb
Telefoni: +385 1 /632-2641 i 632-2083
Telefaks: +385 1 /617-0438
e-mail: energija@hep.hr i slavica.barta@hep.hr
www.hep.hr

Godišnje izlazi 6 brojeva.

Godišnja pretplata bez PDV-a (22 %) iznosi:
- za pojedince 245,90 kn
- za poduzeća 394,16 kn
- za studente 57,38 kn

Žiro račun kod Zagrebačke banke broj:
2360000-1400129978

Godišnja pretplata za inozemstvo iznosi US\$ 95.

Devizni račun:
Zagrebačka banka broj: 2000006299

Tisak: Intergrafika d.o.o., Zagreb
Naklada 1000 primjeraka

Godište 54 (2005)

Zagreb 2005

Br. 3

SADRŽAJ

<i>Gelo, T. – Štritof, I.</i> : Metode ekonomske regulacije u elektroenergetskom sektoru (prethodno priopćenje)	181
<i>Uran, V.</i> : Isplativost ulaganja vlastitog kapitala u projekt za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije (stručni članak)	191
<i>Šander, M.</i> : Zaštita od požara i eksplozija pri projektiranju, izvedbi i pogonu kombi i kombikogeneracijskih postrojenja (stručni članak)	203
<i>Kolega, V.</i> : Energetski audit zgrada javne namjene – obrada podataka i prijedlog mjera energetske efikasnosti (prethodno priopćenje)	215
<i>Sabolić, D.</i> : Poopćenje propagacijskih modela zasnovanih u vremenskoj domeni za PLC mreže (izvorni znanstveni članak).....	227
Vijesti iz elektroprivrede i okruženja	246
Iz inozemne stručne literature	257
Ostalo	265

Fotografije na omotu:

TE-TO ZAGREB (str. 1., 3. i 4.)

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

Upute autorima

Da bi se članak mogao objaviti u časopisu ENERGIJA, potrebno ga je prirediti na sljedeći način:

1. Da bi se članak objavio u ENERGIJI, ne smije biti već objavljan. Kad se preda Uredništvu ENERGIJE ne smije se više ponuditi nekom drugom uredništvu.
2. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu, ne upotrebljavajući pasivne oblike.
3. Članak ne bi smio imati više od 20 stranica (kartica). Ukoliko to nije moguće, treba ga podijeliti u dva ili više članaka.
4. Poželjno je da se autori pridržavaju međunarodnih normi (ukoliko nema domaćih) kada se radi o mjernim jedinicama, znakovima i ostalim simbolima. Ukoliko nisu koristili navedene norme potrebno je da uz članak dostave i osnovne podatke o simbolima i oznakama koje su koristili.
5. Svaki članak mora imati:
 - **kratak sažetak.** U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo pokuse što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
 - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku naznačuju sadržaj članka. One pomažu čitatelju da sazna je li mu članak zanimljiv ili nije.
 - **kategorizaciju.** Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka ubraja njegov: u originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni članak ili pripada izvješćima sa savjetovanja, vijestima iz svijeta itd.
 - **literaturu.** Navodi se na kraju članka redom kojim je spomenuta u članku. Kad se autor u tekstu poziva na literaturu, u uglatoj zagradi piše se samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.
6. Članak mora imati naslov i jasno označene podnaslove. Ispod naslova treba napisati ime, prezime i mjesto stanovanja autora.
7. Na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu (dr.sc., mr.sc.), ime i prezime, stručni naziv (prof, dipl. ing., oec, iur. i dr.), naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
8. Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na istom listu papira.
9. Zbog složenosti tehničke stručne terminologije autori bi trebali, po mogućnosti, načiniti sažetke na engleskom jeziku.
10. Članak mora biti napisan na formatu A4 na računalo u Wordu 2000 ili novijoj verziji, s razmakom između redaka 11/12, u jednom stupcu. Ne treba koristiti poravnanje s desne strane, niti uvlačiti prvi red pasusa. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna.
11. Slike moraju biti u tif formatu, 1:1, rezolucije najmanje 300 dpi. Mogu biti uvučene u tekst, ali nije obveza.

Tako pripremljeni rukopis predaje se Uredništvu na disketi ili CD-u sa jednom kopijom na papiru. Uredništvo pregleda članak i daje ga recenzentima na ocjenu. Ukoliko recenzent povoljno ocijeni članak, Uredništvo ga daje na metrološku recenziju, zatim na lekturu. Nakon toga slijedi tehnička obrada i slanje u tiskaru. O tome je li članak primljen ili odbijen Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju će kategoriju prema kvaliteti biti uvršten neki članak, donosimo osnovne upute o kategorizaciji članaka.

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalni znanstveni rad, originalno znanstveno djelo; original scientific paper, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja, tehnike ili aparate (npr. doktorska disertacija). Toj kategoriji pripada i dotad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da svaki kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

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

PRETHODNO PRIOPĆENJE (preliminary note, Vorläufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate koji zahtijevaju objavljivanje.

Rad obvezatno sadrži jedan ili više podataka novih znanstvenih informacija, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (subject review, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je ono u članku objedinjeno i raspravljeno. Autor preglednog članka obvezno treba dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a ako je moguće, u literaturi valja navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (professional paper, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge s područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje se smatra korisim radom u svezi sa širenjem znanja i prilagođavanje izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

Nakon primjene uputa potpuno završene i kompletirane članke treba uputiti na adresu:

Hrvatska elektroprivreda - Uredništvo časopisa Energija, mr. sc. Slavica Barta, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska ili na e-mail: energija@hep.hr ili slavica.barta@hep.hr

Objavljeni se članci honoriraju. Autor (i suautor) dobivaju besplatno po dva primjerka časopisa u kojemu je objavljen njihov članak. U roku mjesec dana nakon primitka broja u kojemu je objavljen njegov članak (prvi) autor može dostaviti Uredništvu prijedlog ispravaka možebitnih tiskarskih pogrešaka (navodeći stranicu, stupac, redak, uz napomenu o tome kako stoji i kako treba biti), da bi se potrebne ispravke mogle objaviti u sljedećem broju časopisa.

Ako je potrebno, Uredništvo se obraća samo prvom navedenom autoru. U slučaju bilo kakvih nejasnoća ili različitih stavova, prihvaćaju se samo stavovi što ih iznese prvi autor. Molimo autore da tu činjenicu uzmu u obzir.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda d.d. uz pomoć Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede i okruženja, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala.

UREDNIŠTVO

METODE EKONOMSKE REGULACIJE U ELEKTROENERGETSKOM SEKTORU

Mr.sc. Tomislav GELO* - mr.sc. Ivona ŠTRITOF*, Zagreb

UDK 621.31:65.011.12
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Regulacija u elektroenergetskom sektoru javila se budući da se smatralo da mehanizam slobodnog tržišnog natjecanja, odnosno Smithova nevidljiva ruka¹, neće djelovati na optimiranje tržišnih odnosa i zaštitu interesa potrošača kod prirodnih monopola kao što su prijenos i distribucija električne energije. Zbog navedenog, sve veći broj država odlučilo se zakonski urediti okvire i uvjete poslovanja prirodnih monopola u elektroenergetskom sektoru. Na taj način uvodi se regulacija elektroenergetskih djelatnosti koja za cilj ima zaštitu kako interesa potrošača tako i investitora, kroz zaštitu uloženog kapitala, kao i postizanje okruženja koje vlada u uvjetima potpuno slobodnog tržišnog natjecanja. Ujedno, da bi se postigla neovisnost i transparentnost procesa, države osnivaju regulatorna tijela koja na nepristran i razvidan način uređuju odnose između svih uključenih strana.

U ovom radu daje se pregled osnovnih metoda ekonomske regulacije koje se primjenjuju u državama Europske unije (15), te se ističu prednosti i nedostaci svake od njih. Ujedno daju se smjernice i preduvjeti za primjenu ekonomske regulacije u elektroenergetskom sektoru u Republici Hrvatskoj.

Ključne riječi: regulatorno tijelo, metode ekonomske regulacije, regulacija stopom povrata, poticajna regulacija, prijenos i distribucija električne energije

1. UVOD

Utvrđivanje funkcionalne i na troškovima utemeljene tarife za korištenje prijenosne i distribucijske mreže jedan je od ključnih čimbenika za uspješno provođenje reforme elektroenergetskog sektora, a time i jedan od najtežih koraka u njenom provođenju. Naime, predmetne tarife trebaju omogućiti optimalan razvoj, izgradnju i održavanja mreže na način da se osigura nediskriminirajući pristup trećim stranama, tj. tržišnim sudionicima, vodeći pri tome računa o sigurnosti opskrbe, pouzdanosti sustava i kvaliteti opskrbe. Europska komisija (EK), prateći primjenu Direktive 96/92/EZ, uočila je da je jedna od glavnih prepreka uspostavljanju tržišnog natjecanja, odnosno potpuno otvorenog unutarnjeg tržišta električne energije netransparentan pristup mrežama. Stoga je u postupku donošenja Direktive 2003/54/EZ [1], kojom nastoji ubrzati procese koji vode k uspostavljanju potpuno operativnog unutarnjeg tržišta električne energije, a koji nisu uspješno provedeni primjenom stare Direktive, dala naglasak na transparentni postupak utvrđivanja tarifa za korištenje mreža kao jedan od preduvjeta stvaranju operativnog unutarnjeg tržišta električne energije. Sukladno tome Direktiva 2003/54/EZ napušta pregovaran pristup

treće strane te prepoznaje samo regulirani pristup mrežama. Nadalje, u Direktivi 2003/54/EZ naglašava se potreba za uspostavljanjem nezavisnog regulatornog tijela.

Mrežne djelatnosti, prijenos i distribucija električne energije, okarakterizirane su kao prirodni monopoli, stoga je uvođenje tržišnih odnosa u te djelatnosti u velikoj mjeri ograničeno. Iz tog razloga, paralelno provođenju postupaka restrukturiranja elektroprivrednih subjekata i liberalizacije u elektroenergetskom sektoru, uvodi se i regulacija sektora. Prije svega radi se o uvođenju ekonomske regulacije koja proizlazi iz potrebe nadzora i kontrole aktivnosti subjekta na tržištu, gdje nije uspostavljeno potpuno tržišno natjecanje, a s ciljem povećanja efikasnosti poslovanja tog istog subjekta koje obavlja netržišnu djelatnost (regulirani subjekt).

S obzirom da regulacijski okvir treba omogućiti uspostavljanje sustava učinkovitog i nediskriminirajućeg planiranja razvoja, izgradnje i održavanja mreža, a time u konačnici osigurati pouzdanu opskrbu električnom energijom, utvrđivanje i primjena opravdane metode ekonomske regulacije veliki je izazov za regulatorna tijela.

Regulatorna tijela suočena su sa izazovom razvijanja metoda ekonomske regulacije koje zadovoljavaju različite

* Iznoseni stavovi su osobni stavovi autora i ni po čemu ne obvezuju institucije u kojima su autori zaposleni

¹ Teorija koju je uveo Adam Smith 1776. godine da bi opisao paradoks laissez-faire tržišne ekonomije

interese. S jedne strane metoda treba zaštititi potrošače od previsokih cijena monopolnih usluga uz osiguranje zadovoljavajuće razine kvalitete dok s druge strane ta ista metoda treba štititi prava investitora, osiguravajući im razumni povrat ulaganja na imovinu. Pri tome primjena metode mora biti dosljedna.

Pri razvijanju metoda ekonomske regulacije, često se događalo da su regulatorna tijela prvenstveno za svoj cilj imala smanjenje troškova reguliranih subjekata, a da se pri tome nije dovoljno pažnje usmjeravalo na tehničke pokazatelje, kao što je npr. kvaliteta električne energije, odnosno kvaliteta usluga. Uvidjevši navedene probleme s vremenom su regulatorna tijela razvijala sve složenije metode ekonomske regulacije, čime se ujedno poboljšavala kvaliteta rada i vjerodostojnost regulatornih tijela. Međutim, s druge pak strane jednostavnost metode dovodi do njenog općeg prihvaćanja od strane reguliranih subjekata i potrošača.

2. CILJEVI EKONOMSKE REGULACIJE

Ekonomska regulacija u mrežnim djelatnostima označava radnje kojima se operatorima mrežnih sustava na neki način ograničavaju cijene, prihodi, stopa povrata, operativni i kapitalni troškovi [2]. Glavni element u strukturi troškova mrežnih djelatnosti je trošak kapaciteta. Regulacija se suočava s problemom nalaženja ravnoteže između optimalnog povećanja kapaciteta, što zahtijeva pokrivanje troškova i stabilne signale, te optimalnog iskorištavanja kapaciteta, uz alokaciju troškova, odnosno strukturiranje tarifa.

Uobičajeno je da se regulacijom omogući 'primjerena stopa povrata' čime se omogućava donošenje strateških odluka o potencijalnim ulaganjima u infrastrukturu na donekle sličan način kao u tržišnim djelatnostima. Ovo podrazumijeva da se 'primjerena stopa povrata' treba utvrditi na razini koja onemogućava prekomjernan, neopravdan profit, ali koja omogućava profitabilnost regulirane djelatnosti uz pouzdan rad te mogućnost zamjene dijelova mreže te proširenje i poboljšanje mreže. Nadalje, ekonomska regulacija treba omogućiti razvoj tržišnog natjecanja stvaranjem prostora za postojeće i nove sudionike, te ujedno treba spriječiti diskriminaciju između pojedinih kategorija potrošača. Glavni ciljevi ekonomske regulacije prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Glavni ciljevi ekonomske regulacije

a. Davanje signala koji će poticati efikasnost
1. efikasna razina potrošnje i ulaganja
2. efikasno iskorištavanje resursa
3. Unaprjeđenje efikasnosti poslovanja i budućih investicija
b. Osiguranje primjerene financijske sposobnosti sektora
1. primjerena stopa povrata koja će dati dovoljno poticaja za buduća ulaganja
c. Sprječavanje diskriminacije
1. između kategorija potrošača
2. omogućavanje konkurencije stvaranjem prostora za postojeće i nove energetske subjekte

Uloga regulatornog tijela pri tome je ocijeniti razinu 'ekonomske opravdanih' troškova nastalih obavljanjem reguliranih djelatnosti i omogućiti pokrivanje tih troškova. 'Ekonomske opravdani' troškovi trebali bi uključivati razumne operativne (OPEX) i kapitalne troškove (CAPEX), uključujući amortizaciju i povrat na imovinu. Uključivanjem kapitalnih troškova u dozvoljenu razinu prihoda priznaje se vlasničko ulaganje u regulirano poduzeće. Regulatorno tijelo treba, također, omogućiti primjenu dosljednih i predvidivih regulatornih pravila i postupaka kako bi se zadobilo povjerenje subjekta koji obavlja reguliranu djelatnost i koji ulaže sredstva u izgradnju infrastrukture, kao i izbjegavati česte promjene regulatornog okvira nakon što su sredstva uložena.

Ulaganja su jedan od ključnih elementa u utvrđivanju cijena i prihoda reguliranog subjekta. Nova ulaganja, ako su prihvaćena kao dozvoljeni trošak, uključena su u reguliranu osnovicu sredstava, kroz amortizaciju i iznos dozvoljenog povrata sredstava. Pri tome je moguće da pojedina poduzeća dobiju jaki poticaj za podizanje troškova ulaganja iznad onih koje bi snosila u slučaju ulaganja po strogoj kriteriju minimalnih troškova (proces poznat kao 'gold-plating'). Stoga je potrebno u određenoj mjeri regulirati i razinu opravdanosti ulaganja poduzeća.

3. METODE EKONOMSKE REGULACIJE

Regulacija cijena s jedne strane kontrolira i eliminira ostvarivanje prekomjernog profita reguliranog subjekta, a s druge ga strane potiče na povećanje efikasnosti i smanjivanje troškova.

Postoji nekoliko metoda ekonomske regulacije, a moguće ih je svrstati u dvije osnovne grupe:

I. *Regulacija stopom povrata* (Rate of Return Regulation)

II. *Poticajna regulacija* (Incentive Based Regulation).

Dok kod *regulacije stopom povrata* nema podjela na podgrupe, kod *poticajne regulacije* postoji podjela na podgrupe. Pri tome je moguće naći više različitih podjela s obzirom da u literaturi ne postoji jedinstvena podjela. Analizirajući američku i europsku literaturu o metodama ekonomske regulacije, autori su se odlučili za sljedeću podjelu metoda koje spadaju u grupu *poticajne regulacije*²:

a. *Regulacija maksimalnih veličina* (Cap Regulation)

a.1. *Regulacija maksimalne cijene* (Price Cap Regulation)

a.2. *Regulacija maksimalnog prihoda* (Revenue Cap Regulation)

b. *Komparativna regulacija* (Yardstick Regulation)

c. *Regulacija pokazatelja* (Performance Based Regulation)

² Prijevod naziva metoda nije službeni i općeprihvaćeni prijevod s engleskog na hrvatski jezik, već se radi o autorovu prijevodu.

3.1 Regulacija stopom povrata

Tradicionalan pristup u regulaciji mrežnih djelatnosti je *regulacija stopom povrata* - RoR (rate of return) regulacija. Ova metoda poznata je još i pod nazivima 'Cost of service' i 'Cost plus' regulacija.

Osnovna značajka metode je da regulatorno tijelo utvrđuje određenu stopu povrata na investirani kapital koja će reguliranom subjektu omogućiti pokrivanje troškova koji se javljaju pri obavljanju energetske djelatnosti kao i uključiti odgovarajući povrat na uloženu imovinu. Regulacijsko razdoblje, razdoblje za koji se određuje trošak usluge reguliranog subjekta, u načelu je jedna godina, što podrazumijeva da kada regulatorno tijelo definira sve potrebne elemente za *RoR regulaciju*, oni vrijede godinu dana. Nakon toga se radi njihova revizija te se zatim određuju elementi za iduću godinu.

Regulacija stopom povrata dozvoljava subjektu da u cijenu usluge uključi sve nužne i opravdane troškove kojima se osigurava zadovoljavajuća razina kvalitete usluge. Pri tome regulatorno tijelo ocjenjuje koji su troškovi opravdani. Primjena ove metode stoga zahtijeva da je regulatorno tijelo duboko i poprilično detaljno uključeno u poslovanje subjekta, kao što je to npr. slučaj u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD). *Regulacija stopom povrata* dozvoljava subjektu koji obavlja mrežnu djelatnost pokrivanje svih operativnih troškova kao i troškova kapitala kroz stopu povrata na imovinu.

U sljedećoj formuli prikazan je izračun godišnjeg prihoda subjekta za ciljanu stopu povrata, uzimajući u obzir planske i/ili povijesne troškove poslovanja.

$$DP = OT + A + P + (RO \cdot RoR)$$

gdje je:

DP - dozvoljeni prihod,

OT - operativni troškovi,

A - amortizacija (trošak amortizacije),

P - porez (trošak plaćanja poreza),

RO - regulatorna osnovica (osnova za regulaciju) obuhvaća imovinu reguliranog subjekta,

RoR - stopa povrata.

Problemi u primjeni regulacije stopom povrata

Regulacija stopom povrata pokazala se kao vrlo dobar oblik regulacije u početku njene primjene. No, tijekom vremena pojavili su se problemi koji su ukazivali na njene nedostatke i manjkavosti. Nedostaci su sljedeći:

- 1) nedostatak poticaja za smanjenje troškova;
- 2) nedostatak poticaja za poboljšavanje efikasnosti poslovanja;
- 3) visoki troškovi regulacije.

Ključni problem *regulacije stopom povrata* je taj da su regulirane cijene izravno povezane s pojedinačnim

troškovima svakog reguliranog subjekta. Ukoliko regulirani subjekt ostvaruje sve veće i veće troškove, dozvolit će mu se podizanje cijena u skladu s porastom troškova. Također, ako je više investira povećava mu se regulirana osnovica što mu također utječe na povećanje cijene usluge. Ovakvo ponašanje je u potpunosti suprotno od onoga koje bi se dogodilo na konkurentskom tržištu, na kojem nepotrebni troškovi i ulaganja uvijek za rezultat imaju smanjenje dobiti.

U tržištima na kojima vlada konkurencija, tržište je to koje diktira cijene, a ne pojedinačni subjekti. Stoga su, općenito govoreći, profit i troškovi obrnuto proporcionalni. Kada se troškovi tvrtke povećaju, cijene ostaju iste, a profit postaje sve manji. Ova je veza snažan poticaj konkurentskim tvrtkama da smanje troškove. Za regulirane je subjekte veza između troškova i zarade proporcionalna, čime se smanjuje poticaj za smanjenje troškova. Što regulatorno tijelo dozvoli veće troškove, subjekt će moći potrošačima zaračunavati više cijene svojih usluga.

Drugi nedostatak ove metode je nepostojanje konkurencije tijekom dužeg razdoblja što dovodi do nedovoljnog poboljšavanja produktivnosti te je ona niža od one koja bi se uspostavila u uvjetima otvorenog tržišta. Ovaj se stav često zasniva na mišljenju da će se profit od neuobičajeno uspješnih inovacija ograničiti regulacijom, a dioničari će biti prisiljeni snositi posljedice neuspješnih inovacija, naročito ako se utvrdi da investicija nije "korištena i korisna". Stoga uprava reguliranog subjekta ne prihvaća lako inovacije, pogotovo ako uoči nedostatak simetrije između rizika i nagrada takvih pothvata.

Treći nedostatak regulacije stopom povrata je sama priroda regulacije. Budući da je regulacijsko razdoblje jedna godina, primjena ove metode zahtijeva zapošljavanje više eksperata za kontrolu troškova usluge reguliranog subjekta, što izaziva ulaganje više novca i vremena kako kod regulatornog tijela tako i kod reguliranih subjekata. Ovakav pristup može izazvati situaciju u kojoj su troškovi regulacije veći od koristi koja bi trebala proizaći iz regulacije, što svakako nije cilj regulacije. U uvjetima u kojima postoji tržišno natjecanje, veliki bi dio tog troška i truda bio nepotreban, s obzirom da bi potrošače štutila "nevidljiva ruka" konkurencije, a ne "vidljiva ruka" regulatornog tijela.

Zbog navedenih problema u primjeni metode *regulacije stopom povrata*, regulatorna tijela su s ciljem obavljanja kvalitetnije i efikasnije regulacije počela uvoditi nove, složenije metode ekonomske regulacije. Uvođenjem poticajne regulacije nastojalo se otkloniti nedostatke koji su specifični za *regulaciju stopom povrata*.

3.2 Poticajna regulacija

U načelu svaka metoda kojom se nastoji izbjeći navedene probleme *regulacije stopom povrata*, određeni je oblik *poticajne regulacije*. *Poticajna regulacija* je regulacija

koja reguliranim subjektima omogućuje porast profita ostvarenog kroz snižavanje cijena, odnosno povećanje efikasnosti. Regulirani subjekti najbolje poznaju svoje vlastite mogućnosti smanjenja troškova, a *poticajna regulacija* ih stimulira u tome.

3.2.1 Regulacija maksimalne cijene

Regulacija maksimalne cijene je unijela značajne promjene u ekonomsku regulaciju. Prvi put se pojavila 1983. godine u Velikoj Britaniji u sektoru telekomunikacija [3]. U kasnijoj fazi kroz razne inačice počela se primjenjivati u elektroenergetskom sektoru Argentine, Australije, Austrije, Irske, Nizozemske, Norveške, Španjolske i Velike Britanije.

Regulacija maksimalne cijene se još naziva i '*CPI-X*' ili '*RPI-X*' regulacija, ovisno o primijenjenom indeksu:

→ indeks potrošačkih cijena (CPI – Consumer Price Indeks)

→ indeks maloprodajnih cijena (RPI – Retail Price Indeks)

Ovom metodom utvrđuje se maksimalna cijena usluge koju subjekt smije primjenjivati.

Na početku svakog regulacijskog razdoblja, uobičajeno traje od tri do pet godina, utvrđuje se maksimalna cijena usluge koju subjekt smije primjenjivati. Cijena se u pojedinoj godini regulacijskog razdoblja korigira za primijenjeni indeks i faktor efikasnosti X koji utvrđuje regulatorno tijelo.

Regulirani subjekt zadržava za sebe u većem ili manjem dijelu sve uštede ostvarene na osnovi smanjena troškova i povećanja efikasnosti. Postoji, međutim, i mogućnost da se prekomjerni profit koji ostvari regulirani subjekt iznad neke utvrđene stope dijeli s potrošačima.

Maksimalna cijena utvrđuje se na osnovi sljedeće formule:

$$P_t = P_{t-1} \cdot (1 + CPI - X) - Z, \text{ gdje je}$$

P_t - prodajna cijena u godini t , koja se računa na osnovi prodajne cijene prethodne godine P_{t-1} usklađene za indeks potrošačkih cijena CPI umanjen za faktor X .

Prodajna cijena P_t se također može korigirati za faktor korekcije Z koji je rezultat eksternih događaja koji utječu na poslovanje reguliranog subjekta.

Regulatorno tijelo u prvom koraku određuje opravdanu razinu cijena, a potom postavlja uvjet da stvarna cijena svake godine, do sljedeće revizije cijena, mora smanjiti za koeficijent X .

Faktor X odražava očekivano godišnje ciljano smanjenje ukupnih troškova i obično je sličan godišnjem dugoročnom dobitku iz povećanja učinkovitosti. U početku može se odrediti kao nula ako država ili regulatorno tijelo ne žele provoditi regulaciju koja ide ka poticanju učinkovitosti.

CPI-X mehanizam daje mogućnost poticaja povećanjem efikasnosti regulirane djelatnosti što ima utjecaja na potrošače na način da u dugom roku dolazi do smanjivanja krajnjih cijena.

S obzirom da se primjenom ove metode gornja granica postavlja na cijenu usluga, reguliranom subjektu u interesu je povećati količinu isporučene energije kako bi ostvario veće prihode, odnosno profite. Međutim, u pojedinim državama, posebice u SAD javlja se određena prepreka ovakvim razmišljanjima, što se donekle odražava i na uvođenje i primjenu ove metode. Naime, ovakvo razmišljanje u suprotnosti je sa socijalnim, odnosno programima efikasnosti, kao što je to npr. program upravljanja potražnjom (*Demand Side Management*).

Drugi problem koji se javlja kod primjene ove metode je slučaj u kojem zbog smanjene potrošnje regulirani subjekt ostvaruje manje prihode od planiranih, što se odražava na mogućnost pokrivanja troškova koji je odobrilo regulatorno tijelo, a koji se neće ponovno odobriti u sljedećem regulacijskom razdoblju.

Utjecaj primjene *regulacija maksimalne cijene* ovisi u velikoj mjeri o dužini regulacijskog razdoblja. Kao što je rečeno, uobičajeno je da to razdoblje traje između tri i pet godina. Ako je, npr. to razdoblje dugo godinu dana, između *regulacije maksimalne cijene* i *regulacije stopom povrata* nema značajnih razlika. Stoga, što je regulacijsko razdoblje duže, regulirani subjekt ima više interesa da smanji troškove, s obzirom da se profit, tj. prihod subjekta neće revidirati već u tekućoj godini, već je revizija odgođena za kraj regulacijskog razdoblja. Međutim, čak i kada se koristi dugačko razdoblje, kako se približava vrijeme revizije, subjektu nije više u interesu smanjivati troškove, već mu je interes prikazati poslovanje kroz ostvarene visoke troškove, s obzirom da će se prema njima usklađivati početna cijena novog regulacijskog razdoblja. Poticaji za smanjenje troškova najveći su ukoliko cijena na početku novog regulacijskog razdoblja ostaje nepromijenjena. U tom slučaju, reguliranom subjektu pripadaju sve buduće uštede, pa će se stoga potruditi da poveća profitabilnost smanjivanjem troškova. Da bi se izbjegle ovakve situacije, osim utvrđivanja optimalnog trajanja regulacijskog razdoblja potrebno je usporedo s ovom metodom uvoditi i sustav praćenja kvalitete opskrbe električnom energijom, odnosno utvrditi opravdane razine pojedinih parametara kvalitete koji se ne smiju smanjivati u korist većih ostvarenih profita.

3.2.2 Regulacija maksimalnog prihoda

Navedena metoda regulira maksimalni prihod koji subjekt može ostvariti u poslovanju. Slično kao i kod *regulacije maksimalne cijene*, cilj regulatornog tijela je pružiti mogućnost reguliranom subjektu da maksimizira profit smanjenjem troškova poslovanja te da navedene uštede,

koje je postigao tijekom regulacijskog perioda, zadrži za sebe. Kod ove metode alokaciju troškova po kategorijama potrošača, odnosno strukturiranje tarifa utvrđuje regulirani subjekt.

Dozvoljeni prihod se određuje na osnovi sljedeće formule:

$$P_t = P_0 \times (1 + CPI_t - X) + K_t$$

gdje je :

P_t - dozvoljeni prihod u t godini

P_0 - dozvoljeni prihod na početku regulacijskog razdoblja

CPI_t - porast indeksa proizvođačkih cijena iznad bazne godine u t godini kontrole cijena

X - faktor efikasnosti koji utvrđuje regulatorno tijelo

K_t - korektivni faktor za nedovoljno/prekomjerno ostvarenje dozvoljenih prihoda u godini t-1 kontrole cijena.

Izračunava se kao varijacija izvedena iz dozvoljenih prihoda u godini t-1 usklađena dogovorenom kamatnom stopom (npr. procijenjeni trošak duga poduzeća) i podijeljen s predviđenim iznosom prodaje za godinu t.

Svrha je CPI indeksa, ne da u potpunosti odražava promjene u troškovima, već da reguliranom subjektu postavi realno ostvarive ciljeve u pogledu dobiti iz povećanja učinkovitosti tijekom razdoblja revizije prihoda. Primjena lako dostupnog indeksa kakav je indeks potrošačkih cijena u odnosu na neki složeniji indeks u velikoj mjeri pojednostavljuje proces predviđanja dozvoljenih prihoda, kako reguliranim subjektima tako i regulatoru.

Prednost ove metode je da se može primjenjivati zajedno s mjerama upravljanja potražnjom. Međutim, ova metoda zbog ograničavanja prihoda utječe i na ograničavanje poticaja u efikasnosti poslovanja, što može voditi određenoj neefikasnosti u poslovanju.

Kod *regulacije maksimalnog prihoda*, kao i kod *regulacije maksimalne cijene*, regulacija cijena nije povezana s regulacijom kvalitete opskrbe električnom energijom. Naime, uvođenje regulacije cijena ne smije za cilj imati smanjenje kvalitete opskrbe. Stoga činjenica da navedene metode ne obuhvaćaju regulaciju kvalitete opskrbe ujedno je i najveći nedostatak ove dvije metode.

3.3. Komparativna regulacija

Komparativna regulacija se ne temelji na ocjeni razine troškova pojedinog reguliranog subjekta, već se temelji na usporedbi cijena ili troškova grupe reguliranih subjekata. Na taj način dozvoljene cijene ili prihodi reguliranog subjekta ovise o prosječnim pokazateljima grupe reguliranih subjekata. Nedostatak, a time i rizik, primjene ove metode je mogućnost da se okruženje u kojem posluju regulirani subjekti razlikuje. Na primjer, razlike u troškovima dva regulirana subjekta može biti posljedica vanjskih faktora

kao što su klima, gustoća naseljenosti i sl. U usporedbi s drugim regulacijskim metodama, ovaj se pristup uspješno koristi u slučajevima kada podaci o troškovima nisu dostupni ili su vrlo teško provjerljivi.

Kod ove metode promatrani pokazatelji poslovanja reguliranog subjekta se uspoređuju sa istovjetnim pokazateljima drugih reguliranih subjekata u grupi. To znači da npr. prosječni trošak cijele grupe subjekata služi kao usporedni ili referentni pokazatelj. Primjenom ove metode, na svojevrsan način, moguće je potaknuti međusobno indirektnu konkurenciju reguliranih subjekata koji posluju u zemljopisno odvojenim područjima.

Glavni nedostatak u primjeni *komparativne regulacije* u elektroenergetskom sektoru je stupanj usporedivosti reguliranih subjekata. Drugi je nedostatak, djelomično vezan uz prvi, a odnosi se na opseg u kojem je moguće uskladiti podatke ako postoje određene razlike između subjekata. Nadalje, predmetna metoda ne uzima u obzir povijesne okolnosti koje su dovele do trenutne situacije.

Ova metoda može se koristiti i kao temelj za prikupljanje relevantnih informacija radi uvođenja učinkovitije poticajne *regulacije maksimalnih cijena*. Na taj način smanjuje se informacijska asimetrija između reguliranog subjekta i regulatornog tijela [4].

3.4. Regulacija pokazatelja

Sve prethodno navedene metode ne uzimaju u obzir kvalitetu regulirane usluge. Stoga se vrlo često primjenjuje metoda *regulacije pokazateljima*, u kojoj regulatorno tijelo definira niz kvalitativnih i kvantitativnih (opravdana razina) pokazatelja, npr. tehnički gubici, parametri kvalitete opskrbe itd. U slučaju da regulirani subjekt ne ostvari utvrđene razine parametara, predviđene su kaznene mjere i, obrnuto, ukoliko subjekt ostvari razine iznad minimalno utvrđenih razina, regulator ga nagrađuje. Uvođenje ove metode u praksi zahtijeva vrlo detaljne pripreme te suradnju između reguliranog subjekta i regulatornog tijela.

Metoda *regulacije pokazatelja* u Europi se najčešće primjenjuje kroz uvođenje regulacije kvalitete opskrbe paralelno regulaciji cijene. Od nje susjednih država primjenjuje ju Mađarska u kombinaciji s regulacijom maksimalne cijene.

3.5. Kombinacija navedenih metoda

U praksi se kod poticajne regulacije ne primjenjuje samo jedna metoda. Vrlo često regulatorna tijela koriste kombinacije navedenih metoda poticajne regulacije. Npr. uz *regulaciju maksimalnih cijena* često se koristi *komparativna regulacija* kojom se uspoređuju pojedini ekonomski pokazatelji, čime se nastoji potaknuti povećanje efikasnosti u poslovanju.

4. REGULACIJSKO RAZDOBLJE

Ekonomska regulacija povezana je s vanjskim faktorima, kao što je inflacija, na koje regulatorno tijelo ili regulirani subjekt ne mogu utjecati. U slučajevima vrlo čestih i nepredvidljivih promjena vanjskih faktora, nije preporučljivo primjenjivati dugačka regulacijska razdoblja, budući da se takav regulacijski pristup može nepovoljno odraziti na poslovanje reguliranog subjekta ili na potrošača. S druge pak strane česta regulacijska revizija, odnosno kratka regulacijska razdoblja povećavaju trošak regulacije. Stoga osim izbora metode regulacije, regulatorno tijelo treba dobro 'odvagnuti' koliko dugo regulacijsko razdoblje uvesti, uzimajući pri tome u obzir tehničke, financijsko-ekonomske, socijalne i političke aspekte.

Nedostaci prekratkog regulacijskog razdoblja su sljedeći:

- ❑ Energetski subjekt neće imati dovoljno vremena realizirati beneficije zbog smanjenja troškova, odnosno povećanja efikasnosti.
- ❑ Utvrđivanje cijena svake godine utječe na nestabilnost cijena i dovodi do nesigurnosti kod investitora, što povećava rizike, a time i trošak kapitala.
- ❑ Povećani troškovi regulacije, budući da je potrebno u kratkom vremenu (jedna godina kao što je slučaj kod *regulacije stopom povrata*), regulirati veći broj energetskih subjekata što zahtijeva veći angažman zaposlenih u regulatornom tijelu.
- ❑ U kratkom razdoblju je teže dobiti točniji trend kretanja određenih pokazatelja koji se koriste u metodama ekonomske regulacije, stoga je veća i mogućnost pogreške.

Nedostaci predugog regulacijskog razdoblja su sljedeći:

- ❑ Regulirani subjekt ima i više nego dovoljno vremena realizirati beneficije zbog smanjenja troškova ili povećanja efikasnosti što može značajno utjecati na profit, odnosno ostvarenje profita iznad dozvoljene granice.
- ❑ Promjene strukture troškova reguliranih subjekata, a bez kontrole regulatornog tijela u dužem roku, može rezultirati činjenicom da potrošači u cijeni usluge plaćaju nešto što ne bi trebali. Stoga, češća kontrola troškova bila bi uputnija.

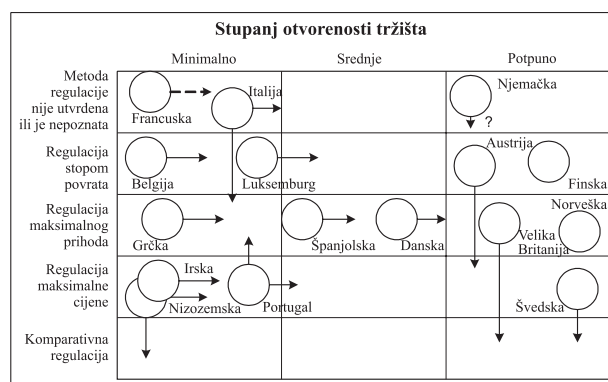
Postupak revizije cijena može trajati i do 18 mjeseci te se zbog toga u državama s dužom tradicijom regulacije preporučuje da regulacijsko razdoblje ne bude manje od tri godine, dok se kao optimalno trajanje regulacijskog razdoblja pokazalo razdoblje od pet godina.

5. ISKUSTVA U EU

Iskustva 15 starih članica Europske unije (EU) u pripremi i primjeni metoda ekonomske regulacije su različita. Na slici 1. prikazana je situacija u 15 država EU i Norveškoj početkom

2002. godine, a na slici 2. početkom 2004. godine. Odabir metode ekonomske regulacije u pojedinoj državi ovisi o stupnju otvorenosti tržišta električne energije i povijesno-političkoj opredijeljenosti za procese restrukturiranja, liberalizacije i privatizacije elektroenergetskog sektora. Oznaka za minimalnu otvorenost tržišta odnosi se na deklarirani stupanj otvorenosti tržišta u rasponu od 30 % do 50 %, dok potpuna otvorenost tržišta podrazumijeva 100 %-nu otvorenost tržišta [5]. Početkom 2002. godine Velika Britanija i Norveška nalazile su se u drugom petogodišnjem regulatornom razdoblju primjene *regulacije maksimalnog prihoda*. Iskustva u primjeni ove metode pokazala su se pozitivnim, što se odražava u smanjenju troškova mrežnih djelatnosti i daljnjim ulaganjima u mreže, iz čega proizlazi sniženje cijena i povećanje kvalitete opskrbe [6]. Nizozemska, Švedska i Velika Britanija razmatrale su mogućnost uvođenja *komparativne regulacije* u distribuciji električne energije.

U 2003. godini [7] povećao se broj država u kojima je deklarativna razina otvorenosti tržišta 100 %. Ujedno se povećao i broj država koje primjenjuju *poticajnu regulaciju* ili koje su u fazi uvođenja *poticajne regulacije*. Austrija je tijekom 2003. godine pripremila model za *regulaciju maksimalnih cijena*. Međutim, još ga nije počela primjenjivati, dok je npr. Finska u fazi pripreme *metode maksimalnih cijena* koji bi se primijenio s početkom 2005. godine. Za pretpostaviti je da će i Njemačka uspostavom regulatornog tijela uvesti jednu od metoda ekonomske regulacije. Švedska je u 2003. godini počela primjenjivati *komparativnu regulaciju* u regulaciji lokalnih distribucija električne energije.



Slika 1. Metode ekonomske regulacije u državama EU (15) i Norveškoj u 2001. godini

Za regulaciju u Republici Hrvatskoj interesantna je i činjenica da su Slovenija i Mađarska također uvele *poticajnu regulaciju* u mrežnim djelatnostima. Slovenija je u 2003. godine uvela u prijenosu i distribuciji električne energije *regulaciju maksimalnih cijena* na 'košaru cijena' s regulatornim razdobljem od tri godine. Pri tome paralelno uvodi sustav praćenja efikasnosti, kako bi se po završetku

		Stupanj otvorenosti tržišta		
		Minimalno	Srednje	Potpuno
Metoda regulacije nije utvrđena ili je nepoznata	○	Francuska		○ Njemačka ↓ ?
Regulacija stopom povrata			○ Luksemburg ○ Belgija	○ Austrija ○ Finska
Regulacija maksimalnog prihoda	○ Grčka ○ Portugal		○ Španjolska	○ Velika Britanija ○ Norveška ○ Danska
Regulacija maksimalne cijene		○ Irska ○ Italija	○ Nizozemska	↓ ↓ ↓
Komparativna regulacija				○ Švedska

Slika 2. Metode ekonomske regulacije u državama EU (15) i Norveškoj u 2003. godini

prvog regulatornog razdoblja u cjenovnu formulu mogli uvesti i dinamički parametri efikasnosti (x -faktor).

Mađarska je u primjeni ekonomske regulacije i razvijanja ekonomskih modela otišla najdalje od svih novih članica EU. U prijenosu i distribuciji električne energije primjenjuje se metoda *regulacije maksimalnih cijena*, pri čemu je uveden i sustav dijeljenja profita (*profit sharing*) na način da se u slučaju ostvarenog profita iznad dozvoljenog, profit dijeli između reguliranih subjekata i potrošača. Nadalje, za svako distribucijsko poduzeće (ukupno ih je 6) uvedeni su poticaji povezani s kvalitetom opskrbe. Naime, smanjenje razine kvalitete opskrbe ima za posljedicu smanjenje naknade za korištenje mreže. S druge pak strane, ukoliko se poveća kvaliteta opskrbe, utvrđen je maksimalni iznos za koji se profit može povećati.

6. EKONOMSKA REGULACIJA U RH

U Republici Hrvatskoj Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o energiji [8] uređuje pitanje regulacije cijena mrežnih djelatnosti. Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o energiji³ definirano je da se cijena prijenosa, odnosno distribucije električne energije kao reguliranih djelatnosti, utvrđuje na temelju tarifnih sustava koje donosi, u dijelu metodologije Hrvatska energetska regulatorna agencija (HERA), a iznose tarifnih stavki Vlada RH na prijedlog Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva (MINGRP).

Do stupanja na snagu novih energetskih zakona, odnosno izmjena i dopuna istih, pitanje utvrđivanja tarifa za korištenje prijenosne mreže rješavalo se temeljem Zakona o energiji [8] i Zakona o tržištu električne energije [9]. Zakonom o energiji⁴ bilo je definirano da se cijena prijenosa, odnosno distribucije električne energije kao reguliranih djelatnosti utvrđuje na temelju tarifnih sustava koje donosi Vlada RH na prijedlog energetskog subjekta, a po pribavljenom

mišljenju MINGRP-a i Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti (VRED).

Nadalje, Zakon o tržištu električne energije⁵ navodio je da naknade za prijenos, odnosno distribuciju električne energije utvrđuje VRED na prijedlog energetskih subjekata. Iz ovakvih dvosmislenih rješenja, očigledno je da se u fazi donošenja zakona nije posvetila dovoljna pažnja na ulogu i značenje pojedinih institucija u procesu utvrđivanja cijena mrežnih djelatnosti što je rezultiralo kolizijom odredbi navedenih zakona.

Činjenica da nisu jednoznačno bile određene nadležnosti pojedinih subjekata (Vlada RH, VRED, MINGRP, energetski subjekti) u smislu izrade i predlaganja metodologije za izračun tarifa za prijenos i distribuciju električne energije te da nije jednoznačno utvrđena odgovornost za davanje suglasnosti na tarife, odnosno za utvrđivanje tarifa, odražavala se i na uspostavljanje regulatorne prakse u RH u smislu uvođenja ekonomske regulacije. Naime, u RH još uvijek nije razvijena transparentna i na troškovnom načelu utemeljena metodologija ekonomske regulacije što je jedan od preduvjeta uspostavljanja funkcionalnog tržišta električnom energijom.

Direktiva 2003/54/EZ⁶ definira da su '*Regulatorna tijela odgovorna najmanje za utvrđivanje ili odobravanje, prije njihova stupanja na snagu, metodologija za izračun ili utvrđivanje načina i uvjeta za priključenje i pristup nacionalnim mrežama te tarife za prijenos i distribuciju. Tarife ili metodologije omogućavaju potrebna ulaganja kojima se osigurava održivost mreža*'. Stoga se u postupku usklađivanja paketa energetskih zakona s propisima EU, posebice u dijelu koji se odnosi na nadležnosti regulatornog tijela, HERA-i prepisala nadležnost donošenja metodologije za izradu tarifnih sustava, ali ne i utvrđivanje iznosa tarifnih stavki. Budući da novi zakonski okvir za utvrđivanje tarifa za korištenje prijenosne i distribucijske mreže obuhvaća tri subjekta, Vladu RH, MINGRP, HERA-u, u postupku donošenja podzakonskih akata potrebno je nedvosmisleno utvrditi ulogu, odnosno nadležnost pojedinih subjekata u predmetnoj problematici, imajući pri tome u vidu specifičnosti ekonomske regulacije mrežnih djelatnosti, kako je prethodno navedeno u tekstu. Posebice se pri tome misli na ulogu u odabiru i razradi metodologije kao i u utvrđivanju razine pojedinih njenih elemenata koji direktno imaju utjecaja na iznos i strukturu tarifa za korištenje mreža.

Osim jasne procedure utvrđivanja metodologije za izračun tarifa, odnosno utvrđivanja tarifa, prepreka donošenju transparentne metodologije je i neprovođenje transparentnog razdvajanja (*unbundling*) između reguliranih (prijenos i distribucija električne energije) i nereguliranih djelatnosti (proizvodnja i opskrba) unutar HEP Grupe.

³ Vidi članak 17. i 19.

⁴ Vidi članak 26. i 28.

⁵ Vidi članak 12.

⁶ Vidi članak 23.

Transparentna podjela djelatnosti unutar HEP Grupe podrazumijeva jasno razdvajanje imovine i obveze između reguliranih i nereguliranih djelatnosti. U RH je zakonski utvrđeno da bi poduzeća u energetske sektoru koja obavljaju više energetske djelatnosti trebala voditi odvojeno knjigovodstvo za svaku od svojih djelatnosti, kao što bi se to od njih tražilo kad bi svoje djelatnosti obavljala posebna poduzeća, radi izbjegavanja pristranosti, unakrsnog subvencioniranja i narušavanja tržišnog natjecanja. Na taj način pojedinoj djelatnosti pridodjeljuju se samo oni troškovi koji su u njoj i nastali te se temeljem toga utvrđuje opravdana razina prihoda koja proizlazi iz regulirane tarife.

U slučaju integriranog poduzeća ili grupe udruženih poduzeća kao što je HEP d.d., potrebno je poduzeti i dodatne mjere kako bi se troškovi pravilno alocirali. Svako poduzeće koje posluje u bilo kojoj djelatnosti kupuje različite proizvode i usluge od drugih poduzeća, a ti će troškovi činiti dio dozvoljenih troškova koji se pokrivaju reguliranim prihodima. U okviru integriranog poduzeća ili grupe udruženih poduzeća postoji prostor u kojem se mogu ustanoviti transferne cijene između različitih dijelova tvrtke kako bi se povećali dozvoljeni troškovi, a time i regulirani prihodi u jednom poduzeću, a smanjili u drugom.

Naime, bez učinkovitog razdvajanja nemoguće je utvrditi opravdanu razinu prihoda po djelatnostima, odnosno utvrditi pojedine elemente u strukturi prihoda, kao što su regulatorna osnovica, amortizacija, troškovi održavanja, opravdana ulaganja, stopa povrata i sl., kao niti spriječiti unakrsno subvencioniranje između djelatnosti proizvodnje, prijenosa, distribucije i opskrbe električnom energijom. Stoga je kao preduvjet za uvođenje ekonomske regulacije računovodstveno, odnosno funkcionalno razdvajanje djelatnosti, za čiji nadzor nad provođenjem bi temeljem Direktive 2003/54/EZ trebala biti nadležna HERA kao buduće regulatorno tijelo u RH. Da bi se razdvajanje provelo na transparentan i dosljedan način, stajalište je Europske komisije [10] da bi nacionalni zakon mogao omogućiti regulatornom tijelu izradu smjernica za učinkovito razdvajanje računa, kao i što bi mogao omogućiti regulatornom tijelu aktivno sudjelovanje u nadzoru nad primjenom mjera kojima se omogućava funkcionalno razdvajanje. Elemente, odnosno specifičnosti funkcionalnog razdvajanja moguće je navesti u zakonu, smjernicama regulatornog tijela ili u dozvoli za obavljanje energetske djelatnosti koju izdaje HERA.

VRED je u 2003. godini temeljem Statuta VRED-a [11] donio Pravilnik o načinu i kriterijima za utvrđivanje naknade za korištenje prijenosne i distribucijske mreže [12]. Predmetni Pravilnik ne utvrđuje metodu ekonomske regulacije i ne pojašnjava njene elemente, već razmatra pitanja koja se odnose na elemente i strukturu naknade za korištenje mreža, kategorije kupaca, objekte koji pripadaju prijenosu, odnosno distribuciji i podatke koje su energetske subjekti dužni dostaviti VRED-u. Dakle, mišljenje je autora da je predmetni Pravilnik potrebno nadopuniti na način da definira metodu ekonomske regulacije i njene elemente,

odnosno da HERA treba biti upravo taj čimbenik koji će utvrditi metodologiju kao i njene parametre, uključujući i razinu pojedinih parametara koji u konačnici imaju utjecaja na iznose tarifa za korištenje mreža.

Imajući u vidu iskustva drugih država u uvođenju ekonomske regulacije, te da je za uvođenje učinkovite regulacije potrebno pripremno razdoblje u kojem je nužno definirati opravdanu razinu svih parametara, metode, te definirati metodu koja je najprihvatljivija za trenutačne promjene u sektoru (restrukturiranje HEP d.d., uspostavljanje regulatornog tijela, uspostavljanje tržišta električnom energijom u RH, regionalno tržište električnom energijom itd.), za očekivati je da će se u Republici Hrvatskoj ekonomska regulacija u elektroenergetskom sektoru u punom smislu riječi početi primjenjivati kroz godinu ili dvije. S obzirom da je za *poticajnu regulaciju* potrebno provesti i benchmark radi mogućnosti utvrđivanja od strane HERA-e pojedinih koeficijenata, kao što je to faktor X, u prvom regulacijskom razdoblju bila bi prihvatljivija metoda *regulacije stopom povrata* nego jedna od metoda *poticajne regulacije*. Tim više ako se u obzir još uzme okruženje u kojem postoji tzv. informacijska asimetrija između HERA-e i reguliranih subjekata te da su informacije i podaci samo djelomično dostupni i kontrolirani od strane HERA-e. Prednost *regulacije stopom povrata*, u ovom slučaju je i kraće regulacijsko razdoblje. Na taj način omogućava se pravodobna revizija razine primijenjenih parametara, a time i tarifa za korištenje mreža te se umanjuju rizici ekonomske regulacije za regulirane subjekte, čime se povećava kredibilitet rada regulatornog tijela. Ujedno će se s vremenom povećavati količina relevantnih informacija koja će biti dostupna HERA-i, a koja je nužna kao podloga za eventualno uvođenje *poticajne regulacije* u sljedećim regulacijskim razdobljima.

7. ZAKLJUČAK

Uvođenje odgovarajuće i opravdane metode ekonomske regulacije prirodnih monopola, prijenosa i distribucije električne energije, vrlo je bitan faktor u uspostavljanju funkcionalnog tržišta električnom energijom. Elektroenergetski sektor u Republici Hrvatskoj u početnoj je fazi restrukturiranja i otvaranja sektora. Stoga je bitno sagledati značenje ekonomske regulacije i njene moguće posljedice na poslovanje reguliranih subjekata, pouzdanost elektroenergetskog sustava i potrošače. U svijetu su razvijene mnoge metode ekonomske regulacije, svaku o njih karakteriziraju prednosti i nedostaci koji u određenoj mjeri ovise i o okruženju u kojem se metodologija primjenjuje.

U Republici Hrvatskoj nije razvijena niti primijenjena prepoznatljiva metoda ekonomske regulacije u utvrđivanju tarifa za korištenje prijenosa i distribucijske mreže. Kao preduvjet za uvođenje ekonomske regulacije u navedenim djelatnostima potrebno je jasno i nedvosmisleno u praksi pozicionirati ulogu i nadležnosti Vlade RH, MINGRP, regulatornog tijela i energetske subjekata u postupku

utvrđivanja metodologije, odnosno tarifa za korištenje prijenosne i distribucijske mreže. Uloga regulatornog tijela u navedenim postupcima, sukladno zahtjevima Direktive 2003/54/EZ, trebala bi ojačati. Istodobno, nužno je da HERA, kao buduće regulatorno tijelo, sagleda mogućnost primjene svake od navedenih metoda ekonomske regulacije te razradi i primijeni metodu koja će izazvati najmanje rizike i reguliranim subjektima i potrošačima. Analizirajući postojeće razvijene i primijenjene metode, mišljenje je autora da bi metoda *regulacije stopom povrata* bila najprihvatljivija kao metoda u prvom regulacijskom razdoblju.

LITERATURA

- [1] Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC, OJ L 176/1, 15.7.2003
- [2] A. E. KAHN, "The Economics of Regulation: Principles and Institutions", Vol. I,II, John Wiley and Sons Inc, New York, 1971.
- [3] S. C. LITTLECHILD, "Regulation of British Telecom's Profitability: Report to the Secretary of State", London: Department of Industry, 1983.
- [4] A. SHLEIFER, "A Theory of Yardstick Competition, Rand Journal of Economics", Vol. 16, 1985.
- [5] EUROPEAN COMMISSION, "First Benchmarking Report on the Implementation of the Internal Electricity and Gas Market", SEC(2001)1957, 3.12.2001.
- [6] E-CONTROL, "Mechanismen der Anreizregulierung", Working Paper No.5, 20.7.2002.
- [7] EUROPEAN COMMISSION, "Third Benchmarking Report on the Implementation of the Internal Electricity and Gas Market", 1.3.2004.
- [8] Zakon o energiji (Narodne novine broj 68/01, 177/04)
- [9] Zakon o tržištu električne energije (Narodne novine broj 68/01)
- [10] EUROPEAN COMMISSION, "Note of DG Energy and Transport on Directives 2003/54/EC and 2003/55/EC on the Internal Market in Electricity and Natural Gas", The Unbundling Regime', 16.1.2004
- [11] Statut Vijeća za regulaciju energetske djelatnosti (Narodne novine broj 62/02)
- [13] Pravilnik o načinu i kriterijima za utvrđivanje naknade za korištenje prijenosne i distribucijske mreže (Narodne novine broj 109/03)

ECONOMIC REGULATION METHODS IN ELECTRIC POWER SECTOR

Regulation in electric power sector has been created because it was considered that mechanism of free market competition, i.e. Smith's invisible hand will not influence optimization of market relationships and protection of interest on the consumer side in the case of natural

monopolies like transmission and distribution of electric energy. Therefore, a significant number of countries decided to make a legal framework and operation conditions of natural monopolies in power sector. Thus, regulation of electric power activities was introduced with the goal to protect consumer and investor interests by protecting the invested capital, as well as obtaining the framework that is common in completely open market competition. At the same time, to obtain independency and transparency of the processes the states organize regulatory bodies that define relationships among all participating parties in non-discriminatory and transparent way.

In the paper a review of basic methods of economic regulation is given, which are used in the states of the European Union (15) as well as their advantages and disadvantages. At the same time some guidelines and preconditions are given in the case of economic regulation application on the Croatian electric power sector.

VERFAHREN WIRTSCHAFTLICHER REGELUNG IM ELEKTROENERGETISCHEN BEREICH

Die wirtschaftliche Regelung im elektroenergetischen Bereich erwies sich als notwendig, da es auf der Hand lag, der Mechanismus des freien Wettbewerbes, bzw. der unsichtbare Smith'sche Arm, auf die Optimierung der Marktverhältnisse und auf den Schutz der Interesse von Verbrauchern beim natürlichen Alleinhandel, wie bei der Strom-übertragung und -Verteilung der Fall ist, nicht wirksam sein wird. Eine immer grössere Anzahl von Staaten hat sich deshalb entschlossen, die Rahmen und Bedingungen des natürlichen Alleinhandels im elektroenergetischen Bereich gesetzlich festzulegen. Durch eine solche Regelung im elektroenergetischen Bereich wurden im völlig freien Wettbewerbes herrschende Bedingungen und gleichzeitig der Schutz von Verbraucherinteressen und der Bauherrninteressen -durch die Beschützung des Anlagekapitals- erreicht. Gleichfalls, um die Unabhängigkeit und Durchsichtigkeit des Handelns zu erreichen, gründeten die Staaten Regelungsbehörden, welche unparteiisch und klar die Beziehungen der daran Interessierten regeln.

In diesem Artikel ist eine Übersicht der in den EU-Ländern angewandten Grundverfahren wirtschaftlicher Regelung gegeben, sowie Vorteile und Mangel eines jeweiligen dieser Verfahren hervorgehoben. Gleichfalls werden Richtlinien und Vorbedingungen für die Anwendung wirtschaftlicher Regelung im elektroenergetischen Bereich der Republik Kroatien gegeben.

Naslov pisaca:

Mr.sc. Tomislav Gelo, dipl.oec.
Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Kennedyjev trg 5, 10000 Zagreb
Hrvatska

Mr. sc. Ivona Štritof, dipl.ing.
Vijeće za regulaciju energetske djelatnosti
Savska cesta 163, 10000 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2005-01-26



ISPLATIVOST ULAGANJA VLASTITOG KAPITALA U PROJEKT ZA ZAJEDNIČKU PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr. sc. Vedran URAN, Zagreb

UDK 697.34:65.011.44
STRUČNI ČLANAK

U radu su prikazani osnovni kriteriji financijskog odlučivanja te načelno opisana tehnika procjenjivanja i mjerenja rizičnosti projekta. Kao primjer uzet je projekt za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u čijem investiranju sudjeluje vlastiti kapital i novac posuđen iz banke. Isplativost ulaganja vlastitog kapitala u takav projekt prvo se razmatrao sa stajališta promjene kamatne stope i odnosa vlastiti kapital/posuđeni novac, a zatim sa stajališta promjene diskontne stope te po scenarijskoj analizi različitim vjerojatnostima nastupanja. Cilj rada je utvrditi granični udio vlastitog kapitala u ukupnim investicijama projekta u okviru kojeg se ulaganje isplati. Pri kraju rada je uslijedila diskusija i izrada zaključka.

Ključne riječi: isplativost ulaganja, vlastiti kapital, projekt, toplinska energija, električna energija

1. UVOD

Poslovanje industrijskih tvrtki ovisi o uspješnosti plasiranja njihovog konačnog proizvoda na slobodnom (domaćem i stranom) tržištu, pod uvjetom da je taj konačni proizvod istodobno konkurentan cijenom, kvalitetom i dizajnom. Za ispunjenje tih uvjeta potrebna su određena ulaganja u znanje, tehnologiju i marketing. Ulaganjima prethode iscrpne analize o stanju na (domaćem i stranom) tržištu, položaju zemlje u svijetu i državno-administrativnim uvjetima. Ulaganja podrazumijevaju budžetiranje kapitala ili postupak donošenja odluka o dugoročnim investicijama u realnu poslovnu imovinu tvrtke [1]. Uzimajući u razmatranje razne scenarije, procjene i rizike, moguće je odrediti buduću vrijednost novca koji se kao kapital ulaže u projekte educiranja kadrova, usavršavanja tehnologije te boljeg marketinga. Očekivana dobit tvrtke na kraju godine pokazuje da su analize ulaganja u te projekte bile dobro procijenjene, odnosno da su se isplatile. Na tržištu kapitala to znači povećanje vrijednosti dionice te industrijske tvrtke.

Dio te dobiti koje je industrijska tvrtka ostvarila može se nadalje iskoristiti za ulaganja u druge svrhe, kao što je razvoj novih proizvoda, širenje proizvodnog kapaciteta itd. Industrijske tvrtke istodobno su potrošači topline i električne energije, pa velik broj njih imaju svoje vlastite kotlovnice, ali ne i kogeneracijske jedinice [1]. Razlog tomu je što u Hrvatskoj još nije zaživio zakon koji bi

poticao zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije. No, i u postojećim uvjetima moguće je izvršiti analizu ulaganja kapitala u projekt zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije.

Budžetiranje kapitala karakterizira ispitivanje ekonomske i osobito financijske efikasnosti dugoročnih investicijskih projekata poduzeća. S tom svrhom koriste se razni ekonomski i posebno financijski kriteriji odlučivanja [2]. U [3] je izložen matematički model za optimiranu proizvodnju toplinske i električne energije u drvenoj industriji, pri čemu se koristilo razdoblje povrata kapitala kao jedan od kriterija financijskog odlučivanja. U ovom će se radu na istom primjeru primijeniti i ostali kriteriji financijskog odlučivanja, kao što su čista sadašnja vrijednost i interna stopa profitabilnosti.

Kapital uložen u projekt praćen je troškovima koje je često teško izračunati, a zasniva se na međuovisnosti rizika i neizvjesnosti. U poslovanju su industrijske tvrtke izložene različitim rizicima među kojima su oni vezani za tržište, valutu, kredite, kadrove itd. Kod mjerenja individualnog rizika projekta koristi se nekoliko tehnika analize rizičnosti kao što su: senzitivna analiza, scenarijska analiza, Monte Carlo simulacija te analiza stabla odlučivanja. Kada je riječ o projektu za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije, u obzir je potrebno uzeti i tehnološke rizike, odnosno stupanj pouzdanosti rada buduće kogeneracijske jedinice.

2. TEMELJNI KRITERIJI FINACIJSKOG ODLUČIVANJA

Zajedničkom proizvodnjom toplinske i električne energije u odnosu na odvojenu proizvodnju može se uštedjeti i do 37 % na gorivu [4]. To znači niži troškovi za gorivo i niže naknade za opterećenje okoliša. Kod investiranja u novu kogeneracijsku jedinicu javljaju se troškovi kapitala te troškovi kreditiranja. Troškovi za pogon i održavanje takvog postrojenja veći su od troškova za pogon i održavanje generatora topline (u slučaju odvojene toplinske i električne energije). Za ostvarivanje ušteda sljedeći uvjet treba biti ispunjen:

$$\sum T_{gt} < \sum T_{ks} \quad (2.1)$$

gdje su $\sum T_{gt}$ ukupni troškovi generatora topline, a $\sum T_{ks}$ ukupni troškovi za kogeneracijsku jedinicu. Ukupne uštede predstavljaju razliku između ukupnih troškova generatora topline i ukupnih troškova kogeneracijske jedinice:

$$U = \sum T_{gt} - \sum T_{ks} \quad (2.2)$$

Pod uvjetom da je generator topline već u pogonu, njegovi ukupni troškovi sastoje se od:

- troškova za pogon i održavanje,
- troškova za gorivo,
- troškova za električnu energiju kupljenu od elektrodistributera.

Ukupni troškovi kogeneracijske jedinice sljedeći su:

- troškovi za pogon i održavanje,
- troškovi za električnu energiju kupljenu od elektroistributera,
- troškovi za gorivo.

Prihodi koji se mogu postići pogonom kogeneracijske jedinice sljedeći su:

- prihodi od prodaje električne energije,
- prihodi od prodaje toplinske energije.

Nakon izračuna troškova i očekivanih prihoda, potrebno je izračunati novčane tokove koji priteču kroz cijeli vijek efektuiranja projekta:

$$NT = U - \sum T_{fin} \quad (2.3)$$

gdje su $\sum T_{fin}$ ukupni financijski troškovi kao što su:

- amortizacija,
- vraćanje glavnice s kamatama (anuitet),
- porez na dobit
- itd.

U [3] je korištena metoda razdoblja povrata kapitala za instaliranje nove kogeneracijske jedinice. Najveći nedostatak te metode jest što ona ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca. Troškovi kapitala samo se u načelu pojavljuju, dok njihova suština uopće nije dana. Naime, jedan dio investicija uvijek je uložen,

ili od strane same tvrtke koja je odlučila investirati u novu kogeneracijsku jedinicu, ili od treće strane, npr. investicijskih fondova. Kroz period vraćanja projekt mora odbaciti i novčane tokove u visini troška kapitala tvrtke ili investicijskih fondova. Drugim riječima, projekt mora vratiti uložena sredstva i primjerene kamate vjerovnicima i primjerenu profitabilnost vlasnicima tvrtke ili ulagačima investicijskog fonda. Da bi projekt bio prihvaćen ili odbačen, treba primijeniti barem dva temeljna kriterija financijskog odlučivanja: čistu sadašnju vrijednost i internu stopu profitabilnosti.

2.1. Čista sadašnja vrijednost

Čista sadašnja vrijednost S predstavlja razliku između zbroja diskontiranih novčanih tokova u cijelom vijeku efektuiranja i investicijskih troškova TKI :

$$S = \sum_{t=1}^T \frac{NT_t}{(1+k)^t} - TKI \quad (2.4)$$

gdje je k diskontna stopa. Dio izraza (2.4) $\sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+k)^t}$ predstavlja geometrijski niz. Ukoliko su novčani tokovi u cijelom razdoblju efektuiranja projekta jednaki, tada se prikazani geometrijski niz može napisati u obliku $\frac{(1+k)^t - 1}{k \cdot (1+k)^t}$, i naziva se diskontni dinamični faktor.

Prihvatanje projekta ovisi o matematičkom predznaku čiste sadašnje vrijednosti S . Projekt se prihvaća ako se ispunjavaju sljedeći uvjeti:

$$S \geq 0 \quad (2.5)$$

pri čemu se nastoji maksimalizirati čista sadašnja vrijednost. Iz (2.5) je vidljivo da se projekt prihvaća i u slučaju kad je čista sadašnja vrijednost jednaka nuli, koja predstavlja sačuvanu (nikako povećanu) sadašnju vrijednost slobodnih novčanih sredstava tvrtke ili investicijskog fonda. Ukoliko je sadašnja vrijednost manja od nule, projekt se odbacuje, budući da bi se time smanjila vrijednost tvrtke, odnosno kapital investicijskog fonda.

Pojam čiste sadašnje vrijednosti može se potkrijepiti primjerom iz [3] u kojem je utvrđeno da kogeneracijska jedinica postaje isplativija od generatora topline pri toplinskoj snazi od 7000 kW. Investicijski troškovi za takav sustav na bazi protutlačnog turboagregata iznose 21 500 000 kuna. Razdoblje povrata kapitala iznosi 4,3 godine, što znači da novčani tokovi godišnje, ako se podijele investicijski troškovi s razdobljem povrata, iznose prosječno 5 000 000 kuna. U tablici 1. projekt se razmatra u trima slučajevima, kada su godišnji novčani tokovi isti (projekt B) i različiti (projekt A i C).

Iz tablice 1. vidljivo je da će za sva tri slučaja A, B i C čista sadašnja vrijednost na kraju efektuiranja projekta biti jednaka, a različita u slučaju diskontiranja novčanih tokova. Kada se projektu A diskontiraju novčani tokovi,

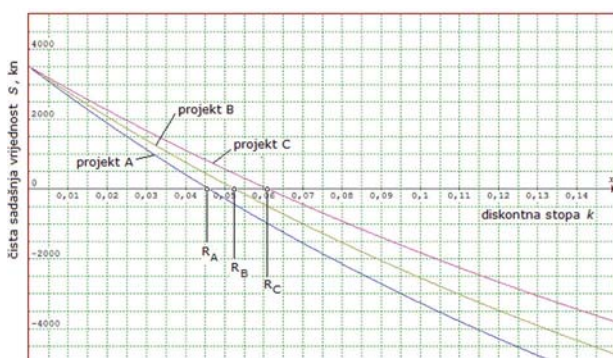
Tablica 1. Čista sadašnja vrijednost projekata A, B i C uz diskontnu stopu 5 % (u '000 kuna)

Godina	Diskontirani faktor	Novčani tokovi			Diskontirani novčani tokovi		
		Projekt A	Projekt B	Projekt C	Projekt A	Projekt B	Projekt C
0		- 21500	- 21500	- 21500	- 21500	- 21500	- 21500
1	0,952	3000	5000	7000	2856	4760	6664
2	0,907	4000	5000	6000	3628	4535	5442
3	0,864	5000	5000	5000	4320	4320	4320
4	0,823	6000	5000	4000	4938	4115	3292
5	0,784	7000	5000	3000	5488	3920	2352
	Ukupno	25000	25000	25000	21230	21650	22070
	Sveukupno	3500	3500	3500	-270	150	570

ispada da je čista sadašnja vrijednost manja od nule. U slučaju projekata B i C, čista sadašnja vrijednost je veća od nule. To znači da se u slučaju diskontne stope od 5 % ti projekti prihvaćaju, a projekt A odbacuje. Po rangui je projekt C najprihvatljiviji jer ima najveću čistu sadašnju vrijednost. To je iz razloga jer se kao projekt brže efektuira od ostalih priloženih projekata odnosno njegovi najveći novčani tokovi najbliži su sadašnjosti.

2.2. Interna stopa profitabilnosti

Ovisnost promjene čiste sadašnje vrijednosti o diskontnoj stopi prikazana je dijagramski na slici 1. Sa slike 1. je vidljivo da je čista sadašnja vrijednost jednaka za sva tri projekta A, B i C kada je diskontna stopa jednaka nuli. Situacija se mijenja kad je diskontna stopa veća od nule. Koliko se koji projekt sporije efektuira vidi se po tome koji će od tih tri projekata najbrže poprimiti čistu sadašnju vrijednost jednaku nuli. U danom primjeru to je projekt A. Pri tom diskontna vrijednost ima neku vrijednost. Ta se vrijednost naziva interna stopa profitabilnosti, i predstavlja drugi temeljni kriterij financijskog odlučivanja.



Slika 1. Ovisnost čiste sadašnje vrijednosti o diskontnoj stopi za projekte A, B i C (u '000 kuna)

Riječ je o stopi profitabilnosti ulaganja u projekt koja uvažava vremensku vrijednost novčanih tokova u cijelom vijeku efektuiranja projekta. Uz tu stopu ostvaruje se nulta, granična čista sadašnja vrijednost projekta [2]. To znači da će u izrazu (2.4) vrijednost S bit izjednačen s nulom, a diskontna stopa k zamijenjena s internom stopom profitabilnosti R :

$$\sum_{t=1}^T \frac{NT_t}{(1+R)^t} = TKI \quad (2.6)$$

Interna stopa profitabilnosti određuje se postupkom iteracije i interpolacijom, uz pomoć različitih kompjuterskih programa (npr. postupak izračunavanja interne stope profitabilnosti moguće je u *Excel-u*).

Sa slike 1. interne stope profitabilnosti za projekte A, B i C mogu se brzo odrediti, te one redom iznose:

- za projekt A: $R_A = 4,55\%$
- za projekt B: $R_B = 5,25\%$
- za projekt C: $R_C = 6,10\%$

Projekt se prihvaća ako je njegova interna stopa profitabilnosti veća od zadane diskontne stope:

$$R \geq k \quad (2.7)$$

Ako je u danom primjeru diskontna stopa jednaka 5 %, to znači da će uvjet iz (2.7) zadovoljiti jedino projekti B i C.

3. PROCJENA RIZIČNOSTI PROJEKTA

Odluka o ulaganju u projekte za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u industrijske tvrtke popraćena je u uvjetima rizika i neizvjesnosti, ali i preprekama na koje se nailazi prilikom odlučivanja. No, za ispunjavanje temeljnih tehnoloških uvjeta izvođenja projekata ovakvog tipa potrebno je sljedeće:

1. industrijske tvrtke trebaju biti istovremeni potrošači toplinske i električne energije,
2. industrijske tvrtke trebaju raditi u tri smjene, ili barem da pojedini pogoni neprestano rade,
3. potrošnja toplinske i električne energije ne smije previše varirati,
4. pogodna infrastruktura i prostor za izvođenje projekta,
5. brzo stjecanje dozvole za obavljanje energetske djelatnosti od strane administracije,
6. povoljni zakonodavni uvjeti za izgradnju kogeneracijskih sustava (npr. povlašteni kupac goriva, povlašteni proizvođač toplinske i električne energije, nagrada radi rasterećenja okoliša i sl.).

Kao i svaki drugi, i projekt ovakvog tipa može se promatrati kao izolirana investicija pa se u obzir uzima njegova individualna rizičnost. Najbolja mjera profitabilnosti projekta svakako je njegova interna stopa profitabilnosti [2].

Ako je investitor industrijska tvrtka u čijim se pogonima planira izvesti projekt, tada ta tvrtka određuje rizičnost projekta kao kontribuciju rizika ukupnom riziku te tvrtke. Uobičajeno je da industrijska tvrtka kao investitor za projekte izdvaja novčana sredstva iz svoje dobiti te očekuje da će mu izvedeni projekt donijeti još veću dobit. Ako se krivo procijeni rizik projekta, dobit tvrtke će se smanjiti. U tom slučaju rizičnost projekta za tu tvrtku treba biti manja od njegove individualne rizičnosti. Tržišna rizičnost odnosi se na relevantnu rizičnost projekta za dionice tvrtke koje će držati investitori u dobro diversificiranom portfelju. Ako projekt poveća dobit tvrtke, povećat će i vrijednost njenih dionica na tržištu kapitala, i obratno. Iz tog proizlazi da tržišna rizičnost projekta, po pravilu, treba biti manja od njegove individualne rizičnosti.

Ako investicijski fond¹ ulaže svoj kapital u izvođenje projekta neke industrijske tvrtke, tada on radi procjenjivanja rizika i određivanja troška kapitala ispituje ekonomske i tržišne stabilnosti tvrtke. Ta se stabilnost određuje na osnovi financijskih izvješća i poslovnih planova koji se pribavljaju izravno od financijskog odjela tvrtke te na burzi² gdje se trguje dionicama te tvrtke. Rizik ulaganja u projekt za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u određenu industrijsku tvrtku bit će manji ukoliko investicijski fond ima pozitivna iskustva s trgovanjem dionicama te iste tvrtke.

U svojim izvješćima industrijska tvrtka treba navesti i objasniti s kojim se sve rizicima sučeljava, i koliko oni mogu utjecati na njeno ukupno poslovanje. Najčešće se pojavljuju sljedeće vrste rizika:

1. tržišni rizik – potražnja za proizvodima određene industrijske tvrtke i konkurencija,
2. tehnološki rizici – očekivani poslovni rezultati nakon uloženi investicija u tehnologiju,
3. upravljački i kadrovski rizici – odnos vlasnika tvrtke i zaposlenika, očekivani poslovni rezultati nakon ulaganja u edukaciju zaposlenika te organizacijsko restrukturiranje,
4. sistemski rizici – političko, zakonodavno i administrativno okruženje određene industrijske tvrtke,
5. valutni rizik – utjecaj promjene tečaja domaće i strane valute (za koju se domaća veže),
6. kreditni rizik – vezanost potraživanja od kupaca, korištene garancije i hipoteke,
7. ostali rizici (npr. rizik kamatnih stopa, rizici tržišta kapitala, itd.).

Često se kao problem javlja odabir broja godina kroz koje se promatra poslovanje neke industrijske tvrtke. Kroz pravilan odabir godina jasno se može utvrditi zašto je do određenih poslovnih rezultata došlo, što je utjecalo na njih, te kojim

se rizicima tvrtka tada sučeljavala. Povijesna razmatranja tvrtke značajna su za analizu planova tvrtke za određeni broj godina koji odgovara broju godina efektuiranja projekta. Sve okolnosti koje su se u proteklim vremenima (ne)povaljno odrazile na poslovanje tvrtke pomažu pri kvalitetnijem procjenjivanju rizika. Povećanje ili smanjenje produktivnosti neke tvrtke značajno utječe na postignute uštede u energiji, ali i na dimenzioniranju kogeneracijske jedinice.

4. MJERENJE RIZIKA PROJEKTA ZA ZAJEDNIČKU PROIZVODNJU TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Rizik projekta za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije može se mjeriti sa stajališta individualnog rizika. No, takav rizik sam za sebe ima malo značenje. Proizvodnja toplinske i električne energije ovisi o potrošnji tih energija u pogonima industrijske tvrtke. Ta potrošnja po određenim razdobljima oscilira (npr. odnos potrošnje ljeti i zimi, danju i noću, potrošnja energije po smjenama). Projektiranju stoga prethodi izrada preliminarnog izvješća u kojem se navode tehno-ekonomske mogućnosti izvođenja projekta za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije. S ekonomskog stajališta razmatraju se moguće uštede u novcu, okviri investicijski troškovi te razdoblje povrata.

Izrada preliminarnog stupnja predstavlja pred fazu projekta. U prvoj fazi projekta se među ostalim mjere rizici projekta po izabranim tehnikama analize mjerenja individualne rizičnosti, a to su prema [2]:

1. senzitivna analiza,
2. scenarijska analiza,
3. Monte Carlo simulacija,
4. analiza stabla odlučivanja.

4.1. Senzitivna analiza

To je tehnika koja upozorava na promjene efikasnosti projekta uzrokovanim danim promjenama pojedinih ključnih varijabli formiranja te efikasnosti. Svrha je pokazati što će se dogoditi s efikasnošću projekta ako se jedna ključna varijabla promijeni, a ostale ostanu nepromijenjene, pod uvjetom da se i one mogu istodobno mijenjati. Glavni nedostatak ove tehnike jest što se uz promjenu ključnih varijabli ne uzima realnu vjerojatnost nastupanja tih promjena. Drugim riječima, kroz senzitivnu analizu ne može se izračunati ni standardna devijacija distribucije vjerojatnosti ni koeficijent varijacije.

4.2. Scenarijska analiza

Ovom se tehnikom pokriva glavni nedostatak senzitivne analize, a to je faktor realne vjerojatnosti nastupanja

¹ Investicijski fond je zbirka (portfelj) mnogih vrijednosnih papira – dionica i/ili obveznica i/ili drugih vrijednosnica. Svaki ulagač koji kupi udjele (dionice) investicijskog fonda posjeduje postotak ukupnog portfelja fonda. Individualni je ulagač neposredni vlasnik udjela (dionice) investicijskog fonda i tek je na neposredan način vlasnik određenog dijela svakog instrumenta koji je fond smanjio [5].

² U Hrvatskoj su to Zagrebačka burza (www.zse.hr) i Varaždinska burza (www.vse.hr).

promjena ključnih varijabli koja se određuje tako da se najbolji i najlošiji scenariji uspoređuju s najvjerojatnijim. Na osnovi toga moguće je odrediti očekivanu vrijednost ključne varijable te standardnu devijaciju distribucije vjerojatnosti. Iz izloženog se daje uočiti nedostatak scenarijske analize, a to je oslanjanje na manji ograničeni broj scenarija.

4.3. Monte Carlo simulacija

Simulacija koja scenarijsku analizu rizičnosti pretvara u model blizak stvarnom svijetu, utemeljena na simulacijskim procesima za analizu vjerojatnosti ostvarivanja dobitaka u kockarnicama na ruletu. Simulacija započinje odabirom ključnih varijabli efikasnosti projekta i utemeljenjem njihovih distribucija vjerojatnosti. Nakon što su učinjene distribucije vjerojatnosti svake pojedine varijable, računalnom simulacijom sve se varijable međusobno kombiniraju izračunavajući čistu sadašnju vrijednost ili internu stopu profitabilnosti. Taj se postupak ponavlja mnogo puta prema unaprijed utvrđenom programu sve dok se ne sastavi reprezentativna distribucija vjerojatnosti mogućih budućih čistih sadašnjih vrijednosti ili internih stopa profitabilnosti. Tako dobivena distribucija vjerojatnosti čiste sadašnje vrijednosti ili interne stope profitabilnosti vrednuje se primjenom ključnih mjera ocjena rizika [2, 7]. Postupak Monte Carlo simulacije, bez obzira na slične krajnje rezultate, predstavlja precizniju metodu utemeljenja distribucije vjerojatnosti projekta od scenarijske analize.

4.4. Analiza stabla odlučivanja

S namjerom da se umanjuje rizik investiranja, pristupa se analizi rizika projekta promatranog kroz određene faze investiranja i efektuiranja ili analizi stabla odlučivanja. Po toj se metodi životni vijek projekta razbija na određene faze u vijeku investiranja i efektuiranja. Analiza stabla odlučivanja primjenjiva je za one projekte čije se investiranje vrši višekратно u duljem vremenu. Tako se nakon svake faze investiranja projekta odlučuje da li se nastavlja s investiranjem ili se odbacuje, odnosno da li sljedeća faza ili sljedeće faze investiranja mogu rezultirati dobitke ili gubitke.

5. ODREĐIVANJE GRANICE ISPLATIVOSTI ULAGANJA U PROJEKT ZAJEDNIČKE PROIZVODNJE TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

U nastavku rada pri mjerenju rizika projekta za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije primijenit će

$$n_{kp} = \frac{B \dot{Q}^m}{-3600 \dot{Q} (q_{pt} - q_{vgp}) c_g \tau_q + (\beta + \gamma) \left(B_1 \dot{Q}^{m_1} - B \dot{Q}^m \right) + c_{ees} \chi \dot{Q} \tau_q + c_{ot} \chi \dot{Q} (8760 - \tau_q)} \quad (5.1)$$

se scenarijska analiza. Kao primjer uzet će se navedeni primjer iz [3], a to znači kogeneracijska jedinica na bazi protutlačnog parnoturbinskog agregata toplinskog kapaciteta od 7 000 MWh i izlazne električne snage od 1 400 MWe. Razdoblje povrata uloženi sredstava u takav kogeneracijski sustav iznosi 5 godina i 3 mjeseci, pri čemu udio troškova kapitala, pogona i održavanja sustava iznosi 10 % od ukupnih troškova investicija. Iznesena vrijednost toplinskog kapaciteta predstavlja najnižu vrijednost toplinskog kapaciteta pri kojoj zajednička proizvodnja toplinske i električne energije postaje isplativijom od odvojene proizvodnje kod danih parametara, pretpostavki i uvjeta.

Uvjeti i pretpostavke su sljedeće:

- troškovi kapitalnog investiranja u kogeneracijsku jedinicu, $TKI_{pt} = B \cdot \dot{Q}^m$, i generator topline, $TKI_{gt} = B_1 \cdot \dot{Q}^{m_1}$ povećavaju se nelinearno s povećanjem toplinske snage iz čega proizlaze konstante B , m , B_1 i m_1 ; prema [3] vrijednosti tih konstanti su sljedeće: $B = 155\,818$, $m = 0,57$, $B_1 = 16\,285$, $m_1 = 0,72$ (određeni na osnovi realne ponude proizvođača kogeneracijske jedinice i generatora topline),
- pretpostavljena cijena goriva c_g jednaka je nuli (budući da se skupljanje i pripremanje drvnog ostatka kao goriva obavlja u krugu drveno-industrijskog pogona), pa će dio izraza (3.1) – $3600 \cdot \dot{Q} \cdot (q_{pt} - q_{vgp}) \cdot c_g \cdot \tau_q$ također biti jednak nuli.

Dani parametri sljedeći su:

- iznos udjela kapitala β sada će biti jednak nuli i odredit će se nakon izračunavanja energetske uštede u novcu,
- iznos udjela pogona i održavanja γ iznositi će 5 % za kogeneracijski sustav, a 2 % za postojeći generator topline kapaciteta 7 000 MWh,
- vrijeme rada kogeneracijskog sustava iznositi će: $\tau_q = 4\,000$ h/god.
- odnos između izlazne električne snage i toplinskog kapaciteta kogeneracijske jedinice: $\chi = 0,2$ (dobiveno na osnovi entalpije pare i kondenzata te unutarnjeg stupnja korisnosti parne turbine),
- cijena električne energije kupljene od elektrodistributera: $c_{ees} = 0,57$ kn/kWh [6] (dobiveno dijeljenjem vrijednosti godišnjih troškova za električnu energiju s vrijednošću godišnje potrošnje električne energije)
- cijena otkupne električne energije po važećem zakonu: $c_{ot} = 0,7$ $c_{ees} = 0,4$ kn/kWh

Iznos energetske uštede u novcu dobiva se uvrštavanjem zadanih vrijednosti u izraz (5.1):

koji je jednak izrazu (2.28) iz [3]. Izraz u nazivniku predstavlja energetske uštede u novcu U koje su za dani primjer jednake:

$$U = \left| \left(\gamma_1 \cdot B_1 \cdot \dot{Q}^{m_1} - \gamma \cdot B \cdot \dot{Q}^m \right) + c_{ees} \cdot \chi \cdot \dot{Q} \cdot \tau_q + c_{ot} \cdot \chi \cdot \dot{Q} \cdot (8760 - \tau_q) \right| \quad (5.2)$$

Uvrste li se gore navedeni parametri uz dane uvjete i pretpostavke u izraz (5.2), energetske uštede u novcu na godišnjoj razini iznosit će:

$$U = \left| (0,02 \cdot 16285 \cdot 7000^{0,72} - 0,05 \cdot 155818 \cdot 7000^{0,57}) + 0,57 \cdot 0,2 \cdot 7000 \cdot 4000 + 0,4 \cdot 0,2 \cdot 7000 \cdot (8760 - 4000) \right|$$

$$U = 5\,591\,000 \text{ kn/god}$$

Za izračunavanje čistog novčanog toka projekta koristit će se izraz (2.3) iz kojeg je vidljiva potreba za određivanje financijskih troškova koji uključuju amortizaciju, troškove kreditiranja projekta izraženih u anuitetima, porez na dobit itd. Za određivanje čistog novčanog toka projekta definirat će se promjenjivi i nepromjenjivi parametri.

Nepromjenjivi parametri su sljedeći:

- vijek (broj godina) efektuiranja projekta: $t = 6$ godina,
- vrijeme otplate posuđenog novca iz banke (kredita): $K = 6$ godina,
- kamatna stopa: $i = 6\%$,
- vrijeme amortizacije kogeneracijske jedinice³: $A = 6$ godina,
- odnos vlastitog kapitala (*equity*)/posuđenog novca (kredit) = $e/b = 25/75$
- porezna stopa na dobit: $p = 18\%$

Promjenjivi parametri su:

- troškovi kapitala.

Troškovi amortizacije izračunavaju se na sljedeći način:

$$T_{amor} = \frac{TKI}{A}$$

$$T_{amor} = \frac{24200000}{6} \quad (5.3)$$

$$T_{amor} = 4\,030\,000 \text{ kn/god.}$$

Troškovi kreditiranja projekta dobivaju se na sljedeći način:

$$T_{kred} = b \cdot TKI \cdot \frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

$$T_{kred} = 0,75 \cdot 24200000 \cdot \frac{0,06 \cdot (1+0,06)^6}{(1+0,06)^6 - 1} \quad (5.4)$$

$$T_{kred} = 3\,676\,250 \text{ kn/god}$$

U dobivenu cijenu uračunate su, i glavnica, i kamate. Izraz $\frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$ predstavlja anuitetski faktor čija je funkcija

da čiste novčane tokove u vijeku efektuiranja projekta i vrijednosti investicijskih troškova razbije na prosječne godišnje iznose. Iz navedenog posuđeni novac iznosi $24\,200\,000 \cdot 0,75 = 18\,165\,000$ što je jednako iznosu glavnice. Te glavnice obračunavaju se nakon plaćenog poreza na dobit. Iznos kamata obračunava se na sljedeći način:

$$T_{kamate} = N \cdot T_{kred} - b \cdot TKI \quad (5.5)$$

Uvrsti li se izraz (5.4) u (5.5) slijedi:

$$T_{kamate} = b \cdot TKI \cdot \left(N \cdot \frac{i \cdot (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} - 1 \right) \quad (5.6)$$

Iznos kamata po izrazu (5.6) iznose

$$T_{kamate} = 0,75 \cdot 24200000 \cdot \left(6 \cdot \frac{0,06(1+0,06)^6}{(1+0,06)^6 - 1} - 1 \right)$$

$$T_{kamate} = 3\,890\,000 \text{ kn}$$

ili 648 300 kn godišnje.

Čisti novčani tok izračunat će se na sljedeći način:

$$NT = U - T_{amor} - T_{kamate} - p \cdot (U - T_{amor} - T_{kamate}) + T_{amor} - b \cdot TKI / K \quad (5.7)$$

Uvrsti li se izraz (5.3) i (5.6) u izraz (5.7) slijedi:

$$NT = (1-p) \cdot \left[U - \frac{TKI}{A} - b \cdot \frac{TKI}{K} \cdot \left(t \cdot \frac{i \cdot (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} - 1 \right) \right] + \frac{TKI}{A} - b \cdot \frac{TKI}{K} \quad (5.8)$$

Nakon uvrštavanja zadanih parametara slijedi da je za konkretni primjer čisti novčani tok jednak:

$$NT = (1-0,18) \cdot \left[5591000 - \frac{24200000}{6} - 0,75 \cdot \frac{24200000}{6} \cdot \left(6 \cdot \frac{0,06 \cdot (1+0,06)^6}{(1+0,06)^6 - 1} - 1 \right) \right] + \frac{24200000}{6} - 0,75 \cdot \frac{24200000}{6}$$

$$NT = 1\,753\,414 \text{ kn/god.}$$

Uzme li se u obzir promjena pojedinih vrijednosti parametara, npr. kamatna stopa $i = 8\%$, a odnos vlastitog kapitala i kredita $e/b = 30/70$, čisti novčani tok će u tom slučaju iznositi:

$$NT = 1\,796\,493 \text{ kn/god.}$$

³ Amortizacija predstavlja povrat početnih sredstava kroz procijenjeni vijek fiksne imovine, npr. postrojenja i oprema. Amortizacijom se smanjuje iznos oporezivog dijela prihoda. Amortizacija su nenovčani troškovi [6].

Tablica 2. Određivanje čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti u slučaju kada je kamatna stopa 6%, a odnos vlastitog kapitala i kredita 25/75

Godina	1	2	3	4	5	6	Ukupno
Neto novčani tok	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	10 520 484 kn
Diskontirani novčani tok	1 654 164 kn	1 560 532 kn	1 472 200 kn	1 388 868 kn	1 310 253 kn	1 236 088 kn	8 622 105 kn
						Vlastiti kapital investitora	6 050 000 kn
						Čista sadašnja vrijednost	2 572 105 kn

što znači nešto veću vrijednost od prethodnog slučaja (za $1\,796\,493 - 1\,753\,414 = 43\,079$ kn/god.) iz razloga što se povećao udio vlastitog kapitala (s 25 % na 30 %), a smanjio udio posuđenog novca. U tom će slučaju kamate, prema (5.6), iznositi:

$$T_{\text{kamate}} = 0,70 \cdot 24200000 \cdot \left(6 \cdot \frac{0,08(1+0,08)^6}{(1+0,08)^6} - 1\right)$$

$$T_{\text{kamate}} = 5\,014\,240 \text{ kn}$$

ili 835 707 kn godišnje, što znači više od iznosa kamata u prethodnom slučaju za $835\,707 - 648\,300 = 187\,407$ kn/god. ili $187\,407$ kn/god. * 6god = 1 124 442 kn nakon perioda vraćanja kredita banci.

Sljedeći je korak određivanje čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti korištenjem izraza (2.4) i (2.6), ali uz odabir diskontne stope koja će biti jednaka $k = 6\%$.

1. slučaj

- kamatna stopa: $i = 6\%$
- odnos vlastitog kapitala i posuđenog novca iz banke: $e/b = 25/75$

Rezultati su dani u tablici 2.

Iz tablice 2. uočava se zadovoljavanje uvjeta iz (2.5) i (2.7), a to znači da je čista sadašnja vrijednost veća od nule, a interna stopa profitabilnosti veća od zadane diskontne stope. Ovi ispunjeni uvjeti upućuju na prihvaćanje projekta po zadanim parametrima.

2. slučaj

- kamatna stopa: $i = 8\%$
- odnos vlastitog kapitala i posuđenog novca iz banke: $e/b = 30/70$

Rezultati su dani u tablici 3.

Rezultati iz tablice 3. prikazuju drugačiju sliku od one iz tablice 2. I u ovom je slučaju čista sadašnja vrijednost veća od nule čime se ispunjava uvjet iz (2.5). Interna stopa profitabilnosti projekta u ovom je slučaju jednaka

diskontnoj stopi, što je granica zadovoljavanja uvjeta iz (2.7). Ali uvjeti upućuju na još sljedeće: interna stopa profitabilnosti jednaka je diskontnoj stopi ako je ostvarena nulta čista sadašnja vrijednost. Ta veza u slučaju 2. nije uspostavljena. Stoga se izraz (2.4) može modificirati na sljedeći način:

$$S = \sum_{t=1}^T \frac{NT_t}{(1+k)^t} - e \cdot TKI \quad (5.9)$$

Za razliku od (2.4) izraz (5.9) u obzir uzima dio investicijskih troškova pokrivena vlastitim kapitalom investitora (*equity*), $e \cdot TKI$. U slučaju nulte čiste sadašnje vrijednosti, $S = 0$, određuje se granični udio vlastitog kapitala e_0 do kojeg je isplativo participirati u ukupnim investicijama nekog projekta:

$$e_0 = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{NT_t}{(1+k)^t}}{TKI} \quad (5.10)$$

uz uvjet da je najveći udio po kojem se isplati sudjelovati u investiranju projekta jednak

$$e \leq e_0 \quad (5.11)$$

Primijenili se izrazi (5.10) i (5.11) u zadanom primjeru proizlazi sljedeće:

- za 1. slučaj, u skladu s tablicom 2.

$$e_0 = \frac{8622105}{24200000} \cdot 100\%$$

$$e_0 = 35,6\%$$

$$25\% < 35,6\%$$

- za 2. slučaj, u skladu s tablicom 3.

$$e_0 = \frac{8833939}{24200000} \cdot 100\%$$

$$e_0 = 36,5\%$$

$$30\% < 36,5\%$$

Tablica 3. Određivanje čiste sadašnje vrijednosti i interne stope profitabilnosti u slučaju kada je kamatna stopa 8 %, a odnos vlastitog kapitala i kredita 30/70

Godina	1	2	3	4	5	6	Ukupno
Neto novčani tok	1 796 493 kn	1 796 493 kn	1 796 493 kn	1 796 493 kn	1 796 493 kn	1 796 493 kn	10 520 484 kn
Diskontirani novčani tok	1 694 805 kn	1 598 872 kn	1 508 370 kn	1 422 991 kn	1 342 444 kn	1 266 457 kn	8 833 939 kn
						Vlastiti kapital investitora	7 260 000 kn
						Čista sadašnja vrijednost	1 573 939 kn
						Interna stopa profitabilnosti	6 %

Iz priloženog se vidi da je granični udio e_0 kod drugog slučaja veći od graničnog udjela prvog slučaja. No, zadani udio u drugom slučaju (30 %) bliži je svom graničnom slučaju (36,5 %) nego zadani udio prvog slučaja (25 %) svom graničnom slučaju (35,6 %). Iz tog proizlazi da je čista sadašnja vrijednost prvog slučaja veća od čiste sadašnje vrijednosti drugog slučaja (za provjeru vidjeti podatke iz tablice 2. i 3.), jer je po svojoj vrijednosti u pozitivnom smjeru udaljenija od nulte čiste sadašnje vrijednosti. Sa stajališta rangiranja projekta, slučaj 1. povoljnije je definiran od slučaja 2.

Izloženim primjerom promatrali su se slučajevi s promjenjivim i nepromjenjivim vrijednostima parametara, s pretpostavkama da je njihova vjerojatnost nastupanja 100 %-tna. Realnije bi bilo promatrati nekoliko slučajeva s različitim diskontnim stopama definiranim u skladu s procjenom rizičnosti projekta.

Kao najvjerojatniji scenarij uzima se prethodno izloženi primjer kada je diskontna stopa 6 %, a udio vlastitog kapitala i posuđenog novca iz banke 25/75. Npr. takva diskontna stopa ukazuje na manju rizičnost projekta za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u dotičnoj industrijskoj tvrtki za koju je utvrđeno da će idućih šest godina dobro poslovati, da će opseg proizvodnje rasti 5 % godišnje, što podrazumijeva veće potrebe za toplinom i električnom energijom, ne isključujući zakonske poticaje za povlaštene proizvođače električne energije. Novac koji se investira u projekt umanjuje se radi moguće pojave inflacije s godišnjom stopom od 5 %.

Manje vjerojatniji scenarij predviđa jednak ili do 5 % niži opseg proizvodnje, stopu inflacije od 5 % godišnje, te nepostojanje poticaja za povlaštene proizvođače električne energije. Za taj je scenarij namijenjena diskontna stopa od 10 %.

Najmanje vjerojatniji scenarij jest da zbog pogrešne politike vođenja poslova u dotičnoj industrijskoj tvrtki dođe do naglog pada proizvodnje te gubitka značajnog dijela tržišta, što bi utjecalo na nagli pad vrijednosti dionica, te svakako na manje potrebe za toplinom i električnom energijom. Za takav je scenarij prihvaćena diskontna stopa od 15 %.

Rezultati tih scenarija prikazani su u tablicama 4., 5. i 6.

Iz diskretne distribucije dobivene za tri različita scenarija mogućih vrijednosti ključnih varijabli može se izračunati očekivana čista sadašnja vrijednost projekta. Ona iznosi:

$$E(S) = 0,2 \cdot 585\,765 + 0,3 \cdot 1\,586\,575 + 0,5 \cdot 2\,572\,105$$

$$E(S) = 1\,879\,177 \text{ kn}$$

Za određivanje graničnog udjela vlastitog kapitala u ukupnim investicijama e_0 potrebno je izračunati očekivanu vrijednost diskontiranih novčanih tokova koja se izračunava na isti način kao i očekivana čista sadašnja vrijednost:

$$E(NT) = 0,2 \cdot 6\,635\,765 + 0,3 \cdot 7\,636\,575 + 0,5 \cdot 8\,622\,105$$

$$E(NT) = 7\,929\,128 \text{ kn}$$

Iz tog proizlazi da je

$$e_0 = \frac{7\,929\,128}{24\,200\,000} \cdot 100\%$$

$$e_0 = 32,7 \%$$

$$25 \% < 32,7 \%$$

što znači da će uz navedene scenarije investitori pristati da ulože svoj vlastiti kapital u projekt za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u udjelu 25 % od ukupnih investicija.

Tablica 4. Prvi scenarij: $k = 6 \%$, vjerojatnost nastupanja $v = 0,5$

Godina	1	2	3	4	5	6	Ukupno
Neto novčani tok	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	10 520 484 kn
Diskontirani novčani tok	1 654 164 kn	1 560 532 kn	1 472 200 kn	1 388 868 kn	1 310 253 kn	1 236 088 kn	8 622 105 kn
						Vlastiti kapital investitora	6 050 000 kn
						Čista sadašnja vrijednost	2 572 105 kn

Tablica 5. Drugi scenarij: $k = 10 \%$, vjerojatnost nastupanja $v = 0,3$

Godina	1	2	3	4	5	6	Ukupno
Neto novčani tok	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	10 520 484 kn
Diskontirani novčani tok	1 594 013 kn	1 449 102 kn	1 317 366 kn	1 197 605 kn	1 088 732 kn	989 756 kn	7 636 575 kn
						Vlastiti kapital investitora	6 050 000 kn
						Čista sadašnja vrijednost	1 586 575 kn

Tablica 6. Treći scenarij: $k = 15 \%$, vjerojatnost nastupanja $v = 0,2$

Godina	1	2	3	4	5	6	Ukupno
Neto novčani tok	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	1 753 414 kn	10 520 484 kn
Diskontirani novčani tok	1 524 708 kn	1 325 833 kn	1 152 898 kn	1 002 520 kn	871 757 kn	758 049 kn	6 635 765 kn
						Vlastiti kapital investitora	6 050 000 kn
						Čista sadašnja vrijednost	585 765 kn

Granicu isplativosti ulaganja vlastitog kapitala moguće je utvrditi izračunom razlike između ukupnog diskontiranog novčanog toka i anuiteta investiranog iznosa:

$$ISP = \sum_{t=1}^T \frac{NT_t}{(1+k)^t} - a \cdot e \cdot t \cdot TKI \quad (5.12)$$

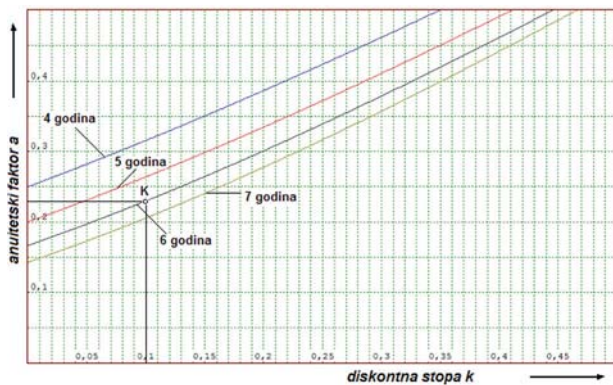
gdje se sa a označuje anuitetski faktor koji je jednak

$$a = \frac{(1+k)^t \cdot k}{(1+k)^t - 1} \quad (5.13)$$

te ovisi o razdoblju efektuiranja projekta t i diskontnoj stopi k .

Kao primjer uzima se izloženi primjer te parametri za njegov prvi slučaj. Na slici 2. prikazana je promjena anuitetskog faktora u ovisnosti o promjeni diskontne stope k za različite godine efektuiranja projekta.

Iz dijagrama na slici 2. je vidljivo da vrijednosti anuitetskog faktora za različite godine efektuiranja projekta rastu usporedo s porastom diskontne stope, i to brže što je manji broj godina efektuiranja projekta.



Slika 2. Promjenjivost anuitetskog faktora u ovisnosti o diskontnoj stopi za različite godine efektuiranja projekta

Pod pretpostavkom da su novčani tokovi u cijelom vijeku efektuiranja projekta jednaki, sledi:

$$ISP = NT \cdot \frac{(1+k)^t - 1}{(1+k)^t \cdot k} - e \cdot t \cdot TKI \cdot \frac{(1+k)^t \cdot k}{(1+k)^t - 1} \quad (5.14)$$

odnosno preuređenjem:

$$ISP = \frac{1}{a} \cdot NT - a \cdot e \cdot t \cdot TKI \quad (5.15)$$

Projekt je sa stajališta investitora isplativ sve dotle dok zadovoljava sljedeći uvjet:

$$ISP \geq 0 \quad (5.16)$$

Postupak određivanja granice isplativosti primijenit će se na prvom slučaju danog primjera kada je odnos vlastitog kapitala/posuđenog novca jednak $e/b = 25/75$ uz primjenu izraza (5.14) i uvjeta kada je $ISP = 0$. Granica isplativosti projekta jednaka je:

$$\frac{1}{a} \cdot NT = a \cdot e \cdot t \cdot TKI \quad (5.17)$$

iz kojeg se određuje anuitetski faktor

$$a = \sqrt{\frac{NT}{e \cdot t \cdot TKI}} \quad (5.18)$$

odnosno kada se uvrste poznate vrijednosti:

$$a = \sqrt{\frac{1753414}{36300000}}$$

$$a = 0,22$$

koji prema dijagramu sa slike 2. odgovara diskontnoj stopi od $k = 0,085$ (8,5%, točka K). Znači kod veće diskontne stope od 8,5 % projekt sa stajališta investitora nije više isplativ.

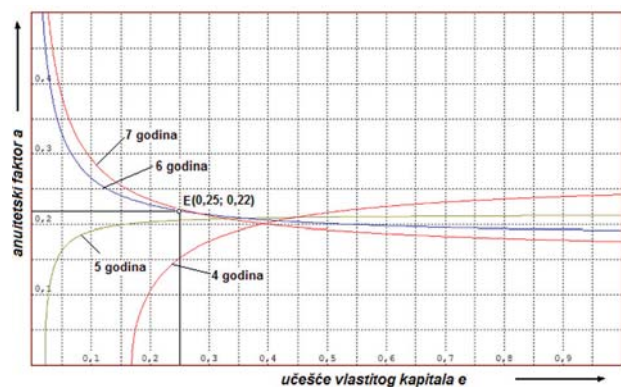
Uvrsti li se izraz (5.8) u izraz (5.18) te sređivanjem proizlazi sljedeći izraz za anuitetski faktor:

$$a = \sqrt{\frac{(1-p) \cdot \left[\frac{U}{TKI} - \frac{1}{A} - \frac{1-e}{K} \cdot \left(t \cdot \frac{(1+i)^t \cdot i}{(1+i)^t - 1} - 1 \right) \right] + \frac{1}{A} - \frac{1-e}{K}}{t \cdot e}} \quad (5.19)$$

Sve iskazane veličine u (5.19) mogu se mijenjati no u daljnjem nastavku rada anuitetski faktor promatrat će se kao funkcija od udjela vlastitog kapitala (*equity*):

$$a = f(e) \quad (5.20)$$

Na dijagramu slike 3. prikazana je promjena anuitetskog faktora u ovisnosti o udjelu vlastitog kapitala e za različite godine efektuiranja projekta.



Slika 3. Promjenjivost anuitetskog faktora u ovisnosti o učešću vlastitog kapitala za različite godine efektuiranja kapitala

Procedura je sljedeća: na dijagramu slike 2. proizvoljno se odabire diskontna stopa k i broj godina efektuiranja projekta na osnovi čega se određuje anuitetski faktor (točka K), po kojem se zatim na dijagramu slike 3. traži odgovarajući udio vlastitog kapitala u ukupnim investicijama (točka

E). Ta procedura ponovljena je nekoliko puta za različite godine efektuiranja projekta pa su u tablici 7. dani njeni rezultati.

Tablica 7. Rezultati procedure za određivanje učešća vlastitog kapitala e za različite godine t

	Diskontna stopa k			
	0,5	0,1	0,15	0,3
4 godina	x	x	x	x
5 godina	x	x	x	x
6 godina	0,65	0,18	0,1	0,02
7 godina	x	0,35	0,17	0,07

Iz tablice 7. vidljivo je da za pojedine godine efektuiranja projekta nema podataka o udjelu vlastitog kapitala. To je iz razloga što vrijednosti udjela vlastitog kapitala u ukupnim investicijama mogu biti između 0 i 1 pa proizlazi sljedeći uvjet:

$$0 \leq e \leq 1 \quad (5.21)$$

Iz tablice 7. proizlazi: što je manja diskontna stopa k to je veći granični udio vlastitog kapitala u ukupnim investicijama e, i obratno.

6. DISKUSIJA

Iz dosadašnjeg izlaganja važno je razjasniti sljedeće:

- prema [2] čista sadašnja vrijednost i interna stopa profitabilnosti se ne smiju poistovjećivati; čista sadašnja vrijednost pokazuje veličinu očekivanih promjena vrijednosti ukupnog broja običnih dionica tvrtke u odnosu na njihovu tekuću vrijednost, dok interna stopa profitabilnosti pokazuje očekivanu profitabilnost jediničnog ulaganja u određeni projekt, odnosno ona upozorava na smjer očekivane promjene vrijednosti dionica industrijske tvrtke ili fonda,
- izraz (5.10) se ne bi smio poistovjetiti s kriterijem odnosa dobiti i troška (*benefit-cost ratio*) po kome se utvrđuje da je projekt prihvatljiv ako je taj odnos veći od jedan; u slučaju izraza (5.10) vrijednosti su uvijek manje od jedan, no to ne znači da je projekt s tog stajališta neprihvatljiv već ukazuje na granicu do koje vlastiti kapital može sudjelovati u investicijama pod uvjetom da se one isplate u skladu s (5.11).

U ovom je radu na konkretnom primjeru korištena scenarijska analiza kao jedna od tehnika mjerenja individualne rizičnosti. No, kako je osnovni nedostatak ove analize oslanjanje na manji ograničeni broj scenarija, tako bi se radi kvalitetnijeg mjerenja rizika kod postojećeg primjera mogla primijeniti analiza stabla odlučivanja na osnovi koje se promatraju scenariji projekta po njegovim fazama realizacije ili Monte

Carlo simulacija na osnovi koje se određuje finija distribucija vjerojatnosti projekta. Također bi bilo važno odrediti rizičnost projekta zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije sa stajališta investitora (industrijske tvrtke ili investicijskog fonda) te njegovu tržišnu rizičnost.

ZAKLJUČAK

U radu je formuliran granični udio vlastitog kapitala do kojeg je isplativo ulagati u projekt kod različitih diskontnih stopa te različitih vjekova efektuiranja projekta. Kao primjer uzeo se projekt zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije čije se efektuiranje ostvaruje na račun smanjenja troškova u odnosu na odvojenu proizvodnju toplinske i električne energije.

U slučaju jednakih diskontiranih novčanih tokova za svaku godinu efektuiranja projekta proizlazi sljedeće: što je dulji vijek efektuiranja projekta to je granični udio vlastitog kapitala u ukupnim investicijama veći, pod uvjetom da su efekti projekta novčane uštede od zajedničke proizvodnje toplinske i električne energije. No, što je veća diskontna stopa, granični udio vlastitog kapitala u ukupnim investicijama bit će manji, bez obzira na vijek efektuiranja projekta. Taj princip vrijedi i u slučaju očekivane čiste sadašnje vrijednosti projekta i očekivane vrijednosti diskontiranih novčanih tokova određenih prema scenarijskoj analizi kao jednoj od tehnika za mjerenje individualne rizičnosti projekta.

LITERATURA

- [1] B. STANIŠA, "Povećanje učinkovitosti drvnooprerađivačke industrije zajedničkom proizvodnjom toplinske i električne energije", 4. Međunarodna Naučna konferencija o proizvodnom inženjerstvu, «RIM 2003. – Razvoj i modernizacija proizvodnje», Bihać, 25-27. Septembar 2003., Zbornik radova, str. 475-480.
- [2] S. ORSAG, "Budžetiranje kapitala: Procjena investicijskih projekata", Masmedia, Zagreb, 2002.
- [3] V. URAN, "Optimizacija sustava za zajedničku proizvodnju toplinske i električne energije u drvnoj industriji", *Energija* 53(2004)4, str. 303-321.
- [4] "Projekti malih termoenergetskih objekata u Hrvatskoj", Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, srpanj, 1996.
- [5] D. ALAJBEG, Z. BUBAŠ, "Vodič kroz hrvatsko tržište kapitala za građane", Institut za javne financije, Zagreb, 2004.
- [6] J. K. SHIM, J. G. SIEGEL, "Dictionary of International Investment Terms", Barron's Educational Series, Hauppauge, NY, 2001.
- [7] P. JÄCKEL, "Monte Carlo Methods in Finance", John Wiley & Sons, England, 2003.

POPIS VELIČINA

U , kn	uštede na račun zajedničke proizvodnje toplinske i električne energija
NT , kn	novčani tok
T , kn	troškovi
k , %	diskontna stopa
S , kn	čista sadašnja vrijednost
R , %	interna stopa profitabilnosti
t , god	vijek efektiviranja projekta
K , god	vrijeme otplate posuđenog novca iz banke ili kredita
A , god	vrijeme amortizacije kogeneracijske jedinice
e , %	udio vlastitog kapitala u ukupnim investicijama
b , %	udio kredita u ukupnim investicijama
i , %	kamatna stopa
p , %	porezna stopa na dobit
a	anuitetski faktor

OWN CAPITAL INVESTMENT PROFITABILITY IN THE CASE OF COMBINE HEAT AND POWER PRODUCTION PROJECT

In the paper basic criteria of financial decisions are given and principles of evaluation technique as well as risk assessment measures. As an example a project has been chosen where for combine heat and power production own capital and money borrowed from the bank are involved. The pay off investment coming from own capital in the project has been analyzed from the point of interest rate change as well as from relation between own capital and borrowed money, and then from the point of discount rate changes taking into account different probabilities of those scenarios. The scope is to determine the limit of own capital

share in the entire project investment that is profitable. At the end there is a discussion and conclusions.

DIE RENTABILITÄT DER ANLAGE DES EIGENKAPITALS AM BEISPIEL EINES VORHABENS GEMEINSAMER ERZEUGUNG VON WÄRME UND STROM

Im Artikel sind Grundgesichtspunkte für eine finanzielle Beschlussfassung dargestellt und das Vorgehen bei der Erwägung und Ermessung des Wagnisses im Grundsatz beschrieben. Als Beispiel ist ein Vorhaben der gemeinsamen Erzeugung von Wärme und Strom genommen, wobei die Kapitalanlage aus dem Eigenkapital und den von der Bank geliehenen Mitteln besteht. Die Rentabilität der Anlage des Eigenkapitals in einem solchen Unterfangen ist vorerst vom Standpunkt der Änderung des Zinssatzes und dem Verhältniss des Eigenkapitals zu den geliehenen Mitteln und danach vom Standpunkt der Änderung des Diskontsatzes, sowie nach der Wahrscheinlichkeit möglicher Vorkommnisse betrachtet. Der Ziel des Artikels ist die Bestimmung der Rentabilitätsgrenze des Eigenkapitalsanteiles in der gesamten Kapitalanlage. Am Ende erfolgte eine Aussprache und ein Beschluss.

Naslov pisca:

Mr. sc. Vedran Uran, dipl. ing.
Trakošćanska 17/1, 10000 Zagreb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis
 2005-01-27



ZAŠTITA OD POŽARA I EKSPLOZIJA PRI PROJEKTIRANJU, IZVEDBI I POGONU KOMBI I KOMBIKOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

Mr. sc. Miroslav ŠANDER, Zagreb

UDK 621.165:699.81
STRUČNI ČLANAK

Prikazan je pristup zaštiti od požara i eksplozija pri projektiranju, izvedbi i pogonu kombi i kombikogeneracijskih postrojenja. Kod kombi i kombikogeneracijskih postrojenja je osnovno gorivo zemni plin, a pričuvno gorivo ekstra lako lož ulje, ali osnovno gorivo može biti samo plin. Blok K u TE-TO Zagreb je kombikogeneracijsko postrojenje s dvojnim loženjem; plin i ulje. HEP planira u bliskoj budućnosti graditi elektrane ložene samo plinom; novi kombikogeneracijski blok od 100 MW u TE-TO ZAGREB, na lokaciji TE Sisak planira se izgradnja kombikogeneracijske elektrane 250 MWe Sisak, a u Osijeku slične od 250 MWe. Uz pogone u eksploataciji u Zagrebu, Osijeku, Jertovcu, može se naslutiti važnost problematike zaštite od požara i eksplozija takvih postrojenja.

Ključne riječi: zaštita od požara, zaštita od eksplozija, kombi postrojenje, kombikogeneracijsko postrojenje, izvori požarnih opasnosti, hidrantska mreža, aparati za gašenje požara, dojava požara, zaštitne mjere na instalacijama, procjena ugroženosti od požara, primarna protueksplozijska zaštita, sekundarna protueksplozijska zaštita

1. UVOD

Današnji trend kod termoenergetskih postrojenja je izgradnja kombi i kombikogeneracijskih elektrana te okrenutost prema zemnom plinu i izbjegavanje ugljena. Glavni proizvodi kombikogeneracijske elektrane; električna energija, pregrijana vodena para visokog tlaka, pregrijana vodena para niskog tlaka (za pogon parnoturbinskog agregata), industrijska para, topla voda u vrelovodnom zagrijaču (za potrebe daljinskog grijanja) su proizvodi dobiveni uz izuzetno visok stupanj djelovanja te nisko zagađivanje okoliša. U standardnim izvedbama osnovno gorivo je zemni plin, a rezervno ekstralako ulje za loženje. Srce kombi elektrane je plinska turbina, stroj na samom vrhu tehnološkog i industrijskog razvoja. HEP planira u bliskoj budućnosti graditi dosta plinskih elektrana, kao; novi kombikogeneracijski blok od 100 MW u TE-TO ZAGREB, na lokaciji TE Sisak planira se izgradnja kombikogeneracijske elektrane 250 MWe Sisak, a u Osijeku slične od 250 MWe. Na lokaciji TE Sisak planira se izgradnja kombikogeneracijske elektrane 250 MWe Sisak koja će se sastojati od: plinskoturbinskog agregata snage cca 157 MWe, postrojenja kotla na ispušne plinove, parne

turbine snage cca 93 MWe, postrojenja za dobavu goriva, postrojenja za opskrbu rashladnom vodom.

Plinskoturbinsko postrojenje smješta se u Hrvatskoj (pa i u Europi) u strojarnicu, tj. zatvoreni prostor. U strojarnici se pored same turbine i generatora nalaze i pomoćni moduli, moduli zraka za raspršivanje tekućeg goriva (ako je alternativno gorivo lako loživo ulje), pomoćni moduli generatora, ormari lokalnog upravljanja, uređaji za pranje kompresora, stabilni uređaji za gašenje požara, uređaji za pripremu zraka, mosna i pomoćne dizalice, ventilacijski kanali za ventilaciju turbinskih i pomoćnih modula, itd. Kod HEP-ovih planiranih postrojenja vrući ispušni plinovi iz plinske turbine odvede se u kotlove na ispušne plinove gdje se proizvodi para za pogon parnih turbina. Kako bi se što bolje iskoristila toplina ispušnih plinova, obično se koriste dvotlačni kotlovi s bubnjevima i prirodnim optokom. Kotao se projektira tako da može pratiti sve promjene stanja plinske turbine nastale promjenom njene električne snage, bez posljedica i ograničenja. Postrojenje parne turbine može biti kondenzacijsko ili protutlačno s reguliranim oduzimanjima.

Termoelektrana pored toga što mora zadovoljiti funkcionalne energetske zahtjeve, kao što su pouzdanost, raspoloživost

i održavanje, također mora biti projektirana i izvedena tako da ispunjava bitne zahtjeve za svaku građevinu; tj. mehaničku otpornost i stabilnost, da ne ugrožava higijenu i zdravlje ljudi i njihov okoliš, da bude sigurna u eksploataciji, da ne stvara prekomjernu buku, da uređaji za grijanje, hlađenje i ventilaciju štede energiju te da dijelovi koji su vrući budu dobro izolirani i da bude zaštićena od požara i eksplozija [1]. Termoelektrana po svojoj biti ima posla sa izgaranjem i gorivima te u njoj postoji stalna opasnost od požara i eksplozija. Osim manjih incidenata, dosada se nije dogodio nijedan veliki požar ili eksplozija u nekoj od elektrana ili elektroenergetskih objekata u vlasništvu Hrvatske elektroprivrede, što govori da se u Hrvatskoj elektroprivredi pridaje znatna pažnja tom segmentu zaštite postrojenja (slika 1.). Međutim, to ne znači da se zaštititi od požara i eksplozija ne bi mogao pridavati još i veći značaj u fazi projektiranja, izvedbi kao i u pogonu. U projektiranju to se postiže građevinskim mjerama i predviđanjem odgovarajućih uređaja za gašenje i dojavljivanje. U korištenju, tj. u pogonu, to se postiže organizacijskim mjerama i čvrstim provođenjem discipline te redovitim ispitivanjem električnih, plinskih i drugih instalacija kao i ZOP (Zaštita od požara) uređaja. Isto tako je nužno stalno osposobljavanje i opremanje vatrogasne postrojbe zadužene za pojedinu termoelekttranu.



Slika 1. TE-TO Zagreb pridaje posebnu pozornost zaštiti od požara i eksplozija

Da bi uopće krenuli s projektiranjem, a izvedbeno s provedbom ZOP-a, moramo odrediti koje klase požara su moguće u pojedinim požarnim sektorima termoenergetskog postrojenja. U skladu s klasifikacijom požara prema HRN Z.C0.003 i vrsti zapaljivih materija koje mogu biti obuhvaćene požarom mogu se općenito, a isto tako i u elektranama pojaviti požari:

Klase A – požari čvrstih zapaljivih tvari,

Klase B – požari zapaljivih tekućina (požari bez žara – benzin, ulje, masti, lakovi itd.),

Klase C – požari zapaljivih plinova (metan, propan, butan itd.),

Klase D – požari zapaljivih metala (aluminij, magnezij, itd.),

Klase E – požari na uređajima instalacijama pod električnim naponom.

Prema klasi požara odabrat ćemo sredstva za gašenje u pojedinim dijelovima postrojenja. Sredstva za gašenje pojedinih klasa požara prikazana su u tablici 1. (FE-25TM i FM-200 su zamjena za halone koji oštećuju ozonski sloj)

Tablica 1. Sredstva za gašenje pojedinih klasa požara prema HRN Z.C0.003

Sredstva za gašenje	Klasa požara				
	A	B	C	D	E
Voda u punom mlazu	+	-	-	-	-
Vodena magla	+	+ / -	-	-	+ / -
Laka pjena	+ / -	+	-	-	-
Teška pjena	+ / -	+	-	-	-
BCE - prah	-	+	+	-	+ / -
ABCE - prah	+	+	+	-	+ / -
ABCD - prah	+	+	+	+	+
Ugljik - dioksid	-	+	+	-	+
FE-25 TM (ili FM-200)	-	+	+	-	+

U tablici je:

+ prikladno sredstvo za gašenje

+ / - ograničeno prikladno sredstvo za gašenje

- neprikladno sredstvo za gašenje

Potreban broj, vrsta i veličina jediničnih vatrogasnih aparata određuju se u skladu s klasom požara koji može nastati u građevini, požarnom opterećenju pojedinog požarnog sektora, površinama požarnih sektora te s Pravilnikom o održavanju i izboru vatrogasnih aparata [2]. Također nam je važan stupanj otpornosti nosive konstrukcije strojarne, kotlovnice, centralne komande, prostora glavnog transformatora, transformatora vlastite potrošnje kao i dijelova građevine kojeg ćemo određivati prema nekoj od normi, ali najčešće prema HRN.U.J1.240 - Tipovi konstrukcija zgrada prema njihovoj unutrašnjoj otpornosti protiv požara [3]. Niz hrvatskih zakona, pravilnika i normi uz europske bit će nam dobar vodič, a oni važniji bit će spomenuti u ovom radu.

2. IZVORI POŽARNIH OPASNOSTI KOD KOMBI I KOMBIKOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

Potencijalni izvori požarnih opasnosti kod termoenergetskih postrojenja mogu se podijeliti prema građevinskim i funkcionalnim cjelinama termoenergetskog postrojenja. U prostoru postrojenja plinskih turbina kod kombikogeneracijskog postrojenja (ili kotlova dodatno loženih plinom to mogu biti):

a. neispravna električna oprema, uređaji i instalacije

- b. plinsko gorivo (zemni plin), u slučaju nekontroliranog propuštanja na spojevima ili pucanja cjevovoda plin može dospjeti u prostor strojarnice ili kotlovnice i izazvati požar i eksploziju
- c. tekuće gorivo (ekstralako lož ulje), u slučaju nekontroliranog istjecanja, propuštanja na spojevima ili pucanja cjevovoda, ulje može dospjeti na vruće dijelove turbine i tamo se zapaliti. Teške posljedice ima proširenje takvog požara na izolaciju kabela (izgaranjem PVC izolacije nastaju agresivne pare i solne kiseline)
- d. ulje za podmazivanje turbine, u slučaju nekontroliranog istjecanja, propuštanja na spojevima ili pucanja cjevovoda može dospjeti na vruće površine i tamo se zapaliti.

Potencijalni izvori požarnih opasnosti u prostoru parnih turbina te kotlovnici kotla na ispušne plinove to mogu biti:

- a. neispravna električna oprema, uređaji i instalacije
- b. ulje za podmazivanje turbine.

Potencijalni izvori požarnih opasnosti u transformatorskim stanicama s uljnim transformatorima su:

- a. neispravna električna oprema, uređaji i instalacije
- b. ulje za hlađenje transformatora, u slučaju neispravnog rada, transformatora ulje se može pregrijati i izazvati požar.

Potencijalni izvori požarnih opasnosti u kontejneru dizelskog agregata su:

- a. neispravna električna oprema, uređaji i instalacije
- b. dizelsko gorivo.

Potencijalni izvori požarnih opasnosti u kompresorskoj stanici ili nekim drugim pomoćnim postrojenjima to mogu biti:

neispravna električna oprema i instalacije.

Jedan od izvora požarnih opasnosti je grom. U termoelektranama moraju biti postavljene gromobranske instalacije prema tehničkim propisima o gromobranama. Preventivno gromobranska instalacija mora biti izvedena, održavana i postavljena tako da se spriječi svaka mogućnost nastanka požara zbog atmosferskog pražnjenja. O gromobranskim instalacijama mora postojati tehnička dokumentacija i mora se voditi revizijska knjiga gromobranskih instalacija. Preventivne mjere su jedan od glavnih zadataka pri projektiranju i izvedbi postrojenja.

3. PREVENTIVNE MJERE ZAŠTITE OD POŽARA

Preventivne mjere odabiremo u fazi projektiranja, ali isto tako ako se uoče nedostaci. Nadopune se mogu izvršiti tijekom izvedbe ili kasnije u pogonu rekonstrukcijom. Kod termoelektrani postrojenja mora biti omogućen kružni tok prometa prometnicama širine 3 m za jednosmjerno kretanje, odnosno 5,5 m za dvosmjerno kretanje [4]. Nosivost

vatrogasnih pristupa mora biti takva da podnosi osovinski pritisak veći od 100 kN. Svi prolazi kroz građevine unutar termoelektrane moraju imati slobodan profil veći od 3x4 m [4]. Bilo bi dobro da pristup zgradama plinskoturbinskog postrojenja, kotlovnici ili postrojenju parne turbine bude moguć sa sve četiri strane, ili prema Pravilniku o uvjetima za vatrogasne pristupe sa dvije dulje strane građevine [4]. Ukoliko unutar termoelektrane imamo spremnike tekućeg goriva (slika 2.), osiguravamo ih požarno kao i od izljevanja zaštitnim zidom [5]. Stabilni sustavi za hlađenje vodom postavljaju se u skladu s "Pravilnikom o izgradnji postrojenja za upaljive tekućine i o uskladištavanju i pretakanju upaljivih tekućina" na spremnicima lakog ulja za loženje 2 i 3, i pretakalištu vagon cisterni. Stabilni sustavi za hlađenje krovova spremnika u obliku prstenastih cjevovoda sa sapnicama su također dio preventive na spremnicima tekućeg goriva. Stabilni sustavi za gašenje teškom pjenom se postavljaju na spremnicima lakog ulja za loženje 2 i 3 u skladu s istim pravilnikom.



Slika 2. Spremnik ekstra lakog lož ulja sa zaštitnim zidom (TE-TO Zagreb)

Kod većine termoenergetskih postrojenja predviđaju se sljedeće tehničke mjere zaštite od požara:

- A. IZVORI VODE ZA POTREBE – ZOP
- B. VANJSKA HIDRANTSKA MREŽA
- C. UNUTARNJA HIDRANTSKA MREŽA
- D. PRISILNA VENTILACIJA
- E. STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE PLINOM CO₂
- F. STABILNI SUSTAVI ZA GAŠENJE RASPRŠENOM VODOM
- G. APARATI ZA GAŠENJE POŽARA
- H. ZAŠTITNE MJERE NA INSTALACIJAMA
- I. RUČNA DOJAVA POŽARA
- J. SUSTAV AUTOMATSKOG OTKRIVANJA I JAVLJANJA POŽARA
- K. SUSTAV AUTOMATSKOG OTKRIVANJA I JAVLJANJA PLINA

A. IZVORI VODE ZA POTREBE - ZOP

Kao izvor vode za potrebe zaštite od požara može poslužiti voda bunara koji stoje na raspolaganju ili spremnika koji se posebno grade, a uz njih i pumpno postrojenje. Uvijek je dobro da jedna od protupožarnih pumpi bude priključena na dizelski agregat. Pumpe se vežu na hidrantsku mrežu preko tlačnog spremnika.

B. VANJSKA HIDRANTSKA MREŽA

Vanjska hidrantska mreža izvodi se u obliku prstena iz čeličnih cijevi dimenzija NO 100, NO 125, NO 150 i NO 200. Na čvornim mjestima ugrađuju se zasuni za odvajanje pojedinih sekcija vanjske hidrantske mreže, ako se ova sastoji od više prstenova. Cjevovodi vanjske hidrantske mreže ukopavaju se u zemlju na dubini cca 1m i u njima se nastoji održavati stalni tlak od 8 bara (ne smije biti niži od 2,5 bara). Na vanjskoj hidrantskoj mreži postavljaju se nadzemni hidranti. Za razliku od podzemnih hidranata, nadzemni su vidljivi i ne dozvoljavaju onemogućavanje pristupa kada primjerice nesavjesni vozač parkira svoje vozilo unutar kruga termoelektrane upravo nad hidrantom (koji je slučajno podzemni). Udaljenosti između dva hidranta iznose manje od 80 m [6]. Razmještaj hidranata mora omogućiti gašenje objekta s najmanje dva hidranta. Nadzemni hidranti se izvode od lijevanog željeza.

C. UNUTARNJA HIDRANTSKA MREŽA

Unutarnja hidrantska mreža postavlja se u termoenergetskim objektima u: strojarnicu parnih turbina, kotlovnice, strojarnicu postrojenja plinskih turbina. Međusobni razmak između dva unutarnja hidranta je manji od 30 m, a raspoređuju se tako da se požar može gasiti s dva hidranta. Na cjevovodima unutarnje hidrantske mreže postavljaju se unutarnji hidranti u zidne hidrantske ormariće sa svom potrebnom opremom. Zidni hidrantski ormarići postavljaju se na visini 1,5 m od poda i označavaju propisanom oznakom za hidrant (slovo H).

D. PRISILNA VENTILACIJA

Kod plinskoturbinskih postrojenja se kao mjera zaštite od eksplozije određuje prisilna ventilacija strojarnice prije puštanja u rad plinske turbine i plinskih modula s ugrađenim ventilatorima u "S" izvedbi i odvodom iznad krova strojarnice. U strojarnici plinskoturbinskog postrojenja, kotlovnici i strojarnici postrojenja parnih turbina mogu se predvidjeti posebni sustavi za odvođenje dima i topline nastalih u požaru. Odvođenje dima i topline nastalih u požaru može se također omogućiti ventilacijskim otvorima na krovu strojarnice plinskoturbinskog postrojenja, ventilacijskim otvorima kotlovnice te prozorima i ventilacijskim otvorima u strojarnici parnih turbina.

E. STABILNI SUSTAV ZA GAŠENJE PLINOM CO₂

Stabilni sustavi za gašenje sa CO₂ postavljaju se za gašenje plinskih turbina te za gašenje parnih turbina.

Stabilni sustav za gašenje sa CO₂ postrojenja plinskih turbina (slika 3.)

Za protupožarnu zaštitu postrojenja plinskih turbina obično služi stabilni sustav za gašenje sa CO₂ kojim se štite moduli plinskoturbinskog postrojenja [7].



Slika 3. Sustav za gašenje sa CO₂ isporučuje se u sklopu postrojenja plinskih turbina (TE-TO Zagreb)

Stabilni sustav za gašenje sa CO₂ isporučuje se u sklopu postrojenja plinskih turbina i izvodi se u skladu s američkim propisima NFPA12 [8]. Ugljični dioksid uskladišten je u spremniku potrebnog volumena niskog tlaka (20 bara) koji se zajedno s odjeljkom upravljanja sustava smješta u strojarnicu plinskih turbina izvan požarnih sektora koji se štite tako da je omogućen pristup i eventualno ručno aktiviranje. Automatski sustav za gašenje sa CO₂ projektiran je kao potapajući. Detekcija i aktiviranje stabilnog sustava za gašenje požara plinskih turbina obavlja se automatskim javljačima požara, odnosno sustavom dojava požara koji registrira jednu od sljedećih pojava: porast temperature iznad najviše radne temperature u požarnom sektoru koji se štiti, brzinu porasta temperature veću od (primjerice 20 °K/min), pojavu dima u požarnom sektoru, pojavu plamena u požarnom sektoru

Alarmiranje i indikacija

Budući da u štićenim prostorima modula mogu boraviti ljudi, aktiviranje sustava daje alarm (zvučni i optički) i odlaže istjecanje ugljičnog dioksida 10 do 30 sekundi. Alarm se daje s električnim sirenama. Alarm prorade sustava izveden je tako da se ne može nehotice isključiti.

Stabilni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom projektira se kao sustav potpune zaštite. Pri potpunoj zaštiti predviđeno je automatsko zatvaranje svih otvora na granicama požarnog sektora pri aktiviranju sustava. Aktiviranjem stabilnog sustava za gašenje automatski se istodobno isključuje prisilna ventilacija tog prostora.

Pothlađeni ugljični dioksid pri niskom tlaku se može uskladištiti pod tlakom od 15 do 25 bara i pri temperaturi od -30 °C do -10 °C. Spremnik je sa specijalnom izolacijom,

a radni tlak i temperatura se održavaju pomoću agregata za hlađenje (kompresora). Spremnik i agregat za hlađenje se postavljaju na zajedničko postolje. Spremnici su izrađeni od hladno vučenog, sitnozrnatog konstrukcijskog čelika. Opremljeni su opremom za mjerenje razine punjenja i pražnjenja, alarmiranje, dvostrukim sigurnosnim ventilima, sigurnosnim uređajima za porast temperature i priključcima za punjenje i pražnjenje.

Stabilni sustav za gašenje požara sa CO₂ generatora parne turbine (slika 4.)

Za protupožarnu zaštitu generatora parne turbine također se koristi stabilni sustav za gašenje sa CO₂ ali visokog tlaka (59 bara). Uređaj za gašenje sastoji se obično od dvije baterije boca CO₂, od kojih jedna služi za početno gašenje požara, a druga za održavanje koncentracije CO₂ u trajanju od 20 min. Ukupni broj boca je uobičajno 10. Potrebna količina CO₂ određuje se u skladu s američkim propisima NFPA 12. Na svakoj boci ugrađuje se uređaj za kontrolu mase ili uređaj koji pokazuje gubitak punjenja >10 %. Boce koje su izgubile više od 10 % punjenja moraju se zamijeniti u roku od 36 h. Baterije boca nalaze se izvan prostora koji se štiti.



Slika 4. Baterija boca CO₂ generatora parne turbine nenametljivo uza zid pored ostale opreme

Svaka boca CO₂ spojena je cijevima na razdjelne cjevovode. Razdjelni cjevovodi opremljeni su sapnicama za raspršivanje CO₂. Cjevovodi za početno gašenje su čelični, a cjevovodi za održavanje koncentracije bakreni. Sigurnosni ventil s odvodom u atmosferu ugrađuje se između baterije boca i razvodnog ventila. Stabilni sustav za gašenje može se aktivirati: ručno, daljinski-električno, automatski-električno.

Automatsko aktiviranje stabilnog sustava za gašenje požara omogućen je automatskim sustavom za detekciju požara koji se sastoji od termičkih javljača požara i središnje ADC (Automatske Dojavne Centrale). Središnja ADC se sastoji od

nekoliko polica na koje su postavljene odgovarajuće jedinice za nadzor opreme stabilnog sustava, aktiviranje gašenja i druge signalizacije. Jedinice su modulnog tipa. Svi vodovi priključeni na jedinicu su pod neprekidnim nadzorom radi prekida, kratkog spoja ili zemljospoja. Termički javljači požara nadziru porast temperature generatora s temperaturom aktiviranja (obično od 110 °C).

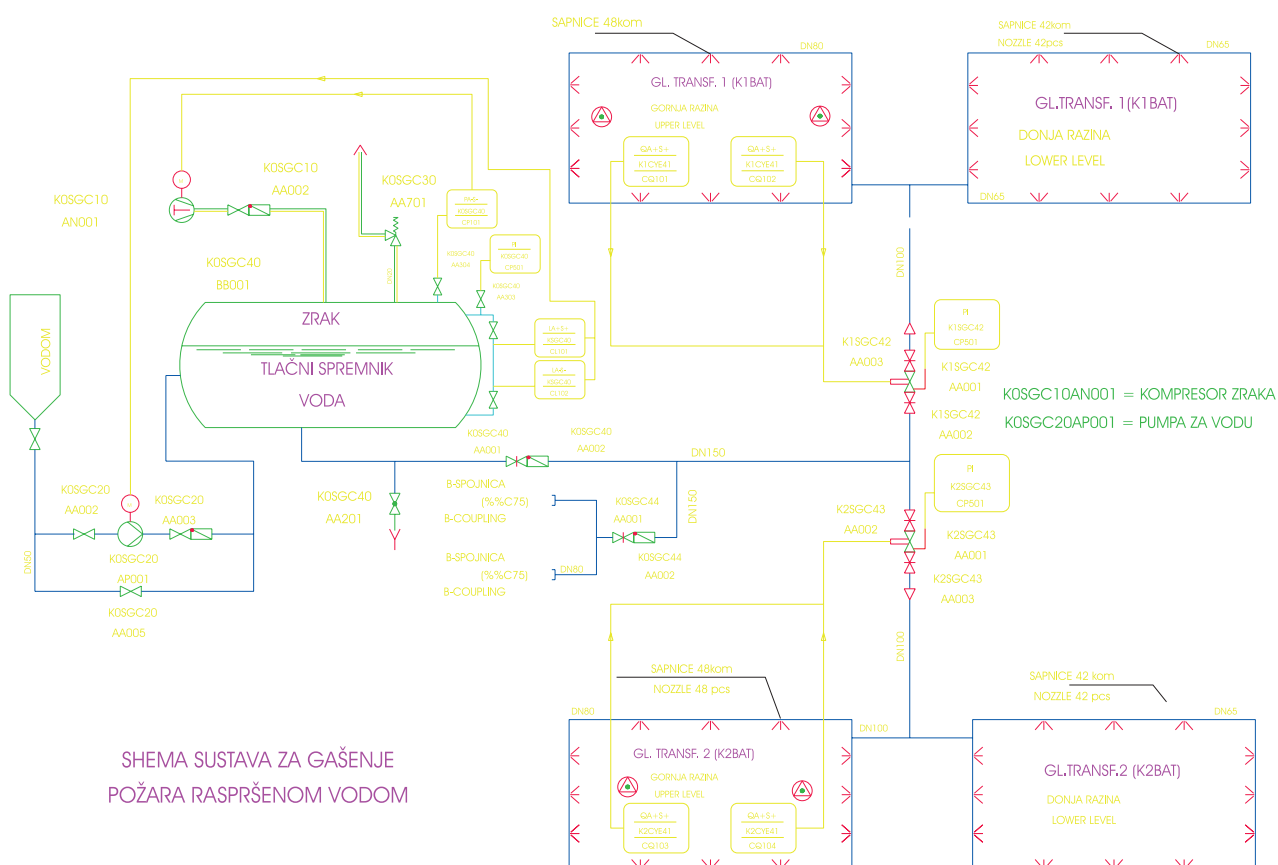
F. STABILNI SUSTAVI ZA GAŠENJE RASPRŠENOM VODOM

Ako je potrebno postavljanje sustava za gašenje, za protupožarnu zaštitu glavnih transformatora generatora plinskih i parnih turbina treba se projektirati stabilni sustav za gašenje raspršenom vodom (Slika 5 je primjer iz TE-TO ZAGREB s KKS oznakama). Stabilni sustav za gašenje požara raspršenom vodom je stabilna automatska instalacija za gašenje požara vodom s otvorenim mlaznicama pa se gašenje obavlja istodobno sa svim postavljenim mlaznicama iznad površine koja se štiti.

Otvorene mlaznice postavljene su na cjevovode koji su spojeni s izvorom vode preko ventilске stanice. Na impuls dojava požara (K1CYE41CQ 101, 102 za transformator K1BAT ili K2CYE41CQ 103, 104 za transformator K2BAT) čiji su javljači postavljeni u istom prostoru gdje su i otvorene mlaznice, otvara se Deluge ventil K1SGC42AA001 ili K2SGC43AA001 (već prema tome je li požar izbio na transformatoru K1BAT ili K2BAT) na ventilskoj stanici, voda ulazi u cjevovode i istodobno izlazi iz svih mlaznica, raspršena u fine čestice koje pokrivaju cijelu površinu i gase nastali požar. Uvjet da bi se uopće započelo raspršivanjem vode je automatsko odvajanje visokonaponske i niskonaponske strane transformatora K1BAT ili K2BAT. Stabilni sustav za gašenje požara raspršenom vodom (slika 6.) sastoji se od tlačnog spremnika vode K0SGC40BB001, kompresora za održavanje tlaka u spremniku K0SGC10AN001, ventilске stanice, razvodnog cjevovoda, cjevovoda s mlaznicama, javljača požara i vatrodjavne centrale.



Slika 6. Gašenje transformatora - dvije razine cijevi za vodu i požarni zidovi F90



Slika 5. Shema sustava za gašenje požara raspršenom vodom – primjer iz TE-TO Zagreb

Količina vode u spremniku određuje se u skladu s američkim propisima NFPA 15 i dostatna za trajanje gašenja od 10 min na jednom glavnom transformatoru. Ventilna stanica prikazana na shemi sastoji se od dva “DELUGE” ventila. Stabilni sustav za gašenje može se aktivirati: ručno, poluautomatski, automatski. Ručno aktiviranje obavlja se izravnim otvaranjem ručnog ventila koji je ugrađen na DELUGE ventilu. Poluautomatsko aktiviranje obavlja se tipkalom ručnog aktiviranja koji je postavljen uz transformator. Automatsko aktiviranje obavlja se pomoću termomaksimalnih javljača požara ugrađenih kod transformatora koji prosljede signal na vatrodajvnu centralu. Nakon aktiviranja otvara se DELUGE ventil i instalacija dolazi pod tlak vode iz tlačnog spremnika.

G. APARATI ZA GAŠENJE POŽARA

Aparati za gašenje požara postavljaju se u blizini opasnih mjesta na uočljivim i lako pristupačnim mjestima, pri čemu se nastoji da međusobna udaljenost aparata nije veća od 20 m, a visina postavljenih aparata nije viša 1,5 m od poda. Uz nadzemne vanjske hidrante postavljaju su samostojeći ormarići s opremom ZOP.

H. ZAŠTITNE MJERE NA INSTALACIJAMA

Instalacije klimatizacije, ventilacije i grijanja

Svi ventilacijski kanali koji vode iz požarnih sektora koji se štite stabilnim sustavima za gašenje požara ugljičnim dioksidom izvede se plinotijesno, iz negorivih materijala s ispuštom jedan metar iznad krova zgrade strojarnice. Svi prodori kanala kroz granice požarnog sektora moraju biti opremljeni protupožarnim zaklopkama klase T30 (ili prema konkretnim zahtjevima) koji se aktiviraju na dva načina: stabilnim sustavom dojava požara i lokalno pomoću termomaksimalnog okidača. Zaklopke se aktiviraju termičkim okidačem ukoliko temperatura u kanalu bude viša od maksimalno dozvoljene temperature. Uz svaku zaklopku se mora osigurati servisni otvor za njeno resetiranje i održavanje. U prostorima koji se štite stabilnim sustavima za gašenje požara ugljičnim dioksidom sve elektroinstalacije opreme dojava požara, rasvjete i nužne rasvjete i ventilacije moraju biti u “S” izvedbi.

Krovnji ventilatori za odvod zraka iz zgrade postrojenja plinskih turbina moraju biti u “S” izvedbi. Između faznih vodiča i uzemljenja postavljaju se odvodnici prenapona koji se lociraju izvan ugroženog prostora (što dalje od plinskih instalacija). Sve električne instalacije koje prolaze kroz granice požarnih sektora zaštićuju se protiv požara tako, da je njihov prodor nakon polaganja instalacija zabrtvljen smjesom vatrootpornosti u klasi zida kroz koji prolaze, a

sami kabeli zaštićuju se protupožarnom smjesom na dužini od jednog metra s obje strane granice požarnog sektora u klasi vatrootpornosti zida kroz kojeg prolaze. Napajanje električnom energijom izvodi se tako da za svaki požarni sektor postoji sklopka izvan požarnog sektora kojom se može isključiti napajanje istog električnom energijom kada u njemu dođe do pojave požara. U visokonaponskim postrojenjima nije dozvoljeno gašenje požara pod naponom, već se prije početka gašenja postrojenja mora isključiti.

I. RUČNA DOJAVA POŽARA

Ručni klasični javljači se postavljaju na izlazima štice prostora, a aktivira ih operator postrojenja ili djelatnik ukoliko primijeti da je došlo do požara. U spoju s modulom jedinice za nadzor zone konvencionalnih ručnih javljača požara omogućeno je spajanje na vatrodojavnu centralu.

J. SUSTAV AUTOMATSKOG OTKRIVANJA I JAVLJANJA POŽARA

U tehnološkim cjelinama se raspoređuju javljači požara u dvije međusobno nezavisne električke petlje. Vatrodojavni sustav se sastoji od automatskih analogno adresabilnih javljača, automatskih binarnih javljača, prilagodnih naprava, ručnih javljača, javljača CO₂ i vatrodojavne centrale. Javljači požara se postavljaju kao dimni ili optički u prostorijama zgrade, a kao osjetila prekoračenja zadane temperature (termomaksimalni ili termodiferencijalni) na transformatorima, prigušnicama i sličnim uređajima. Glede automatskog otkrivanja i javljanja požara koriste se "Upute – NN 41/91" [9].

K. SUSTAV AUTOMATSKOG OTKRIVANJA I JAVLJANJA PLINA

Sustav plinodjave osigurava nadzor koncentracije eksplozivnih i zagušljivih plinova u strojnici plinskih turbina (CO₂, zemni plin), kotlovnici (CO₂, zemni plin), plinskoj stanici (zemni plin). U tehnološkim cjelinama se raspoređuju plinodojavnici, koji s mjernim pojačalima koncentracije plina smještenim u centralnoj komandi, generiraju strujni signal proporcionalan koncentraciji zemnog plina, odnosno CO₂. Prekoračenjem zadanih vrijednosti koncentracije zemnog plina, aktiviraju se dojavne naprave u centralnoj komandi i nadziranim tehnološkim cjelinama, te se bilježe na kronološkom registratoru događaja toplane-elektrane. Mjerni krug koncentracije plina se sastoji od davača i središnje jedinice s napravama za prikaz i obradbu mjernih signala. Davači koncentracije zemnog plina su smješteni u masivna kućišta od nehrđajućeg čelika, IP54, vrste "Neprodorni oklop". Dojavne naprave u tehnološkim cjelinama uočljivo, jednoznačno i pouzdano moraju upozoravati osoblje na opasnosti.

4. POŽARNI SEKTORI I PROCJENA UGROŽENOSTI

Požarni sektori i požarne jedinice termoelektrana se oblikuju na temelju sadržaja koji se u njima nalaze kao i na temelju funkcionalnih cjelina i tehnoloških procesa koji se u njima odvijaju. Veličina požarnih sektora ovisi o požarnom opterećenju, otpornosti građevine na požar, visini (katnosti), vrsti procesa, postojanju uređaja za automatsko gašenje požara, postojanju uređaja za automatsko otkrivanje požara. Svi požarni sektori na svim razinama i u svim smjerovima (vodoravno i okomito) odjeljuju se od susjednih sektora pregradama u skladu s HRN.UJ1.240 i HRN DIN 4102 - 1

Ponašanje građevnih gradiva i građevnih elemenata u požaru [10]. Svi otvori za prodor instalacija koji se nalaze na granicama požarnih sektora nakon postavljanja instalacija moraju se zabrtviti sa smjesom vatrootpornosti u klasi zida kroz kojeg prolaze. Otvori na granicama požarnih sektora koji u normalnom pogonu moraju biti prolazni, opremaju se vratima i zaklopkama klase T 30 (ili više prema zahtjevima) koje se automatski zatvaraju na znak detekcije požara ili startanja stabilnog sustava za gašenje požara. Vrata na granicama požarnih sektora naime moraju imati istu vatrootpornost kao i zid u koja su ugrađena, što proizlazi iz tehničke prakse. Budući da to dosada u pravilnicima nije izričito napisano, stručna grupa iz HEP-a s vanjskim suradnicima je izradila prijedlog jedinstvenog pravilnika u kojemu se to eksplicite izriče te ga predala MUP-u na usvajanje. Pravilo je, dakle, da se svi otvori na granici između požarnih sektora zaštićuju atestiranim samozatvarajućim protupožarnim vratima tražene klase vatrootpornosti. Vrata na granicama požarnih sektora koja u normalnom pogonu moraju biti otvorena, opremaju se mehanizmom koji ih automatski zatvara na znak detekcije požara i/ili prorade stabilnog sustava za gašenje požara. Ovaj mehanizam napaja se besprekidnim izvorom električne energije.

Sva vrata na granicama požarnih sektora koja su u normalnom pogonu zatvorena opremaju se mehanizmom koji ih stalno drži u zatvorenom položaju, odnosno automatski zatvara nakon otvaranja [11]. Svi vertikalni kanali za razvod instalacija požarno se odjeljuju od ostalog prostora pregradama klase I60 (ili više prema zahtjevima). Stubišta i okna dizala moraju biti odijeljeni požarnim zidovima od ostalih prostora.

Radne prostorije moraju imati osigurane slobodne površine za prolaz i evakuaciju ljudi. Protupožarna vrata na vodoravnim izlazima treba izvoditi kao zakretna. Rasvjeta evakuacijskih prostora iz požarnog sektora mora biti osigurana u svakom trenutku. Svi otvori na izlaznim putevima iz prostorija koje se štite stabilnim sustavom za gašenje s CO₂, se moraju zaštititi samozatvarajućim vratima. Sva stubišta koja se koriste kao dio evakuacijskog puta iz određenog požarnog sektora bi trebala biti fiksne konstrukcije. Konstrukcija zaštitnih ograda i rukohvata mora biti izvedena

bez dijelova koji strše ili umetnute oplate. Vrata koja vode iz požarnog sektora na stubište moraju imati ispred stuba ravan dio dužine jednake širine vratiju. Vanjska stubišta na zgradi kotlovnica i strojarnica bi trebala biti izvedena od negorivog materijala u skladu s "Pravilnikom o tehničkim normativima za zaštitu visokih objekata od požara" (SI 71/84). Metalni dijelovi stubišta se moraju zaštititi od korozije u skladu s važećim propisima i dobrom inženjerskom praksom.

Kada je termoelektrana u pogonu, protupožarna vrata trebaju biti uvijek u takvom stanju da sprječavaju širenje požara, a to znači da dovratnik ne smije biti odvaljen od zida, fuga između vrata i zida mora biti zabrtvljena, krila vrata ne smiju biti iskrivljena ili oštećena, okov ne smije biti labav.

Svi uljni transformatori koji se smještaju na otvorenom prostoru kao zasebni požarni sektori zaštićuju se od širenja požara armiranobetonskim pregradnim zidovima vatrootpornosti F90, visine do gornjeg ruba dilatacijske posude transformatora i dužine koja odgovara dužini odnosno širini slivnog lijevka ispod transformatora ovisno o položaju transformatora u odnosu na susjedni objekt (zgradu). Primjerice, to vrijedi za transformator od 200 MVA koji je od susjednog objekta na udaljenosti manjoj od 15 m [12]. Ispod svakog uljnog transformatora izvode se sabirne uljne jame takvog obujma da mogu primiti ukupnu količinu ulja koju sadrži pojedini energetski transformator. Sabirna uljna jama izvodi se tako da oborinske ili podzemne vode ne ometaju njezinu namjenu.

Podjela požarnog opterećenja radi se prema HRN U.J1.030. Prema HRN U.J1.030 specifično požarno opterećenje se dijeli na nisko (do 1 GJ/m²), srednje (do 2 GJ/m²) i visoko požarno opterećenje (preko 2 GJ/m²). Veličina požarnog opterećenja Q može se odrediti prema smjernici TRVB 100 [13], TRVB 126 a dobro je požarna opterećenja prikazati tabelarno. Glavni transformatori plinskih turbina, glavni transformator parne turbine, transformatori vlastite potrošnje plinskih turbina te dizelski agregat se obično tretiraju kao posebne požarne jedinice, a Q se proračunava i izražava direktno u MJ.

Prvi važni korak u pitanju ZOP (Zaštite od požara) pri projektiranju termoelektrani, paralaeno s podjelom na požarne sektore, je procjena ugroženosti od požara i eksplozija na plinskoturbinskim postrojenjima (procjena ugroženosti od požara i eksplozija je zakonska obveza kod termoelektrana u pogonu). Metode koje dolaze u obzir kod termoelektrana su austrijska TRVB 100, Dow, Euroalarm i Gretner.

Jedna od često primjenjivanih metoda je procjena ugroženosti od požara prema TRVB 100 [13]. Analiza mora poći od osnovnih građevinsko-konstruktivskih parametara: izvedbe objekta glede vatrootpornosti pri čemu se misli na osnovno svojstvo konstrukcije, veličine objekta i geometrije požarnih sektora, lokacije građevine u smislu udaljenosti od ostalih objekata i vatrogasne postrojbe,

požarnog opterećenja u požarnim sektorima (upaljivost, brzina izgaranja, dimni plinovi, toksičnost, korozivnost) mogućnost odvođenja dima i topline. Pored građevinsko-konstruktivskih parametara uzimaju se u obzir i tehnički sustavi: sustav dojava požara, stabilni automatski uređaji za gašenje, vanjska i unutarnja hidrantska mreža, rasvjeta, odvođenje dima i topline, aparati za gašenje, organizacijske mjere ZOP-a.

Druga vrlo česta metoda je procjena ugroženosti od požara prema Dow metodi [14]. Požarna ugroženost se izražava preko Indeksa opasnosti od požara i eksplozije kao numeričkog pokazatelja razine požarnog rizika te se preko indeksa, tj. korespondentno indeksu određuju nužne mjere zaštite. Dow daje i Indeks toksičnosti koji je numerički pokazatelj opasnosti procesa pri propuštanju i prolijevanju, ali i prilikom vatrogasne intervencije, tj. prilikom gašenja požara. Metoda se sastoji u: podjeli na požarne sektore, određivanju učinka materijala, određivanju učinka općih opasnosti, određivanju učinka posebnih opasnosti, izboru indeksa opasnosti od požara i eksplozije, te određivanju mjera zaštite od požara i eksplozije prema Dow indeksu.

Procjena ugroženosti od požara prema metodi Euroalarm analizira ugroženost građevine i ugroženost sadržaja u građevini [15]. Pri ugroženosti građevine (UG) potrebno je analizirati intenzitet i moguće trajanje požara te otpornost na vatru glavnih i nosivih konstrukcija objekta. Na ugroženost građevine UG utječu; požarna opterećenost i upaljivost (Požarna opterećenost je $Q = QM + QI$ tj. jednaka je zbroju mobilne i imobilne požarne opterećenosti) zatim položaj i veličina požarnog sektora te učinak kašnjenja gašenja. U smislu smanjenja požarne ugroženosti djeluju: vatrootpornost nosivih građevinskih dijelova i dobar pristup za gašenje. Požarnu ugroženost smanjuje, dakle, dobar pristup za gašenje i mogućnost efikasnog odvođenja topline.

Četvrta značajna metoda procjene ugroženosti od požara je po Gretneru [15]. Ukratko, procjena ugroženosti od požara prema Gretneru se određuje prema formuli $B = P / NXSXF$, pri čemu je B=Požarna ugroženost, N=Normalne mjere zaštite, S=posebne mjere zaštite, F=Vatrootpornost, a P je umnožak svih faktora požara.

Metode možemo primjenjivati kombinirano jer svaka od njih se optimalno primjenjuje na određeni objekt u termoelektrani – toplani te svaka od njih ima određene prednosti i nedostatke.

5. ZAŠTITA OD EKSPLOZIJE

Zaštitne mjere za smanjenje opasnosti formiranja eksplozivne atmosfere, a koje nazivamo primarnom protueksplozijskom zaštitom, su prirodna ventilacija prostora i prisilna ventilacija prostora. Sastavni dio te zaštite u provedbi je kontrola i analiza prostora koja se obavlja pomoću intereferometara, detektora plina, infracrvenih mjerača koncentracije plina, plinskim

kromatografima, itd. Kod sekundarne protueksplozijske zaštite radi se o metodama i sustavima izrade električnih uređaja u termoenergetskom postrojenju kojima onemogućujemo da električni uređaji postanu uzrokom eksplozije. Vrste sekundarne protueksplozijske zaštite su: neprodorni oklop, povećana sigurnost, samosigurnost, punjenje čvrstim materijalima, uranjanje u tekućinu, pretlak, punjenje pijeskom, te ostale kao sprječavanje probojnog paljenja, gušenje paljenja, ograničenje energije strujnog kruga, hermetično zatvaranje, brtvljenje, ograničeno disanje kućišta [16].

Neprodorni oklop se sastoji u ograničavanju efekta eksplozije kućištem električnog uređaja pri čemu kućište mora izdržati unutarnji tlak eksplozije bez oštećenja i trajnih deformacija te spriječiti probojno paljenje okolne eksplozivne atmosfere. Probojno paljenje se sprječava zaštitnim rasporima u izvedbi; ravni, cilindrični, vijčani, labirintni.

Protueksplozijska zaštita, odnosno povećana sigurnost se odnosi samo na električne uređaje koji u normalnom radu ne proizvode električne iskre ili električni luk pa su time sklopni uređaji s mehanizmom prekidanja strujne staze isključeni. Temelj ove zaštite je da u uvjetima normalnog rada ili greške, ali bez električne iskre, uređaj neće biti uzrokom paljenja prisutne eksplozivne smjese. Zaštita povećanom sigurnosti se sastoji od zaštite od mehaničkog oštećenja, poboljšane izolacije i povećanih razmaka dijelova pod naponom, ograničavanja zagrijavanja i aktiviranja električne zaštite prije prekoračenja opasne temperature te otpornosti na dinamička opterećenja strujama kratkog spoja. U povećanoj sigurnosti je osnovna namjera da se neki standardni profesionalni električni uređaji poboljšane kvalitete mogu koristiti i u eksplozivnoj atmosferi.

Samosigurnost se temelji na eliminiranju uzroka paljenja tako da je energija uzroka pouzdano manja od minimalno potrebne energije za paljenje najzapaljivije eksplozivne smjese, pa se svodi na to da je energija strujnog kruga tako malena da otvorena električna iskra ili efekti zagrijavanja nisu u stanju izazvati inicijalno paljenje eksplozivne smjese, iako je temperatura električne iskre znatno iznad minimalne temperature paljenja plinova ili para.

Kod punjenja čvrstim materijalima se polimerizacijske izolacijske smole (epoksidne smole) oblijevaju na kućište uređaja u tekućem stanju, pa nakon polimerizacije otvrdnu i tako u potpunosti oklope električni uređaj ili komponentu, tj. mogući uzročnik paljenja, tako da ne može doći u dodir s okolnom eksplozivnom atmosferom.

Uranjanje u tekućinu znači da se električni uređaji koji mogu uzrokovati paljenje eksplozivne smjese uranjaju u posudu s izolacijskim uljem, i to tako da je tekućina iznad uređaja najmanje 25 mm ako se ispitivanjem ne utvrdi potreba za još dubljim uranjanjem.

Pretlak je vrsta protueksplozijske zaštite kod koje se električni uređaji smještaju u zatvoreno kućište ili prostoriju u pretlaku sa zrakom ili inertnim plinom u odnosu na

okolnu atmosferu čime se onemogućuje kontakt električnog uređaja sa eksplozivnom atmosferom.

Kod punjenja pijeskom se uređaji koji mogu uzrokovati paljenje eksplozivne atmosfere zatvaraju u kućišta ispunjena kvarenim pijeskom.

Općenito se može reći da se primarna protueksplozijska zaštita sastoji u eliminaciji eksplozivne smjese (prirodna i prisilna ventilacija) dok se sekundarna protueksplozijska zaštita svodi na to da električni uređaj u termoenergetskom postrojenju ne bude uzročnik paljenja eksplozivne smjese koja se pojavljuje ili se može pojaviti u blizini uređaja. U praksi se kombiniraju primarna i sekundarna protueksplozijska zaštita što se ponekad naziva posebnim mjerama zaštite protiv eksplozije. Takav je slučaj kod plinske turbine (primjer je plinska turbina u TE-TO ZAGREB). Kod plinske turbine se rješava protueksplozijska zaštita prisilnom ventilacijom, stvaranjem potlaka u modulu plinske turbine i odsisavanjem eventualne eksplozijske smjese zemnog plina i zraka prema krovu strojarnice (slika 7.), [17], ali ventilacija također služi za intenzivno hlađenje turbinskog kućišta koje je u zatvorenom modulu (slika 8.).



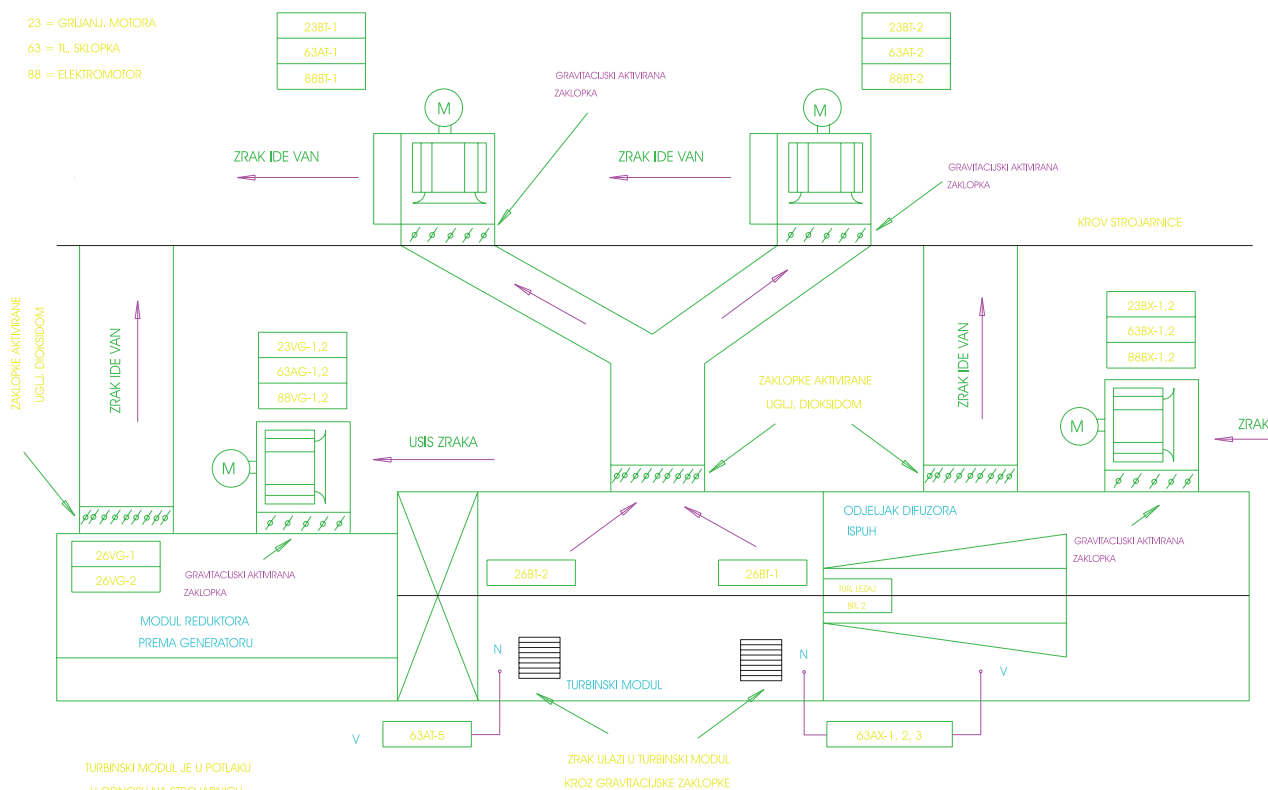
Slika 7. Ventilacija na strojarnici – odsisavanje prema krovu strojarnice

Ventilacijski sustav za turbinski modul (odjeljak) sastoji se od dva ventilatora pogonjena motorima izmjenične struje, 88BT-1 i 88BT-2. Ventilatori se smještaju na krov strojarnice plinskih turbina (kada je postrojenje u strojarnici). Zrak se izvlači iz turbinskog odjeljka i izbacuje izvan strojarnice. U turbinskom odjeljku se održava lagani podtlak u odnosu na strojarnicu. Zrak ulazi u turbinski odjeljak kroz gravitacijske protupožarne zaklopke s bočne strane oplata. Nešto zraka također ulazi u turbinski odjeljak iz oplata susjednog ispušnog difuzora. Tlak u turbinskom modulu je nešto niži od tlaka u modulu (odjeljku) izlaznog difuzora što osigurava da smjer strujanja zraka bude uvijek od odjeljka izlaznog difuzora prema turbinskom odjeljku. Naime, eksplozivni zemni plin može prodrijeti samo iz

komore izgaranja u turbinski modul pa je važno da on tu i ostane te da se evakuira prema krovu strojarnice, a ne da se širi prema modulu izlaznog difuzora ili strojarnici što se postiže nižim tlakom u turbinskom modulu. Zaklopka upravljana pomoću CO₂ smještena je na ulazu kanala zraka koji ide od krova turbinskog modula do ventilatora na krovu strojarnice. Zaklopka se normalno drži u otvorenom položaju pomoću zasuna s kojim upravlja sustav CO₂. Protupožarna zaklopka CO₂, zajedno s automatskim isključivanjem ventilatora i zatvaranjem gravitacijskih zaklopki brtvi turbinski odjeljak u slučaju da je CO₂ aktiviran i smanjuje na minimum propuštanje CO₂. Svaki ventilator također ima nepovratnu gravitacijsku zaklopku za sprječavanje povratnog strujanja kroz rezervni ventilator. U normalnom pogonu radni ventilator starta automatski pri potpali turbine. Ventilatori rade u spoju radni-pričuvni. Jedan ventilator je odabran i radi kao "radni" ventilator. Drugi ventilator je "pričuvni" ventilator. Ako odabrani "radni" ventilator ispadne iz pogona, diferencijalna tlačna sklopka 63AT-1 ili 63AT-2 uključuje "pričuvni" ventilator [18]. Slijedeći isključivanje, termostat 26BT-1, koji je smješten u turbinskom odjeljku, kontrolira rad radnog ili vodećeg ventilatora uključujući ga kada temperatura prijeđe 46 °C, a isključujući ga kada temperatura u odjeljku padne ispod 35 °C. Termostat 26BT-2, koji je također smješten u turbinskom odjeljku, izaziva alarm ako temperatura u turbinskom odjeljku prekorači 177 °C.

Za regulaciju vlažnosti u razdoblju mirovanja, motori ventilatora turbinskog odjeljka opremljeni su grijačima 23BT-1 i 23BT-2.

Modul turbinskog ispuha ili odjeljak izlaznog difuzora je formiran pregradnom stijenkom ili dijeljenjem između njega i turbinskog modula. Sustav ventilacije oplata izlaznog difuzora sastoji se od dva centrifugalna tlačna ventilatora, 88BX-1 i 88BX-2. Ventilatori su smješteni na krovu modula. Svaki ventilator ima gravitacijsku nepovratnu zaklopku za sprječavanje povratnog strujanja kroz rezervni ventilator. Zrak ulazi u odjeljak kroz radni ventilator i kako struji kroz odjeljak preuzima na sebe toplinu. Nakon toga zrak se izbacuje u atmosferu kroz zaklopku sa zasunom koji je upravljivan pomoću sustava CO₂. Zaklopka je smještena na krovu oplata modula. Zaklopka se normalno drži u otvorenom položaju pomoću zasuna kojim upravlja sustav CO₂. U slučaju požara, zaklopke zatvaraju što zajedno s automatskim isključivanjem ventilatora i zatvaranjem nepovratnih zaklopki na tlačnim ventilatorima brtvi odjeljak jer je CO₂ aktiviran. Ventilatori također rade u spoju radni – pričuvni. Jedan ventilator je odabran i radi kao "radni". Drugi ventilator je "pričuvni". Ako odabrani "radni" ventilator ispadne iz pogona, tlačna diferencijalna sklopka 63BX-1 ili 63BX-2 uključuje "pričuvni" ventilator. Kao što je rečeno, pregrada dijeli odjeljak izlaznog difuzora od turbinskog modula. Pregrada



VENTILACIJA PL. TURBINE I PROTUEKSPLOZIJSKA ZAŠTITA

Slika 8. Ventilacija plinske turbine i protueksplozijska zaštita

nije plinonepropusna, tako da dio zraka iz odjeljka izlaznog difuzora prolazi kroz pregradu u turbinski odjeljak odakle se evakuira ventilatorom turbinskog odjeljka. Budući da je odjeljak izlaznog difuzora u pretlaku, a turbinski odjeljak u podtlaku (odsisni ventilatori), strujanje zraka će biti od odjeljka izlaznog difuzora prema turbinskom odjeljku. Diferencijalne tlačne sklopke 63AX-1, 63AX-2 i 63AX-3 kontroliraju tlakove u oba odjeljka. Pojavit će se alarm ako razlika tlaka između odjeljka izlaznog difuzora i turbinskog odjeljka padne ispod namještene vrijednosti na 63AX-1. Na električnim uređajima plinske turbine bit će primijenjena neka od sekundarnih protueksplozijskih zaštita.

6. ZAKLJUČAK

Zaštita od požara i protueksplozijska zaštita na termoenergetskim objektima mora biti u suglasju s hrvatskim zakonima [19, 20] i regulativom. Cjelokupno projektno rješenje kombi i kombikogeneracijskih postrojenja mora osigurati rano otkrivanje požara te učinkovito gašenje uz minimalne troškove. Sva tehnička rješenja moraju uzeti u obzir zaštitu ljudskog zdravlja, a u slučaju najgoreg akcidenta sigurne putove evakuacije. Zaštita od požara i protueksplozijska zaštita u toplanama – elektranama nije samo zakonska nego i moralna obveza kod projektanta, graditelja, izvođača i pogonskog voditelja postrojenja. Formalno pravno zadovoljavanje mjera zaštite u projektu, a kasnije i u eksploataciji ostat će promašeno ako mjere i uređaji funkcionalno ne zadovoljavaju. Vrlo kvalitetni uređaji neće spriječiti širenje požara ako nisu projektno dobro ukomponirani u tehnološku cjelinu te ako pri korištenju nisu periodično ispitivani i adekvatno održavani. Uz tehnički kvalitetan uređaj potrebno je dobro projektno rješenje, a u eksploataciji održavanje i tehnički nadzor. Pri projektiranju nakon određivanja glavnih projektnih karakteristika kombi i kombikogeneracijskih postrojenja, dobro je prvo procijeniti ugroženost postrojenja od požara i eksplozija. Na raspolaganju nam stoji cijeli niz metoda od kojih su ovdje spomenute metode po TRVB 100, Dow metodi, Euroalarm i Gretner. Iz rezultata procjene ugroženosti od požara i važećih zakona, pravilnika i normi donose se odluke o preventivnim mjerama zaštite od požara, a ujedno se određuju granice požarnih sektora. Preventivne mjere zaštite od požara kroz građevinske mjere (požarno sektoriranje s vatrootpornošću zidova na granicama sektora, dimni sektori i dimne zavjese, zaštita od prijenosa među susjednim građevinama, vatrogasni pristupi, evakuacijski putevi itd.), kroz tehničko – tehnološke mjere (protueksplozijska izvedba, plinske instalacije, gromobranske instalacije, klimatizacijski i ventilacijski kanali itd.) te kroz organizacijske mjere (planovi zaštite od požara, vatrogasne postrojbe, nadzor nad provedbom mjera zaštite itd.) garantiraju da će ljudske i materijalne štete na kombi i kombikogeneracijskim postrojenjima biti minimalne u slučaju izbijanja požara (eksplozije). Pri projektiranju i izvedbi (posebno u građevinskom dijelu) osim hrvatskih

(od kojih je ovdje naznačen samo manji broj) stoje nam na raspolaganju europski standardi i norme.

Kod kombi i kombikogeneracijskih postrojenja se kombinira primarna protueksplozijska zaštita (eliminacija eksplozivne smjese pomoću prirodne i prisilne ventilacije) i sekundarna protueksplozijska zaštita (električni uređaj u termoenergetskom postrojenju nije uzrok paljenja eksplozivne smjese koja se pojavljuje ili se može pojaviti u blizini uređaja). Na primjeru plinske turbine vidi se kompleksnost i međusobna povezanost ventilacije čija svrha je hlađenje stroja i ventilacije čija svrha je evakuacija eksplozivne smjese iz neposredne blizine stroja. Ili, prikazan je ventilacijski sustav projektiran da bi ispunio dvije tehničke svrhe: evakuaciju topline i protueksplozijsku.

7. LITERATURA

- [1] Zakon o gradnji (NN 175/03) Zagreb, listopad 2003.
- [2] Pravilnik o održavanju i izboru vatrogasnih aparata (NN 35/94,103/96)
- [3] HRN.U.J1.240 Zaštita od požara - Tipovi konstrukcija zgrada prema njihovoj unutrašnjoj otpornosti protiv požara
- [4] Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe (NN 35/94, 55/94)
- [5] Pravilnik o zapaljivim tekućinama (NN 54/99)
- [6] Pravilnik o tehničkom normativima za hidrantsku mrežu za gašenje požara - (Sl. list 30/91)
- [7] "Standard for Low Pressure Carbon Dioxide Systems at Consumer Sites", Document Number: CGA G-6.1 Compressed Gas Association, Arlington, VA 22202-4102, USA, Jan. 1995
- [8] NFPA 12, "Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems", National Fire Protection Association, 2000
- [9] Upute o zaštiti od požara za daljinski nadzirana elektroenergetska postrojenja (NN 41/91)
- [10] HRN DIN 4102 - 1 Ponašanje građevnih gradiva i građevnih elemenata u požaru (Preuzeti DIN)
- [11] Pravilnik o tehničkim normativima za uređaje za automatsko zatvaranje vrata ili zaklopki otpornih prema požaru (NN 53/91 preuzet SL 35/80)
- [12] Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu elektroenergetskih postrojenja i uređaja od požara (NN 53/91 preuzet SL 74/90)
- [13] Technische Richtlinien vorbeugender Brandschutz TRVB 100, TRVB 124, TRVB 125, TRVB 126 (1975)
- [14] Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide, May 1976, DOW
- [15] P. JUKIĆ i ostali "Numeričke metode za procjenu ugroženosti od požara i tehnoloških eksplozija", Zbornik radova, IPROZ, Zagreb, lipanj 1994.
- [14] N. MARINOVIĆ "Protueksplozijska zaštita električnih uređaja", 1986, Školska knjiga, Zagreb

- [15] KKE TE-TO Zagreb – “ Instalacije strojarnice plinskih turbina” – Glavni projekt, ELEKTROPROJEKT Zagreb, 26.03.1999.
- [16] “FP4040 - Gas turbine MS6001FA fire protection system” GE, Schenectady, NY General Electric Company, Schenectady, listopad 1999
- [17] Zakon o zaštiti od požara (NN 58/93)
- [18] Zakon o zaštiti na radu (NN 59/96).

FIRE AND EXPLOSION PROTECTION BY DESIGNING, CONSTRUCTING AND OPERATING COMBINE AND COMBINE COGENERATION PLANTS

This technical paper deals with fire protection and explosion protection, in design phase, in building phase and operation of the Combined Cycle Cogeneration Power and Combined Cycle Power Plants. Basic fuel for Combined Cycle Cogeneration Power and Combined Cycle Power Plants is Natural gas and back up fuel is light distillate. Very often there is only Natural gas without back up fuel. In near future HEP plans to build new Power plants based on fuel gas only; new Combined Cycle Cogeneration unit 100 100 MW in TE-TO Zagreb, new 250 MWe Plant in TE Sisak and similar one; 250 MWe Osijek. With operational gas turbine power plants in Zagreb, Osijek, Jertovec, we can guess importance of fire protection and explosion protection in these type of plants for HEP.

BRAND- UND EXPLOSIONSSCHUTZ BEIM ENTWERFEN, AUSFÜHREN UND BETRIEB DER KOMBI- UND MITERZEUGUNGSANLAGEN

In dieser Arbeit wird der Zutritt dem Brand- und explosionsschutz beim Entwerfen, Ausführen und Betrieb der Kombi- und Miterzeugungsanlagen dargestellt. Der Hauptbrennstoff in den Kombi- und Miterzeugungsanlagen kann nur das Erdgas sein; als Ersatzbrennstoff dient das extraleichte Heizöl. So ist die 100 MW Gruppe „K“ im

Wärmeleistungswerk “TE-TO Zagreb” für zwei Brennstoffe entworfen worden. Für die nahe Zukunft sind in der “kroatischen Elektrizitätswirtschaft” Anlagen geplant die nur Gas als Brennstoff verwenden werden: eine neue Kombi- und Miterzeugungsgruppe von 100 MW im Wärmeleistungswerk “TE-TO Zagreb”, ein neues Kombi- und Miterzeugungsleistungswerk von 250 MWe in der Stadt Sisak und ein ähnliches auch von 250 MWe in der Stadt Osijek. Die bereits im Einsatz stehenden Betriebe in Zagreb, Osijek und Jertovec berücksichtigend, liegt die Wahrnehmung der Fragen des Brand- und explosionsschutzes solcher Anlagen auf der Hand. Dabei werden dargestellt: Brandursachen, Vorbeugungsmassnahmen gegen Brand und Explosion -wie der Grosszapfennetz im Freien und in Gebäuden-, das ortsfeste Löschsatz mit Wasserzersprengung u. ä., die Einteilung in Brandsektoren und die Grundmethoden für die Beurteilung der Brandgefahr -wie in Vorschriften und in der Literatur angeführt (TRVB, DOV, Euroalarm, Gretnet). grössenordnungshalber werden in diesem Text einige, sich allgemein auf eine Erzeugungsanlage (einer Leistung ähnlich jener der Gruppe „K“ im TE-TO “Zagreb” entsprechend) beziehende numerische Werte, angegeben. So sind diese Werte beim Entwurf einer jeweiligen Anlage nicht bedenkenlos anwendbar. Ein Beispiel des primären Explosionsschutzes, bestehend in der Abschaffung des explosiven Gemisches (durch den natürlichen und den erzwungenen Luftwechsel) ist für den Fall einer Gasturbine dargestellt. Der sekundäre Explosionsschutz - bestehend im wesentlichen in der Enthebung der Möglichkeit des Explosionsgemischzündens durch elektrische Einrichtungen einer gasbetriebenen Anlage - ist nur im Prinzip beschrieben.

Naslov pisca:

Mr. sc. Miroslav Šander, dipl. ing.
Elektroprojekt, Alexandra von Humboldta 4
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2004-12-20

ENERGETSKI AUDIT ZGRADA JAVNE NAMJENE - OBRADA PODATAKA I PRIJEDLOG MJERA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Mr. sc. Vesna KOLEGA, Zagreb

UDK 620.9:728
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Provođenje energetske audita zgrade je djelotvorna metoda s ciljem reduciranja potrošnje svih tipova energije u zgradama javne namjene. U ovom će članku biti detaljno opisani načini obrade podataka prikupljenih prema obrascu za energetske audit zgrada javne namjene [1] i metode određivanja liste prioriternih mjera energetske efikasnosti za konkretnu zgradu javne namjene.

Ključne riječi: energetske audit, obrada podataka, energetske karakteristike zgrada, energetske omjer zgrade, provedba prioriternih mjera energetske efikasnosti

1. UVODNA RAZMATRANJA

Mjera energetske efikasnosti u zgradarstvu je uspješna ako rezultira smanjenjem potrošnje energije i time automatski računa za potrošenu energiju, uz povećanje ili zadržavanje razine toplinske i dr. udobnosti korisnika zgrade. Klasični je primjer poboljšanje toplinske izolacije zgrade čime se eliminiranjem hladnih točaka znatno povećava razina toplinske udobnosti stanara uz istodobno reduciranje potrošnje toplinske energije. Iskustva pokazuju da provedba raznih mjera energetske efikasnosti sustava rasvjete u zgradama javne namjene rezultira poboljšanjem svjetlosne udobnosti u zgradama uz značajno smanjenje potrošnje električne energije [2].

Procjena uspješnosti neke mjere energetske efikasnosti u zgradarstvu bazira se na brojnim parametrima, pri čemu je glavni cilj njezina uspješna implementacija [3].

2. PROGRAMI I MJERE ENERGETSKE EFIKASNOSTI U ZGRADAMA JAVNE NAMJENE

Prilikom pokretanja programa energetske efikasnosti na nacionalnoj razini nužno je provesti sljedeće analize:

- procjenu utjecaja programa ili mjera energetske efikasnosti na potrošnju energije, te konkretno na reduciranje dnevnog vršnog opterećenja;
- detaljne troškovi-dobit analize (eng. cost-benefit) predloženih programa i mjera energetske efikasnosti;

- procjenu troškova implementacije, marketinga i promocije programa i mjera energetske efikasnosti;
- procjenu utjecaja programa energetske efikasnosti u cjelini, te pojedinačnih mjera na očuvanje energije i energetske resursa na nacionalnoj razini.

Uspješno određivanje prioriternih mjera energetske efikasnosti bazira se na provođenju sljedećih analiza:

- procjeni godišnjih energetske ušteda kao rezultata poduzetih mjera energetske efikasnosti;
- procjeni poboljšanja kvalitete i pouzdanosti isporuke energije kao rezultata poduzetih aktivnosti u sklopu promatrane mjere energetske efikasnosti;
- procjeni investicijskih troškova promatranih mjera radi postizanja određenih rezultata (na pr. kvaliteta i pouzdanost isporuke energije, toplinska, svjetlosna i dr. udobnost korisnika i dr.);
- procjeni da li je neka mjera ili grupa mjera energetske efikasnosti ekonomski isplativija od neke druge mjere ili skupa mjera uz istu razinu kvalitete energetske servisa i zadovoljenje ekoloških ciljeva;
- određivanju utjecaja pojedine mjere energetske efikasnosti na zaštitu okoliša;
- procjeni ostalih potencijalnih dobitaka kao rezultata mjera energetske efikasnosti (npr. reduciranje ovisnosti o uvozu nafte, poboljšanje standarda siromašnijih obitelji, otvaranje novih radnih mjesta, i dr.).

Brojna iskustva pokazuju da je vrlo čest slučaj da se programi i mjere energetske efikasnosti koji su inicijalno smatrani energetske-ekonomski najisplativijima,

provedbom navedenih analiza pokazuju lošijim odabirom od nekih programa i mjera koje su se inicijalno činile neisplativima.

Ovdje treba naglasiti da je ljudski faktor jedan od najvažnijih čimbenika uspješne implementacije programa i mjera energetske efikasnosti, o kojem treba voditi računa u svim fazama realizacije [4]. Konkretno za zgrade javne namjene, sve provedene analize mogu pokazivati da će provedba programa energetske efikasnosti rezultirati velikim uštedama energije, ali ako korisnici promatrane zgrade nisu upućeni u problematiku, te dovoljno motivirani i zainteresirani, program energetske efikasnosti će propasti unatoč svim inicijalnim pokazateljima njegove uspješnosti. Iz tog je razloga od najveće važnosti s jedne strane upoznati s energetskom problematikom a s druge pronaći što djelotvornije načine motiviranja korisnika zgrada javne namjene.

Za razliku od stanara u stambenom sektoru kojima je manji račun za potrošenu energiju motiv za racionalniji pristup potrošnji, korisnike zgrada javne namjene je prilično teško motivirati.

Nisu rijetki slučajevi da zaposlenici u zgradama javne namjene, prvenstveno uredskima, ne provode ni vrlo jednostavne a energetske veoma efikasne radnje (na pr. isključivanje rasvjete kad za njom iz raznih razloga nema potrebe, zatvaranje prozora prilikom izlaska iz prostorije i dr.). Iskustva pokazuju da su rezultati najbolji ako se program energetske efikasnosti na što razumljiviji i jednostavniji način prezentira zaposlenicima, pri čemu je važno posebno naglasiti da će rezultati primijenjenih mjera biti prikupljeni, analizirani i objavljeni u redovitim intervalima [5]. Zaposlenici u uvjerenju da se procjena uspješnosti implementacije mjera energetske efikasnosti neće provoditi, u principu, pristupaju problemu puno neobveznije i time nedjelotvornije. Nasuprot tome, zaposlenici uvjereni da će rezultati provedenih mjera biti analizirani i objavljeni, od samog početka puno ozbiljnije pristupaju problemu. Svaka provedena analiza, procjena ili proračun rezultira novim spoznajama i korisnim informacijama, te doprinosi donošenju ispravnih odluka koje u konačnici rezultiraju uštedama energije i novca s jedne, a poboljšanjem standarda življenja i rada s druge strane. Nadalje, sve provedene analize, procjene i proračuni uvelike pomažu energetskim planerima u reduciranju rizika i nejasnoća pojedinih mjera energetske efikasnosti na najmanju moguću mjeru.

3. EKOLOŠKE MJERE I ZAKONODAVNO OKRUŽENJE U ZGRADARSTVU

Analize pokazuju da na postojeći sektor zgradarstva u Europi otpada aproksimativno 30 % ukupne potrošnje energije, od čega se na zagrijavanje prostora troši cca 60

%, što rezultira značajnim CO₂ emisijama. U zemljama Europske unije potrošnja goriva za grijanje zgrada sudjeluje s 25 % u ukupnoj CO₂ emisiji. Nadalje, posljednjih je godina u velikom broju zemalja Europske unije primijećen trend porasta godišnje energetske potrošnje, pri čemu je u nekim zemljama taj porast značajan. U Grčkoj je potrošnja energije u zgradama javne namjene u 2000. godini iznosila 170 % potrošnje iz 1990. godine, što je zabrinjavajuća činjenica [6]. U posljednjih je desetak godina zbog pogoršanja globalnog ekološkog stanja još više zaoštreno pitanje smanjenja potrošnje energije u svim mogućim sektorima na svjetskoj razini [7]. Na prvom zasjedanju država stranaka Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime, održanom u lipnju 1992. godine u Rio de Janeiru, postignut je Dogovor o klimi, kojim su usvojene preporuke o smanjenju štetnih utjecaja na okoliš. Drugo je zasjedanje održano u Rimu 1995. godine. Treće je, najznačajnije zasjedanje, održano od 1 do 10. prosinca 1997. godine u Kyotu, rezultiralo potpisivanjem Protokola kojim se zemlje potpisnice obvezuju na ukupno smanjenje emisija šest stakleničkih plinova za 5,2 % u razdoblju između 2008. i 2012. godine u odnosu na 1990. godinu, pri čemu pojedinačne obveze variraju od 8 % za članice Europske unije, Švicarsku i neke od istočnoeuropskih zemalja, preko 7 % za Sjedinjene Američke Države, 6 % za Japan do 5 % na koje se obvezala Hrvatska. Protokol je službeno stupio na snagu ratificiranjem od strane Rusije čime je zadovoljen zahtjev da ga mora ratificirati minimalno šest industrijski jakih zemalja koje zajedno emitiraju najmanje 55 % ukupne svjetske emisije stakleničkih plinova. Budućnost je Protokola dugo vremena bila neizvjesna jer su Sjedinjene Američke Države odbile ratifikaciju. Najveća je važnost Protokola, da je on prvi međunarodno pravno obvezujući dokument koji sve zemlje potpisnice moraju ugraditi u svoje zakonodavstvo i uvažavati kao postulat u donošenju i provedbi nacionalnih gospodarskih strategija, planova i programa.

Strategija Europske unije radi smanjenja emisije stakleničkih plinova bazira se na kontinuiranom istraživanju i usavršavanju relevantne problematike (program ALTENER) [8], planiranju i implementaciji mjera energetske efikasnosti (program SAVE) [9], rezolucijama Europskog parlamenta, direktivama Europske komisije, legislativom na europskoj i nacionalnim razinama, kao i brojnim nacionalnim i regionalnim programima. Rezolucija Europskog parlamenta 8027/2-3-94 obvezala je Europsku komisiju na donošenje direktiva o obveznoj primjeni principa bioklimatske arhitekture u zgradama javne namjene. Dana 16. prosinca 2002. godine na snagu je stupila *Direktiva o energetskim karakteristikama zgrada (2002/91/EC)* čiji je glavni cilj uspostaviti trajne, jedinstvene mehanizme za poboljšanje energetskih karakteristika zgrada stambene i javne namjene na razini Europske unije, uzimajući u obzir klimatske i lokalne razlike između pojedinih zemalja [10].

Direktivom su propisani osnovni zahtjevi koje sve zemlje članice moraju uvažiti [3].

U Prijedlogu Direktive [11] je i izlaganje energetskih certifikata za zgrade javne namjene na vidljivim mjestima u zgradi navedeno kao zahtjev, ali njega u konačnoj verziji Direktive nema.

Nadalje, u SAVE Direktivi 93/76, navedene su brojne mjere za smanjenje energetske potrošnje u zgradama javne namjene radi reduciranja CO₂ emisija u zemljama Europske unije [3].

Brojna iskustva pokazuju da je za odabir najboljeg pristupa upravljanju energijom u postojećim zgradama javne namjene koji se bazira na najdjelotvornijim mjerama energetske efikasnosti za promatranu zgradu nužno provesti energetski audit zgrade [1] [5].

4. OBRADA PRIKUPLJENIH PODATAKA KAO 2. FAZA PROVEDBE ENERGETSKOG AUDITA ZGRADA JAVNE NAMJENE

Nakon faze prikupljanja podataka [1] slijedi faza obrade prikupljenih podataka koja je podijeljena u sljedeće kategorije:

1. korištenje, potrošnja i troškovi energije;
2. određivanje energetske omjera zgrade;
3. procjena potencijala energetskih ušteda zgrade;
4. zaključna razmatranja o energetskim karakteristikama zgrade.

U sljedećim će poglavljima biti detaljno prezentirani načini obrade prikupljenih podataka o energetskim parametrima zgrade javne namjene na osnovi kojih se određuje lista prioritarnih mjera energetske efikasnosti za promatranu zgradu.

Tablica 1. Prikaz izvora energije u zgradi za razne namjene

Izvor energije za:	Grijanje	Pripremu tople vode	Hlađenje i/ili prozračivanje	Rasvjetu	Ostalo: _____
Električna energija					

Tablica 2. Prosječna energetska potrošnja i troškovi energije za posljednje četiri godine

Izvor energije	Potrošnja (l ili kg ili m ³ / godina)	Potrošnja (kWh/godina)	Troškovi (kn/godina)
Električna energija			
Ukupno			

4.1. Korištenje, potrošnja i troškovi energije

Zatečeno stanje u promatranj zgradi s obzirom na korištenje, potrošnju i troškove energije procjenjuje se na osnovi podataka o energetskim pokazateljima zgrade koji obuhvaćaju:

- potrošnju goriva za posljednje četiri godine;
- potrošnju električne energije za posljednje četiri godine;
- ukupnu energetska potrošnju u zgradi za posljednje četiri godine.

Obrada prikupljenih podataka se provodi u četiri glavne faze:

1. obrada podataka o izvorima i načinima korištenja energije za promatranu zgradu;
2. određivanje prosječne potrošnje i troškova energije za posljednje četiri godine;
3. određivanje specifičnih troškova energije;
4. donošenje zaključka o stvarnoj energetskoj potrošnji svih tipova energije u promatranj zgradi javne namjene

4.1.1. Obrada podataka o izvorima i korištenju energije u promatranj zgradi

Na osnovi prikupljenih podataka o energetskim pokazateljima zgrade, u tablici 1. se navode izvori energije u zgradi koji se koriste za različite namjene: grijanje, hlađenje, pripremu tople vode, prozračivanje, rasvjetu i ostalo.

4.1.2. Određivanje prosječne potrošnje i troškova energije za posljednje četiri godine

Na osnovi prikupljenih podataka o stvarnoj potrošnji raznih tipova energije u zgradi i troškovima u zadnje četiri godine [1] ispunjava se tablica 2.

4.1.3. Određivanje specifičnih troškova energije

Podaci o cijeni energije po kWh za posljednje četiri godine (specifični troškovi energije) unose se u tablicu 3. Određivanje specifičnih troškova energije u četiri posljednje godine pokazuje trend kretanja cijena energije kroz promatrano razdoblje.

Tablica 3. Specifični troškovi energije

Izvor energije	Cijena energije (kn/kWh)			
	2003.	2002.	2001.	2000.
Električna energija				

4.1.4. Zaključci o energetskej potrošnji zgrade

Na osnovi prikupljenih podataka o energetskim pokazateljima za konkretnu zgradu javne namjene donose se zaključci o energetskej potrošnji zgrade:

- Trend potrošnje goriva za promatrane četiri godine:
 - Smanjenje potrošnje
 - Potrošnja je gotovo nepromijenjena
 - Porast potrošnje
- Trend potrošnje električne energije za promatrane četiri godine:
 - Smanjenje potrošnje
 - Potrošnja je gotovo nepromijenjena
 - Porast potrošnje
- Trend ukupne energetske potrošnje za promatrane četiri godine:
 - Smanjenje potrošnje
 - Potrošnja je gotovo nepromijenjena
 - Porast potrošnje

Svaki odgovor treba biti popraćen objašnjenjem koje treba obuhvatiti razloge i prijedloge poboljšanja zatečenog stanja.

Ova faza obrade podataka treba rezultirati zaključnim primjedbama o potencijalnim mjerama energetske efikasnosti radi poboljšanja energetske pokazatelja zgrade i smanjenja svih tipova potrošnje energije u idućem razdoblju uz zadovoljenje ili čak poboljšanje zatečene toplinske, svjetlosne i dr. udobnosti korisnika promatrane zgrade.

4.2. Određivanje energetskeg omjera zgrade javne namjene

Pojam *energetski omjer zgrade* je novijeg datuma, a to je ustvari, omjer ukupne godišnje energetske potrošnje zgrade i ukupne grijane podne površine zgrade. Radi što točnijeg određivanja energetske pokazatelja zgrade koji će rezultirati ispravnim odabirom konkretnih mjera energetske

efikasnosti promatra se energetska situacija u zgradi za posljednje četiri godine i na osnovi prikupljenih podataka određuje prosječna energetska potrošnja za promatrano razdoblje (tab. 2) [1]. U tom je slučaju *energetski omjer zgrade* omjer prosječne energetske potrošnje zgrade (tab.2) i ukupne grijane podne površine zgrade. Ukupna grijana podna površina (m²) je netto korisna podna površina grijanih prostora svih etaža zgrade (podrum, prizemlje, svi katovi, potkrovlje, i dr.) mjerena unutar vanjskih zidova zgrade.

Je li dobiveni energetski omjer zgrade točno određen jednostavno se provjerava na sljedeći način: zbroj energetskih omjera za toplinsku potrošnju (suma individualnih godišnjih energetske potrošnje raznih izvora energije za grijanje i pripremu tople vode podijeljena s ukupnom grijanom površinom poda zgrade) i potrošnju električne energije (godišnja potrošnja električne energije podijeljena s ukupnom grijanom površinom poda zgrade) mora biti jednak energetskom omjeru zgrade za ukupnu energetsku potrošnju u promatranoj godini.

Kako je *energetski omjer zgrade* relativno nova veličina, uvedena da bi se omogućile usporedbe zgrada u ovisnosti o njihovim energetskim karakteristikama, *referentni energetski omjeri* za razne tipove zgrada javne namjene u Hrvatskoj još uvijek nisu definirani. Iz tog su razloga u tablici 4. dani referentni energetski omjeri za razne tipove zgrada javne namjene koji se koriste u provedbi energetske procjene zgrada javne namjene u zemljama Europske unije. Navedeni energetski omjeri su bazirani na referentnom broju stupanj-dana grijanja. Za područje Europske unije kao referentna lokacija je izabran njemački grad Düsseldorf čiji broj stupanj-dana grijanja za unutarnju projektnu temperaturu od 20 °C i temperaturni prag od 15 °C iznosi 3439. Ovdje je potrebno naglasiti da su referentni energetski omjeri zgrada javne namjene navedeni u tablici 4. dobiveni na uzorku od nekoliko stotina, relativno starih zgrada javne namjene karakterističnih po velikim potrošnjama svih tipova energije. Referentni energetski omjer naveden u tablici 4. treba konvertirati ovisno o klimatološkim podacima lokacije na kojoj se nalazi promatrana zgrada javne namjene. Konverzija se provodi veoma jednostavno, tako da se dobiveni energetski omjer zgrade pomnoži s omjerom referentnog broja stupanj-dana grijanja i stupanj-dana grijanja na konkretnoj lokaciji na kojoj se zgrada nalazi. Ako podaci o broju stupanj-dana grijanja na promatranoj lokaciji nisu raspoloživi, treba provesti dodatne analize kojima će biti obuhvaćene klimatske razlike između konkretne lokacije zgrade i referentne lokacije.

Odstupanje (devijacija) vrijednosti referentnih energetske omjera izražava se u postocima (%). Uzroci odstupanja su različiti, a uključuju odstupanja u broju potrošača energije, odstupanja u temperaturama prostorija (više ili manje od 20 °C), različite načine i razdoblja korištenja, te naravno

Tablica 4. Referentni energetski omjeri za zgrade javne namjene u Centralnoj Europi za referentni broj stupanj-dana grijanja $SDG_{2015} = 3439$ (Düsseldorf, Njemačka) (5)

Tip zgrade	Energetski omjer za toplinsku potrošnju (kWh/m ²)	Energetski omjer za električnu potrošnju (kWh/m ²)	Ukupni energetski omjer (kWh/m ²)
Uredske zgrade	183	28	211
Škole	197	19	216
Vrtići i jaslice	237	19	256
Bolnice	195	-	-
Ostale zgrade	191	42	233

Tablica 5. Energetski omjer zgrade

Energetska potrošnja zgrade	Energetski omjer promatrane zgrade (kWh/m ² god)	Energetski omjer referentne zgrade (prema tablici 4.) (kWh/m ² god)	Odstupanje vrijednosti (%)
Toplinska energija			
Električna energija			
Ukupna potrošnja energije			

više ili manje energetski efikasne uređaje u zgradama, kao i same zgrade.

Prosječni referentni energetski omjeri za zgrade javne namjene u Centralnoj Europi iznose:

172 kWh/m² - energetski omjer za toplinsku potrošnju;

26 kWh/m² - energetski omjer za električnu potrošnju;

198 kWh/m² - ukupni energetski omjer.

Ovdje je važno još jednom napomenuti da su kao uzorak za određivanje referentnog energetskog omjera uzete relativno stare zgrade javne namjene koje karakterizira loša toplinska zaštita, zastarjeli sustavi za grijanje i pripremu tople vode i neefikasni sustavi rasvjete što rezultira velikom potrošnjom i velikim potencijalom energetskih ušteda svih tipova energije.

Dobivene energetske omjere za konkretnu zgradu javne namjene je radi preglednosti najbolje iskazati tablicom (tab. 5).

Na osnovi dobivenih energetskih omjera zgrade donosi se zaključak koji treba obuhvaćati odgovore na sljedeća pitanja:

1. Kakav je energetski omjer zgrade u odnosu na referentni energetski omjer (niži, gotovo jednak, viši, puno viši)?
2. U slučaju odstupanja vrijednosti energetskog omjera zgrade i referentnog energetskog omjera treba navesti uočene uzroke odstupanja.

Finalna aktivnost ove faze provedbe energetskog audita zgrada javne namjene su zaključna razmatranja o mogućim načinima smanjenja energetskog omjera zgrade.

4.3. Procjena potencijala energetskih ušteda zgrade javne namjene

Potencijal energetskih i proporcionalno njima novčanih ušteda za različite tipove zgrada javne namjene okvirno

se određuje prema dobivenim energetskim omjerima zgrade.

U ovisnosti o ukupnom energetskom omjeru zgrade razina potencijala energetskih ušteda (P) se veoma grubo procjenjuje na:

- nisku: $P \leq 20\%$;

- srednju: $20\% < P \leq 40\%$;

- visoku: $P > 40\%$.

U tablici 6. dana je okvirna procjena potencijala energetskih ušteda za različite energetske omjere zgrada dobivene višegodišnjim praćenjem potrošnje u raznim tipovima zgrada javne namjene.

Ovdje je važno napomenuti da unatoč implementaciji raznih mjera energetske efikasnosti, potencijal energetskih ušteda neće slijediti podatke dane u tablici 6. ako se npr. toplinska udobnost korisnika zgrade povećava povećanjem temperature na koju se prostorije zagrijavaju u sezoni grijanja.

Iskustva pokazuju da se povećanjem temperature na koju se prostorije zagrijavaju za samo 1°C godišnja toplinska potrošnja u zgradi povećava za cca 6 %.

Tablica 6. Okvirna procjena potencijala energetskih ušteda u raznim tipovima zgrada javne namjene u ovisnosti o ukupnom energetskom omjeru zgrade

Tip zgrade	Ukupni energetski omjer zgrade (kWh/m ²)		
Uredske zgrade	< 110	110 – 280	> 280
Škole	< 110	110 - 300	> 300
Vrtići i jaslice	< 135	135 - 340	> 340
Ostale zgrade	< 125	125 - 310	> 310
Procjena potencijala energetskih ušteda	Niski: $P \leq 20\%$	Srednji: $20\% < P \leq 40\%$	Visoki: $P > 40\%$

U sklopu ove faze provedbe energetskog audita zgrade određuje se da li je potencijal energetskih ušteda za konkretnu zgradu javne namjene nizak, srednji ili visok, iskustveno se procjenjuje koliko od toga je ekonomski isplativ potencijal (%) i na osnovi toga donosi zaključak.

4.4. Zaključna razmatranja o energetskim karakteristikama zgrade javne namjene

Zaključna razmatranja o energetskim karakteristikama zgrade trebaju obuhvaćati odgovore na sljedeća pitanja:

1. Kakva je kvaliteta toplinske zaštite zgrade (odlična, zadovoljavajuća, nezadovoljavajuća, izrazito loša, i dr.)?
2. Kakva je energetska efikasnost sustava za grijanje u zgradi (visoka, srednja, niska, izrazito niska i dr.)?
3. Kakav je toplinski kapacitet sustava za grijanje u zgradi (zadovoljavajući, prenizak, previsok, i dr.)?
4. Kakva je energetska efikasnost sustava za pripremu tople vode (visoka, srednja, niska, izrazito niska i dr.)?
5. Kakva je energetska efikasnost sustava za prozračivanje zgrade (visoka, srednja, niska, izrazito niska i dr.)?
6. Kakva je energetska efikasnost sustava za rasvjetu (visoka, srednja, niska, izrazito niska i dr.)?
7. Za sva energetska trošila u zgradi treba navesti klasu energetske efikasnosti (A, B, C,D, E, F ili G) [12], [13], [19].
8. Ponašaju li se, generalno gledano, korisnici zgrade energetski racionalno ili ne, i ako ne, navesti konkretne primjere.
9. Je li, generalno gledano, modalitet korištenja zgrade energetski efikasan, i ako nije navesti konkretne primjere.

Odgovori na gornja pitanja su podloga za izradu zaključne procjene o zatečenom stanju u promatranoj zgradi na osnovi koje se određuju konkretne mjere energetske efikasnosti. Od velike je važnosti za uspješni energetski audit da svi podaci o zatečenoj situaciji u zgradi budu što točniji i precizniji. Što se tiče građevinskih karakteristika zgrade koji se odnose na vrstu i debljinu sloja toplinske izolacije svih konstrukcijskih dijelova zgrade treba naglasiti da najveći utjecaj na toplinsku kvalitetu zgrade ima toplinska izolacija vanjskih zidova, prozora i krova, i to upravo navedenim redoslijedom. Procjena kvalitete toplinske zaštite zgrade treba biti usuglašena s Člankom 21. Tehnički zahtjevi za uštedu energije – obvezna toplinska zaštita *Tehničkog propisa o uštedi energije i toplinskoj zaštiti kod zgrada*, gdje su u tablici 4. Priloga 1. propisane najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U ($W/(m^2K)$), građevnih dijelova s plošnom masom većom od 100 kg/m^2 (tab. 7) [14].

Tablica 7. Najveće dopuštene vrijednosti koeficijenta prolaska topline, U ($W/(m^2K)$) za građevne dijelove zgrade u ovisnosti o srednjoj mjesečnoj temperaturi vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade, $\Theta_{e,mj,min}$ (14)

Građevni dio	U ($W/(m^2K)$)	
	$\Theta_{e,mj,min} > +3 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Theta_{e,mj,min} \leq +3 \text{ }^\circ\text{C}$
Vanjski zid	1,00	0,80
Zid između grijanih prostora različitih korisnika	1,90	1,90
Zid prema negrijanom prostoru	1,30	1,30
Zid prema tlu	1,00	0,80
Pod na tlu	0,80	0,65
Strop između grijanih radnih prostora različitih korisnika	1,40	1,40
Strop prema tavanu	0,85	0,70
Strop prema negrijanom podrumu, strop prema negrijanom prostoru	0,65	0,50
Ravni i kosi krov iznad grijanog prostora	0,70	0,55
Strop iznad vanjskog prostora	0,45	0,40

Navedene vrijednosti koeficijenta U vrijede za svaki građevni element površine $0,5 \text{ m}^2$ ili veće. Članak 21. nadalje, propisuje kod zgrada koje se zagrijavaju na temperaturu od $18 \text{ }^\circ\text{C}$ ili više, koeficijent prolaska topline prozora, balkonskih vrata, krovni prozora i drugih prozračnih elemenata u omotaču grijanog prostora zgrade ne smije biti veći od $1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, dok kod zgrada koje se griju na temperaturu više od $12 \text{ }^\circ\text{C}$, a manju od $18 \text{ }^\circ\text{C}$, koeficijent prolaska topline spomenutih prozračnih elemenata ne smije prijeći vrijednost od $3,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [14].

Kvaliteta toplinske zaštite promatrane zgrade bit će procijenjena visokom ako je 20 i više postotaka viša od propisane, zadovoljavajućom ako je jednaka propisanim vrijednostima, a niskom ako je niža od propisane.

Energetska efikasnost sustava za grijanje je jedan od ključnih parametara za povećanja energetske efikasnosti zgrade u cjelini. Iskustva zemalja Europske unije pokazuju da više od polovice energetske potrošnje u javnom sektoru otpada na zagrijavanje prostora [3], [15].

Radi što preciznijeg određivanja energetske efikasnosti sustava za grijanje uvedena je veličina, slobodno prevedena kao *godišnje korisno djelovanje sustava za grijanje* (*eng. annual level of use of heating*) koja pokazuje koliki se udio potrošene energije pretvara u korisnu toplinu i predaje korisnicima (konkretno, zagrijava prostor) u jednoj godini. Na ovu veličinu utječu brojni parametri: starost toplinskog sustava, dimenzije kotla, izolacija kotla i cijevi, efikasnost

upravljanja i održavanja sustava za grijanje, i dr. Zbog složenosti određivanja spomenute veličine, što kvalitetno mogu obaviti jedino stručnjaci, za potrebe energetskog audita bit će dan pojednostavljen način procjene energetske efikasnosti sustava za grijanje.

Energetska efikasnost sustava za grijanje bit će ocijenjena "visokom" ako je kotao proizveden nakon 1990. godine, ako su kotao i cijevi dobro izolirani, ako sustav ima automatsko upravljanje, te ako se provodi redovito i kvalitetno održavanje i kontrola sustava. Dobro izoliran kotao je onaj čija debljina izolacijskog sloja iznosi aproksimativno 10 cm, dok su cijevi dobro izolirane ako je debljina izolacijskog sloja jednaka unutarnjem promjeru cijevi. Sustavi za grijanje koji zadovoljavaju više od polovice navedenih zahtjeva su srednje (prosječno) energetske efikasni, dok se godišnje korisno djelovanje sustava za grijanje, a time i njegova energetska efikasnost ocjenjuju "niskom" za stare, predimenzionirane, nedovoljno izolirane i rijetko servisirane sustave bez automatskog upravljanja.

Sukladno gore navedenom, *godišnje korisno djelovanje sustava za pripremu tople vode* (eng. *annual level of hot water use*) je veličina koja ovisi o načinu pripreme tople vode, energetske efikasnosti kotla, izolaciji spremnika i cijevi, te temperaturi vode u spremniku. Što se tiče načina pripreme tople vode, on se prvenstveno odnosi na to da li je sustav za pripremu tople vode neodvojiv dio sustava za grijanje prostora ili se sustavi mogu razdvojiti, što je od posebne važnosti u toplim mjesecima kad grijanje nije potrebno. Korisno se djelovanje sustava za pripremu tople vode ocjenjuje "lošim" (niska energetska efikasnost) ako je neodvojivo od toplinskog sustava za grijanje prostora, ako su spremnik i cijevi loše izolirani i ako je temperatura vode u spremniku previsoka. Korisno će djelovanje sustava za pripremu tople vode biti ocijenjeno "dobrim" (visoka energetska efikasnost) ako se sustav za pripremu tople vode može odvojiti od sustava za grijanje prostora kad je to potrebno, ako je kotao energetske efikasne, temperatura vode u spremniku adekvatna (normalno cca 50 °C), a izolacija spremnika i cijevi zadovoljavajuće. Smatra se da je zadovoljavajuća izolacija spremnika sloj mineralne vune debljine između 10 i 15 cm, a cijevi su dobro izolirane ako je debljina izolacijskog sloja jednaka unutarnjem promjeru cijevi. Srednje (prosječno) energetske efikasne sustav za pripremu tople vode je onaj koji zadovoljava oko 50 % navedenih zahtjeva.

Energetska efikasnost sustava za prozračivanje određuje se jedino za centralizirane sustave prozračivanja, a ovisi o: sustavu za povrat topline, vlažnosti i temperaturi svježeg zraka, te o održavanju sustava. Efikasnost sustava za prozračivanje ocjenjuje se "visokom" ako je opremljen sustavom za povrat topline, ako su vlažnost i temperatura zraka ugodni za korisnike zgrade, te ako se sustav redovito servisira. Srednje efikasne sustav za prozračivanje je onaj koji zadovoljava cca 50 % navedenih zahtjeva. Efikasnost sustava za prozračivanje treba ocijeniti "niskom" ako nije

opremljen sustavom za povrat topline, ako je servisiranje neredovito a zrak u prostorijama prekondicioniran.

Što se tiče energetske efikasnosti sustava rasvjete u zgradama javne namjene osnovno je načelo da se klasične (volframove) žarulje smatraju izrazito energetske neefikasnim. Ako se sustav rasvjete u zgradi bazira najvećim dijelom na klasičnim žaruljama, njegova je energetska efikasnost "niska". Energetska efikasnost sustava rasvjete koji se u podjednakim omjerima bazira na klasičnim žaruljama s jedne i štednim žaruljama, te fluorescentnim i halogenskim rasvjetnim tijelima s druge strane, ocjenjuje se "srednjom (prosječnom)", dok se efikasnost sustava rasvjete baziranog isključivo na štednim, fluorescentnim i halogenskim rasvjetnim tijelima ocjenjuje "visokom". Kompaktne fluorescentne (štedne) žarulje za isti intenzitet svjetlosti koriste samo petinu električne energije u usporedbi s običnim žaruljama [3]. Preporuka je da se u prostorijama gdje se često koristi umjetna rasvjeta (prosječno 2 ili više sati dnevno) što je sigurno slučaj u gotovo svim zgradama javne namjene u Hrvatskoj obavezno koriste kompaktne fluorescentne žarulje ili fluorescentne cijevi.

Energetska efikasnosti raznih trošila energije u zgradi ocjenjuje se "visokom" za energetske klase A i B, "srednjom" za klase C i D a "niskom" za preostale klase E, F i G. Preporuka je obavezno kupovati energetske uređaje energetske klase A [16].

Generalna procjena o energetske racionalnosti ponašanja korisnika zgrade je veoma općenita i u velikoj mjeri ovisi o subjektivnom zapažanju osobe koja prikuplja podatke. Ipak, imajući u vidu da bez suradnje vodeće osobe u zgradi, kao i njezinih korisnika, niti jedan program energetske efikasnosti neće biti uspješan, važno je procijeniti kolika je njihova motiviranost i spremnost s jedne, a potrebno znanje s druge strane, radi promicanja ideje racionalnog upravljanja energijom u promatranoj zgradi.

Pod pojmom modalitet korištenja zgrade podrazumijeva se korištenje zgrade u energetske smislu koje ovisi o sljedećim parametrima: temperaturi prostorija, energetske efikasnosti sustava za grijanje, pripremu tople vode, prozračivanje i rasvjetu, te energetske efikasnosti svih trošila koja su u uporabi u promatranoj zgradi. Način korištenja zgrade će biti ocijenjen energetske neefikasnim ako je većina navedenih sustava energetske neefikasne, ako su temperature u prostorijama previsoke, prozori često otvoreni, a korisnici zgrade energetske neracionalni i nezainteresirani za bilo koji vid uštede energije. Nasuprot tome, energetske efikasne sustavi, adekvatne temperature u prostorijama i energetske racionalno ponašanje upravitelja i korisnika zgrade, osnovni su preduvjet da se modalitet korištenja promatrane zgrade ocijeni energetske efikasnim.

Zaključna razmatranja o energetske karakteristikama zgrade javne namjene su, ustvari, detaljno izvješće o

konkretnoj situaciji u zgradi s energetskog stajališta na kojem se bazira odabir mjera za poboljšanje zatečenih energetskih karakteristika [5].

5. ODABIR MJERA ENERGETSKE EFIKASNOSTI KAO FINALNA FAZA PROVEDBE ENERGETSKOG AUDITA ZGRADE JAVNE NAMJENE

Posljednja je faza energetskog audita, na temelju prikupljenih i obrađenih parametara zgrade predložiti konkretne mjere za poboljšanje njenih energetskih

karakteristika. Mjere energetske efikasnosti za promatranu zgradu podijeljene su u dvije osnovne kategorije na temelju vremena i investicijskih troškova potrebnih za njihovu implementaciju:

- mali investicijski troškovi + brza implementacija;
- veći investicijski troškovi + obvezna analiza ekonomske isplativosti.

5.1. Prva kategorija mjera energetske efikasnosti: mali investicijski troškovi i brza implementacija

Osnovne karakteristike 1. kategorije mjera energetske efikasnosti u zgradama javne namjene su nikakvi ili

Tablica 8. Prva kategorija mjera energetske efikasnosti: mali investicijski troškovi i brza implementacija

Redni broj mjere	Mjera energetske efikasnosti	Razina postignutih energetskih ušteda			Primjedbe
		Visoka	Srednja	Niska	
Općenite mjere					
1	Redovito (godišnje) praćenje energetske potrošnje		x		
2	Informiranje korisnika zgrade o racionalnom korištenju energije		x		
3	Brtvljenje prozora i vrata		x		
Sustav za grijanje					
4	Izoliranje kotlova		x		
5	Prekidanje grijanja noću, neradnim danima i za vrijeme pauza	x			
6	Smanjenje sobne temperature		x		
7	Redovito servisiranje i podešavanje sustava za grijanje		x		
8	Izbjegavanje zaklanjanja i pokrivanja radijatora (zastorima, zavjesama i sl.)		x		
9	Izbjegavanje korištenja električnih radijatora i grijalica		x*		
10	Reguliranje temperature otvaranjem i zatvaranjem radijatora po potrebi		x		
Sustav za pripremu tople vode					
11	Optimiranje načina i vremena korištenja sustava za pripremu tople vode	x			
12	Štednja tople vode primjenom štedljivih tuševa, senzora koji prekidaju vodeni tok i dr.		x		
13	Smanjenje temperature vode pohranjene u spremniku na 50° C		x		
14	Redovito održavanje sustava za pripremu tople vode		x		
Sustav za hlađenje i prozračivanje					
15	Kratki periodi prozračivanja		x		
16	Podešavanje sustava za hlađenje na minimalno 26°C	x			
17	Obustava rada sustava za prozračivanje i hlađenje tijekom noći, vikenda i praznika	x			
18	Smanjenje broja izmjene zraka da bi zadovoljio minimalne zahtjeve prema tehničkom propisu	x			
19	Funkcije odvlaživanja ili ovlaživanja zraka koristiti prema potrebi, što racionalnije		x		
20	Redovito održavanje i kontrola sustava za prozračivanje i hlađenje		x		
Sustav rasvjete					
21	Koristiti prirodno osvjetljenje u što većoj mjeri		x		
22	Isključiti rasvjetu u prostoriji uvijek kad nije potrebna (dovoljno prirodnog osvjetljenja, odlasci iz prostorije i dr.)		x		
Ostala trošila energije					
23	Optimiranje moda i vremena korištenja		x		
24	Izbjegavanje korištenja električnih uređaja za vrijeme vršnog opterećenja (harmonizacija vremena korištenja)		x*		
Ostale mjere u skladu s konkretnom situacijom u promatranj zgradi					

X* mjera ne rezultira uštedom energije već smanjenjem troškova energije u zgradi

Tablica 9. Druga kategorija mjera energetske efikasnosti u javnim zgradama: veći investicijski troškovi

Redni broj mjere	Mjera za povećanje energetske efikasnosti	Razina uštede energije			Investicijski troškovi			Primjedbe
		Visoka	Srednja	Niska	Visoki	Srednji	Niski	
Općenite mjere								
1	Organiziranje tečajeva energetske efikasnosti u zgradarstvu za zaposlenike	x				x		
2	Zapošljavanje energetskog upravitelja zgrade	x			x			
Konstrukcijske karakteristike zgrade								
3	Izoliranje vanjskih zidova	x			x			
4	Sanacija vlage vanjskih zidova	x			x			
5	Izoliranje zidova prema negrijanom prostoru	x			x			
6	Izoliranje vanjskih zidova prema tlu	x			x			
7	Izoliranje podova prema tlu	x			x			
8	Izoliranje stropova prema negrijanom podrumu	x						
9	Izoliranje stropova prema negrijanom tavanu	x						
10	Zamjena dotrajalih prozorskih okvira	x						
11	Instaliranje izolacijskih stakala	x			x			
12	Zatvaranje stuba na svakom katu (vratima)		x			x		
13	Izoliranje radijatorskih niša			x			x	
14	Ugradnja naprava za automatsko zatvaranja vanjskih vrata			x			x	
Sustav za grijanje								
15	Primjena centraliziranog toplinskog sustava	x			x			
16	Zamjena kotla	x			x			
17	Korištenje obnovljivih izvora energije		x*		x			
18	Ugradnja automatskih kontrola	x			x			
19	Ugradnja termostatskih ventila na radijatorima		x			x		
20	Podjela sustava u podsustave za dijelove zgrade s različitim namjenama		x			x		
21	Izoliranje distribucijskih cijevi i spremnika		x			x		
Sustav za pripremu tople vode								
22	Izoliranje cijevi i spremnika	x				x		
23	Odvajanje sustava za pripremu tople vode i sustava za grijanje u ljetnoj sezoni	x			x			
24	Ugradnja sustava za cirkuliranje tople vode		x				x	
Sustav za hlađenje i prozračivanje								
25	Instaliranje sustava za povrat topline		x			x		
Sustav rasvjete								
26	Zamjena običnih žarulja štednim žaruljama		x			x		
Energetska trošila								
27	Zamjena trošila energetski efikasnijima		x			x		
Ostale mjere								

X* mjera ne rezultira uštedom energije već smanjenjem troškova energije u zgradi

minimalni investicijski troškovi i brza implementacija. Ove se mjere često nazivaju "organizacijskim mjerama" za čiju realizaciju nisu potrebne nikakve dodatne analize.

Radi što jednostavnijeg odabira mjera energetske efikasnosti prve kategorije za konkretnu zgradu javne namjene u tablici 8. su katalogizirane neke od najvažnijih mjera poboljšanja energetske karakteristika zgrada javne namjene bazirane na brojnim analizama i studijama provedenim posljednjih desetljeća u Europskoj uniji [5]. Nadalje, radi što jednostavnijeg određivanja liste prioriteta spomenutih mjera za svaku od njih je procijenjeno da li je razina postignutih energetske ušteda:

- a) visoka;
- b) srednja;
- c) niska.

Izlistane mjere energetske efikasnosti u tablici 8. su kategorizirane prema sustavu na koji se odnose (sustav za grijanje, pripremu tople vode i dr). Lista, naravno, nije konačna. U konkretnim slučajevima provedbe energetske audita raznih zgrada javne namjene sigurno će se otkriti brojne druge mjere za poboljšanje energetske karakteristika čiji je zajednički nazivnik minimalni investicijski troškovi i brza implementacija. Posljednji stupac u tablici 8. namijenjen je za upis primjedbi o zatečenom stanju prilikom izrade liste prioriteta mjera energetske efikasnosti za neku konkretnu zgradu javne namjene.

5.2. Druga kategorija mjera energetske efikasnosti: veći investicijski troškovi i nužnost provedbe analiza ekonomske isplativosti

Drugoj kategoriji mjera energetske efikasnosti u zgradama javne namjene pripadaju mjere čija provedba zahtijeva dodatne investicijske troškove i izradu analiza ekonomske isplativosti. Na temelju rezultata provedenih analiza određuje se lista prioriteta provedbe mjere energetske efikasnosti druge kategorije. U tablici 9. su izlistane neke od najvažnijih mjera energetske efikasnosti druge kategorije. Razina energetske ušteda je procijenjena visokom, srednjom ili niskom, a u jednake su grupe podijeljeni i investicijski troškovi nužni za provedbu navedenih mjera (tab. 9.).

Za drugu je kategoriju mjera energetske efikasnosti karakteristično da njihova realizacija, između ostalog, ovisi i o raznim parametrima (financijsko poslovanje, lokalna gospodarska situacija i dr.) koji bi se mogli svesti pod zajednički nazivnik poslovnog upravljanja u zgradi javne namjene (eng. business management in public building), čiji je utjecaj zbog njihove složenosti veoma teško procijeniti.

5.3. Određivanje rasporeda implementacije mjera energetske efikasnosti za zgrade javne namjene

U tablicama 8. i 9. navedene su neke od najvažnijih mjera poboljšanja energetske karakteristika zgrada javne

namjene i procijenjena njihova razina energetske ušteda. Za mjere druge kategorije za čiju su uspješnu provedbu nužna novčana ulaganja dana je procjena investicijskih troškova.

Redoslijed implementacije mjera energetske efikasnosti za zgrade javne namjene provodi se u odnosu na energetsko-ekonomsku isplativost prema veoma jednostavnom modelu.

Energetsko-ekonomski isplative su one mjere za koje je razina uštede energije viša od razine investicijskih troškova, pri čemu je redoslijed prioriteta prilikom provedbe sljedeći:

1. visoka ušteda energije – niski investicijski troškovi;
2. srednja ušteda energije – niski investicijski troškovi;
3. visoka ušteda energije – srednji investicijski troškovi.

Za ove je mjere karakterističan kratak period povrata investicije (najkraći za 1. grupu mjera).

U slučaju kad je razina uštede energije niža od razine investicijskih troškova, mjera je energetsko-ekonomski neisplativa, i kao takva ima niski prioritet prilikom implementacije. Ako su razine uštede energije i investicijskih troškova izjednačene (visoka ušteda – visoki troškovi, srednja ušteda – srednji troškovi, niska ušteda – niski troškovi) mjera se smatra energetsko-ekonomski isplativom, ali je period povrata investicija relativno dug te se ove mjere na listi prioriteta nalaze između prethodno opisanih mjera.

Predložene mjere energetske efikasnosti mogu se implementirati u tri faze. Prvo se implementiraju mjere prve kategorije (tab. 8.) koje zahtijevaju nikakve ili male investicijske troškove. Nakon toga se kreće s implementacijom mjera navedenih u tablici 9 na taj način da se provedu sve potrebne analize njihove ekonomsko-energetske isplativosti i na osnovi rezultata odredi redoslijed njihove implementacije.

Ovdje treba naglasiti da je definiranje, planiranje i implementacija mjera energetske efikasnosti za konkretnu zgradu javne namjene veoma kompleksan zadatak ovisan o brojnim ekonomskim, tehničkim i tehnološkim parametrima kao što su diskontna stopa, životni vijek instaliranih energetske sustava i opreme, stopa inflacije, cijena kWh energije iz različitih izvora, prognoze razvitka nacionalnog energetske tržišta, ekološki imperativi i dr. Iz tog su razloga jedino stručnjaci za pojedina područja (energetski, ekonomski, građevinski i strojarški) kompetentni za planiranje i predlaganje redoslijeda, kombinacija i načina implementacije pojedinih mjera poboljšanja energetske efikasnosti.

6. ZAKLJUČAK

Stupanjem na snagu Direktive Europske komisije o energetskim karakteristikama u zgradama (2002/91/EC),

postavljen je zakonodavni okvir za racionalno korištenje energije u zgradarstvu na razini Europske unije [10].

Europska iskustva pokazuju da je provođenje energetskog audita zgrada javne namjene koja se sastoji od prikupljanja podataka o njenim relevantnim energetskim pokazateljima [1], njihove obrade i analize, te određivanja liste prioriteta konkretnih mjera energetske efikasnosti jedan od djelotvornih načina upravljanja energijom u zgradama koji može rezultirati uštedama svih tipova energije u zgradi.

Imajući u vidu da je za većinu zgrada javne namjene u Hrvatskoj karakteristična neracionalna potrošnja, prvenstveno toplinske energije, ukupni potencijal energetskih ušteda u javnom sektoru je značajan i veoma je važno pronaći što djelotvornije načine za njegovo iskorištenje u što većoj mjeri.

Opis provedbe energetskog audita zgrada javne namjene prezentiran u ovom članku bazira se na preporukama Europske komisije o metodologiji i procedurama upravljanja energijom u zgradama javne namjene [5]. Nadalje, postupak provedbe energetskog audita zgrada javne namjene u cijelosti je usuglašen sa važećom hrvatskom legislativom [17], [18] te s novim Tehničkim propisom o toplinskoj zaštiti i uštedi energije kod zgrada, koji bi trebao stupiti na snagu krajem 2004. godine [14].

LITERATURA

- [1] V. KOLEGA, "Energetski audit zgrada javne namjene - načini prikupljanja podataka", ENERGIJA, god. 54(2005), br. 2.
- [2] "Energy efficiency lighting in public buildings – Pilot project", NOVEM, 2000
- [3] V. KOLEGA, "Utjecaj Direktive Europske unije o energetskim karakteristikama zgrada (2002/91/EC) na potencijal energetskih ušteda u zgradarstvu", ENERGIJA, god. 53(2004), br.6.
- [4] "Quide for Change of Energy Behaviour", SAVE Programme, 1999, Brussels
- [5] FEDERANE (European Federation of Regional Energy and Environment Agencies), "Energy Planning in Public Buildings, Procedures to be followed, Brussels
- [6] N. MIKOS (et. al.), "Energy Efficiency in Public and Municipal Buildings", October 1997
- [7] European Climate Change Progress Report
<http://europa.eu.int/comm/environment>
- [8] "Ex-ante Evaluation on the Impact of the Community Strategy and Action Plan for RES", ALTENER Contract Number 4.1030/T/98-020
- [9] FhG-ISI (1999), «A Comparison of Thermal Building Regulations in the European Union», MURE, Database Case Study Number 1, SAVE Programme of the EC, <http://www.mure2.com/Mr-fr5.htm>
- [10] Directive of the European Parliament and the Council on the energy performance of buildings, (2002/91/EC), 2002, Brussels
- [11] Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on the energy performance of buildings, COM (2001) 226 final, 2001, Brussels
- [12] V. KOLEGA, "Važnost donošenja standarda energetske efikasnosti radi povećanja nacionalnih energetskih ušteda", ENERGIJA, god. 52(2003), br. 5.
- [13] V. KOLEGA, "Test procedure kao tehnička osnova standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme», ENERGIJA, god. 52(2003), br. 6.
- [14] Prijedlog Tehničkog propisa o toplinskoj zaštiti i uštedi energije kod zgrada, u fazi donošenja
- [15] "Energy in Europe – European Union Energy Outlook to 2020", Special Issue, November 1999, the Shared Analysis Project, European Commission
- [16] "Energy Labels and Standards", International Energy Agency, 2000, Paris
- [17] Zakon o energiji, 2001.
- [18] Zakon o gradnji, 2001.
- [19] Council Directive 92/75/EEC of 22 September 1992 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by household appliances, Official Journal L 297, 13/10/1992

ENERGY AUDITING IN PUBLIC BUILDINGS – DATA PROCESSING AND A PROPOSAL FOR ENERGY EFFICIENCY MEASURES

Energy auditing is an efficient measure in reducing all types of energy consumption in public buildings. In the paper a detailed description of data processing will be given collected according to form for energy auditing of public buildings as well as methods of how to determine the priority list of energy efficiency measures for a certain public building.

ENERGETISCHES PRÜFUNGSVERFAHREN ÖFFENTLICHER GEBÄUDE - DATENVERARBEITUNG UND DER VORSCHLAG ENERGETISCHER LEISTUNGSFÄHIGKEIT

Energetisches Prüfungsverfahren (Audit) ist ein wirksames Vorgehen zwecks Senkung jeglichen Energieverbrauchs in öffentlichen Gebäuden. In diesem Artikel sind Verarbeitungsverfahren der laut dem Formblatt für den energetischen Audit öffentlicher Gebäude gesammelten Daten, und Methoden der Bestimmung des Verzeichnisses vorrangiger Massnahmen für die energetische Leistungsfähigkeit eines einzelnen öffentlichen Gebäudes.

Naslov pisca:

Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing.el.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska cesta 163, Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2004-10-04



POOPĆENJE PROPAGACIJSKIH MODELA ZASNOVANIH U VREMENSKOJ DOMENI ZA PLC MREŽE

Dr. sc. Dubravko SABOLIĆ, Zagreb

UDK 621.316.1:654.01
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

U radu se generalizira propagacijski model za PLC mreže, odnosno, razvija se matematički algoritam za prebrojavanje modova širenja u složenim mrežama. Utvrđuju se također i asimptotska svojstva vremenskog odziva svih razdjelnih mreža. Zaključuje se da propagacijski modeli utemeljeni u vremenskoj domeni, primijenjeni na realne (složene) mreže, zahtijevaju suviše računalnog napora, odnosno, da je bolje problemu pristupiti u frekvencijskoj domeni.

Ključne riječi: propagacija, vremenska domena, razdjelna mreža, složena mreža.

1. UVOD

Važnost definiranja propagacijskog modela za komunikacije PLC mrežom nije potrebno posebno isticati. Poznavanje propagacijskih svojstava važno je ponajprije zbog projektiranja budućih komunikacijskih mreža u konkretnom okruženju. Cilj istraživanja propagacijskih modela možemo sažeti u nekoliko rečenica: Na temelju računalnih simulacija i u literaturi raspoloživih modela, te uz provjeru na jednostavnom stvarnom modelu i, na kraju, na stvarnim instalacijama, potrebno je pronaći jednostavan model proračuna propagacijskih svojstava komunikacijskog kanala. To obuhvaća veličine statističkog karaktera, poput prosječnog gušenja i disperzije gušenja, prijenosne funkcije, odnosno, ako se ustanovi takva potreba, statistike drugog reda prijemnog signala. Model treba funkcionirati tako da se osnovno gušenje može izračunati samo iz topoloških i temeljnih električnih svojstava instalacije. Dodatni faktori očekivanog gušenja trebaju se računati iz predvidivih ili konstatiranih posebnih okolnosti u blizini prijemnog i odašiljačkog mjesta. Model mora biti primjenjiv za široki raspon frekvencija. Potrebno je ustanoviti do koje se mjere fizikalno utemeljeni i izvedeni model zbog unutarnje topološke pravilnosti mreže može svesti na takav, model koji zahtijeva minimalan broj ulaznih podataka.

Propagacija kroz PLC mrežu studirana je i objavljena u više radova, npr. [1–9]. U njima su pokrivena područja najnižih frekvencija, ispod 1 MHz, dok neki prezentirani modeli dosežu 20 MHz. U [5] je načinjena eksperimentalna studija propagacije u vremenskoj domeni, koja je obuhvatila područje do 60 MHz, ali koja nije rezultirala u računskom modelu.

2. MODEL PROPAGACIJE NA BAZI IMPULSNOG ODZIVA, PREMA DOSTERTU

Ovdje zbog uvoda u šira razmatranja propagacije, utemeljena na konceptu izračunavanja impulsnog odziva kanala, prenosimo echo-model prema Dostertu [6, 7].

Koncept polazi od toga da mreža nije homogena, odnosno da u njoj postoji izvjestan broj diskontinuiteta, zbog kojih dolazi do višestruke propagacije (multipath), tako da se odziv na pobudu Diracovim impulsom, $\delta(t)$, na predajničkom kraju, na prijamom mjestu vidi kao sukcesivni niz Diracovih impulsa s promijenjenim iznosima, c_i , i nejednakim kašnjenjima, τ_i :

$$h(t) = \sum_{i=1}^N c_i \delta(t - \tau_i). \quad (1)$$

Fourierovom transformacijom dobiva se prijenosna funkcija sustava u frekvencijskoj domeni:

$$H(f) = \sum_{i=1}^N c_i \exp(-j2\pi f \tau_i). \quad (2)$$

Faktori c_i dobiju se tako da se pomnože svi faktori refleksije i transmisije na i -tom putu propagacije signala, nakon čega se još dodaje i faktor prigušenja zbog prolaska ukupnom duljinom i -tog puta, l_i , pri čemu se zbrajaju sve duljine onoliko puta koliko je signal njima prošao zbog višestrukih refleksija. Simbolički, c_i se može izraziti kao:

$$c_i = \left(\prod_{(i)} (\rho) \prod_{(i)} (\vartheta) \right) \cdot \exp \left(-\alpha \sum_{(i)} (l) \right) = a_i \exp(-\alpha l_i). \quad (3)$$

Ovdje su ρ , ϑ i α redom: faktor refleksije, faktor transmisije, odnosno realna konstanta širenja. Broj a_i sadrži u sebi umnoške svih faktora refleksija i transmisija na promatranom i -tom putu.

To je sve što se može dobiti iz izračunatih podataka c_i i τ_i . Funkcija $H(f)$ ne predstavlja dobru aproksimaciju, jer ni na koji način ne uzima u obzir frekvencijsku ovisnost elektromagnetskih svojstava mreže, koja se u vremenskom odzivu manifestira materijalnom disperzijom impulsa, zbog čega u stvarnosti impulsi na izlazu bivaju proširenima u vremenu u odnosu na ulazni impuls. U frekvencijskoj domeni, kada ne bi bilo materijalne disperzije, ili, drukčije rečeno, kada bi elektromagnetska svojstva mreže bila neovisna o frekvenciji, prijenosna bi funkcija bila točno razmjerna sa $H(f)$. U prezentiranom modelu frekvencijska ovisnost svojstava materijala uzima se u obzir uvođenjem kompleksne konstante širenja, γ . Ona je jednaka [10]:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \approx \frac{R}{2Z_0} + \frac{GZ_0}{2} + j\omega\sqrt{LC} = \alpha + j\beta. \quad (4)$$

R, L, G i C su podužni specifični otpor, induktivitet, vodljivost i kapacitet linije. $Z_0 = \sqrt{L/C}$.

Aproksimacija linijom slabih gubitaka vrijedi samo ako je radni podužni otpor mnogo manji od podužne induktancije, a radna podužna vodljivost mnogo manja od podužne kapacitivne susceptancije, što se može pretpostaviti za frekvencije od interesa (1 MHz i više). Prema (3), nas ovdje primarno interesira ponašanje faktora α . Za β je jasno da je on razmjernan frekvenciji, a jednak je točno omjeru kružne frekvencije, ω , i fazne brzine širenja, v_p , koja pak iznosi $1/\sqrt{LC}$. Fazna brzina u promatranom PLC mediju mjeri se vrlo jednostavno, s obzirom na dobro poznatu eksperimentalnu činjenicu da je ona, barem u nama zanimljivom rasponu frekvencija, gotovo posve neovisna o frekvenciji [6]. To nam omogućuje da faznu brzinu jednostavno očitamo iz frekvencijske karakteristike impedancije snimljene na bilo kojem mjestu i u bilo kojem stanju mreže, ako znamo koja ključna gabaritna dužinska mjera topološke strukture mreže dominantno određuje njezina svojstva u pogledu frekvencijske periodičnosti, a ta se mjera u pravilu može saznati dosta točno iz projekta instalacije, ili izravnim mjerenjem. Alternativno, moguće je izvesti najjednostavnije mjerenje ulazne impedancije određene vrste kabela točno poznate duljine, s npr. kratko spojenim drugim krajem.

Član $R/(2Z_0)$ u jednadžbi (4) posljedica je skin-efekta, a $GZ_0/2$ dielektričkih gubitaka izolacijskog materijala u mreži, najčešće PVC-a. S obzirom na to, aproksimativno se može ustvrditi da je član koji predstavlja skin-efekt razmjernan korijenu frekvencije, a član koji reprezentira dielektričke gubitke razmjernan je prvom potenciji frekvencije [10]. Na temelju eksperimentalno utvrđenog ponašanja

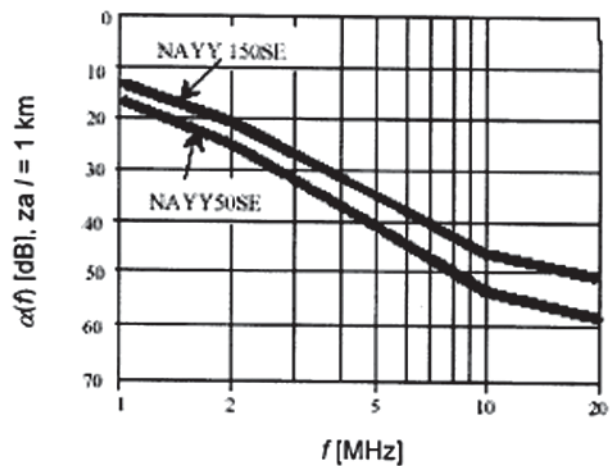
faktora prigušenja u kabelima [7], može se doći do još malo jednostavnije aproksimacije:

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 f^k. \quad (5)$$

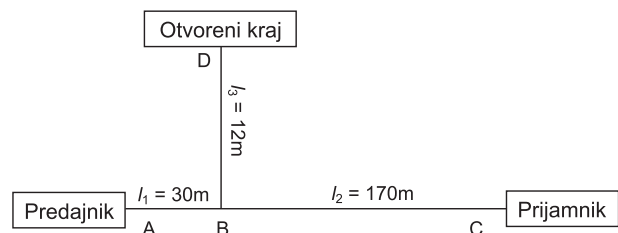
Vrijednosti α_0 , α_1 i k specifične su za svaku pojedinu vrstu kabela. Eksponent k kreće se redovito u dosta uskim granicama, između 0.5 i 0.7. Stoga je ova aproksimacija zgodna za uporabu u modelima. Na kraju, povežavši izraze (2), (3) i (5), dobivamo konačan izraz za prijenosnu funkciju sustava:

$$H(f) = \sum_{i=1}^N a_i \cdot \exp(-\alpha_0 - \alpha_1 f^k) l_i \cdot \exp(-j2\pi f \tau_i). \quad (6)$$

Na slici 1 prenosimo prikaz ovisnosti gušenja za dva tipa kabela koji se koriste u vanjskim distribucijskim mrežama, prema [6]. Slika 2. prikazuje jednostavnu mrežu, koja je upotrijebljena za provjeru Dostertovoga modela [6, 7].



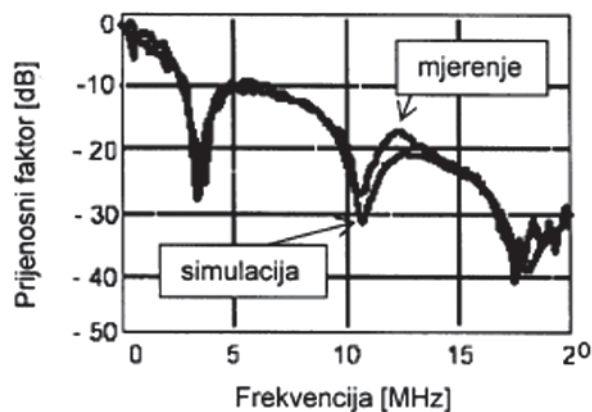
Slika 1. Primjer frekvencijske ovisnosti gušenja dvaju tipova kabela [6].



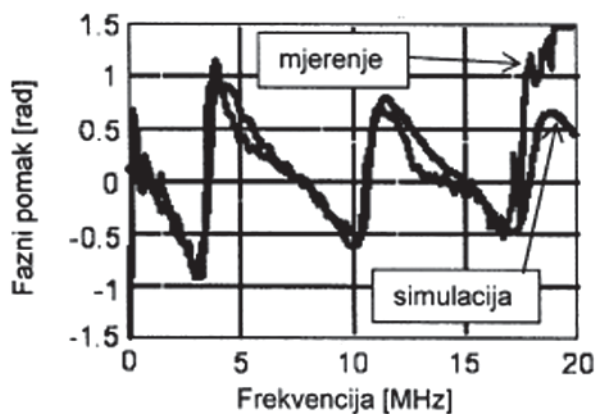
Slika 2. Konfiguracija mreže za provjeru Dostertovog modela propagacije [6,7].

Slika 3. prikazuje, na temelju [6], usporedbu mjerenih i simuliranih karakteristika kanala definiranog slikom 2., kada je za simulaciju bilo korišteno samo prvih 6 odjeka. Vidi se da simulacija u bitnome izuzetno dobro aproksimira stvarne karakteristike kanala, unatoč malom broju odjeka koji je uzet u obzir. To se objašnjava činjenicom da višestruko reflektirani impulsi prolaze dulje puteve, pa

se više prigušuju u dielektriku kabela. Isto tako, oni se više puta reflektiraju, odnosno prelaze preko čvorova u mreži, a svaka refleksija ili prolazak također značajno smanjuju amplitudu impulsa. Zbog toga odjeci višega reda, s većim kašnjenjem u odnosu na prvi impuls, imaju bitno niže amplitude, pa slabo utječu na rezultat. Usporedno s porastom reda odjeka, raste i njihov broj, a u složenim mrežama s porastom reda odjeka koji se promatraju raste i njihova gustoća na vremenskoj osi. Zato se zanemarivanjem odjeka višega reda gubi fina struktura karakteristike, kao što se to na slici 3. lijepo vidi. No, za proračune ona zapravo nije ni važna.



(a)



(b)

Slika 3. Usporedba simulacije pomoću 6 najjačih odjeka i mjerenja, za konfiguraciju na slici 2, sve prema [6]. (a) Amplitudno – frekvencijska karakteristika. (b) Fazno – frekvencijska karakteristika.

Pojasnimo ovdje pojam *reda* odjeka. Impuls nultog reda je onaj koji stiže najkraćim mogućim putem od prijamika do predajnika. On *sigurno* stiže prvi i *sigurno* ima najveću amplitudu, čiji polaritet *uvijek* odgovara polaritetu pobude. Impulsi, ili *modovi*, prvoga reda su svi oni, koji dožive samo jednu refleksiju ili prolaz divergentan od najkraće moguće

staze, plus samo jednu refleksiju na povratku k njoj. Oni svi stižu u isto vrijeme samo ako su sve grane u mreži jednako duge i građene od istoga materijala. U protivnom, njihovo kašnjenje može značajno varirati. Modovi drugoga reda su svi oni koji prolaze ukupno dvije refleksije/prolaska kojima se udaljavaju od najkraćega puta, te ukupno barem jednu refleksiju i jedan prolazak, ili pak dvije refleksije, na putu natrag prema najkraćemu. I tako redom... S ovim pojmom ćemo se opet sresti kada budemo raspravljali o topološkim osobinama grafa instalacijske mreže.

Pogledajmo sada sliku 2. Čak i pod nerealnom pretpostavkom da su i prijamik i predajnik prilagođeni na impedancije prisutne na njihovim prilazima, može se zapaziti beskonačan broj modova koji će se razviti na odsječku l_3 . Primjera radi, u tablici 1. nabrojiti ćemo nekoliko modova u takvome slučaju, i navesti iznose njihovih faktora a_p , odnosno ukupnih duljina puteva l_p , prema (4). Ovaj je primjer [7] toliko jednostavan, da postoji samo jedan mod svakoga reda, pa se može pronaći zatvoreni izraz za slabljenje i -tog moda, također prema (4).

Tablica 1. Modovi u mreži sa slike 2.

R.b. moda	Put	Slabljenje u čvorovima	Prevaljeni put
0.	A–B–C	τ_{1B}	$l_1 + l_2$
1.	A–B–D–B–C	$\tau_{1B} \rho_{3D} \tau_{3B}$	$l_1 + 2l_3 + l_2$
...
i .	A–B–(D–B) ^{i} –C	$\tau_{1B} \rho_{3D} (\rho_{3B} \rho_{3D})^{i-1} \tau_{3B}$	$l_1 + 2i l_3 + l_2$

Ovdje oznake τ_{xy} znače faktor transmisije kod prolaska signala iz grane x kroz točku Y dalje, a oznake ρ_{xy} znače faktor refleksije kada signal iz grane x stiže i reflektira se u točki Y. Oznake l_x odgovaraju duljinama grana x, kao na slici 2. Važno je napomenuti da se faktori refleksije i transmisije za ovakav model određuju klasično [10], samo što se u račun uzimaju valne impedancije vodova koji se sastaju u pojedinom čvoru, a ne transformirane impedancije njihovih zaključenja na drugoj strani. To je zbog načela kauzalnosti: mi promatramo beskonačno kratkotrajnu matematičku tvorevinu, Diracov impuls. U trenutku kada on naiđe na diskontinuitet u nekom čvoru, važne su samo impedantne prilike u njegovoj najbližoj (diferencijalnoj) okolini, a one su sadržane u valnim impedancijama. Utjecaj zaključenja na drugoj strani linija koje se sastaju u promatranom čvoru ne može se nikako očitovati, jer Diracov impuls nema trajanja, a brzina propagacije je konačna. Ovo razmatranje posve točno vrijedi i za sve one impulse, bilo kakvoga valnog oblika, koji su dovoljno kratkotrajni da bi napustili promatrani čvor prije nego li se vrati odjek njihovog početnog brida s druge strane.

Sada ćemo nabrojiti nekoliko puteva nižeg reda, kada pretpostavimo realniju situaciju, da zaključenja ni u kojem prilazu ove jednostavne mreže nisu prilagođena, pa se i na njima događaju refleksije. Tada se raspiruje znatno veći broj modova:

$$\begin{aligned}
 &A - B - C \\
 &A - B - (D - B)^j - C \\
 &A - B - (D - B)^j - (C - B)^j - C \\
 &(A - B)^k - (D - B)^j - (C - B)^j - C.
 \end{aligned}$$

Trojke prirodnih brojeva (i, j, k) mogu se pojaviti u svim mogućim kombinacijama. Red pojedinog moda određen je zbrojem $i + j + k$. Modovi istoga reda ne dolaze na cilj u isto vrijeme. Evidentno je da se već na ovako jednostavnoj mreži situacija silno komplicira, premda u njoj postoji minimalan mogući broj čvorova, 4. Odatle izlazi kritika Dostertovoga modela. Potrebno je dokazati može li on u složenim mrežama uopće funkcionirati. Ako se njegovo načelo stavi u eksperimentalni kontekst, situacija je drugačija. Snimanjem impulsnog odziva mreže može se pronaći frekvencijska karakteristika, što je u osnovi praktično, i nije prekomplikirano, s obzirom da mnogi današnji digitalni osciloskopi imaju ugrađene algoritme za brzu Fourierovu transformaciju. No, takva mogućnost izlazi iz osnova linearnih sustava [11, 12]. Jednu primjenu vidimo i u [5]. Ovdje se više ne radi o računskom modelu za predikciju gušenja kanala, nego je naprosto riječ o mjerenju.

Pogledajmo sada поближе test – shemu Dostertovoga modela na slici 2. S obzirom da se, kao u [7], pretpostavlja da su prijamik i predajnik prilagođeni, svi modovi nastaju na odsječku B – D, a zbog toga niz faktora α_i prema (3) čini padajući geometrijski niz, dok niz duljina l_i čini rastući aritmetički niz. Tako prijenosna funkcija ima konačan oblik:

$$\begin{aligned}
 H(f) = &H_0(f) + H_{1-N}(f) = \tau_{1B} \exp[-\alpha(l_1 + l_2)] + \\
 &+ \sum_{i=1}^N \tau_{1B} \rho_{3D} \tau_{3B} (\rho_{3B} \rho_{3D})^{i-1} \exp[-\alpha(l_1 + l_2 + \\
 &+ 2il_3)] \exp[-j2\pi f(2il_3 / v_p)] \quad (7)
 \end{aligned}$$

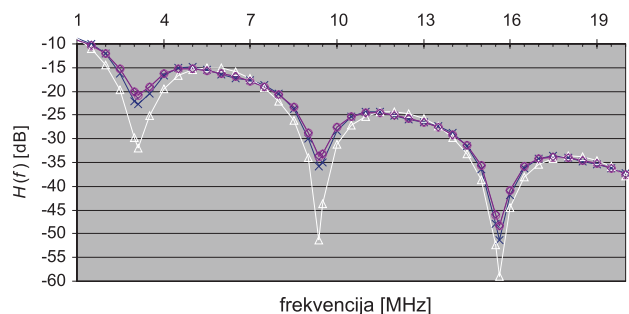
Ispitat ćemo konvergenciju modula prijenosne funkcije, $|H(f)|$, u ovisnosti o broju N . Numeričke iznose faktora refleksije i transmisije odredit ćemo uz pretpostavku da su svi odsječci kabela jednakih svojstava na svim frekvencijama, pa će za zamišljeni Diracov impuls svi faktori refleksije u točki B sa slike 2. iznositi $-(1/3)$, dok će svi faktori transmisije u toj točki biti jednaki $+(2/3)$. Faktor refleksije u točki D jednak je $+1$ (otvoreni kraj). Svojstva kabela preuzet ćemo iz modela prema [7]:

$\alpha = 0.0021 + 8.1 \cdot 10^{-10} f/\text{Hz}$. Fazna brzina v_p za polietilen je približno jednaka $1.5 \cdot 10^8$ m/s. Tako se gornja formula svodi na:

$$\begin{aligned}
 H(f) = &\frac{1}{3} \exp\left[200 \cdot (-0.0021 - 8.1 \cdot 10^{-10} \frac{f}{\text{Hz}})\right] + \\
 &+ \frac{4}{9} \sum_{i=1}^N \left(-\frac{1}{3}\right)^{i-1} \exp\left[(-0.0021 - 8.1 \cdot 10^{-10} \frac{f}{\text{Hz}})(200 + 24i)\right] \exp\left[-j2\pi \frac{f}{\text{Hz}} \cdot 1.6 \cdot 10^{-7} \cdot i\right].
 \end{aligned}$$

Na slici 4. prikazano je kako gornji izraz konvergira s povećanjem N . Povećavanjem toga broja iznad 2 ustvari se ne dobiva ništa bolji model. To je zbog krajnje jednostavnosti mreže i pretpostavljenog obostranog prilagođenja.

Ključno je pitanje u kolikoj mjeri se složenije mreže mogu modelirati samo pomoću malog broja odjeka, i je li moguće računski, iz poznate topologije mreže, a bez mjerenja, na neki način procijeniti iznos onolikog broja odjeka koliki je potreban da bi se načinio vjerodostojan, odnosno uporabljiv, model. U [7] obavljeno je mjerenje na stvarnoj mreži nepoznate topologije, nakon čega je u obzir uzeto samo ukupno 4 odjeka, uključujući i onaj najjači, s kojima se obavlja simulacija kao u gornjem primjeru. Pritom je postignuto vrlo dobro slaganje, osim možda u najnižem frekvencijskom opsegu, ispod 2 MHz. Iz toga zaključujemo da vjerojatno i u složenim mrežama može funkcionirati ovakav praktičarski koncept, ali je u razvoju teoretskog modela potrebno obratiti pažnju na to da zbog inherentne periodičnosti instalacija postoji više, a ponekad i mnogo, jednako dugačkih puteva širenja signala, pa iznalaženje amplitude pojedinih odjeka ni izdaleka nije trivijalno kao u izloženom primjeru iz [7]. Ako bi se uspjeli prebrojiti svi, ili barem najdominantniji, modovi širenja koji imaju jednaka vremena kašnjenja, mogao bi se formirati odgovarajući teoretski model, koji bi omogućio predikciju propagacijskih prilika uz nužno poznavanje samo elektromagnetskih svojstava upotrijebljenih kabela.



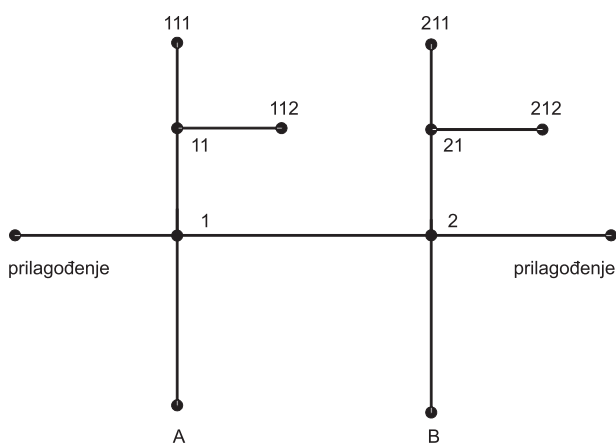
Slika 4. Konvergencija reda (7) za test – model prema [7]. Trokut: $N = 1$. Križić: $N = 2$. Kružić: $N = 4$. Romb: $N = 10$. Broj N govori koliko je viših modova, uz onaj osnovni, korišteno u računu. Vidi se da red vrlo brzo konvergira, tako da model u danoj situaciji dobro funkcionira već za $N = 2$, odnosno kada se u obzir uzimaju samo tri najjača odjeka. Za $N = 1$ ne postiže se dobra reprodukcija zapornih područja, kada modul prijenosne funkcije najviše opada. Model je tada suviše pesimističan. Konvergencija je evidentno znatno brža na visokim frekvencijama.

3. MODEL PROPAGACIJE NA BAZI IMPULSNOG ODZIVA, U UVJETIMA SLOŽENE INSTALACIJSKE MREŽE

U ovome poglavlju ćemo demonstrirati matematički formalizam potreban za razvoj propagacijskog modela baziranog na osluškivanju odjeka prouzročenih pobudom

ulaza Diracovim impulsom, s kasnijom korekcijom gušenja u frekvencijskoj domeni. Razmatrat ćemo jednu elementarnu strukturu ilustrativnu za instalacijske mreže u zgradama. Takve strukture nisu, naravno, jedino moguće, ali su dosta indikativne, a poznavanje njihovih svojstava kao elementarnih jedinica može pomoći u izračunu propagacijskih svojstava većih periodičkih struktura sastavljenih od takvih elemenata. Istim metodama mogu se analizirati i druge slične strukture. Shema strukture dana je na slici 5.

Čvor označen riječju “prilagođenje” simbolizira samo činjenicu da sustav može gubiti energiju i otecanjem u druge dijelove mreže, a to ćemo modelirati prilagođenim čvorom, koji se u računima neće pojavljivati, osim što će pripadna grana utjecati na faktore refleksije i transmisije u čvoru 1 i čvoru 2. Kako bismo mogli nastaviti s izlaganjem, moramo najprije pažljivo sistematizirati sve klase objekata koji se pojavljuju u razmatranju, a njih je nekoliko.



Slika 5. Promatrana elementarna razdjelna struktura.

3.1. Klasifikacija čvorova

U gornjim mrežama modelirat ćemo tri osnovne vrste čvorova prema svojstvima refleksivnosti i propusnosti za zamišljene Diracove impulse:

- Čvor klase P s paralelnim spojem. To je najčešći spoj. Riječ je npr. o priključku utičnice na razvodnu granu instalacije. Pretpostavlja se da su valne impedancije svih N linija koje se sastaju u čvoru međusobno jednake, pa se faktori transmisije i refleksije u čvoru računaju jednostavno kao: $\rho_p = 2/N$; $\vartheta_p = -1 + (2/N)$. Kako je N uvijek veći od 2, jer u protivnom to ne bi bio čvor, refleksija na čvoru tipa P uvijek okreće polaritet impulsa.

- Čvor klase S sa serijskim spojem linija u čvoru. Ovaj spoj radovito se javlja kod spajanja sklopke u granu trošila, kada sklopka nije smještena na samom tijelu trošila, niti u njegovoj neposrednoj blizini. Primjerice, sklopke rasvjetnih tijela uobičajeno su dosta udaljene od njih samih. Iako je prava rijetkost da se u takvom čvoru sastaje više od tri

linije, izrazit ćemo faktore transmisije i refleksije za bilo koji N :

$$\vartheta_s = 2/N$$

$$\rho_s = 1 - (2/N)$$

- Čvor klase T , ili terminalni čvor. To je mjesto gdje je priključeno, ili bi moglo biti priključeno, trošilo, odnosno, u kojega ulazi samo jedna linija. Zaključenje takvoga čvora ostvareno je impedancijom trošila, koja može biti praktički proizvoljna i kompleksna, te ovisna o frekvenciji. Ovakvi čvorovi će zato u pravilu biti dosta refleksivni, i zapravo ih je najteže precizno modelirati.

3.2. Konvencija o obilježavanju čvorova

S obzirom da su instalacijske mreže uvijek građene u obliku stabla, što znači da njihovi grafovi nemaju zatvorenih petlji, uvest ćemo oznake kao na slici 5. Predajni i prijami čvor označavat ćemo sa A i B . Čvorove koji se nalaze na najkraćem putu između A i B , a to su u našim slučajevima oni koji su smješteni na razvodnoj grani instalacije, označavat ćemo jednom znamenkom. Sve su ovo čvorovi prve razine.

Čvorovi druge razine su oni koji nisu prve razine, a vezani su direktno na čvorove prve razine samo jednom granom. Označavat ćemo ih dvoznamenkasto. Prva znamenka indicira čvor prve razine na koji se nadovezuje promatrani čvor, a druga znamenka služi da pojedinačno identificira čvorove druge razine spojene na određeni čvor prve razine, ako takvih ima više. U našim slučajevima nema, pa su jedine oznake druge razine 11, odnosno 21.

Čvorovi treće razine su oni koji nisu ni prve ni druge razine, a vezani su na čvorove druge razine samo jednom granom, a nemaju veze s čvorovima prve razine. Označavat ćemo ih troznamenkasto. Prve dvije znamenke indiciraju čvor druge razine na koji se nadovezuje promatrani čvor, a treća znamenka služi da pojedinačno identificira čvorove treće razine spojene na određeni čvor druge razine, ako takvih ima više. U našim slučajevima ih ima, i oni se vide na slikama pod oznakama 111, 112, 211 i 212. Atributi koji se moraju memorirati za svaki čvor su:

- njegova oznaka po upravo objašnjenom konvenciji, koja ga smješta u prostoru,
- njegova klasa, koja određuje svojstva refleksivnosti i transmitivnosti, te
- broj N za čvorove klase P i S , koji određuje faktore refleksije i transmisije za Diracove impulse; odnosno kompleksni faktor refleksije za čvorove klase T .

Čvorovi klase T uvijek reflektiraju signal. Čvorovi klase P i S mogu i transmitirati i reflektirati. Kod računanja težinskih faktora a , prema (6) program će odlučiti hoće li u danom koraku računati refleksiju ili transmisiju na temelju tročlane sekvencije u čijoj sredini se pojavljuje čvor X . Ako sekvencija ima oblik ... $Y - X - Z$..., radi se o transmisiji, a ako je oblik ovakav: ... $Y - X - Y$..., riječ je evidentno o

refleksiji. X, Y, i Z su oznake bilo kojih čvorova, s tim da su Y i Z susjedni sa X.

3.3. Konvencija o redu modova

Pod pojmom “mod” podrazumijevat ćemo bilo koji način širenja preko bilo kojih čvorova mreže, pod uvjetom da je on moguć. Mod nultog reda, ili osnovni mod, je onaj koji se ostvaruje najkraćim putem između točaka A i B. Primjerice, na slici 5, taj put je: A – 1 – 2 – B. On u sebi uključuje dvije transmisije, kroz čvorove 1 i 2.

Mod prvoga reda je onaj mod koji se od osnovnoga razlikuje za minimalan mogući broj izleta od najkraćega puta, s povratkom, dakle za jedan izlet s povratkom. Izleti se mogu događati zbog transmitiranja u čvorovima 1. razine prema čvorovima druge razine, ili zbog refleksija između čvorova prve razine. U tom slučaju, mod prvoga reda sadrži u sebi sve transmisije kao i mod nultoga reda, a k tome još i jednu transmisiju na čvoru 1. razine i jednu refleksiju na čvoru druge razine; odnosno, dvije refleksije na dva različita čvora prve razine, uključujući i A i B. Naime, u našim razmatranjima nećemo a priori smatrati da je prilagođenje izvršeno u ma kojoj točki mreže, osim u onima označenima riječju “prilagođenje”. Evo za primjer svih modova prvoga reda koji se razvijaju u mreži prema slici 5:

A – 1 – 2 – 1 – 2 – B

A – 1 – A – 1 – 2 – B

A – 1 – 2 – B – 2 – B

A – 1 – 11 – 1 – 2 – B

A – 1 – 2 – 21 – 2 – B

Modovi prvoga reda uključuju čvorove do najviše druge razine. Zanimljivo je na ovome mjestu primijetiti zapravo najveći problem kod ovakve vrste modela: ako su npr. sve grane grafa jednako duge, svi modovi istoga reda imaju jednako vrijeme kašnjenja, pa se na prijamoj strani vide kao jedan impuls. Ključni problem je pronaći amplitudu toga impulsa, a to je sve prije nego li jednostavno, posebice kada se radi o modovima višega reda.

Modovi drugoga reda su svi oni koji sadrže samo jedan izlet s povratkom od bilo kojeg od modova prvoga reda, pa oni mogu u sebi uključivati čvorove do najviše treće razine. Sistematično bismo mogli napisati sve te modove tako da uzmemo jedan po jedan od maločas nabrojanih modova prvog reda, i pridijelimo im sve moguće kombinacije s još jednim dodatnim izletom.

Modovi višega reda nastaju na analogan način. Važno je zamijetiti sve moguće izlete od svih mogućih modova prethodnog reda. Malo kasnije ćemo objasniti jednostavan sistematičan postupak koji omogućava prebrojavanje modova računalom.

3.4. Tablica mogućih tranzicija

Ova tablica sadrži sistematičan popis svih mogućih prijelaza matematičkog Diracovog signala između čvorova konkretne mreže. Prelasci kojih nema u toj tablici nisu mogući. Dopušteno je samo kretanje signala između čvorova koji su povezani granom grafa, u oba smjera. Nedopušteno je tranzitiranje iz jednoga čvora u njega samoga. Osim popisa mogućih tranzicija, za izvođenje programa proračuna propagacije svakoj mogućoj tranziciji mora se pripisati atribut fizičke duljine i fazne brzine, koja najviše ovisi o mediju izolatora. Alternativno, umjesto ova dva podatka dovoljno je memorirati vrijeme propagacije. S obzirom da je većina instalacijskih kabela izrađena s PVC izolacijom, fazna brzina može se držati približno jednakom za sve odsječke, pa je važan podatak zapravo duljina odsječka definiranog početnim i završnim čvorom. Iz nje slijedi i gušenje razmjerno sa α . Tablica 2. predstavlja skup svih mogućih tranzicija za shemu prema slici 5. Čvorovi označeni sa “prilagođenje” su izostavljeni, jer ne doprinose raspirivanju modova.

Za bilo koju drugu shemu moguće je načiniti ovakvu tablicu na istim načelima, očitavanjem iz grafa. Ona je *jedinstveni odraz topoloških svojstava mreže* i, s tim u vezi, pravila izvođenja elementarnih šetnji Diracovih impulsa kroz mrežu.

Tablica 2. Popis svih mogućih tranzicija za shemu na slici 5.

Polazni čvor	Svi mogući ciljni čvorovi
A	1
1	A, 11, 2
11	1, 111, 112
111	11
112	11
2	B, 21, 1
21	2, 211, 212
211	21
212	21
B	2

3.5. Dokaz o jedinstvenoj parnosti broja tranzicija u svim modovima

Svi modovi u svakoj pojedinoj od naših shema kojima se bavimo imaju broj tranzicija, odnosno broj prelazaka Diracovog impulsa između dvaju susjednih čvorova, ili broj *elementarnih šetnji*, uvijek iste parnosti. Dakle, u svakoj shemi koja je stablastog tipa bez petlje je taj broj ili paran ili neparan. Pod pojmom elementarne šetnje smatramo upravo prelazak signala iz nekoga čvora u prvi njemu susjedni, povezan s njime jednim bridom grafa. Razumije se da ovdje govorimo samo o mogućim prelascima, koji su određeni topologijom grafa, a vide se i iz tablice mogućih tranzicija. U tekstu koji slijedi koristit ćemo pojmove iz diskretne matematike, kako su oni definirani u [13].

Parnost je određena parnošću broja elementarnih šetnji u modu nultog reda, dakle na najkraćem putu od izvora A do odredišta B. Ako osnovni mod ima u sebi paran broj elementarnih šetnji, tada svi modovi imaju upravo paran broj elementarnih šetnji. Ako osnovni mod sadrži neparan broj tranzicija, neparan je i njihov broj u svim drugim modovima. U stablastim grafovima bez petlji, kakve mi isključivo proučavamo, ova tvrdnja ekvivalentna je tvrdnji da: u mrežama s neparnim brojem elementarnih šetnji u modovima postoji isključivo paran broj čvorova prevaljenih u svakom modu, odnosno da: u mrežama s parnim brojem elementarnih šetnji u modovima postoji isključivo neparan broj čvorova prevaljenih u svakom modu. Kada se usredotočimo na modove određenoga reda, vrijedi da u svakoj mreži broj prevaljenih čvorova biva točno za 1 veći od broja tranzicija.

Sve su ovo činjenice koje su toliko očigledne, da dokaz gotovo i nije potreban, a posebno ne za praktične svrhe. Stoga nećemo inzistirati na rigoroznom dokazivanju, nego ćemo ga načiniti za naše konkretne slučajeve, bez suvišnog formalizma. Takav se dokaz induktivno širi na sve druge mreže s istim topološkim osobinama, no s tim se formalizmom opet nećemo baviti. Intuitivno je posve jasno o čemu se radi. Ako osnovni mod sadrži n tranzicija, modovi prvog reda nastaju tako da signal načini jedan izlet od takvoga puta, i jedan povratak na isto mjesto, pa imamo $n+2$ tranzicije. Modovi drugoga reda nastaju na isti način u odnosu na modove prvoga reda, itd. Te činjenice, koje su lako vidljive samim promatranjem grafa, slijede iz njegove posebne topologije. Dodavanjem bilo kojeg brida između čvorova koji već nisu spojeni u ovakvome grafu, uočeno pravilo u općem slučaju pada u vodu. Nama dokaz ovako na prvi pogled jasnoga pravila nije važan zbog samoga sebe, nego zato što će se prilikom njegova izvođenja prirodno nametnuti jedno ograničenje odabira čvorova u procesu raspirivanja modova, koje će nam olakšati prebrojavanje svih modova određenog reda i polariteta, a to je važno zbog određivanja amplituda impulsa u impulsnom odzivu promatrane mreže.

Započet ćemo analizom mreže, prema slici 5. Topološka svojstva grafa nalazimo popisana u tablici mogućih tranzicija iz prethodnog odjeljka, a dodatni uvjet je da je početna točka A, a završna B. To evidentno znači da je početna tranzicija za svaki mod predstavljena nizom $A - 1 - \dots$, dok je zaključna tranzicija za svaki mod predstavljena nizom $\dots - 2 - B$. Dakle, svaki mod ima opći oblik: $A - 1 - \dots - X - X - \dots - X - X - \dots - 2 - B$. Krenimo sada slijeva, služeći se našom tablicom. Nakon čvora 1, moguće su samo tranzicije prema čvorovima : A, 2 ili 11. Nakon dostizanja tih čvorova, mogući su nadalje samo prelasci prema: 1, 21, B, 111 ili 112. Nakon ovih moguće je krenuti samo prema: 2, 11, A, 211 ili 212. Nakon tih ponovno je moguće krenuti samo prema: 1, 21, B, 111 ili 112. I tako u beskraj. Pogledajmo sada proces zdesna. Prije čvora 2 mogu biti samo sljedeći čvorovi: B, 1 ili 21. No, korak prije njih mogu biti samo: 2, 11, A, 211 ili

212. Ali, prije tih mogu biti samo neki od ovih: 1, 21, B, 111 ili 112. Prije njih pak dolaze u obzir jedino neki od sljedećih: 2, 11, A, 211 ili 212. I tako redom... Čitatelj će lako ove navode provjeriti u tablici ili na grafu. Zapažanja ćemo sistematizirati nabrojanjem sljedećih karakterističnih skupova čvorova:

$$\Theta = \{11, 2, A\}$$

$$\Phi = \{11, 2, A, 211, 212\}$$

$$\Xi = \{21, 1, B\}$$

$$\Psi = \{21, 1, B, 111, 112\}.$$

Važno je uočiti sljedeće relacije: $\Theta \subset \Phi$, $\Xi \subset \Psi$, $\Theta \cap \Xi = \Theta \cap \Psi = \Phi \cap \Xi = \Phi \cap \Psi = \emptyset$; $\Phi \cup \Psi = \Omega$. Ovdje je Ω skup svih čvorova mreže. Dakle, prva dva skupa su međusobno disjunktna sa druga dva, u bilo kojoj kombinaciji. Proces traženja modova razgranavanjem svih mogućih tranzicija u verižnom dijagramu teče tako da se u svakom koraku mogu birati elementi iz točno određenih skupova. Krenemo li od točke A, taj slijed skupova je:

$A - 1 - \Theta - \Psi - \Phi - \Psi - \Phi - \Psi - \dots$ Nazovimo to "lijevim procesom". No, od svih mogućih kombinacija vrijedit će samo one koje mogu završiti u $\dots - 2 - B$. Da bi to bilo ostvarivo, "desni proces" evidentno mora teći ovako: $\dots - \Phi - \Psi - \Phi - \Psi - \Phi - \Xi - 2 - B$. S obzirom da početni čvor mora biti A, a završni mora biti B, ispravan proces bit će presjek lijevoga i desnoga, u svakom koraku. Međutim, s obzirom na disjunktност skupova Θ i Φ u odnosu na Ξ i Ψ , to će biti moguće samo ako je broj čvorova od početka do kraja paran, a ako je neparan, presjek lijevog i desnog procesa u svim će koracima biti prazan skup. Napišimo ove procese jedog ispod drugog za te dvije mogućnosti, gdje će se točno vidjeti o čemu se radi:

$$\begin{array}{l} A - 1 - \Theta - \Psi - \Phi - \Psi - \Phi - \Psi - \dots \\ \dots - \Phi - \Psi - \Phi - \Psi - \Phi - \Xi - 2 - B \end{array} \quad \text{prvi slučaj}$$

$$\begin{array}{l} A - 1 - \Theta - \Psi - \Phi - \Psi - \Phi - \Psi - \dots \\ \dots - \Phi - \Psi - \Phi - \Psi - \Phi - \Xi - 2 - B \end{array} \quad \text{drugi slučaj}$$

U prvom slučaju presjek gornjeg i donjeg reda je neprazan skup u svakom koraku, i on daje moguće rješenje, koje očitog glasi: $A - 1 - \Theta - \Psi - \Phi - \Xi - 2 - B$. Naravno, u sredini, između Ψ i Φ , može biti bilo koliko alterniranih skupova Ψ i Φ , tako da nigdje u lancu ne budu dva ista skupa susjedna u susjednim koracima procesa. Uočimo još i da su čvorovi A i 2 podskupi od Φ , dok su čvorovi 1 i B podskupi od Ψ , tako da je čitava shema u redu. U drugom slučaju, presjek skupova iz gornjeg i donjeg retka uvijek je prazan skup, pa je nemoguće ostvarivanje moda s neparnim brojem čvorova. Time je dokaz za shemu na slici 5 zapravo završen.

3.6. Pojam moda i supermoda određenog reda

Najvažnija informacija, koju prenosimo iz prošloga odjeljka u sljedeće, jest ta da se tranzicije događaju u konzekventnim koracima među disjunktним skupovima čvorova, te da u razvijenom procesu, nakon nekoliko prvih koraka, čvorovi

bivaju birani iz istoga skupa točno u svakom drugom koraku (engl. “leap-frog” algoritam). To ćemo svojstvo upotrijebiti kako bismo dizajnirali jednostavan postupak za prebrojavanje modova određenog reda, bez njihova eksplicitnog traženja. Nadamo se da ćemo na taj način moći prebrojiti sve modove koji na određite stizu u isto vrijeme, te ih sve zbrojiti na odgovarajući način, kako bi se dobila barem približno ispravna amplituda odjeka traženog reda. Promatrajući za početak jednostavnu situaciju, kada su sve grane u našoj mreži električki jednako duge, pojavit će se daljnji problem zbog toga što će zbog višestrukih refleksija na čvorovima klase P neki modovi stizati s jednim, a neki s drugim polaritetom. Nadamo se također da ćemo na jednostavan način moći pobrojiti udio jednih i drugih u ukupnom broju.

Prije daljnjih razmatranja razlučit ćemo dva pojma: mod i supermod. Pojam moda izvjesnog reda već smo ranije naveli: to je svaki mogući put između polazišta i određite koji se ostvaruje s točno određenim brojem tranzicija, uz dopušteno ponavljanje, po pravilima ustanovljenim topologijom mreže, odnosno tablicom mogućih tranzicija.

Supermod je suma svih modova koji imaju jednako vrijeme propagacije. Supermod je ono što bismo, ustvari, izmjerili na izlazu mreže, u točki B, u određenom trenutku, koji nastupa protekom vremena propagacije modova koji čine supermod od trenutka odašiljanja impulsa na ulazu A.

3.7. Prebrojavanje svih modova određenoga reda

Prva ideja o prebrojavanju svih modova nekoga reda izvire iz osnovnih pravila kombinatornog prebrojavanja [13]. Pogledamo li što je ustvari mod n – tog reda, vidjet ćemo da je on jednoznačno određen uređenim skupom Λ od $n + 4$ elementa, koji se svi biraju iz skupa Ω , a taj sadrži sve moguće čvorove iz naše mreže. Na prvi pogled, moglo bi se učiniti da se radi o određivanju broja kombinacija s ponavljanjem. No, to nije tako, jer se na odabir propisuju dosta složeni dodatni uvjeti, pa je potrebno krenuti drugim putem.

Za mrežu prema slici 5, dodatni uvjeti su sljedeći: prva dva elementa u modu su uvijek A, 1; posljednja dva su uvijek 2, B; a $(k+1)$ -i element skupa Λ bira se samo između onih koji mogu zbgiti nakon k -tog elementa, u skladu s tablicom mogućih tranzicija. Maločas smo dokazali da se u konzekventnim koracima elementi biraju iz strogo disjunktne skupova. To je vrlo važno svojstvo, koje će nam omogućiti relativno jednostavno prebrojavanje modova.

Da bismo iz tih propozicija efikasno prebrojili modove n – tog reda, ovdje u konfiguraciji prema slici 5, poslužiti ćemo se grafičkim prikazom prvih nekoliko koraka u procesu raspirivanja modova, danim na slici 6. Vidjet ćemo da se ovaj postupak može primijeniti u bilo kojoj situaciji. Na dijagramu se može uočiti disjunktne skupove čvorova u susjednim koracima procesa. Dijagram je načinjen tako da se, nakon obveznog početnog stanja A – 1 ..., otcjepljuju tri grane, prema svakom od čvorova koji može biti dosegnut

iz čvora 1, a u skladu s tablicom mogućih tranzicija. Ta tri čvora, naime 2, 11 i A, ponovno se u sljedećem koraku, razgranjuju u skladu s tablicom, i tako redom, u nedogled... Nacrtali smo onoliko prvih koraka, koliko je bilo zgodno prikazati na jednom listu papira. Najniži mod 0. reda dostiže se nakon tri tranzicije. Općenito, svaka oznaka čvora B znači da tu završava mod. Na našoj slici, svi čvorovi koji prikazuju definitivno početno i krajnje stanje označeni su podebljanim slovom i sivom pozadinom.

Pravilo gibanja po ovom verižnom dijagramu je jednostavno: dozvoljeno je gibanje od točke A na početku dijagrama isključivo nadesno. Na slici vidimo šest boldiranih znakova B: jedan predstavlja završetak puta impulsa koji propagira modom 0. reda (na slici slijedimo putanju A – 1 – 2 – B), a ostalih pet predstavljaju sve modove 1. reda, nabrojene malo ranije u ovom poglavlju.

Nama su vrlo zanimljivi osjenčani čvorovi u zadnjem skiciranom koraku, uključivši i boldirane oznake B. Zbog čega su oni istaknuti u odnosu na ostale? Verižni dijagram prikazuje sve moguće tranzicije, prema pravilima tablice mogućih tranzicija, ali samo u *lijevom procesu*. No, daljnja tranzicija prema obveznom predzadnjem čvoru, 2, moguća je samo iz osjenčanih čvorova, dok iz ostalih nije moguća. Dakle, broj osjenčanih čvorova u koraku u kojemu završavaju staze modova n -tog reda jednak je upravo broju modova $(n+1)$ -og reda. Primijetimo da osjenčani čvorovi, 1, 21 i B, čine skup Ξ . Svi zajedno čvorovi u tome koraku pripadaju skupu Ψ . Time smo uvažili uvjet koegzistencije lijevog i desnog procesa. Shema se iteracijom nastavlja i dalje, što ovdje ne možemo nacrtati, ali na temelju uočenoga svojstva možemo izvesti prikladnu relaciju, i tako pobrojiti točno sve modove, ne traživši ih pritom pojedinačno. Naravno, potpuno je legalan i pristup primjenom “brutalne računarske sile”, naprosto pretraživanjem sheme i prebrojavanjem modova. No, on može postati nepraktičan za modove malo višeg reda.

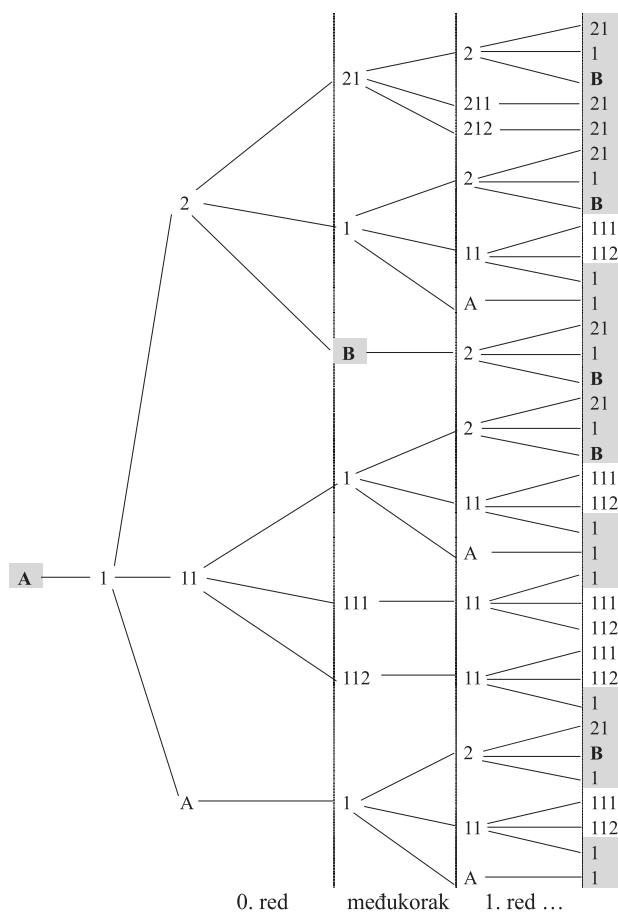
Pojasnimo: dijagram se dalje lavinski razvija korištenjem svih 35 stanja u zadnjem nacrtanom koraku, pa i onih neosjenčanih, jer i ta stanja nakon više dvokoraka mogu dati ispravne modove. To se lijepo vidi na slici. No, u svakom koraku ćemo separirati one čvorove koji se u sljedećem koraku mogu zatvoriti u čvor 2, pa onda potom i u B. Ipak, prisutnost čvora B u nekom koraku dijagrama ne znači da tu račun staje, što se njega tiče. Nadesno od njega opet obavljamo isti postupak, jer se i u stvarnosti refleksije zamišljenih Diracovih impulsa od njega nastavljaju teoretski nebrojeno puta, ako on nije prilagođen na valnu impedanciju linije. To se vidi na slici 6, u koraku koji je označen sa “0. red”. Slika 7. zgodniji je prikaz tablice mogućih tranzicija, složen tako da predočava sve moguće tranzicije u dvokoraku, iz skupa čvorova Ψ . Uočimo da su ciljni čvorovi također svi isključivo iz toga skupa. Ta će nam slika pomoći u prebrojavanju.

Započnimo promatranjem slike 6. Prvi koraci su trivijalni za prebrojavanje. Postoji samo jedan mod 0. reda, i 5 modova 1. reda, koji se direktno vide kao staze u dijagramu zaključene sa B. U desnom stupcu dijagrama postoji 25,

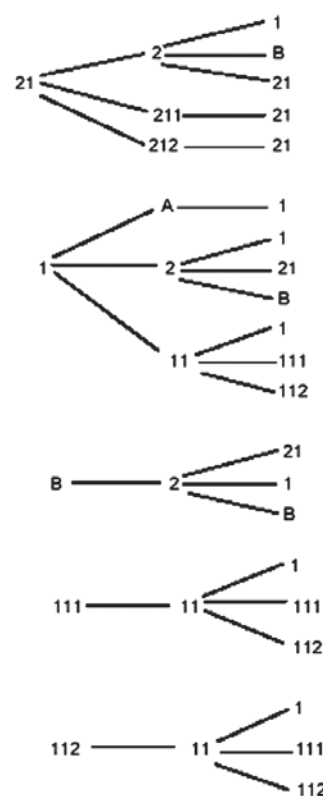
od ukupno 35, stanja kojima je jedna od opcija da nakon još dva koraka završe u ... – 2 – B. Ne postoje druge staze sa istim svojstvom. Dakle, modova 2. reda ima točno 25. Pogledajmo sada dva dvokoraka dalje: od 35 stanja na kraju našeg dijagrama, prebrojimo koliko ima svakih od pet mogućih: 21 se pojavljuje 7 puta; 1 se pojavljuje 13 puta; B se pojavljuje 5 puta; 111 se pojavljuje 5 puta; i 112 se pojavljuje 5 puta. No, mi znamo koliko ti čvorovi nakon sljedećeg dvokoraka mogu iznjedriti stanja koja pripadaju skupu Ξ, odnosno koja pripadaju skupu Ψ. To imamo popisano u objašnjenju ispod slike 7. Stoga tvrdimo da će broj modova sljedećeg, dakle 3. reda biti: $7 \times 5 + 13 \times 5 + 5 \times 3 + 5 \times 1 + 5 \times 1 = 125$. Doista, modova 3. reda ima točno 125. Toliko stanja pripada skupu Ξ. Ukupan broj stanja, koja su sva iz Ψ, iznosi istom logikom: $7 \times 5 + 13 \times 7 + 5 \times 3 + 5 \times 3 + 5 \times 3 = 171$.

Da bismo krenuli korak dalje, moramo ustanoviti koliko je kojih od tih 171 stanja. Evo računa:

- Broj stanja 21 = $3 \times 7 + 1 \times 13 + 1 \times 5 + 0 \times 5 + 0 \times 5 = 39$.
- Broj stanja 1 = $1 \times 7 + 3 \times 13 + 1 \times 5 + 1 \times 5 + 1 \times 5 = 61$.
- Broj stanja B = $1 \times 7 + 1 \times 13 + 1 \times 5 + 0 \times 5 + 0 \times 5 = 25$.
- Broj stanja 111 = $0 \times 7 + 1 \times 13 + 0 \times 5 + 1 \times 5 + 1 \times 5 = 23$.
- Broj stanja 112 = $0 \times 7 + 1 \times 13 + 0 \times 5 + 1 \times 5 + 1 \times 5 = 23$.
- UKUPNO = 171.



Slika 6. Uz prebrojavanje modova za shemu sa slike 5.



Slika 7. Pravila kretanja u mreži po slici 5, u dva koraka. Skup Ψ preslikava se sam u sebe. Ove sheme se izvode iz tablice mogućih tranzicija. Uočimo da polazni čvorovi nakon dva koraka daju ovakve čvorove, glede članstva u skupu Ξ:

- čvor 21 5 odgovarajućih
- čvor 1 5 odgovarajućih i 2 neodgovarajuća
- čvor B 3 odgovarajuća
- čvor 111 1 odgovarajući i 2 neodgovarajuća
- čvor 112 1 odgovarajući i 2 neodgovarajuća

Kada to znamo, možemo izračunati broj modova 4. reda. Ponovno se koristimo slikom 7. Broj stanja koja su elementi skupa Ξ bit će: $39 \times 5 + 61 \times 5 + 25 \times 3 + 23 \times 1 + 23 \times 1 = 621$. Dakle, modova 4. reda ima ni manje ni više nego 621. Ukupan broj stanja pripadnih skupu Ψ, s kojima dalje nastavljamo izračun, jednak je: $39 \times 5 + 61 \times 7 + 25 \times 3 + 23 \times 3 + 23 \times 3 = 835$. I tako proces teče dalje ... U tabeli 3 dajemo izračunate vrijednosti za modove do zaključno 10. reda.

Sada možemo sistematizirati algoritam prebrojavanja modova. U označavanju ćemo koristiti indekse k i l , koji se biraju iz elemenata skupa Ψ, tako da npr. $q_{k,l}$ može značiti $q_{21,B}$ ili $q_{111,1}$, i slično. Skupove Ψ i Ξ držat ćemo zbog jedinstvenosti indeksacije uređenima, dakle uvijek sa istim poretkom elemenata: $\Psi = \{21, 1, B, 111, 112\}$; $\Xi = \{21, 1, B\}$. Taj se odabir očito odnosi na shemu sa slike 5, ali se postupak može provesti za bilo kakvu strukturu. Tamo gdje će indeks označavati redni broj iz skupa prirodnih brojeva s nulom, \mathbb{N}^0 , koristit ćemo klasičnu oznaku, i . Najprije ćemo definirati vektore koji u čitavom algoritmu ostaju nepromijenjeni.

Tablica 3. Razvoj modova do uključivo 10. reda za mrežu sa slike 5.

Red moda	Broj stanja iz skupa Ξ dva koraka ranije = broj modova	Broj stanja iz skupa Ψ , dva koraka ranije
0.	1	1
1.	5	7
2.	25	35
3.	125	171
4.	621	835
5.	3,069	4,083
6.	15,117	19,987
7.	74,317	97,907
8.	364,941	479,795
9.	1,790,925	2,351,795
10.	8,785,613	11,529,267

Karakteristične vektore preslikavanja sa skupa Ψ na Ψ , odnosno sa Ψ na Ξ , označit ćemo sa $\mathbf{v}_{\Psi\Psi}$, odnosno $\mathbf{v}_{\Psi\Xi}$. Oni imaju isti broj komponenti, koliko skup Ψ ima članova. To su vodoravni vektori, čiji elementi znače sljedeće:

- Element $(\mathbf{v}_{\Psi\Psi})_k$ pokazuje koliko stanja koja pripadaju skupu Ψ nastaje od polaznog stanja $k \in \Psi$, nakon dva koraka u procesu definiranom tablicom mogućih tranzicija.

- Element $(\mathbf{v}_{\Psi\Xi})_k$ pokazuje koliko stanja koja pripadaju skupu Ξ nastaje od polaznog stanja $k \in \Psi$, nakon dva koraka u procesu definiranom tablicom mogućih tranzicija.

Te se vrijednosti očitavaju direktno sa slike 7. U našem slučaju karakteristični vektori koji opisuju proces tranzitiranja u dvokoraku iznose: $\mathbf{v}_{\Psi\Psi} = [5, 7, 3, 3, 3]$; $\mathbf{v}_{\Psi\Xi} = [5, 5, 3, 1, 1]$.

Sljedeći karakteristični objekt je karakteristična matrica tranzitiranja u dvokoraku, \mathbf{Q} . Ona je specifična za svaku pojedinu tablicu mogućih tranzicija, što znači i za svaku pojedinu mrežu, pa je možemo smatrati izričajem topoloških svojstava mreže. Element na poziciji (k,l) ; $k, l \in \Psi$; označuje koliko se stanja l ukupno razvija iz početnog stanja k u jednom dvokoraku. Matrica je kvadratna, a ima onoliko redova i stupaca koliko elemenata ima u skupu Ψ . Vrijednosti elemenata matrice također se za naš slučaj mogu jednostavno očitati sa slike 7.:

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

U općem slučaju njihovo pronalaženje također ne predstavlja problem. Nadalje, definirat ćemo stupčasti populacijski vektor $\mathbf{p}_i = [(p_i)_l]$; $l \in \Psi$, $i \in \mathbb{N}^0$. On pokazuje koliko u koraku algoritma indeksiranom sa i ima stanja l iz skupa Ψ . Tako smo već npr. u koraku algoritma koji nastupa za jedan dvokorak prije zaključivanja modova 2. reda (vidjeti sliku 6., oznaka "1. red") pobrojali koliko ima kojih elemenata, te smo utvrdili da se stanje 21 ponavlja

7 puta, 1 se ponavlja 13 puta, B se ponavlja 5 puta, 111 se ponavlja 5 puta, i 112 se također ponavlja 5 puta. Stoga je populacijski vektor u tom koraku jednak:

$$\mathbf{p}_1 = \begin{bmatrix} 7 \\ 13 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \end{bmatrix}.$$

Korak smo indeksirali sa $i = 1$ jer u njemu završavaju modovi 1. reda. Pomoću populacijskog vektora i – tog reda računamo broj modova $(i+1)$ -og reda kao broj svih elemenata koji su iz Ξ :

$$N_{i+1} = \mathbf{v}_{\Psi\Xi} \cdot \mathbf{p}_i. \quad (8)$$

Ukupan broj stanja u $(i+1)$ -om koraku jednak je broju svih elemenata koji su iz Ψ :

$$M_{i+1} = \mathbf{v}_{\Psi\Psi} \cdot \mathbf{p}_i. \quad (9)$$

Populacijski vektor u sljedećem, $(i+1)$ -om koraku procesa, dobije se kao:

$$\mathbf{p}_{i+1} = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{p}_i. \quad (10)$$

Rezultat množenja je opet stupčasti vektor. Time smo u potpunosti definirali relaciju za prebrojavanje ukupnog broja modova bilo kojeg reda. No, iz (3) možemo izvesti analitički izraz za ukupan broj svih modova nekoga reda, jer je očito $\mathbf{p}_{i+2} = \mathbf{Q} \mathbf{p}_{i+1} = \mathbf{Q} (\mathbf{Q} \mathbf{p}_i)$, i tako dalje. Tako konačno, na temelju jednadžbi (1), (2) i (3), za modove proizvoljnog, i -tog reda možemo napisati općenite formule za prebrojavanje svih modova:

$$\begin{aligned} N_i &= \mathbf{v}_{\Psi\Xi} \cdot \mathbf{Q}^{i-\zeta+2} \cdot \mathbf{p}_\zeta. \\ M_i &= \mathbf{v}_{\Psi\Psi} \cdot \mathbf{Q}^{i-\zeta+2} \cdot \mathbf{p}_\zeta. \end{aligned} \quad (11)$$

ζ označuje red populacijskog vektora s kojim započinjemo račun. Obvezno mora biti $i \geq \zeta + 2$. Ovdje potencija iznad matrice \mathbf{Q} znači da se ona množi sama sa sobom toliko puta. Kada je $i = \zeta + 2$, pojavljuje se \mathbf{Q}^0 . To je jedinična matrica, sa svim elementima glavne dijagonale jednakim 1, a s ostalima jednakim 0. Uvažili smo konvenciju od ranije da se modovi i -tog reda prebrojavaju pomoću populacijskog vektora $(i-1)$ -og reda, a da populacijski vektor nosi indeks reda moda koji se zatvara u njemu pripadnoj fazi dijagrama. Vrijedi još jednom naglasiti da ta formula daje *točan* broj modova, N_p , kao i *točan* broj stanja razvijenih u verižnom dijagramu za jedan dvokorak ranije, M_i . Evo primjera: ako na početku koristimo malo ranije napisani vektor \mathbf{p}_1 , njegovim množenjem dvaput s matricom \mathbf{Q} slijeva, pa zatim s karakterističnim vektorom $\mathbf{v}_{\Psi\Xi}$, dobivamo broj modova 5. reda, kojih je 3069.

\mathbf{Q} matrica je konstanta koja ne ovisi ni na koji način o fazi algoritma, tj. o broju izvršenih koraka. Tako se s njom može

pomnožiti i rudimentarni populacijski vektor, \mathbf{p} , iz kojega će se razviti osnovni mod 0. reda. Sa slike 6. vidimo da u stanju koje za jedan dvokorak prethodi fazi dijagrama u kojoj se dostiže osnovni mod (na slici označeno sa “0. red”) postoji samo jedan čvor, naime 1. Prema tomu, \mathbf{p} na svim mjestima sadrži brojku 0, osim na drugom mjestu, koje pripada čvoru 1. Na tom je mjestu u vektoru broj koji kazuje koliko u toj fazi dijagrama ima čvorova s oznakom 1. On je jedan jedini. Iz toga bi trebao slijediti populacijski vektor \mathbf{p}_0 , kao:

$$\mathbf{p}_0 = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{p} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Doista, na slici 5., u fazi obilježenoj oznakom “0. red” možemo pronaći ukupno jedan čvor 21, tri čvora 1, te po jedan od čvorova B, 111 i 112. Analogno konstruiramo i sljedeće populacijske vektore, pa nekolicina prvih glasi:

$$\mathbf{p}_1 = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{p}_0 = \begin{bmatrix} 7 \\ 13 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \end{bmatrix} \quad \mathbf{p}_2 = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{p}_1 = \begin{bmatrix} 39 \\ 61 \\ 25 \\ 23 \\ 23 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{p}_3 = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{p}_2 = \begin{bmatrix} 203 \\ 293 \\ 125 \\ 107 \\ 107 \end{bmatrix} \quad \mathbf{p}_4 = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{p}_3 = \begin{bmatrix} 1027 \\ 1421 \\ 621 \\ 507 \\ 507 \end{bmatrix} \quad \text{itd...}$$

Primijetimo da treći redak i -tog populacijskog vektora sadrži uvijek točan broj modova i -tog reda, jer treće mjesto pripada čvoru B, koji je jedini mogući završni čvor. Naravno, taj broj je točno jednak sumi prve tri komponente populacijskog vektora iz prethodnog koraka, jer one prezentiraju brojnost stanja iz skupa Ξ .

Izloženi postupak ne ovisi o konkretnom primjeru, kojega smo ovdje koristili radi bolje preglednosti. Možemo ići toliko daleko da obuhvatimo čitavu klasu mreža kojoj pripada i naš primjer, te ustvrditi da:

za svaku stablastu mrežu u kojoj su pravila kretanja od čvora do čvora jednoznačno utvrđena tablicom mogućih tranzicija tako da je kretanje moguće isključivo između susjednih čvorova grafa u oba smjera, te u kojoj je točno propisano koji je jedini mogući početni, a koji jedini mogući završni čvor u izvođenju bilo kojeg kretanja s bilo kojim mogućim brojem koraka,

sigurno postoji rudimentarni populacijski vektor \mathbf{p} , ili barem neki, \mathbf{p}_c , razvijen nakon konačnog broja dvokoraka; sigurno postoji samo jedna konstantna matrica \mathbf{Q} , i sigurno postoje konstantni vektori \mathbf{v}_{Ψ} i \mathbf{v}_{Ξ} , tako da se svi modovi i -tog reda razvijeni u takvoj mreži mogu točno pobrojiti po formuli (4).

3.8. Prebrojavanje svih modova određenoga reda prema polaritetu

Ovisno o klasama čvorova u promatranj mreži, na ponekima od njih, koji pripadaju klasi \mathcal{P} , događaju se refleksije s okretanjem polariteta zamišljenih Diracovih impulsa. Modovi koji sadrže neparan broj refleksija na takvim čvorovima imat će negativan polaritet. Pozitivnim polaritetom smatramo polaritet moda nultog reda. Za početak, koncentrirajmo se na mrežu u kojoj su svi odsječci linija između čvorova jednako dugi. Tada će svi modovi određenoga reda stizati u isto vrijeme, a niti jedan mod nekoga drugog reda neće stizati u to vrijeme. Prema tome, svi modovi jednoga reda činit će odgovarajući supermod. Ono što je nama zapravo važno je amplituda impulsa supermoda, dobivena zbrojem svih amplituda modova nekog reda. Stoga je presudno važno koliko modova istoga reda pristiže s pozitivnim, a koliko s negativnim polaritetom. Kada bi taj broj npr. bio podjednak, dotični supermod bi bio izuzetno prigušen. U ovome odjeljku izvest ćemo formalizam za prebrojavanje modova po polaritetu. Zbog jasnoće izlaganja sve ćemo i dalje promatrati na našem primjeru mreže prema slici 5., s generalizacijom razmatranja koja će omogućiti prebrojavanje modova prema polaritetu u bilo kakvoj stablastoj mreži koja se može jednoznačno definirati tablicom mogućih tranzicija, tako da je kretanje dozvoljeno između susjednih vrhova grafa poveznim bridovima u bilo kojem smjeru s bilo kojim brojem ponavljanja, s tim da je uvijek poznata jedna određena polazna i jedna određena završna točka kretanja.

Koristit ćemo u osnovi istu strategiju prebrojavanja kao i maločas, kada smo brojili sve modove izvjesnoga reda i . Da bismo to proveli, morat ćemo ekspanirati populacijske vektore i matricu preslikavanja stanja prigodom prolaska kroz jedan dvokorak. Ranije smo u populacijskim vektorima imali pet komponenti, za svakog člana skupa Ψ po jednu. To smo mogli učiniti jer su u procesu prebrojavanja sve točke iz toga skupa bile jednako vrijedne, a svaka je bila dostatno opisana u svakom koraku procesa samim svojim imenom. Ovdje ćemo pak vidjeti da će broj komponenti populacijskog vektora narasti u našem primjeru sa 5 na najmanje 14, a dimenzija \mathbf{Q} matrice postat će 14 x 14 ili veća. Prva nam je zadaća objasniti zašto dolazi do cijepanja svakog stanja na najmanje dva različita.

Problem kod prebrojavanja modova istog predznaka je u tome što se predznak može i ne mora promijeniti prilikom prelaska iz jednoga stanja u prvo sljedeće, koje nastupa za

jedan dvokorak kasnije. Iz jednoga stanja razvija se njih nekoliko, prema tablici mogućih tranzicija, odnosno prema slici 7. Ta stanja ne moraju imati isti predznak kao i ono iz kojega su se razvila. Do promjene predznaka dolazi zbog refleksije na čvorovima klase P , ili pak na terminalnim čvorovima koji su zaključeni niskom impedancijom u odnosu na valnu impedanciju pripadajuće linije. Najprije moramo identificirati koji su to čvorovi. U našoj mreži, prema slici 5, to su čvorovi 1 i 2. Nadalje, još ćemo uzeti da je čvor A negativno refleksivan. To bi bio slučaj kada bi u njemu stajao priključen izvor signala s niskom unutarnjom impedancijom (naponski izvor). Svi ostali čvorovi neka u ovom primjeru budu pozitivno refleksivni. Treba primijetiti da je izbor pozitivne ili negativne refleksivnosti čvorova posve neovisan o topologiji grafa. On ovisi o fizikalnim prilikama u čvorovima, koje dodatno čine razliku između njih tako što im daju još neka svojstva.

Koja svojstva su nama važna za prebrojavanje modova po polaritetu, vidjet ćemo ako pokušamo definirati rekurzivnu shemu preslikavanja iz skupa stanja jednoga reda u skup stanja prvog sljedećeg višeg reda. Pogledajmo najprije kako to funkcionira kada je u početnoj točki dvokoraka pozitivno refleksivan čvor, npr. 21. Na slici 7. lako ćemo vidjeti da nakon jednoga dvokoraka to stanje prelazi u jedno od sljedećih: 1, B, 21, 21, 21. Pri tom će se ciljnom stanju 21 do kojega se došlo tranzicijom preko čvora 2, dakle $21 - 2 = 21$, promijeniti predznak, jer se očito dogodila refleksija u negativno refleksivnom čvoru 2. No, time smo saznali samo da će jedno određeno stanje imati obratan predznak od prijašnjeg stanja iz kojega je nastalo. Da bismo znali točan predznak, moramo poznavati polaritet početnog stanja dvokoraka, 21. Relevantnu informaciju o stanju sada više ne čini samo ime čvora, u ovom slučaju 21, nego i njegov ranije već dostignuti predznak. Dakle, čvor 21 može biti karakteriziran dvama različitim stanjima, koja ćemo označiti sa $21+$ i $21-$. Isto vrijedi i za sve druge pozitivno refleksivne čvorove, koji se nalaze u ishodištima tranzicijskih shema za dvokorak, prema slici 7. To su sveukupno čvorovi: 21, B, 111 i 112. Svaki od njih daje dva stanja: jedno pozitivno i jedno negativno. Korištenjem sheme tranzitiranja, sva stanja nakon dvokoraka dobivaju točno poznat asociirani čvor i dostignuti predznak.

Dodatan problem javlja se kada je u ishodištu dvokoračne tranzicijske sheme čvor s negativnom refleksivnošću. Na našoj slici to je čvor 1. On se mora raspasti čak na 6 stanja, kako bi se traženo prebrojavanje moglo točno obaviti. Naime, problem je što se u dvokoračnoj shemi ne vidi eventualna refleksija na ishodišnom elementu, ako se ne vidi prethodno stanje, koje postoji za jedan korak (tj. pola dvokoraka) ispred njega. Kada je ishodišni element pozitivno refleksivan, to nije važno, jer ne dolazi do promjene polariteta. No, kada je on negativno refleksivan, na njemu može i ne mora doći do refleksije. Refleksiju na nekom čvoru prepoznajemo po tome što se lijevo i desno od njega nalazi oznaka istoga čvora. S obzirom da prema tablici mogućih tranzicija signal iz našega čvora 1 može

otići prema A, 2 i 11, to će se i početni element 1 dvokoračne sheme sa slike 7. raspasti na tri stanja: ono kada mu prethodi A, ono kada mu prethodi 2, i ono kada mu prethodi 11. Ta ćemo stanja označiti sa $(A-1)$, $(2-1)$ i $(11-1)$. Svakome od tih stanja mora se dodatno pripisati postignuti predznak, tako da čvor 1 generira 6 različitih mogućih stanja. Na taj način, baza za populacijske vektore više neće biti skup Ψ sa pet članova, nego skup Ψ' sa 14 članova:

$$\Psi' = \{21+, (A-1)+, (2-1)+, (11-1)+, B+, 111+, 112+, 21-, (A-1)-, (2-1)-, (11-1)-, B-, 111-, 112-\}.$$

Nije teško izvesti rekurzivnu relaciju koja opisuje preslikavanje iz tih elemenata kroz jedan dvokorak. Ona će se opredmetiti u obliku matrice \mathbf{Q}' , čiji element na poziciji (k,l) definira koliko stanja l nastaje u jednom dvokoraku iz stanja k ; $k, l \in \Psi'$. Množenjem te matrice s populacijskim vektorom nekoga reda s desne strane, dobit će se populacijski vektor prvog sljedećeg reda, i tako dalje. Preduvjet za funkcioniranje procesa prebrojavanja je točno poznavanje jednog populacijskog vektora bilo kojeg reda, od kojega postupak kreće prema višim redovima. Dakle, dovoljno je i poznavanje populacijskog vektora u nekom od najnižih redova procesa, čije se komponente dobivaju na trivijalan način, prebrojavanjem kroz dijagram sa slike 6. \mathbf{Q}' matrica ispisuje se direktno inspekcijom tranzicijskih shema dvokoraka sa slike 7. U našem slučaju ona glasi:

$$\mathbf{Q}' = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Matrica više nije dijagonalno simetrična, ali joj je determinanta jednaka nuli, s obzirom da u njoj postoje međusobno jednaki redovi. \mathbf{Q}' se sastoji od 4 podmatrice dimenzija 7×7 , a dvije po dvije dijagonalne od tih četiri su međusobno jednake. To je naznačeno isprekidanim linijama.

Sada ćemo sa slike 6. očitati jedan populacijski vektor niskoga ranga. Pogledajmo npr. rudimentarni vektor, \mathbf{p} , koji sadrži samo jedno stanje $(A-1)+$. Zbog tipografskih razloga napisat ćemo transponirani vektor, kako bismo ga mogli prikazati u retku, umjesto u stupcu. Uredaj mjesta

u vektoru korespondira s poretkom elemenata u gore napisanom skupu Ψ' .

$$\mathbf{p}'^{(transp.)} = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0].$$

Pomnoživši taj vektor matricom \mathbf{Q}' s njegove lijeve strane, dobivamo populacijski vektor 0. reda:

$$\mathbf{p}_0'^{(transp.)} = [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0].$$

Inspekcijom slike 6. lako ćemo se uvjeriti da je to ispravno određena populacija stanja 0. reda. Proces jednako tako teče i dalje, pa općenito vrijedi:

$$\mathbf{p}'_{i+1} = \mathbf{Q}' \cdot \mathbf{p}'_i. \tag{12}$$

Populacijski vektor i – tog reda može se zato dobiti izravno iz rudimentarnog vektora kao:

$$\mathbf{p}'_i = \mathbf{Q}'^{i+1} \cdot \mathbf{p}'_0. \tag{13}$$

Broj modova i – tog reda koji imaju negativan predznak, kao i broj onih koji imaju pozitivan, očitava se jednostavno iz populacijskog vektora i – tog reda:

$$\begin{aligned} N_i^- &= (p'_{B-})_i \\ N_i^+ &= (p'_{B+})_i \end{aligned} \tag{14}$$

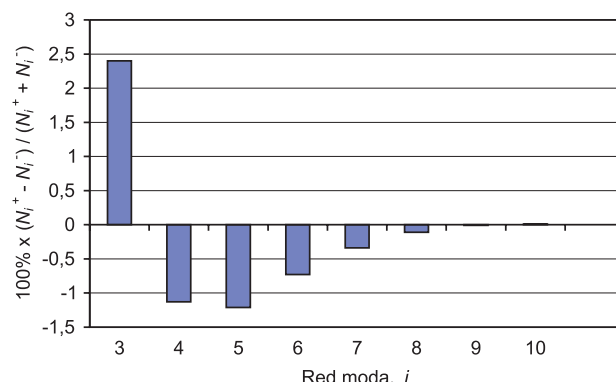
U gornjoj formuli razumije se da je populacijski vektor složen od komponenti označenih kao: $\mathbf{p}'_i = [(p'_l)_i]$; $l \in \Psi'$. Prema tome, brojnost modova s negativnim i pozitivnim polaritetom očitava se direktno iz komponenti populacijskog vektora danog reda. Time smo u potpunosti definirali prebrojavanje po polaritetu. Ovakav način vrijedi za sve mreže u klasi koju proučavamo – on dakle nije specifičan za mrežu sa slike 5. U tablici 4. dajemo broj pozitivnih i negativnih modova prvih 10 redova. Jedni i drugi zbrojeni daju, naravno, iznose popisane u tabeli 3.

Tablica 4. Pozitivni i negativni modovi u mreži sa slike 5., uz negativno refleksivne čvorove: A, 1 i 2.

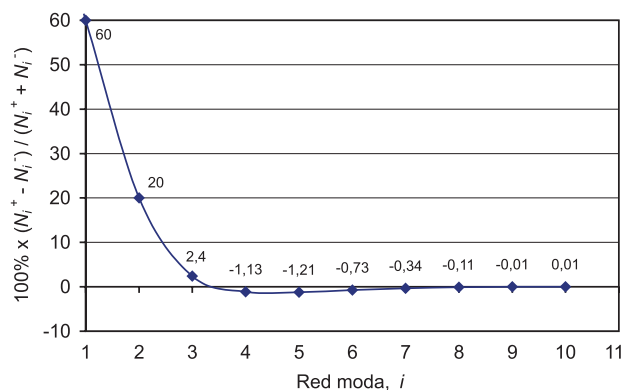
Red moda	Broj modova negativnog polariteta, N_i^-	Broj modova pozitivnog polariteta, N_i^+
0.	0	1
1.	1	4
2.	10	15
3.	61	64
4.	314	307
5.	1,553	1,516
6.	7,614	7,503
7.	37,285	37,032
8.	182,666	182,275
9.	895,561	895,364
10.	4,392,246	4,393,367

Odmah ćemo se osvrnuti na jednu vrlo važnu numeričku karakteristiku. Promatrat ćemo ovisnost relativnog odstupanja broja pozitivnih i negativnih modova u postocima: $100\% \times (N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-)$. Histogram je prikazan na slici 8. Slika 9. i 10. prikazuju istu informaciju u obliku kontinuirane krivulje, koja je mnogo ilustrativnija.

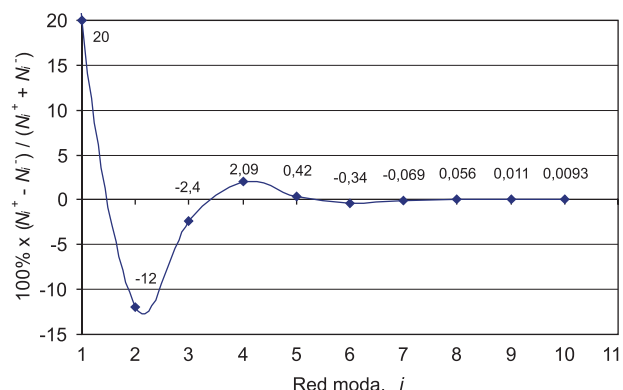
Naravno, vrijednosti na tim slikama treba očitavati samo za cjelobrojne iznose apscise.



Slika 8. Relativna razlika broja pozitivnih i negativnih modova u postocima, $100\% \times (N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-)$, dana zbog preglednosti samo za modove reda većeg od dva. Kod modova 1. reda ona iznosi +60%, a kod modova drugog reda +20%. Negativno refleksivne točke: A, 1 i 2.



Slika 9. Relativna razlika broja pozitivnih i negativnih modova u postocima, $100\% \times (N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-)$, prikazana zbog bolje ilustracije tijeka funkcije kontinuiranom krivuljom. Vrijednosti ordinate, napisane na grafikonu, treba očitavati samo za cjelobrojne iznose apscise, u označenim točkama. Negativno refleksivne točke: A, 1 i 2.



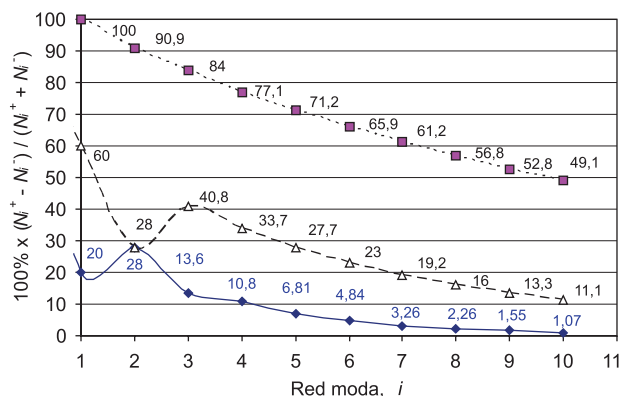
Slika 10. Relativna razlika broja pozitivnih i negativnih modova u postocima, $100\% \times (N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-)$, prikazana zbog bolje ilustracije tijeka funkcije kontinuiranom krivuljom. U stvarnosti se radi o histogramu, pa vrijednosti ordinate treba očitavati samo za cjelobrojne iznose apscise, u označenim točkama. One su napisane iznad njih. Negativno refleksivne točke: 1, 2, 112 i 212.

Za modove reda 3 i višega ova raspodjela presudno utječe na amplitude supermodova, jer u svakom supermodu postoji toliko veliki broj modova, da možemo reći da su u prvoj aproksimaciji svi oni jednake amplitude, koja korespondira s nekom prosječnom vrijednošću umnoška svih faktora transmisije i refleksije, ma kakva ona bila. O tome malo kasnije. Već za supermodove reda višega od 4 zbog destruktivne interferencije pretežnog broja modova amplituda supermoda biva manja od 1 % od one koja bi bila kada bi većina modova interferirala konstruktivno. Sve u svemu, amplitude supermodova padaju s porastom reda supermoda izuzetno rapidno, mnogo brže nego što bismo mogli očekivati s obzirom da je broj modova u svakom supermodu skoro 5 puta veći nego li u supermodu prethodnog reda.

U nastavku ćemo izraditi sve, a zbog kratkoće prezentirati samo neke, numeričke primjere za različite razmještaje negativno refleksivnih čvorova u mreži prema slici 5. Izračun ćemo reducirati korištenjem svojstva simetrije mreže. Najvažnije svojstvo ove mreže je obvezna negativna refleksivnost čvorova 1 i 2. Kada ona ne bi bila takva, naša mreža ne bi bila instalacijska. Cilj je vidjeti ima li ozbiljnijih odstupanja od pravila koje smo do sada naslutili. Ispustit ćemo pisanje velikih Q matrica, i dati samo rezultate u grafičkom obliku.

3.9. Numerički primjeri prebrojavanja modova po polaritetu

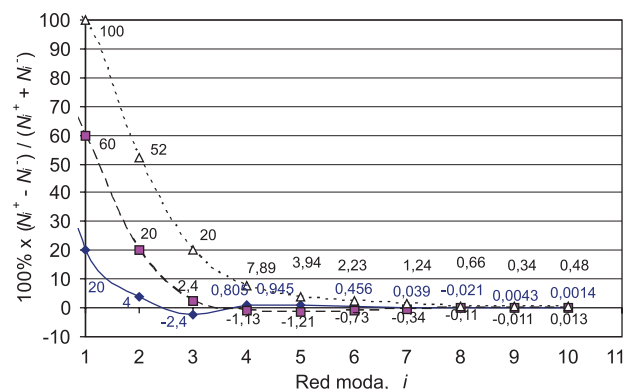
U sljedećem koraku dotaknut ćemo se fizikalno ne-sasvim-realističnog slučaja, kada u promatranoj mreži prema slici 5. imamo samo jedan čvor sa svojstvom negativne refleksivnosti. Slika 11. daje usporedni prikaz relativne razlike broja pozitivnih i negativnih modova za tri slučaja u kojima je samo jedna točka negativno refleksivna. Vidimo da u slučaju kada samo jedan čvor najudaljenije razine pripada klasi P , modovi pozitivnog polariteta dominiraju i u supermodovima visokoga reda. To znači da je udio destruktivne interferencije modova u formiranju vremenskog odziva razmjerno mali, pa ovakvu mrežu može



Slika 11. Relativna razlika broja pozitivnih i negativnih modova za tri zamišljena (fizikalno nerealna) slučaja kada je samo jedan čvor negativno refleksivan: 111 (kvadrat); 11 (trokut); 2 (romb). Čak i tada rezultate brzo konvergiraju ka nuli.

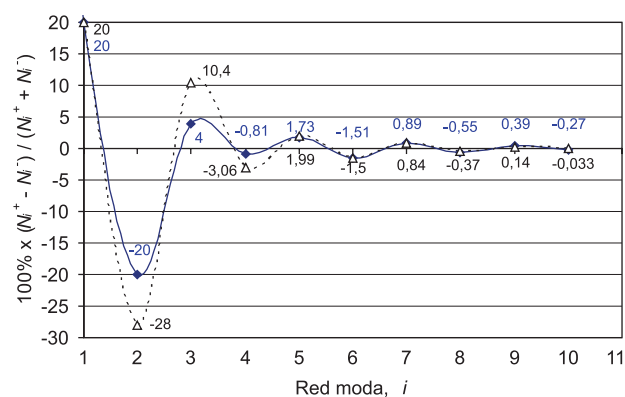
karakterizirati sporo slabljenje amplitude supermodova s porastom njihovoga reda, i . Kada je negativno refleksivna točka smještena u drugoj razini mreže, uloga destruktivne interferencije je značajno veća, a kada se usamljeni P čvor nalazi u prvoj razini mreže, na najkraćem putu od A do B, ona već u supermodovima relativno niskog reda ima predominantnu ulogu.

Na slici 12. prikazujemo usporedno situaciju kada su oba čvorova na glavnoj razvodnoj grani, 1 i 2, negativno refleksivni, uz različita stanja refleksivnosti čvorova A i B.



Slika 12. Relativna razlika broja pozitivnih i negativnih modova za tri slučaja kada su čvorovi 1 i 2 negativno refleksivni, uz različita stanja u čvorovima A i B. Negativno refleksivni čvorovi su kako slijedi: 1 i 2 (romb); 1, 2 i A (kvadrat); 1, 2, A i B (trokut).

Na slici 13. promotrit ćemo što se događa kada se na samo jednom terminalnom čvoru 3. razine dogodi drastična promjena impedancije. Recimo za primjer da su u čvorovima 111 i 211 spojena snažna, niskoomska trošila, pa su ti čvorovi negativno refleksivni. Uzmimo zatim da je trošilo 111 stalno uključeno pomoću sklopke 112, pa i 112 invertira impuls pri refleksiji. Gledat ćemo razliku u slici interferencije modova u supermodovima, kad je sklopka u čvoru 212 uključena, odnosno isključena.



Slika 13. Promjena prilikom uključivanja niskoomskog trošila pomoću jedne od sklopki, dok je drugo niskoomsko trošilo trajno uključeno. Negativno refleksivni čvorovi su: 1, 2, 111, 112, 211 (romb); 1, 2, 111, 112, 211, 212 (trokut). Važne promjene nastaju u supermodovima 2, 3. i 4. reda. Uključenjem trošila ti supermodovi porastu, a oni visokoga reda brže iščezavaju.

Ostale izrađene primjere nećemo ovdje prikazivati. No, oni također upućuju na iste zaključke, koji se mogu donijeti na temelju prikazanih primjera. U svakom slučaju, porastom reda supermodova, brojnost pozitivnih i negativnih modova u njima vrlo brzo se izjednačuje u relativnom smislu, tako da u svakom slučaju u mreži prevladava destruktivna interferencija.

3.10. O amplitudama supermodova

Kada bi svi modovi u nekom supermodu imali jednak apsolutni iznos amplitude, naše razmatranje bismo već sada, na temelju gornjih rezultata, mogli zaključiti tvrdnjom da se *svaka* distribucijska mreža može modelirati propagacijskim modelom koji uzima u obzir samo prvih nekoliko odjeka iz impulsnog odziva, zbog toga što se brojnost pozitivnih i negativnih bodova relativno sve više izjednačava s porastom reda supermoda u bilo kojoj mreži koja ima osnovna topološka svojstva distribucijske, odnosno instalacijske mreže. To bi bio vrlo važan teorijski zaključak, koji ne bi nužno pretpostavljao da je prigušenje supermodova višeg reda veliko zbog većeg prevaljenog

puta, kao što se to argumentira u [6, 7]. Drugim riječima, time bi se dokazalo da bi Dostertov model funkcionirao u svakom slučaju, čak i kada bi gušenja u dielektricima bila vrlo mala, odnosno kada se duljine puteva modova susjednih redova ne bi mnogo razlikovale. No, do takvog zaključka preostao je još jedan velik i važan korak.

Potrebno je, naime, utvrditi amplitude supermodova, koje doduše jesu u korelaciji s relativnom razlikom broja pozitivnih i negativnih modova u supermodu i – tog reda, $(N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-)$, ali nisu direktno razmjerne s tom veličinom. Dapače, moguće je zamisliti situaciju da je npr. ova veličina pozitivna, a da istodobno supermod ima negativnu vrijednost. To je posebno lako moguće u supermodovima niskoga reda, a u svakom slučaju kada je broj pozitivnih i negativnih modova podjednak. Što je $(N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-)$ po iznosu manji broj, to je ovaj fenomen manje važan. Intuitivno očekujemo da će za visoki red supermoda ukupna njegova amplituda biti određena prosječnim apsolutnim iznosom gušenja modova u tome supermodu, nastalih zbog refleksija i transmisija kroz čvorove, te razlikom broja pozitivnih i negativnih mo-

Tablica 5. Potencije faktora refleksije i transmisije za sve modove 1. reda u mreži prema slici 5. Negativno reflektivni čvorovi su: A, 1 i 2.

MOD	ρ_A	ϑ_1	ρ_1	ϑ_{11}	ρ_{11}	ρ_{111}	ρ_{112}	ϑ_2	ρ_2	ϑ_{21}	ρ_{21}	ρ_{211}	ρ_{212}	ρ_B
A-1-2-21-2-B		1						2			1			
A-1-2-1-2-B		1	1					1	1					
A-1-2-B-2-B		1						1	1					1
A-1-11-1-2-B		2			1			1						
A-1-A-1-2-B	1	1	1					1						

Tablica 6. Potencije faktora refleksije i transmisije za sve modove 2. reda u mreži prema slici 5. Negativno reflektivni čvorovi su: A, 1 i 2.

MOD	ρ_A	ϑ_1	ρ_1	ϑ_{11}	ρ_{11}	ρ_{111}	ρ_{112}	ϑ_2	ρ_2	ϑ_{21}	ρ_{21}	ρ_{211}	ρ_{212}	ρ_B
A-1-2-21-2-21-2-B		1						2	1		2			
A-1-2-21-2-1-2-B		1	1					3			1			
A-1-2-21-2-B-2-B		1						2	1		1			1
A-1-2-21-211-21-2-B		1						2		2		1		
A-1-2-21-212-21-2-B		1						2		2			1	
A-1-2-1-2-21-2-B		1	1					2	1		1			
A-1-2-1-2-1-2-B		1	2					1	2					
A-1-2-1-2-B-2-B		1	1					1	2					1
A-1-2-1-11-1-2-B		3			1			1	1					
A-1-2-1-A-1-2-B	1	3						1	1					
A-1-2-B-2-21-2-B		1						3			1			1
A-1-2-B-2-1-2-B		1	1					3						1
A-1-2-B-2-B-2-B		1						1	2					2
A-1-11-1-2-21-2-B		2			1			2			1			
A-1-11-1-2-1-2-B		2	1		1			1	1					
A-1-11-1-2-B-2-B		2			1			1	1					1
A-1-11-1-11-1-2-B		2	1		2			1						
A-1-11-1-A-1-2-B	1	3			1			1						
A-1-11-111-11-1-2-B		2		2		1		1						
A-1-11-112-11-1-2-B		2		2			1	1						
A-1-A-1-2-21-2-B	1	1	1					2			1			
A-1-A-1-2-1-2-B	1	1	2					1	1					
A-1-A-1-2-B-2-B	1	1	1					1	1					1
A-1-A-1-11-1-2-B	1	2	1		1			1						
A-1-A-1-A-1-2-B	2	1	2					1						

dova. Ranije smo vidjeli da u svim realnim distribucijskim mrežama relativna razlika broja pozitivnih i negativnih modova pada u red veličine 1% i manje već kod supermodova 3. ili 4. reda, tako da opravdano slutimo da ćemo uspjeti dokazati da doista Dostertov tip modela propagacije dobro funkcionira u svakoj razvodnoj elektroenergetskoj mreži.

Tablica 5. prikazuje potencije faktora refleksije i transmisije za sve modove 1. reda u mreži prema slici 5. Tako npr. ukupan prijenosni faktor zbog svih refleksija i transmisija na čvorovima za mod $A - 1 - 2 - 21 - 2 - B$ iznosi: $t_d = \vartheta_1 \vartheta_2^2 \rho_{21}$. Izražen u decibelima, taj faktor iznosi: $20 \log t_d = 20 \log \vartheta_1 + 40 \log \vartheta_2 + 20 \log \rho_{21}$. On ne sadrži u sebi podatke o gušenju linija, niti o bilo kakvom drugom uzroku gušenja, osim samih refleksija i transmisija na diskontinuitetima, pa ćemo ga nazvati *prijenosnim faktorom diskontinuiteta*. Iz ovakvog prikaza možemo izračunati prijenosne faktore diskontinuiteta svih modova nekoga reda u općem slučaju, a onda, uvrštavanjem poznatih faktora refleksija i transmisija, možemo također izračunati iznose svih takvih faktora. U tablici 6. dajemo kao ilustraciju potencije faktora refleksije i transmisije za sve modove 2. reda.

Definirat ćemo prosječne prijenosne faktore diskontinuiteta za modove i – tog reda. Kako su ti faktori brojčano jednaki amplitudama modova, ponegdje ćemo ih kraće nazivati amplitudama.

- Prosječna vrijednost modula amplituda svih modova u supermodu i – tog reda, $y_i = (\Sigma p + \Sigma n) / (N_i^+ + N_i^-)$.
- Prosječna vrijednost modula amplituda pozitivnih modova u supermodu i – tog reda, $f_i = \Sigma p / N_i^+$.
- Prosječna vrijednost modula amplituda negativnih modova u supermodu i – tog reda, $g_i = \Sigma n / N_i^-$.

Sve ove veličine uvijek imaju pozitivne vrijednosti, jer je riječ o sumama modula amplituda. Oznaka Σp simbolizira zbroj svih amplituda modova s pozitivnim prijenosnim faktorom diskontinuiteta, dočim Σn obilježava zbroj svih modula amplituda modova s negativnim prijenosnim faktorom diskontinuiteta. Pomoću tih veličina proučit ćemo asimptotsko ponašanje interferencije modova u supermodu i – tog reda. Cilj nam je utvrditi možemo li maloprije utvrđenu osobinu, da je broj pozitivnih i negativnih modova u supermodu relativno to sličniji, što je red supermoda viši, preslikati i na stvarne amplitude supermodova. Ako možemo, to znači da svaku distribucijsku mrežu, čak i kada bi gušenje njenih vodiča bilo beskrajno malo, odlikuje brz pad amplituda supermodova višega reda, odnosno, da je Dostertov način modeliranja mreža sa samo nekoliko prvih odjeka, kojega je on provjerio na jednostavnoj mreži s visokim gušenjem [7], primjenjiv u svakoj distribucijskoj mreži.

Amplituda supermoda nastaje oduzimanjem zbroja modula amplituda svih negativnih modova od zbroja modula amplituda svih pozitivnih modova. S druge strane, amplitudu supermoda možemo pokušati procijeniti tako

da prosječnu vrijednost modula amplituda svih modova pomnožimo s razlikom broja pozitivnih i negativnih modova:

$$N_i^+ f_i - N_i^- g_i \approx N_i^+ y_i - N_i^- y_i. \quad (15)$$

Pritom želimo postići da je ta procjena što bolja. Postoji matematički uvjet na funkcije f_i, g_i i y_i pod kojim je procjena posve točna. Da bismo pronašli taj uvjet, napisat ćemo još i jednadžbu za zamišljeni slučaj, u kojem bi se umjesto oduzimanja ukupnih modula pozitivnih i negativnih modova dogodilo zbrajanje modula svih modova. On nam je potreban stoga što i izračun na lijevoj, i procjena na desnoj strani, daju identičan matematički točan rezultat. Dakle, u mreži koja ne bi imala negativno refleksivnih čvorova, naša procjena pomoću prosjeka modula svih modova, y_i , bila bi uvijek posve točna. Takva mreža je inače lako zamisliva, ali ne spada u klasu distribucijskih mreža. Svaka elektrodistribucijska mreža mora imati čvorove s negativnim faktorom refleksije. Sljedeća formula, koja dakle predstavlja zamišljenu, ali fizikalno korektnu situaciju, služi nam da bismo dobili još jednu jednadžbu za određivanje relacije između funkcija prosječnih amplituda:

$$N_i^+ f_i + N_i^- g_i = N_i^+ y_i + N_i^- y_i. \quad (16)$$

Čitatelj će se lako iz navedenih definicija uvjeriti da znak jednakosti u ovoj formuli vrijedi uvijek. U prethodne dvije jednadžbe, isti impulsi predstavljeni su na po dva načina, pa snage impulsa na lijevoj i desnoj strani moraju biti jednake u (16), tj. približno jednake u (15). Uvodimo sljedeće oznake:

- P_a^D za snagu impulsa na lijevoj strani (15).
- P_b^D za snagu impulsa na desnoj strani (15).
- P_a^K za snagu impulsa na lijevoj strani (16).
- P_b^K za snagu impulsa na desnoj strani (16).

Snagu predstavljamo kao kvadrat ukupne amplitude. Račun ćemo provesti u vremenskoj domeni, a čitatelj će lako provjeriti da Fourierovom transformacijom Diracovih impulsa i računanjem u frekvencijskoj domeni, slijede isti rezultati:

$$\begin{aligned} P_a^D &= (N_i^+)^2 f_i^2 - 2N_i^+ N_i^- f_i g_i + (N_i^-)^2 g_i^2. \\ P_b^D &= (N_i^+)^2 y_i^2 - 2N_i^+ N_i^- y_i^2 + (N_i^-)^2 y_i^2. \\ P_a^K &= (N_i^+)^2 f_i^2 + 2N_i^+ N_i^- f_i g_i + (N_i^-)^2 g_i^2. \\ P_b^K &= (N_i^+)^2 y_i^2 + 2N_i^+ N_i^- y_i^2 + (N_i^-)^2 y_i^2. \end{aligned} \quad (17)$$

Međusobne razlike lijevih i desnih strana iznose:

$$\begin{aligned} P_a^K - P_a^D &= 4N_i^+ N_i^- f_i g_i. \\ P_b^K - P_b^D &= 4N_i^+ N_i^- y_i^2. \end{aligned} \quad (18)$$

Kada bi procjena na desnoj strani (15) bila savršeno točna, gornje dvije razlike snaga bile bi, naravno, identične. To ćemo iskoristiti kao uvjet, prema kojemu jednostavno iz (18) slijedi:

$$y_i^2 = f_i g_i \quad (19)$$

Dakle, uvjet da procjena bude točna je taj da prosječna vrijednost modula svih modova u supermodu bude jednaka geometrijskoj sredini prosječnih vrijednosti modula amplituda pozitivnih i negativnih modova. Ovdje ćemo odmah reći, a kasnije i ilustrirati primjerom, da se takva osobina može uočiti već kod relativno niskog reda supermodova. U najvećem broju primjera gornja se jednakost prilično točno uspostavlja već kod supermoda trećeg reda. Za supermodove najnižeg reda ona evidentno ne može biti zadovoljena, u što se lako možemo uvjeriti pregledom bilo kojeg slučaja.

Vrlo je važno uočiti da u fiksiranoj strukturi mreže veličina y_i ima uvijek identičan iznos, bez obzira na pozitivan ili negativan predznak faktora refleksije bilo kojih čvorova. Naravno, veličine faktora refleksije moraju biti iste. Primjerice, idealne sklopke imaju faktor refleksije +1 ili -1, i njihovo uklapanje ili zaklapanje uopće ne remeti veličinu y_i . Nadalje, promjena trošila iz izrazito niskoomskog u izrazito visookoomsko neće također potaći nikakvu promjenu u y_i .

Poznata je činjenica da je geometrijska sredina između dviju veličina uvijek uklještena između njih. Recimo da je f_i za k puta veća od y_i , tj. $f_i = k y_i$. Zbog (19), g_i mora očito biti k puta manja od y_i , dakle: $g_i = y_i / k$. Pogledajmo sada jednadžbu (16), za koju smo utvrdili da je matematički točna. Lako ćemo izvesti sljedeću jednakost:

$$\frac{N_i^+}{N_i^-} = \frac{y_i - g_i}{f_i - y_i} = 1, \quad \text{jer je} \quad \lim_{i \rightarrow \infty} \frac{N_i^+}{N_i^-} = 1. \quad (20)$$

Da omjer broja pozitivnih i negativnih modova vrlo brzo teži u 1, dokazali smo ranije u ovom poglavlju. Dakle, već za supermodove 5. i višeg reda ovaj omjer razlikuje se od jedinice samo za djelić jednog postotka. Iz toga slijedi da u supermodovima višeg reda prosječna vrijednost modula amplituda svih modova biva jednaka *aritmetičkoj sredini* prosječnih vrijednosti modula pozitivnih i negativnih modova. To se, naime, trivijalno izvodi iz gornje jednadžbe. Geometrijska sredina brzo prelazi u aritmetičku, a to znači da se prosječne vrijednosti pozitivnih i negativnih modova vrlo malo razlikuju. Naime, pod tim uvjetima i inače geometrijska sredina postaje jednaka aritmetičkoj. Mi smo to izveli iz dokazane činjenice o relativno sve većoj jednakosti broja jednih i drugih modova u supermodu. To je ključna spoznaja, jer ona znači da s porastom reda supermoda i približna jednakost iz (15) biva sve točnija i točnija. Dakle, potvrdili smo da je amplituda supermodova višega reda razmjerna prosječnoj vrijednosti modula svih modova danog reda, i razlici broja pozitivnih i negativnih modova toga reda. Prema tomu, ranija razmatranja o rapidnom smanjenju relativne razlike u broju pozitivnih i negativnih modova s porastom reda i preslikavaju se izravno i na stvarne amplitude supermodova. Amplitude supermodova padaju još brže nego li veličina $(N_i^+ - N_i^-) / (N_i^+ + N_i^-)$. Brže zato što su viši modovi sve slabiji i slabiji, zbog rasta broja transmisija i refleksija u čvorovima.

Naglasimo pritom da do sada još uopće nismo uvažili gušenje materijala od kojih su načinjeni vodiči u mreži.

Dakle, da bismo utvrdili da svaka distribucijska mreža ima osobinu brzog prigušenja odziva višega reda, nije nam potrebna pretpostavka o gušenju u materijalu. Čak i idealna mreža bez materijalnog prigušenja pokazuje takve osobine, i zbog toga se može uspješno modelirati pomoću samo nekoliko prvih, odnosno najjačih, odjeka u vremenu, bez obzira na strukturu i gabaritne dimenzije mreže.

I jednadžbu (15) možemo podvrći istom postupku kao u (20). Tada ćemo u limesu, kada i poprima vrlo velike vrijednosti, dobiti da su prosjeci modula pozitivnih i negativnih modova, f_i i g_i , približno jednaki, a to znači i da su približno jednaki sa y_i . Dakle, na kraju se sva tri prosjeka počinju ponašati identično, i ustvari je samo y_i odgovoran za asimptotsko ponašanje amplituda supermodova.

No, kako se mijenjaju prosječne amplitude modova? Naši numerički primjeri pokazuju jaku crtu eksponencijalnog pada s porastom reda i . To je i inače vrlo prihvatljivo stoga što modovi $i+1$ – og reda prolaze uvijek za po dva čvora više nego li modovi i – tog reda. Pri tom mogu pretrpjeti još jednu refleksiju i jednu transmisiju, ili pak dvije refleksije. Već u supermodovima trećeg i viših redova postoji velik broj pojedinačnih modova, dok od 5. reda nadalje taj broj možemo slobodno držati golemim. Pokazali smo da broj modova raste s redom i malo sporije nego li eksponencijalno. Prolazak dvaju dodatnih čvorova događa se u najrazličitijim kombinacijama parova faktora refleksija i transmisija. Kako se modovi ustvari do u nedogled repliciraju po uvijek istoj shemi, definiranoj tablicom mogućih tranzicija, za očekivati je da će, kada njihov broj postane velik, prosjek modula svih modova padati za isti faktor pri svakom povećanju broja i . U analiziranim strukturama utvrdili smo, primjerice, da su već od drugog reda nadalje moduli amplituda svih modova $i+1$ – og reda prosječno 2,64 puta slabiji nego li oni i – tog reda. To znači da smo ustanovili, prema očekivanjima, da je funkcija y_i eksponencijalno padajuća, odnosno da ima oblik:

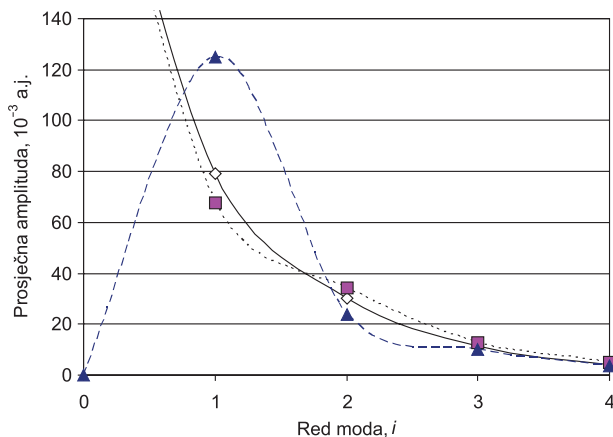
$$y_i = a \cdot \exp(-b \cdot i) \quad (21)$$

Istom argumentacijom moguće je pravdati očekivanje da će i f_i i g_i pokazivati eksponencijalni pad, odnosno da će biti $f_i = c \exp(-d i)$, tj. $g_i = m \exp(-n i)$. U tom slučaju, te dvije funkcije nisu neovisne o funkciji y . Naime, deriviranjem lijeve i desne strane jednadžbe (20) dobit ćemo sljedeći identitet: $2y y_i' = f_i' g_i + g_i' f_i$. Dijeljenjem sa y_i^2 , i uvažavanjem odnosa (20), pronaći ćemo da je normirana derivacija funkcije prosječnog modula svih modova jednaka aritmetičkoj srednjoj vrijednosti normiranih derivacija funkcija prosječne vrijednosti modula pozitivnih i negativnih modova. Pod pojmom normirane derivacije razumijemo kvocijent derivacije funkcije i vrijednosti te funkcije u nekoj točki. Dakle, $2(v_i'/y_i) = (f_i'/f_i) + (g_i'/g_i)$. No, normirana derivacija eksponencijalne funkcije jednaka je faktoru uz argument i , tako da u našem slučaju mora

biti $-2b = -d - n$, odnosno, $b = (d + n)/2$. Znači, faktor koji karakterizira eksponencijalnu padajuću funkciju veličine y_i mora biti jednak aritmetičkoj sredini faktora eksponencijalnih funkcija za f_i i g_i . Inače vrijedi da je $n > d$, jer g_i brže pada. Broj d , koji je dakle manji od b , ograničen je tako da ne može biti manji ili jednak od nule, a zbog toga broj n nikako ne može biti veći od $2b$. Sve se to, inače, vidi i direktno iz (20). Relacije, naravno, ne vrijede za suviše mali i . Dakle, za eksponencijalno padajuće funkcije prosjeka modula amplituda modova i – tog reda vrijedi:

$$\left. \begin{array}{l} y_i = a \cdot \exp(-b \cdot i) \\ f_i = c \cdot \exp(-d \cdot i) \\ g_i = m \cdot \exp(-n \cdot i) \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} b = (d + n)/2 \\ 0 < d \leq b \\ b \leq n < 2b \end{array} \right. \quad (22)$$

Na kraju ovoga razmatranja, na slici 14., dat ćemo jedan numerički primjer zakonitosti ponašanja prosječnih vrijednosti modova mreže sa slike 5., u kojoj su negativno reflektivne točke A, 1 i 2.



Slika 14. Ilustracija ponašanja prosječnih vrijednosti modula amplituda modova za strukturu prema slici 5, uz negativno reflektivne točke A, 1 i 2. Vidi se nepravilno ponašanje za modove najnižeg reda, uzrokovano malim brojem modova, zbog kojega prosjeci nemaju statističku signifikantnost. No, već nakon 3. reda polako se uspostavlja pravilnost opisana gore u tekstu. Na dijagramu su zbog preglednosti nacrtane krivulje. U stvarnosti, radi se o histogramima, pa vrijednosti ordinate treba očitavati samo za cjelobrojne vrijednosti apscise. Vrijednosti na ordinati dane su u tisućinkama arbitrarnih jedinica. Arbitarna jedinica odgovara amplitudi impulsa pobude na ulazu mreže. *Legenda:* romb: prosječna vrijednost modula amplituda svih modova; trokut: prosječna vrijednost modula amplituda negativnih modova; kvadrat: prosječna vrijednost modula amplituda pozitivnih modova.

3.11. Strukture u kojima grane u mreži nisu jednako dugačke

Do sada smo promatrali mrežnu konfiguraciju prema slici 5., u kojoj su sve duljine grana između čvorova bile jednake. Zbog toga su svi modovi u jednom supermodu stizali na određeno u isto vrijeme. Pitanje je na koji način možemo

pristupiti problemu u kojemu duljine grana nisu iste. Tu ćemo razlučiti tri slučaja:

- Sve grane imaju duljinu jednaku cjelobrojnom višekratniku najkraće grane.
- Sve grane imaju istu zajedničku mjeru.
- Postoje manja odstupanja u duljinama grana, koje bi inače zadovoljavale jedan od gornja dva kriterija.

Formalno, do postupka u prva dva slučaja dolazimo vrlo lako. Primjerice, ako u mreži postoje grane koje su dva puta dulje od onih drugih, jednostavno ćemo na njihovoj polovici zamisliti dodatni čvor, u kojemu će faktor transmisije biti jednak 1, a faktor refleksije 0. Složit ćemo novu tablicu mogućih tranzicija, i dalje postupati potpuno jednako kao i do sada. Zbog povećanog broja čvorova formalno će nastati veći broj modova, ali će također svi modovi raspirani refleksijom na tim čvorovima imati amplitudu jednaku nuli. Dakle, na izlazu ćemo dobivati supermodove u vremenskim intervalima koji odgovaraju najkraćoj grani u mreži. Posve isto razmatranje vrijedi za slučaj kada sve grane imaju neku najveću zajedničku mjeru. Tada ćemo dobivati supermodove koji će se pojavljivati u vremenskim intervalima koji korespondiraju najvećoj zajedničkoj mjeri duljina grana, ali će mnogi modovi, pa i neki supermodovi, imati amplitude jednake nuli. Što je najveća zajednička mjera manja u odnosu na najmanju duljinu grane u mreži, to će ovakav izračun postati kompliciraniji i nepraktičniji, jer ćemo računati formalno s velikim brojem modova, a broj onih koji nisu jednaki nuli bit će znatno manji. Dakle, nejednake duljine grana u mreži imaju za posljedicu samo porast broja čvornih točaka mreže, a na izlazu ćemo oslušivati odjeke svakih toliko vremena, koliko signalu treba da proputuje dvostruku duljinu najveće zajedničke mjere. Pri tom ne treba napraviti pogrešku, pa u model uvrstiti npr. *prva* četiri takva odjeka, jer će mnogi od njih biti naprosto jednaki nuli. Potrebno je, umjesto toga, pričekati četiri *najveća* odjeka, a ti će sigurno uključiti i modove koji prolaze stvarne čvorove u mreži. Tako će se obuhvatiti svojstva na niskim frekvencijama, primarno određena supermodovima s dugačkim vremenom propagacije, ali i ona visokofrekvencijska, određena najkraćim odsječcima mreže.

U ponekim mrežama se može dogoditi da postoje manja odstupanja u duljinama vodova. Što je odstupanje manje, to je manja najveća zajednička mjera, pa zbog toga nastaje mnoštvo umjetnih čvorova, koje u beskraj komplicira račun, a zapravo generira pretežito prazne supermodove, čija je amplituda jednaka nuli. Primjerice, u nekoj mreži duljine svih vodova mogu biti *približno* jednake 10 metara. Recimo da su sve duljine negdje između 7 i 13 metara. Što ćemo tu učiniti? Pogledajmo za koliko kasni ili rani signal koji prolazi dvostruku dionicu od 3m više ili manje od prosječnog moda: $\tau = 2 \times 3 \text{ m} / 1,5 \times 10^8 \text{ m/s} = 40 \text{ ns}$. Pretpostavili smo da je brzina propagacije dvaput manja nego u vakuumu. Dakle, "trag" te razlike u kašnjenju neće se vidjeti na frekvencijama manjim od nekih 25 MHz,

a u području PLC sustava nas zapravo i ne zanimaju frekvencije znatno iznad 25 MHz. Štoviše, taj trag sigurno neće biti osobito dubok, jer samo dio energije supermoda dolazi s ovako velikim zakašnjenjem. Preostali dio stiže s manjom vremenskom razlikom, odnosno, energija impulsa grupirana je oko prosječne duljine grana, ali pokazuje izvjesnu disperziju. Dakle, pouka glasi: ako se duljine grana u mreži razlikuju od prosječne duljine tek za nekoliko metara, najbolje je usvojiti jednostavan model, pretpostavivši da su sve duljine jednake prosječnoj. U unutarnjim mrežama možemo zanemariti rasipanja od 3 m ili manje, dočim u vanjskim mrežama možemo zanemariti i razlike od nekih 8 m, budući da područje interesantno za vanjske mreže završava na 10 MHz.

4. ZAKLJUČAK

Propagacijski model za PLC mreže, koji je baziran u vremenskoj domeni, poopćen je za slučajeve proizvoljno složenih mreža razdjelnog tipa. Pronađeni algoritmi proračuna vrlo su komplicirani za izvršavanje, s obzirom da broj računskih operacija potrebnih za izračunavanje propagacije u jednom stacionarnom kanalu raste eksponencijalno s brojem grana u mreži, tako da izračuni u velikim mrežama gube smisao, u usporedbi s alternativnim pristupom u frekvencijskoj domeni.

LITERATURA

- [1] M.H.L. CHAN, R.W. DONALDSON, «Attenuation of Communication Signals on Residential and Commercial Intrabuilding Power-Distribution Circuits», IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. EMC-28, No.4, Nov. 1986.
- [2] L. SELANDER, «Powerline Communications: Channel Properties and Communication Strategies», PhD Thesis, Lund University, Sweden, 1999, dostupno na Internetu (2. lipnja 2004.): <http://www.enersearch.se/knowledgebase/publications/theses/pow-line.html>
- [3] K. DOSTERT, «High Speed Data Transmission over Power Lines Using Multi-Carrier (OFDM) Techniques», Frequenz, Vol. 54 (2000), No. 11-12.
- [4] O.G. HOOIJEN, «A Channel Model for the Residential Power Circuit Used as a Digital Communications Medium», IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 40, No. 4, Nov. 1998.
- [5] D. LIU et al, «Wide Band AC Power Line Characterization», IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 4, Nov. 1999.
- [6] K. DOSTERT, «Powerline Communications», Prentice Hall PTR, 2001.
- [7] M. ZIMMERMANN, K. DOSTERT, «A Multi-Path Signal Propagation Model for the Power Line Channel in the High Frequency Range», Proceedings of the 3rd International Symposium on Power-Line Communications, Lancaster, UK, 1999, dostupno na Internetu (2. lipnja 2004.): <http://www-iiit.etec.uni-karlsruhe.de/~plc/>
- [8] Z.A. BUKHALA et al, «Radio Frequency Signal Transmission on Medium Voltage Power Distribution Lines», IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 14, No. 1, Jan. 1999.
- [9] D. CHAFFANJON et al, «Differential and Common Mode Propagation in PLC Low Voltage Networks», IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 14, No. 2, April 1999.
- [10] D.M. POZAR, «Microwave Engineering», 2nd ed, John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- [11] S. HAYKIN, B. VAN VEEN, «Signals and Systems», John Wiley & Sons, Inc. 1999.
- [12] S. HAYKIN, «Communication Systems», 3rd ed, John Wiley & Sons, Inc. 1994.
- [13] D. VELJAN, «Kombinatorna i diskretna matematika», 1. izdanje, Algoritam, Zagreb, 2001.

PROPAGATION MODEL GENERALIZATION BASED ON TIME DOMAIN FOR PLC NETWORK

In the paper the propagation model generalization for PLC networks is given, that is, a mathematical model developed to count modes of spreading in composed networks is developed. Also, asymptotic characteristics of all distribution networks' time response are determined. The conclusion is that propagation models in a time domain applied on realistic (composed) networks need too much computing effort so that it is better to approach to the problem in the frequency domain.

VERALLGEMEINERUNG VON MODELLEN DER FERNMELDETECHNIK AUF MITTRAGENDEN STARKSTROMNETZEN IN ZEITLICHEM BEREICH

In dieser Arbeit wird das Modell der Fernmeldetechnik auf mittragenden Starkstromnetzen einer verallgemeinerung unterzogen, bzw. wird eine mathematische Behandlungsweise für die Abzählung der Verbreitungsabwandlungen in verflochtenen Netzen verwendet. Bestimmt werden ebenfalls asymptotische Eigenschaften der zeitlichen Abfrage aller Verteilungsnetze.

Es wurde die Folgerung gezogen, dass die auf dem zeitlichen Bereich begründeten Modelle

der Fernmeldetechnik in der Anwendung auf tatsächliche (verflochtene) Netze zuviel rechnerischen Aufwands beanspruchen, so dass es vorteilhafter ist diesem Problem im Bereich der Frequenzen beizutreten.

Naslov pisca:

Dr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
HEP Operator prijenosnog sustava d.o.o.
Kupska bb, 10000 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2004-12-08

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE I OKRUŽENJA

DOGOVOR O FINANCIRANJU PROGRAMA RAZGRADNJE NE KRŠKO

Na sastanku održanome 4. ožujka u NE Krško postignut je dogovor o financiranju cjelokupnog programa razgradnje nuklearke i odlaganja nisko i srednje radioaktivnog otpada te istrošenog nuklearnog goriva. Ukupno potrebna sredstva za realizaciju ovog programa iznose 350 milijuna eura. Svaka država će u za to formirani fond izdvajati po 14 milijuna eura godišnje u sljedećih 19 godina.

Lokacije za gradnju odlagališta još nisu određene. No, hrvatska je Vlada odlučila da se u Hrvatskoj neće graditi takav objekt.

Gradnje NE Krško počela je prije tri desetljeća, dalekih 1970-tih godina. Sporazum o gradnji dviju nuklearnih elektrana, jedne u Sloveniji, a druge u Hrvatskoj, sklopljen je 27. listopada 1970. godine. Za realizaciju sporazuma bila su imenovana elektroprivredna poduzeća: slovensko Savske elektrarne iz Ljubljane i hrvatsko Elektroprivreda iz Zagreba. Godine 1971. sklopila su sporazum o pripremi izgradnje NE Krško i osnovala koordinacijski odbor i radnu grupu za pripremu izgradnje, sa sjedištem u Krškom. Osim toga, godine 1974. sklopila su sporazum i ugovor o udruživanju sredstava za zajedničku pripremu i izgradnju elektrane, koji su potvrdile vlade obiju Republika. Suština tog sporazuma/ugovora je bila da je svaki od partnera obavezan osigurati i udružiti u zajedničku investiciju po 50 % ukupno potrebnih sredstava za pripremu izgradnje, izgradnju i rad NE Krško.

U travnju 1971. godine raspisan je natječaj za prikupljanje ponuda za izgradnju NE Krško. Na natječaj se javilo 5 ponuđača, a tražila se ponuda i od bivšeg Sovjetskog saveza, koja je bila vezana uz ranije sklopljeni bilateralni sporazum. S obzirom da je investitor želio međunarodni natječaj, ponuda Sovjetskog saveza, nije prihvaćena.

U ponudi se tražila izgradnja "ključ u ruke", što ASEA iz Švedske i AECL iz Kanade nisu mogle ponuditi. U užem izboru ostale su tako 3 ponude: General Electric/ Ansaldo (reaktor BWR, 840 MW), Kraftwerk Union (po 690 MW, reaktor AEG - BWR i Siemens s reaktorom PWR) te Westinghouse s reaktorom PWR i snagom 632 MW.

Nakon evaluacije ponuda, 1973. godine, odabran je kao najpovoljniji Westinghouse, koji je imao brojne reference i najkraći rok izgradnje od 53 mjeseca te povoljnije kreditne uvjete. U ljeto 1974. (22. kolovoza) sklopljen je glavni ugovor za gradnju NE Krško i dobavu nuklearnog goriva.

Za izvedbu cijelog projekta Westinghouse je osnovao konzorcij. Uz američke projektante bilo je angažirano više od 60 poduzeća iz bivše Jugoslavije. Za izgradnju građevinskog dijela objekta angažirana su bila poduzeća Hidroelektra iz Zagreba i GP Gradis iz Ljubljane. Montažu su obavili Hidromontaža i Đuro Đaković. Prvi rok za stavljanje u pogon NE Krško bio je travanj 1979. godine. Zbog kašnjenja taj rok je pomaknut na 15. listopad 1981. godine, kada počinje s proizvodnjom.

Kao gorivo služi obogaćeni uran. Istrošeno gorivo smješta se u bazen kod reaktora, a nisko i srednje radioaktivni otpad u bačve

koje su smještene u privremenom skladištu na lokaciji nuklearne elektrane.

SBK

NOVI INTERNI PRAVILNIK ZA SKLOPNE ARMATURE U METALNOM KUĆIŠTU

U Biltenu HEP-a broj 138. od 28. prosinca 2004. godine HEP Distribucija d.o.o. objavila je gransku normu pod nazivom "Tehnički uvjeti za sklopne armature u metalnom kućištu /RMU) za nazivne napone 12 i 24 kV".

Ova granska norma propisuje tehničke uvjete i temeljne smjernice za izbor, izvedbu, projektiranje, montažu, ispitivanje i održavanje srednjonaponskih sklopnih armatura u metalnom kućištu, za unutarnju ugradnju nazivnih vrijednosti napona do 20 kV, struje do 630 A i frekvencije 50 Mz.

Tehnički uvjeti su razvrstani u 11 cjelina. Osim uvodnog dijela, pojedine cjeline čine:

- opis radnih uvjeta
- definicije pojedinih pojmova
- utvrđivanje nazivnih vrijednosti
- konstrukcija i izvedba
- funkcionalne jedinice sklopne armature
- transformatorska polja
- tipska ispitivanja
- osiguranje kakvoće opreme kod isporuke, odnosno preuzimanja
- pravila za transport, skladištenje, ugradnju, upravljanje i održavanje
- sigurnost te
- popis korištenih normi.

Prema definiciji pojam **sklopna aparatura** primjenjuje se na sklopne aparate i njihove kombinacije s pripadajućom upravljačkom, mjernom, zaštitnom i regulacijskom opremom te na skupove takvih aparata i opreme s pripadajućim međusobnim spojevima, priborima, kućištima i nosivim konstrukcijama.

Ukoliko se radi o primjeni za upravljanje trošilima električne energije, koristi se pojam **upravljačka aparatura**.

Pojam **razvodna aparatura** koristi se kod primjene pri proizvodnji, prijenosu distribuciji i pretvorbi električne energije.

Nadalje su utvrđeni osnovni pojmovi za sve osnovne dijelove i djelovanja aparatura.

U dijelu konstrukcija i izvedaba sklopnih aparatura utvrđeni su:

- zahtjevi za tekućine i plinove
- uzemljenje i uzemljenje kućišta
- pomoćna i upravljačka oprema
- pokretanje: ovisno energetske i neovisno ručno, akumuliranom energijom
- rad okidača
- uređaji za podtlačne i nadtlačne blokade te uređaji za nadzor
- sadržaj natpisnih pločica
- indikatori položaja i stupnjevi zaštite određeni kućištem
- brtvljenje plina i vakuuma te brtvljenje tekućina
- zapaljivost i unutarnji kvar te
- elektromagnetska komaptibilnost.

Osnovne funkcionalne jedinice sklopne aparature su:

- dovodna/odvodna
- transformatorska
- spojna i
- mjerna jedinica.

Za svaku od osnovnih jedinica utvrđena je uz jednopolnu shemu i standardna oprema i njene karakteristike te dodatna oprema koju je moguće ugraditi.

U dijelu o tipskim ispitivanjima utvrđeni su:

- svrha i provođenje ispitivanja
- popis IEC normi vezanih uz ova ispitivanja
- podaci za identifikaciju ispitnog uzorka
- ispitno izvješće.

Nadalje su utvrđena tipska i komadna (rutinska) ispitivanja za:

- sklopne aparature u metalnom kućištu za nazivne napone 1 - 52 kV
- prekidače za izmjeničnu struju
- visokonaponske sklopke za napone od 1 – 52 kV
- srednjonaponske osigurače
- sustave za detekciju napona
- električne releje te
- kabele i kabelski pribor.

Što se tiče kakvoće opreme kod isporuke/preuzimanja, pri ugovaranju proizvođač i kupac utvrđuju plan nadzora kakvoće za vrijeme proizvodnje, tvornička ispitivanja radi preuzimanja te ispitivanja kod završne montaže. Uz svaki proizvod mora biti isporučena adekvatna dokumentacija u kojoj su sadržane upute za ugradnju, upravljanje i održavanje.

Utvrđena su pravila za transport, skladištenje i ugradnju, za što proizvođač mora osigurati upute.

Što se tiče sigurnosti, visokonaponske sklopne aparature bit će sigurne, ako su ugrađene, korištene i održavane sukladno utvrđenim normama (IEC).

Na kraju su prikazane korištene norme IEC i HRN.

SBK

PRAVILNIK O ELEKTROMAGNETSKOJ KOMPATIBILNOSTI

U Narodnim novinama broj 16. od 2. veljače ove godine objavljen je novi **Pravilnik o elektromagnetskoj kompatibilnosti**. Stupanjem na snagu ovog Pravilnika, prestaje vrijediti Pravilnik o označavanju tehničke opreme telekomunikacija, radijskih komunikacija, te električne i druge tehničke opreme koja ima potvrdu o elektromagnetskoj kompatibilnosti (NN 30/95.) i Pravilnik o elektromagnetskoj kompatibilnosti (30/00.).

Ovim se Pravilnikom propisuju zahtjevi elektromagnetske kompatibilnosti (EMC), kojima mora udovoljavati električna i druga oprema koja se proizvodi, uvozi i prodaje u zemlji. Također se propisuje način i postupci ocjenjivanja sukladnosti te opreme sa zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti, način i postupak ovlaštivanja tijela u sustavu ocjenjivanja sukladnosti, oznake i način označivanja električne i druge tehničke opreme te objava popisa harmoniziranih hrvatskih norma, kao i drugih europskih i međunarodnih norma iz područja elektromagnetske kompatibilnosti.

Novi Pravilnik se sastoji od 15 članaka i 5 dodataka u kojima se utvrđuje:

- područje primjene
- pojmovi i značenje
- stavljanje na tržište, stavljanje u pogon i uporabu
- zahtjevi elektromagnetske kompatibilnosti
- postupci ocjenjivanja sukladnosti
- postupak ovlaštivanja nadležnog tijela
- oznake sukladnosti i način označivanja
- harmonizirane norme
- naknade te
- nadzor.

U prilogima su utvrđeni:

- sadržaj podataka u izvavi o sukladnosti
- temeljni uvjeti koje mora ispunjavati nadležno tijelo
- oznaka sukladnosti CE
- oznaka sukladnosti C
- primjeri i popis skupina uređaja na koje se odnose glavni zaštitni zahtjevi EMC-a.

Prema članku 2. Pravilnik se primjenjuje na sve uređaje koji mogu uzrokovati elektromagnetske smetnje ili na koje te smetnje mogu utjecati narušavajući njihove radne karakteristike.

U članku 3. utvrđeni su pomovi koji se koriste i njihovo značenje.

- **dobavljač** - proizvođač uređaja, njegov ovlaštenu predstavnik u RH ili druga fizička ili pravna osoba odgovorna za uvoz i stavljanje uređaja na raspolaganje
- **elektromagnetska kompatibilnost (EMC)** - mogućnost naprave, uređaja ili sustava da djeluje zadovoljavajuće u svojem elektromagnetskom okruženju te ne uzrokuje štetne elektromagnetske smetnje drugoj opremi ili sustavima u tom okruženju
- **elektromagnetska smetnja** - svaka elektromagnetska pojava koja može narušiti radne značajke naprave, uređaja ili sustava, a obuhvaća elektromagnetski šum, neželjeni signal ili smetnju u mediju širenja elektromagnetskih valova
- **nadležno tijelo** - pravna osoba koja ispunjava postavljene uvjete i ima propisanu ovlast Vijeća Hrvatske agencije za telekomunikacije
- **ocjenjivanje sukladnosti (conformity assessment)** - postupak kojim se utvrđuje udovoljavanje zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti
- **otpornost na elektromagnetske smetnje** - mogućnost rada naprave, uređaja ili sustava bez narušavanja radnih značajki u prisutnosti elektromagnetske smetnje
- **ovlaštivanje** - postupak kojim Vijeće Hrvatske agencije za telekomunikacije daje ovlast pravnoj osobi za obavljanje poslova ocjenjivanja sukladnosti električne i druge tehničke opreme sa zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti
- **potvrda o sukladnosti** - potvrda kojom nadležno tijelo potvrđuje da ispitana vrsta električne ili druge tehničke opreme udovoljava odredbama ovoga Pravilnika
- **uređaj** - svaka električna i elektronička naprava zajedno s priborom i instalacijama, koja sadrži električne i/ili elektroničke sastavne dijelove.

Prema članku 4. uređaj se može staviti na tržište, staviti u pogon i upotrebljavati samo ako je označen oznakom sukladnosti, ako se pravilno instalira i održava te ako se upotrebljava u skladu sa svojom namjenom.

Zahtjevi elektromagnetske kompatibilnosti utvrđeni su u članku 5. Prema tome uređaji se moraju projektirati, proizvoditi, ugrađivati, upotrebljavati i održavati na način da:

- elektromagnetske smetnje, koje uređaji stvaraju, ne prelaze razinu koja dopušta radijskoj i telekomunikacijskoj opremi te drugim uređajima ispravan rad u skladu s njihovom namjenom
- imaju odgovarajuću razinu unutarnje otpornosti na elektromagnetske smetnje, što im omogućuje ispravan rad u skladu s njihovom namjenom.

Popis skupina uređaja, na koje se odnose glavni zaštitni zahtjevi elektromagnetske kompatibilnosti dan je u Dodatku 5. koji je tiskan uz ovaj Pravilnik i čini njegov sastavni dio.

Prema tome najviše razine elektromagnetskih smetnji, koje stvara određeni uređaj, ne smiju sprječavati uporabu osobito sljedećih skupina uređaja:

- kućnih radijskih i televizijskih prijamnika
- industrijske proizvodne opreme
- pokretne radijske opreme
- pokretne radijske opreme i komercijalne radiotelefone opreme
- medicinskih i znanstvenih uređaja
- informatičke opreme
- kućnih uređaja i elektroničke opreme za kućanstvo
- zrakoplovne i pomorske radijske opreme
- elektroničke opreme za izobrazbu
- telekomunikacijskih mreža i uređaja
- radijskih i televizijskih odašiljača
- svjetala i fluorescentnih žarulja.

Postupci ocjenjivanja sukladnosti utvrđeni su u članku 6. i 7. Prema tome za uređaje, koji su proizvedeni u skladu s harmoniziranim normama, dobavljač izdaje izjavu o sukladnosti kojom potvrđuje njihovu sukladnost sa zahtjevima.

Izjava o sukladnosti mora osobito sadržavati podatke navedene u Dodatku 1.

Dobavljač prije stavljanja na tržište mora dostaviti nadležnom tijelu, uz izjavu o sukladnosti, i ispitna izvješća kojima se dokazuje sukladnost tih uređaja s harmoniziranim normama.

U članku 8. utvrđuje se postupak ovlašćivanja nadležnog tijela. Vijeće Hrvatske agencije za komunikacije izdaje ovlast za obavljanje djelatnosti ocjenjivanja sukladnosti električne i druge tehničke opreme u skladu s posebnim pravilnikom, na temelju podnesenog zahtjeva pravne osobe i provedenog postupka utvrđivanja ispunjavanja temeljnih uvjeta iz Dodatka 2.

Oznake sukladnosti i način označavanja utvrđeni su u članku 9. Uređaj koji je sukladan svim propisanim zahtjevima, uključujući i postupke ocjenjivanja sukladnosti, prije stavljanja na tržište mora biti označen oznakom sukladnosti CE ili C, u skladu s odredbama ovoga Pravilnika.

Prema članku 10. Agencija redovito usklađuje i dopunjuje popis harmoniziranih norma iz područja elektromagnetske kompatibilnosti, potrebnih za ocjenjivanje sukladnosti iz članka 6. ovoga Pravilnika, te ih, prema potrebi, a najmanje jedanput godišnje, objavljuje u Narodnim novinama, a može ih objaviti i na Internetu te na drugi prikladan način.

Hrvatski zavod za norme obavezan je osigurati podatke o harmoniziranim normama koje su prihvaćene u Republici Hrvatskoj.

Ako u Republici Hrvatskoj nisu prihvaćene i objavljene hrvatske norme koje se odnose na elektromagnetsku kompatibilnost, za ocjenjivanje sukladnosti mogu se primjenjivati odgovarajuće europske ili međunarodne norme.

Za ovlasti te provedbu postupka ocjenjivanja sukladnosti, plaćaju se naknade prema članku 11., na način i u visini propisanoj Pravilnikom o plaćanju naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i djelatnosti.

Prema članku 12., inspekcijski nadzor nad provedbom odredaba ovoga Pravilnika, koje se odnose na nadzor električne i druge tehničke opreme na tržištu, provode inspektor telekomunikacija i inspektor Državnog inspektorata. O obavljenom nadzoru električne i druge tehničke opreme na tržištu inspektor vodi zapisnik. Nadalje su utvrđena ovlaštenja i obveze inspektora.

SBK

STRATEGIJA RAZVITKA SLUŽBENE STATISTIKE REPUBLIKE HRVATSKE 2004. – 2012.

U skladu sa Zakonom o službenoj statistici RH (NN 103/03.), tijekom 2004. godine, Državni zavod za statistiku pripremio je sljedeće programske dokumente:

- **Strategija razvoja službene statistike za razdoblje od 2004. – 2012. godine**
- **Program statističkih aktivnosti RH 2004. – 2007.**
- **Godišnji provedbeni plan statističkih aktivnosti RH 2004.**

Ovi dokumenti objavljeni su u Narodnim novinama broj 28. od 28. veljače 2005. godine.

Strategijom razvoja službene statistike za razdoblje od 2004. – 2012. godine određuju se dugoročni ciljevi koji su u znatnom dijelu određeni i strateškim ciljem Republike Hrvatske, tj. ulaskom u Europsku uniju, što pretpostavlja ubrzanje procesa harmonizacije sustava službene statistike Republike Hrvatske i statistike Europske unije.

Službena statistika temelji se na načelima UN-a: relevantnosti, nepristranosti, pouzdanosti, transparentnosti, pravodobnosti, stručne neovisnosti, racionalnosti, dosljednosti, javnosti, statističke povjerljivosti, korištenja individualnih podataka u isključivo statističke svrhe i javne odgovornosti.

Planirani razvoj procijenjen je na temelju potreba domaćih i međunarodnih korisnika statističkih podataka, ali i zadataka koje pred sustav službene statistike postavlja očekivano pridruživanje Europskoj uniji.

Strategijske ciljeve hrvatskoga statističkog sustava u ovom planskom razdoblju određuju s jedne strane ciljevi hrvatske države, njene obveze prema nacionalnim i međunarodnim prioritetima, a s druge strane postojeće stanje i realne mogućnosti statističkog sustava, sposobnost njegove promjene i objektivna raspoloživost potrebnih resursa.

Strategijski ciljevi određuju promjene koje će osigurati najveći pomak u planiranju, funkcioniranju i korištenju hrvatskoga statističkog sustava. Ujedno, takav skup ciljeva postavlja osnovicu za komunikaciju s međunarodnim statističkim sustavima osiguravajući usporedivost podataka i metoda, a time i jačanje povjerenja i primjenjivosti podataka hrvatskoga statističkog sustava u međunarodnom okruženju.

Strategija razvoja strukturirana je kroz pet područja:

- pravni temelj
- sustav službene statistike

- diseminacija i usluge korisnicima
- međunarodna suradnja
- ljudski resursi i organizacija rada.

Svako strategijsko područje obuhvaća niz dugoročnih strategijskih ciljeva razvoja hrvatskoga statističkog sustava. Dugoročni strategijski ciljevi se u Programu statističkih aktivnosti i Godišnjemu provedbenom planu iskazuju u konkretnim zadacima i skupovima statističkih pokazatelja, a izvode se iz misije, vizije, glavnih zadaća i strategijskih područja te odražavaju stvarne korisničke potrebe za statističkim podacima.

Pojedinačni ciljevi rezultat su razrade strategijskih ciljeva do razine konkretnih aktivnosti potrebnih za izradu statističkih proizvoda, odnosno skupova statističkih pokazatelja uobličeni u smislene cjeline koje odgovaraju potrebama korisnika za statističkim podacima. To su:

a) Statistički registri:

- uspostavljanje Statističkoga poslovnog registra, koji je glavni izvor podataka za većinu statističkih istraživanja u poslovnim statistikama, a zauzima i središnje mjesto u nacionalnim računima
- izrada i uvođenje u primjenu Statističkoga registra poljoprivrednih gospodarstava
- osnivanje Statističkoga registra stanova i zgrada.

b) Klasifikacije

- uspostavljanje i održavanje sustava međunarodno utvrđenih klasifikacija
- usklađivanje svih specifičnih klasifikacija prema klasifikacijama NKD (Nacionalna klasifikacija djelatnosti) i KPD (Klasifikacija proizvoda po djelatnostima)
- usklađivanje nacionalnih klasifikacija iz područja socijalne statistike prema međunarodnim klasifikacijama i njihovo međusobno povezivanje.

c) Poslovne statistike

Strateški ciljevi razvoja poslovnih statistika jesu:

- uspostavljanje konzistentnog sustava strukturnih poslovnih statistika harmoniziranog s Europskom unijom
- usklađivanje nacionalnog sustava kratkoročnih poslovnih statistika sa statističkim sustavom Europske unije i proizvodnja svih kratkoročnih poslovnih informacija za brzu i pouzdanu analizu poslovnog ciklusa i korekciju tekuće ekonomske politike
- uspostavljanje i ustrojavanje novog sustava nacionalnih energetske statistike prema konceptu Europske unije koji će osigurati strukturne i kratkoročne informacije o proizvodnji, potrošnji i cijenama po vrstama energije, o obnovljivim izvorima energije, učinkovitosti nacionalnoga energetske sektora i njegovu restrukturiranju, o subjektima uključenima u opskrbu, trgovinu i distribuciju energije sve do izračuna energetske statističke bilance prema konceptu Europske unije i nacionalnoj strategiji razvoja energetske sektora.

d) Statistika robne razmjene s inozemstvom

- uvođenje Intrastat-a, novog istraživanja za praćenje robne razmjene zemalja članica Europske unije na osnovi izvješća poslovnih subjekata koji sudjeluju u toj razmjeni te praćenje robne razmjene s trećim zemljama na temelju carinskih deklaracija.
- primjena propisa i metodologije Europske unije te na razini Republike Hrvatske određivanje zakonske regulative, nositelja i izvršitelja poslova i zadataka vezanih uz Intrastat.

e) Statistika poljoprivrede

Aktivnosti koje se trebaju provesti:

- provođenje revizija postojećih poljoprivrednih statistika na temelju Registra poljoprivrednih gospodarstava
- osnivanje i uvođenje tipologije poljoprivrednih posjeda (prema vrsti poljoprivredne proizvodnje i prema ekonomskoj snazi)
- uspostava i razvoj nacionalnog sustava agromonetarnih statistika usklađenih sa zahtjevima Europske unije, posebno u području cijena i ekonomskih računa u poljoprivredi i šumarstvu
- statistika zaštite okoliša, posebno u području troškova zaštite okoliša.

f) Socijalne statistike

U statističkom praćenju uskladit će se i dopuniti postojeći podaci o stanovništvu, tržištu rada, obrazovanju, kulturi, zdravstvu, sigurnosti i zaštiti potrošača, osobnoj potrošnji i socijalnoj zaštiti.

Na temelju tih podataka uvest će se izračun kratkoročnih indikatora i međunarodno usporedivih socijalnih pokazatelja koji obuhvaćaju pet važnih dimenzija društvene uključenosti stanovništva:

- financijski aspekt siromaštva
- zaposlenost
- zdravstvo
- obrazovanje
- stanovanje.

Socijalni pokazatelji, koje je definirao Eurostat i prema kojima će se razviti izračun na nacionalnoj i regionalnoj razini, omogućavaju periodično praćenje napretka zemlje prema zacrtanim ciljevima.

g) Makroekonomske statistike

U segmentu makroekonomskih statistika postoji opsežan plan i niz strateških ciljeva koje Državni zavod za statistiku namjerava ostvariti, kao što su:

- uvođenje izračuna tromjesečnog bruto domaćeg proizvoda (BDP) prema proizvodnom i potrošnom pristupu u tekućim i stalnim cijenama po načelu čiste djelatnosti, umjesto po institucionalnom načelu, kako se sada radi
- uz tromjesečni, izračunavat će se i godišnji BDP prema proizvodnom, potrošnom i dohodovnom pristupu, u tekućim i stalnim cijenama, po načelu čistih djelatnosti. Također će se pratiti i tekući računi te računi akumulacije
- izračunavanje BDP-a na regionalnoj razini (na razinama NUTS 2 i NUTS 3) i na taj način postići usporedivost s regijama Europske unije prema standardnim i općeprihvaćenim metodologijama, uključujući i račune kućanstava
- izračun tablica ponude i uporabe te simetrične input-output tablice za Republiku Hrvatsku u tekućim i stalnim cijenama
- uspostavljanje praćenja indeksa potrošačkih cijena kao nacionalni i kao harmonizirani model
- uspostavljanje satelitskih računa i provođenje potrebnih statističkih istraživanja koja će omogućiti uvid i u posredne utjecaje djelatnosti energije, turizma i ekologije na funkcioniranje cijelog društva.

h) Regionalna statistika

Uvođenje regija za statističko praćenje omogućit će daljnji razvitak regionalne statistike kao preduvjeta za planiranje i

praćenje regionalnog razvoja. Pored BDP-a koji će se izračunavati do razine NUTS 3 i tekućih računa kućanstava koji će se izračunavati do razine NUTS 2, strateški ciljevi razvitka su sljedeći:

- pokazatelji ekonomske aktivnosti stanovništva iz Ankete o radnoj snazi do razine NUTS 2 i NUTS 3
- ekonomski računi u poljoprivredi i šumarstvu do razine NUTS 2
- strukturno-poslovni pokazatelji (plaće i nadnice, brutoinvesticije u fiksni kapital, broj zaposlenih i drugo) na razini NUTS 2
- strukturni pokazatelji o proizvodnji i potrošnji energije na razini NUTS 2
- pokazatelji o prevezenoj robi i putnicima u međunarodnom prijevozu na razini NUTS 2
- pokazatelji o smještajnim kapacitetima, broju turista i noćenja na razini NUTS 2 i NUTS 3
- pokazatelji statistike obrazovanja na razini NUTS 2.

U skladu sa Sporazumom o stabilizaciji i pridruživanju Republika Hrvatska se obvezala do 2006. godine Komisiji Europskih zajednica dostaviti BDP po glavi stanovnika usklađen na razini NUTS 2. Provedba Ankete o radnoj snazi na razini NUTS 2 planira se također do 2006. godine.

Regionalna statistika po ostalim sektorima uvest će se do 2007. godine, što će omogućiti usporedivost statističkih regija Republike Hrvatske s regijama Europske unije na temelju istih standarda statističkog praćenja.

i) Rodna statistika

Odnosi se na statističke podatke koji održavaju realnost žena i muškaraca u svim sferama života, uključujući odnose između spolova. Takva statistika jasno ukazuje na stupanj ravnopravnosti spolova u društvu, a obuhvaća:

- iskazivanje sve statistike o pojedincima po spolu
- analiziranje i prikazivanje svih varijabli i karakteristika po spolu kao primarne i sveukupne klasifikacijske kategorije
- reflektiranje svih rodni pitanja u statističkim podacima.

Statistički sustav čine:

- nositelji statističkih aktivnosti
- davatelji podataka te
- korisnici službenih statističkih podataka.

Nositelji statističkih aktivnosti su Državni zavod za statistiku, Hrvatska narodna banka i uredi državne uprave u županijama te upravno tijelo Grada Zagreba, nadležni za poslove službene statistike, te druge ustanove određene Programom statističkih aktivnosti.

Državni zavod za statistiku jest središnja statistička ustanova koja obavlja pretežan broj statističkih aktivnosti u Republici Hrvatskoj.

Hrvatska narodna banka, koja djeluje neovisno i izvan sustava državne uprave, obavlja statističke aktivnosti u svojoj domeni, određenoj Zakonom o Hrvatskoj narodnoj banci (NN 36/01.).

Uredi državne uprave u županijama i upravno tijelo Grada Zagreba nadležni za poslove službene statistike prikupljaju, obrađuju i diseminiraju statističke podatke za područja pripadajućih županija, odnosno Grada Zagreba.

Uloga ostalih ovlaštenih tijela koja obavljaju statističke aktivnosti određene u Programu statističkih aktivnosti definirana je u skladu s iskazanim potrebama za statističkim pokazateljima iz njihovih domena.

Davatelji podataka jesu sve fizičke i pravne osobe na području Republike Hrvatske od kojih nositelji statističkih aktivnosti dobivaju podatke za statističke svrhe. Osim toga, tijela državne uprave koja posjeduju administrativne podatke dužna su ih staviti na raspolaganje nositeljima statističkih aktivnosti ako za to postoji potreba.

Korisnici službenih statističkih podataka nalaze se u svim područjima gospodarskog i društvenog života, od pojedinih građana, poslovnih subjekata, tijela zakonodavne, izvršne i sudske vlasti, tijela državne uprave i lokalne samouprave, akademskih, znanstvenih i istraživačkih ustanova te nevladinih organizacija do europskih i drugih međunarodnih ustanova.

Svrha djelovanja hrvatskoga statističkog sustava jest omogućiti:

- stanovništvu uvid u stvarnu i objektivnu sliku stanja u društvu
- gospodarstvenicima, državnoj upravi, političarima, javnim ustanovama i drugim organizacijama praćenje pojava i kretanja u društvu, njihovu analizu i dobivanje pouzdanih informacija na kojima će se temeljiti donošenje odluka, poduzimanje mjera i vođenje politike
- medijima i obrazovnim ustanovama prenošenje objektivnih i pouzdanih informacija o stanju i kretanjima u društvu
- znanstvenicima, analitičarima i istraživačima provođenje empirijskih studija društvenih i gospodarskih kretanja
- međunarodnim organizacijama, gospodarstvenicima i drugim nositeljima međunarodne suradnje provođenje njihovih aktivnosti na temelju međunarodno usporedivih statističkih pokazatelja.

Određeni pravnim okvirom, glavni su zadaci hrvatskoga statističkog sustava:

- prikupljanje, obrada i diseminacija statističkih podataka
- čuvanje stručne neovisnosti hrvatskoga statističkog sustava
- povećanje povjerenja javnosti u službenu statistiku
- međunarodna suradnja.

Program statističkih aktivnosti RH 2004. – 2007.

Za potrebe srednjoročnog planiranja razvoja službene statistike izrađen je Program statističkih aktivnosti, pri čemu se vodilo računa o potrebama korisnika i zahtjevima Europske unije, koji su navedeni u dokumentu Statistical Requirements Compendium 2002.

Program sadrži sljedeće:

- pregled razvojnih ciljeva prema Strategiji razvitka službene statistike RH
- pregled glavnih rezultata službene statistike RH koje treba proizvesti i desiminirati u svakom području, usklađenih s međunarodnim obvezama i standardima
- razinu diseminacije rezultata
- pregled najvažnijih infrastrukturnih i razvojnih aktivnosti, kao što su popisi i istraživanja s velikim obuhvatom, koje će se provesti ili će biti započete u razdoblju na koje se odnosi.

Godišnji provedbeni plan statističkih aktivnosti RH

Izveden je iz Programa statističkih aktivnosti RH 2004. – 2007., kao kratkoročni dokument, koji razrađuje statističke aktivnosti do razine statističkih istraživanja. Program obuhvaća:

- demografiju i socijalne statistike
- poslovne statistike
- statistiku poljoprivrede, šumarstva, ribarstva i zaštite okoliša
- makroekonomske statistike
- statističke infrastrukture.

Detaljno su specificirana istraživanja svake grupe, a za svako istraživanje utvrđeno je:

- nositelj službene statistike, odnosno posjednik administrativnog izvora podataka
- naziv statističkog istraživanja, odnosno administrativnog izvora podataka
- periodičnost
- kratki opis sadržaja podataka
- izvještajne jedinice
- način prikupljanja podataka
- rokovi prikupljanja
- obvezatnost davanja podataka
- veza s rezultatima ili aktivnostima u Programu
- rokovi objavljivanja rezultata
- razina objavljivanja rezultata
- razvoj u tijeku godine
- relevantni nacionalni standardi
- relevantni međunarodni standardi.

Za provedbu Godišnjeg provedbenog plana, osigurano je Državnom zavodu za statistiku, u ovoj godini, oko- 52 milijuna kuna u Državnom proračunu, što je znatno manje od sredstava osiguranih prošle godine, kada je to iznosilo oko 85 milijuna kuna.

Obveze HEP grupe prema ovom Godišnjem provedbenom planu utvrđene su i kratko prikazane u Energiji, god. 53/2004), broj 4.

Istraživanja se provode izvještajnom metodom, tj. putem izvješća na obrascima pripremljenim u Državnom zavodu za statistiku. U prikupljanju podataka sudjeluju Državni zavod za statistiku, Financijska agencija (FINA) i druge državne institucije kao i uredi državne uprave u županijama i upravno tijelo grada Zagreba, nadležni za poslove statistike.

Kako se podaci prikupljaju po županijama, lokalne organizacijske jedinice trgovačkih društava HEP grupe dostavljaju direktno podatke na županijske uredе.

Istodobno dostavljaju kopije podataka u HEP d.d. – Sektor za poslovnu informatiku – Odjel za statistiku i dokumentaciju, gdje se podaci objedinjuju na razini HEP grupe i kao službena statistika RH pohranjuju na elektronički medij.

SBK

ZAKON O PROIZVODNJI, DISTRIBUCIJI I OPSKRBI TOPLINSKOM ENERGIJOM

Djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom uređene su u RH sljedećim zakonima:

- Zakonu o energiji (NN 68/01)
- Zakonu o izmjenama i dopunama Zakona o energiji (NN 177/04)
- Zakonu o komunalnom gospodarstvu (NN 26/03)
- Zakon o koncesijama (NN 89/92)
- Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima (NN 91/96, 68/98, 80/99, 22/00, 73/00)
- Zakon o obveznim odnosima (NN 53/91, 73/91, 111/93, 3/94, 107/95, 7/96, 91/96, 112/99)
- Zakon o tržištu električne energije (NN 68/01)
- Zakon o regulaciji energetske djelatnosti (NN 68/01, 109/01)
- Uredba o održavanju zgrada (NN 64/97)
- Uredba o razdoblju na koje se izdaje dozvola za obavljanje energetske djelatnosti (NN 116/02)
- Uredba o izravnim mjerama kontrole cijena za određene komunalne usluge (NN 45/99)

- Pravilnik o uvjetima za obavljanje energetske djelatnosti (NN 6/03)

- Pravilnik o distribuciji plina (NN 104/02, 97/03).

Zakonom o energiji predviđeno je donošenje Zakona o proizvodnji, distribuciji i opskrbi toplinskom energijom, čime se sustavno i cjelovito uređuju sva pitanja iz područja obavljanja energetske djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom.

Zakon o proizvodnji, distribuciji i opskrbi toplinskom energijom objavljen je u Narodnim novinama broj 42., od 1. travnja 2005. godine. Zakon sadrži 41 članak, koji su podijeljeni u šest cjelina. Osim općih, kaznenih i završnih odredbi obuhvaća cjelina: obavljanje energetske djelatnosti, povlaštena kupac i nadzor.

Prema članku 2. u ovom Zakonu se koriste izrazi u smislu koji je utvrđen u Zakonu o energiji. Osim tih izraza koriste se i drugi izrazi koji imaju sljedeća značenja:

- **distribucijsko područje** – područje obavljanja djelatnosti u jedinici lokalne samouprave
- **energetski objekti za distribuciju toplinske energije** – objekti i uređaji za prijenos toplinske energije do kupca, od mjernog mjesta za preuzimanje toplinske energije do mjernog mjesta za prodaju toplinske energije (distribucijska mreža, pumpne i toplinske stanice, te mjerila toplinske energije)
- **energetski objekti za proizvodnju toplinske energije** – postrojenja za proizvodnju toplinske energije ukupne instalirane snage veće od 0,5 MW
- **energetski objekti kogeneracije** – postrojenja u kojima se istodobno u jedinstvenom procesu proizvodi električna i toplinska energija
- **opskrba toplinskom energijom** – prodaja toplinske energije kupcu
- **toplinska energija** – proizvedena energija namijenjena za zagrijavanje prostora ili u tehnološke svrhe (para, vrela i topla voda)
- **toplinski sustav** – tehnički sustav koji se sastoji od postrojenja i uređaja za proizvodnju i distribuciju toplinske energije
- **zajedničko mjerilo toplinske energije** – mjerilo kojim se registrira količina isporučene toplinske energije za dva ili više kupaca spojenih na zajedničku instalaciju centralnog grijanja.

Obavljanje energetske djelatnosti (proizvodnja, distribucije i opskrba toplinskom energijom) regulirano je u člancima 4. do 28.

Prema članku 4., proizvodnja toplinske energije za povlaštene kupce i opskrba toplinskom energijom povlaštenih kupaca obavljaju se prema pravilima kojima se uređuju tržišni odnosi. Osim toga, energetske djelatnosti proizvodnja toplinske energije za tarifne kupce i opskrba toplinskom energijom tarifnih kupaca obavljaju se na regulirani način.

Energetska djelatnost distribucije toplinske energije obavlja se kao javna usluga.

U izradi dokumenata prostornog uređenja koje donosi Hrvatski sabor, prema članku 5. sudjeluje Ministarstvo. Osim toga, ovim člankom se uređuje sudjelovanje ostalih upravnih tijela državne i lokalne uprave.

Člankom 6. utvrđuje se izdavanje lokacijske dozvole za građevinu u kojoj se nalazi energetski objekt za proizvodnju toplinske energije, posebni uvjeti glede proizvodnje i distribucije toplinske energije.

U člancima 7. do 10. utvrđuju se uvjeti, tehnički uvjeti i način **proizvodnje toplinske energije.**

Prema članku 7., dozvolu za obavljanje energetske djelatnosti proizvodnje toplinske energije, izdaje Hrvatska energetska regulatorna agencija – HERA. Isto tako se utvrđuju uvjeti kada nije potrebna dozvola, odnosno da dozvola nije potrebna za obavljanje energetske djelatnosti proizvodnje toplinske energije koja se proizvodi isključivo za vlastite potrebe ili se proizvodi u proizvodnim objektima snage do 0,5 MW, te kada energetski subjekt proizvodi toplinsku energiju u postrojenjima u svom vlasništvu ili u postrojenjima koje koristi na temelju ugovora zaključenog s vlasnikom postrojenja.

U članku 9. je utvrđeno, da izgradnja energetskog objekta kogeneracije ima prednost pri odabiru energetskog rješenja kod donošenja odluke o izgradnji energetskih objekata. Utvrđuje se i status i način stjecanja statusa povlaštenog proizvođača toplinske energije.

Nadalje, u članku 10. se utvrđuje izravno ugovaranje prodaje toplinske energije povlaštenim kupcima.

Distribucija toplinske energije utvrđena je u člancima 11. do 25.

Obveza jedinica lokalne samouprave, koje na svom distribucijskom području imaju energetske objekte za distribuciju toplinske energije, da su dužne osigurati trajno obavljanje energetske djelatnosti distribucije toplinske energije, propisano je u članku 11.

U člancima 12. do 18. definirani su način i uvjeti za dobivanje koncesije, vrijeme na koje se izdaje, te da se ona dodjeljuje na temelju natječaja. U članku 14. je utvrđeno da koncesiju daje ovlašteno tijelo jedinice lokalne samouprave. Koncesijom se može steći pravo obavljanja energetske djelatnosti distribucije toplinske energije, te pravo izgradnje energetskih objekata za distribuciju toplinske energije.

Prema članku 20., energetski subjekt koji obavlja energetske djelatnosti distribucije toplinske energije odgovoran je za:

- razvitak, izgradnju, upravljanje, nadzor, vođenje pogona i održavanje energetskih objekata za distribuciju toplinske energije
- izradu planova izgradnje i razvoja toplinskog sustava, usklađenih s planovima i programima jedinice lokalne samouprave
- funkcionalnu ispravnost i pouzdanost energetskih objekata za distribuciju toplinske energije
- usklađeno djelovanje različitih energetskih objekata za distribuciju toplinske energije,
- osiguravanje pristupa distribucijskoj mreži za treće osobe na reguliranoj osnovi,
- ugovaranje toplinske energije prema planu za tekuću godinu, a u skladu s instaliranom snagom kapaciteta
- davanje informacija o budućim potrebama za toplinskom energijom te ostalih informacija potrebnih Agenciji
- marketing sustava, odnos s kupcima i statističko informiranje o poslovanju.

Metodologija pravednog rasporeda troškova proizvodnje i distribucije toplinske energije između energetskih subjekata, primjenom odgovarajućih utjecajnih parametara (cijena energetskog goriva i kretanje cijena valuta na tržištu), utvrđuje se Tarifnim sustavom za usluge energetskih djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom, utvrđeno je u članku 21.

Tarifnim sustavom za usluge energetskih djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom, prema članku 25., utvrđuje se na jedinstven način za cijelo područje Republike Hrvatske vrsta korisnika s obzirom na ogrjevni medij, razdoblje

isporuke, količina i dinamika potrošnje toplinske energije te tarifne stavke za obračun cijene toplinske energije.

Visina tarifnih stavki ovisi o troškovima proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom distribucijskog područja.

Opskrba toplinskom energijom tarifnih kupaca definirana je člancima 26. do 28.

Prema članku 27. energetski subjekt koji obavlja energetske djelatnosti opskrbe toplinskom energijom jamči kontinuitet i pouzdanost sustava opskrbe toplinskom energijom u dogovoru s energetskim subjektom koji obavlja energetske djelatnosti distribucije toplinske energije. Također je odgovoran za osiguranje dovoljne količine i kvalitete toplinske energije za potrebe tarifnih kupaca i osiguranje obavljanja energetske djelatnosti opskrbe toplinskom energijom na svojem području.

U članku 29. utvrđen je status povlaštenog kupca. Prema tome, povlašten kupac može slobodno izabrati energetski subjekt za proizvodnju toplinske energije.

Danom stupanja na snagu ovoga Zakona, status povlaštenog kupca stječe kupac koji u kalendarskoj godini ima potrošnju koja odgovara zakupljenoj toplinskoj snazi u vremenu od najmanje 3 700 vršnih sati ili više od 15% ukupno distribuirane pare ili vrele vode na distribucijskom području u prethodnoj kalendarskoj godini.

Pitanje nadzora regulirano je u člancima 30. i 31. Prema tome, upravni nadzor nad provedbom ovoga Zakona i propisa donesenih na temelju ovoga Zakona obavlja Ministarstvo, dok inspekcijски nadzor obavljaju Državni inspektorat i drugi nadležni inspektori prema posebnim propisima. U članku 31. utvrđena su ovlaštenja inspektora Državnog inspektorata.

Kaznene odredbe regulirane su u člancima 32. i 33., gdje su utvrđene novčane kazne za kršenje ovog Zakona, kao za energetske subjekte tako i za tarifne kupce.

U prijelaznim i završnim odredbama u člancima 36. i 37. utvrđeni su propisi i pravilnici koje je treba donijeti, tko ih treba donijeti i rokovi do kada trebaju biti doneseni te su prikazani u priloženoj tablici

Članak	Opis dokumenta	Tko ga donosi	Rok za donošenje
8.	Parametre o vrsti, snazi, učinkovitosti postrojenja, gorivu, utjecaju na okoliš, izvore i iznose financijske potpore za energetske objekte povlaštenog proizvođača toplinske energije	Vlada RH	9.04.2006.
8	Tehnički uvjeti za energetske objekte za proizvodnju toplinske energije	Ministar gospodarstva uz suglasnost Ministra graditeljstva	9.04.2006.
9.	Pravilnik o uvjetima za status povlaštenog proizvođača toplinske energije	Ministar gospodarstva	9.10.2005.
24.	Pravilnik o načinu raspodjele i obračuna troškova za isporuku toplinske energije	Ministar gospodarstva	9.10.2005.
38.	Usklađivanje akata jedinica lokalne samouprave s ovim Zakonom	Predstavnička tijela ili druga tijela jedinica lokalne samouprave	9.04.2006.

Do stupanja na snagu u tablici navedenih podzakonskih akata primjenjuju se podzakonski akti koji uređuju pitanja energetske djelatnosti proizvodnje, distribucije i opskrbe toplinskom energijom, ako nisu u suprotnosti s odredbama ovoga Zakona.

SBK

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U RH

U publikaciji **Mjesečno statističko izvješće** Državni zavod za statistiku objavljuje godišnje i mjesečne statističke podatke o gospodarskim i drugim kretanjima u Republici Hrvatskoj.

Podaci koji su ovdje korišteni predstavljaju rezultate statističkog istraživanja **Mjesečno istraživanje o industrijskoj proizvodnji i zaposlenima IND-1/MPS**. Prikupljeni su od izvještajnih jedinica od županijskih ureda za statistiku na temelju Zakona o statistici (NN 103/03). Za prikupljanje ovih podataka korišteni su **Statistički standardi** za Mjesečno istraživanje o industrijskoj proizvodnji i zaposlenima (IND-1/MPS), objavljeni u Narodnim novinama broj 19/04. Oni uključuju revidiranu Nomenklaturu industrijskih proizvoda – NIPUM 2004, koja je usklađena s europskim dokumentima. Koncepti i definicije koji se koriste u IND-1/MPS istraživanju također su usklađeni s konceptima i definicijama iz Propisa o kratkoročnim statistikama EU za indeks industrije proizvodnje.

Ovdje su prikazani detaljnije podaci za razdoblje od 2000. do kraja 2004. godine za područje E40 "Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom". Uključeni su proizvodni objekti locirani u Republici Hrvatskoj bez obzira na vlasništvo. Nisu uključeni proizvodni objekti izvan Republike Hrvatske u vlasništvu poslovnih subjekata iz Hrvatske. Električna energija proizvedena u elektranama lociranim izvan Hrvatske tretira se kao uvoz.

Podaci se prikupljaju provedbom statističkih istraživanja, koja organizira Državni zavod za statistiku. Istraživanja se provode

kroz godišnji provedbeni plan, a na temelju dugoročne strategije razvitka službene statistike Republike Hrvatske. Podaci se prikupljaju putem izvješća mjesečno, tromjesečno ili godišnje. Za područje energetske djelatnosti u Hrvatskoj izdvojeni su sljedeći podaci i iskazane mjesečne vrijednosti i prosjeci te godišnje vrijednosti i prosjeci:

- proizvodnja električne energije
- indeksi cijena električne energije pri proizvođačima
- neto i bruto plaća za područje E40.

Struktura proizvodnje i proizvodnja električne energije u RH prikazana je u tablici 1. i dijagramima na slikama 1a. do 1d. Prikazano je razdoblje od 2000. do 2004. godine.

Od 2000. godine bilježi se stalni porast proizvodnje električne energije (slika 1a.). Uzevši 2000-tu godinu sa 100 %, u 2001. ostvaren je porast od 14 %, u 2002. taj porast iznosi 18 %, a u 2003. godini 29 %.

U 2004. godini ukupno ostvarena proizvodnja električne energije u RH iznosi 13.978.783 MWh, što je povećanje od 36% u odnosu na 2000. godinu.

Iz raspodjele proizvodnje po mjesecima (slika 1b.) vidljivo je da je porast proizvodnje u odnosu na prethodne godine ostvaren od travnja do rujna 2004. godine.

Što se tiče udjela termo i hidroenergije (slike 1c. i 1d.), udio termoenergije u 2000. i 2001. godini je manji od udjela hidroenergije.

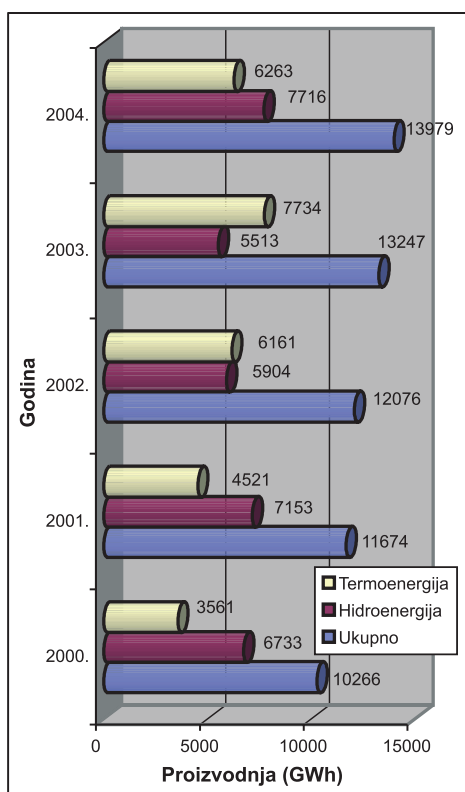
U 2002. godini podjednaki je udio termo i hidroenergije. U 2003. godini, koja je bila sušna, udio termoenergije je veći (58 %) od udjela hidroenergije (42 %).

Kad se gleda ukupno proizvedena električna energija u 2004. godini, udio hidroenergije veći je od udjela termoenergije i iznosi 55 %. No, u mjesecima od srpnja do listopada, veći je udio termoenergije. U mjesecu srpnju taj udio iznosi 65 %.

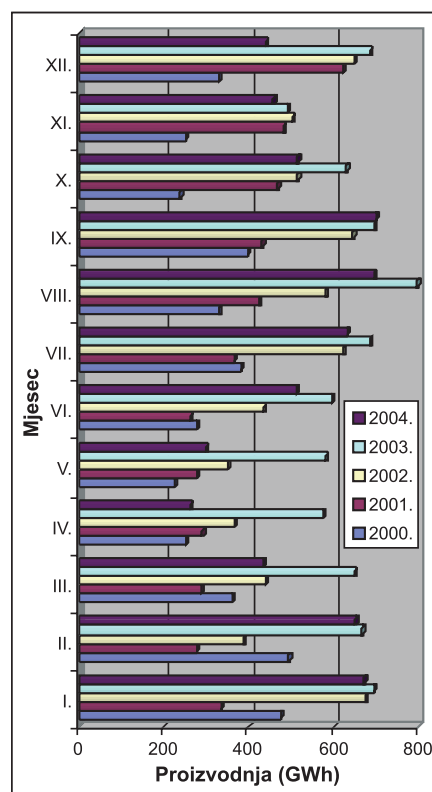
Tablica 1. Struktura proizvodnje električne energije u RH za razdoblje 2000. - 2004.

MWh

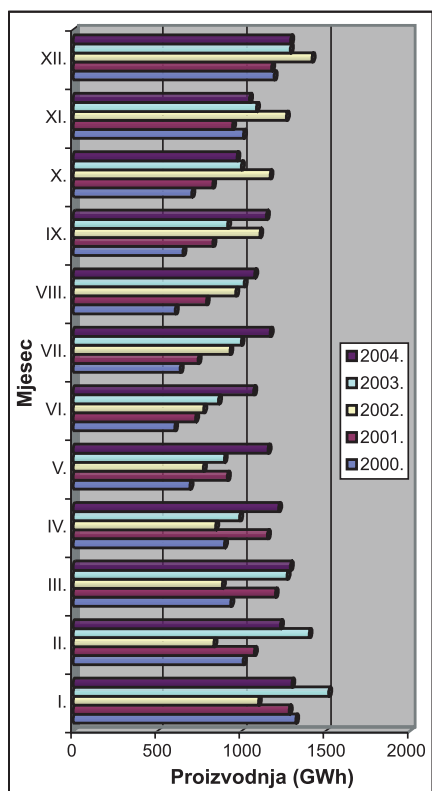
Mjeseci	Godina														
	2000.			2001.			2002.			2003.			2004.		
	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I.	1321920	848409	473511	1282765	946856	335909	1100362	424871	675491	1517233	824162	693071	1298770	627528	671242
II.	1009643	960229	49414	1075673	799630	276043	835308	448791	386517	1401478	735048	666430	1230971	581608	649363
III.	936274	603750	359524	1200649	913302	287347	885835	447341	438494	1270038	621429	648609	1289642	856262	433380
IV.	898208	647763	250445	1154184	863697	290487	845722	479400	366322	988938	414647	574291	1220335	958159	262176
V.	693741	468909	224832	915934	638699	277235	773914	424153	349761	897663	316477	581186	1157657	858628	299029
VI.	602892	327141	275751	726608	463147	263461	775233	341715	433518	863641	269900	593741	1072821	562408	510413
VII.	635631	254809	380822	742156	375972	366184	930891	308070	622821	997782	314142	683640	1170233	539884	630349
VIII.	606491	275812	330679	791206	367140	424066	965719	385106	580613	1015745	220713	795032	1078229	382356	695873
IX.	652328	255622	396706	829872	397987	431885	1108523	453459	644064	916922	221702	695220	1148010	448562	699448
X.	704971	465683	239288	828937	361512	467425	1169419	653982	515437	999174	370554	628620	972957	457670	515287
XI.	1010782	759590	251192	946498	465279	481219	1266250	763888	502362	1088511	598175	490336	1047211	590325	456886
XII.	1193571	865010	328561	1179070	559299	619771	1418603	772880	645723	1289881	605977	683904	1291947	852151	439796
Ukupno	10266452	6732727	3560725	11673552	7152520	4521032	12075779	5903656	6161123	13247006	5512926	7734080	13978783	7715541	6263242



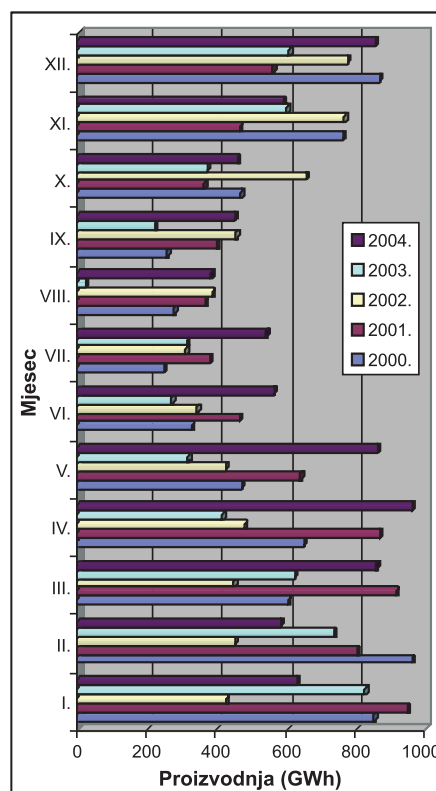
Slika 1a. Struktura proizvodnje električne energije 2000. - 2004.



Slika 1c. Proizvodnja u HE po mjesecima 2000. - 2004.



Slika 1b. Ukupna proizvodnja po mjesecima (GWh) 2000. - 2004.



Slika 1d. Proizvodnja u TE po mjesecima 2000. - 2004.

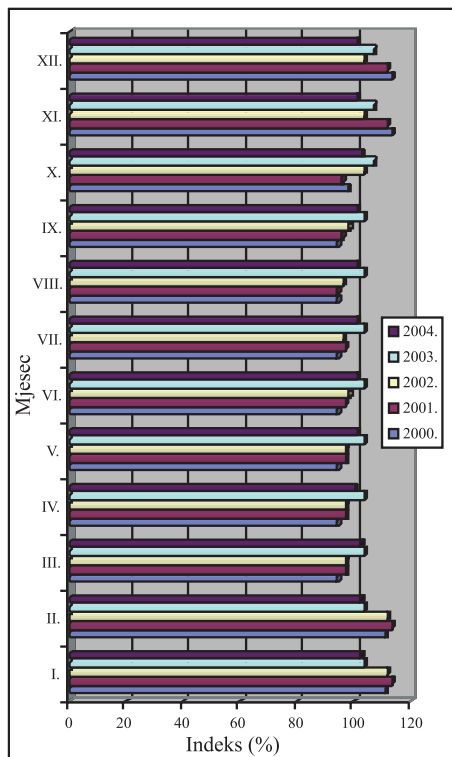
Mjesečni indeksi cijena električne energije pri proizvođačima prikazani su u tablici 2. te dijagramom na slici 2.

Prodajne cijene industrijskih proizvoda pri proizvođačima prikuplja Državni zavod za statistiku putem obrazaca C-41. To su cijene po kojima proizvođači prodaju svoje proizvode na domaćem tržištu u najvećim količinama. U prodajnu cijenu ulaze subvencije ili regres koji ostvaruje prodavač, a isključuje se rabat i popust koji prodavač daje kupcu u izvještajnom razdoblju te poseban porez i PDV.

Indeks cijena utvrđuje se ponderiranim postupkom, pri čemu se za ponderu uzima vrijednost proizvoda prodanih na domaćem tržištu tijekom jedne godine.

Tablica 2. Mjesečni indeksi cijena električne energije pri proizvođačima od 2000. do 2004.

Mjesec	Godina				
	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.
I	2	3	4	5	6
I.	111,2	113,5	111,6	103,6	102,6
II.	111,2	113,5	111,6	103,6	102,6
III.	94,3	97,2	97,2	103,6	102,6
IV.	94,3	97,2	97,2	103,6	100,5
V.	94,3	97,2	97,2	103,6	101,1
VI.	94,3	97,1	98,5	103,6	101,1
VII.	94,3	97,1	96,1	103,6	101,1
VIII.	94,3	94,4	96,1	103,6	101,1
IX.	94,3	95,9	98,5	103,6	101,1
X.	98,1	95,9	103,7	107,2	103,0
XI.	113,3	111,7	103,6	107,2	101,1
XII.	113,3	111,7	103,6	107,2	101,1



Slika 2. Mjesečni indeksi cijena električne energije 2000. - 2004.

U 2000. godini, u studenom i prosincu najveći indeks iznosio je 113,3, a najmanji u razdoblju travanj – rujna u iznosu od 94,3.

U 2001. godini najveći indeks cijena od 113,5 ostvaren je u siječnju i veljači, a najmanji od 94,4 u kolovozu.

U 2002. godini najveći indeks od 111,6 ostvaren je u siječnju i veljači, a najmanji od 96,1 u srpnju i kolovozu.

U 2003. godini, u prvih devet mjeseci indeks iznosi 103,6. U zadnja tri mjeseca njegova vrijednost iznosi 107,2.

U 2004. godini, u prva tri mjeseca ostvaren je indeks od 102,6. U travnju indeks pada na iznos od 100,5, da bi u svibnju i porastao na 101,1, ostao u tom iznosu do rujna te studeni i prosinac. U listopadu je porastao na 103,0.

Uzevši u obzir razdoblje od 2000. do polovice 2004. godine najveći indeks ostvaren je u siječnju i veljači 2001. godine u iznosu od 113,5, dok je najmanji ostvaren u razdoblju ožujak – rujna u 2000. godini u iznosu od 94,3.

SBK

ZAPOSLENICI I PLAĆE U DJELATNOSTI OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM, PLINOM, PARI I TOPLOM VODOM

Što se tiče broja ukupno zaposlenih u Republici Hrvatskoj u prva dva mjeseca 2004. godine broj zaposlenih bio je u padu, a u ožujku, travnju, svibnju i lipnju 2004. zabilježen je porast od 0,2 % u travnju, 0,7 % u svibnju i 0,7 % u lipnju. Broj zaposlenih u prvih šest mjeseci 2004. godine u odnosu na isto razdoblje 2003. godine porastao je za 0,5 %.

Nominalni realni indeksi bruto i neto plaća pokazuju pad u prva dva mjeseca 2004. godine, porast u ožujku, u travnju ponovno pad, a u svibnju ponovno porast i to nominalno za oko 1 % i realno za oko 0,4 %. U odnosu na isti mjesec prethodne godine nominalni porast neto plaća iznosi 4,9 % a bruto plaća 5,7 %. U prvih pet mjeseci 2004. godine u odnosu na isto razdoblje 2003. godine bilježi se nominalni porast neto plaća za 5,9 %, a bruto plaća za 6,6 %.

Za djelatnost opskrbe električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom

podaci o zaposlenima, koji se iskazuju kao godišnji prosjek rezultat su obrade mjesečnih istraživanja i godišnjeg istraživanja (obrazac RAD-1G) koje se provodi jedanput godišnje, sa stanjem 31. ožujka. Podaci o zaposlenima koji se odnose na mjesečno stanje rezultat su obrade podataka iz redovitog mjesečnog istraživanja koje se provodi na obrascima RAD-1. Provođenjem ovog istraživanja prikupljaju se i podaci o isplaćenim neto i bruto plaćama. Podaci se objavljuju u mjesečnim statističkim izvješćima koje izdaje Državni zavod za statistiku. Izvor podataka koji slijede je "Mjesečno statističko izvješće", brojevi od 1. do 12.

Broj zaposlenih u razdoblju od 2000. i 2001. godine kreće se oko 18.000, u 2002., 2003. i 2004. oko 17.500 zaposlenih.

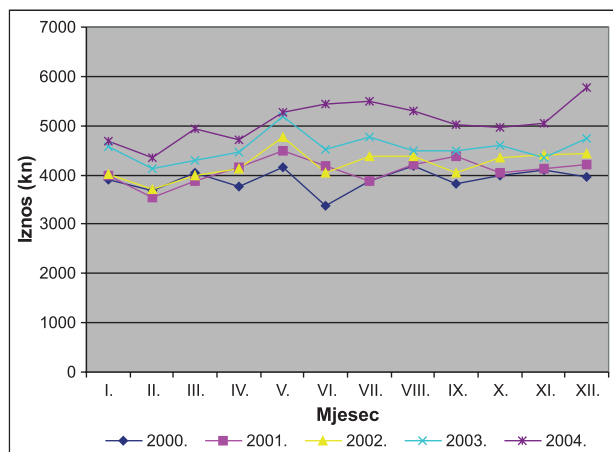
Prosječna mjesečna isplaćena neto plaća obuhvaća plaće zaposlenih za izvršene poslove po osnovi radnog odnosa i naknade za godišnji odmor, plaćeni dopust, državne blagdane i neradne dane, bolovanja do 42 dana, odsutnost za stručno obrazovanje, obnašanje vojne obveze, naknadu za topli obrok i ostalo utvrđeno zakonom.

Prosječna mjesečna bruto plaća obuhvaća sve vrste neto isplata po osnovi redovitog radnog odnosa i zakonom propisana obvezna izdvajanja, doprinose, poreze i prireze.

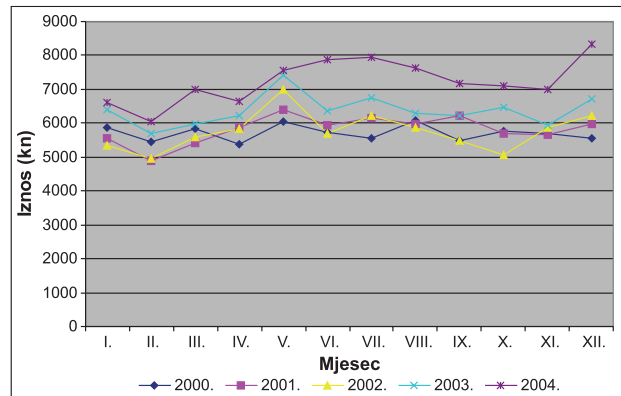
U tablici 1. te dijagramom na slikama 1. i 2. prikazana je prosječna mjesečna isplaćena neto i bruto plaća za razdoblje od 2000. do 2004. godine za djelatnost opskrbe električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom.

Tablica 1. Prosječna mjesečna neto i bruto plaća od 2000. do 2004. (kuna)

Godine	2000.		2001.		2002.		2003.		2004.	
Mjeseci	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto
I.	3910	5884	3988	5561	4025	5353	4567	6401	4686	6599
II.	3690	5465	3536	4896	3711	4942	4126	5703	4337	6046
III.	4031	5839	3878	5415	3995	5607	4295	5964	4935	7007
IV.	3757	5365	4162	5876	4128	5831	4457	6217	4706	6638
V.	4155	6038	4484	6388	4778	7008	5184	7427	5271	7575
VI.	3372	5740	4186	5924	4035	5693	4511	6346	5427	7866
VII.	3874	5564	3874	6158	4373	6224	4759	6734	5485	7935
VIII.	4176	6065	4214	5972	4369	5880	4495	6288	5293	7615
IX.	3821	5478	4369	6231	4053	5477	4477	6240	5021	7169
X.	3993	5753	4057	5709	4345	5078	4606	6466	4961	7084
XI.	4108	5710	4130	5671	4410	5886	4364	5946	5045	6984
XII.	3953	5545	4202	5965	4436	6223	4744	6703	5780	8318
Prosjeck	3903	5704	4090	5814	4222	5767	4549	6370	5079	7236



Slika 1. Prosječne mjesečne neto plaće od 2000. do 2004.



Slika 2. Prosječne mjesečne bruto plaće od 2000. do 2004.

Tablica 2. Prosječna neto i bruto plaća po godinama od 2000. do 2004.

	kuna				
	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.
Neto	3903	4090	4222	4549	5079
Bruto	5704	5814	5767	6370	7236

Iz podataka se vidi da prosječne plaće u promatranom razdoblju rastu.

Ako se 2000. godina uzme sa 100 %, onda je rast prosječne mjesečne neto plaće u 2001. 5 %, u 2002. 8 %, u 2003. 17 % i u 2004. godini 30 %.

SBK

IZ INOZEMNE STRUČNE LITERATURE

SPECIFIČNI POTROŠAK PRIMARNE ENERGIJE

U 15 starih članica EU, potrošak primarne energije po glavi stanovnika i godini, vrlo je različit. To ovisi o mnogo utjecajnih faktora, npr. o klimi, industrijalizaciji, prometu itd. Prema podacima udruge njemačke elektroprivrede VDEW, u EU je prosječan potrošak primarne energije iznosio, godine 2003., oko 6 SKE (1 kg SKE = ekvivalentni ugljen = 7000 kcal = 29,308 kJ) i skoro za polovicu manji nego u SAD. U priloženoj tablici naznačen je specifični potrošak primarne energije u tonama SKE po glavi stanovnika i godini.

Zemlja	tona SKE	
	2003.	2002.
Finska	10,17	9,79
Švedska	7,99	8,17
Belgija	8,10	7,87
Nizozemska	7,09	6,90
Francuska	6,30	6,20
Njemačka	6,02	6,00
Irska	5,29	5,59
V. Britanija	5,52	5,47
Austrija	5,63	5,40
Danska	5,43	5,25
Španjolska	4,74	4,63
Italija	4,44	4,26
Grčka	3,90	3,79
Portugal	3,53	3,63
Luksemburg	-	-
EU	5,67	5,59
SAD	11,29	11,39
Norveška	7,46	8,35
Japan	5,76	5,80

EW, god. 104(2005), broj 3

Mrk

CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE U EUROPSKOJ UNIJI

Statistička služba Europske unije, Eurostat, izdala je koncem 2004. godine detaljni pregled cijena električne energije u svim zemljama Europske unije sa stanjem 1. srpnja 2004. godine (*Electricity prices for EU on 1 July 2004, Eurostat, 26.11.2004*). Iznose se najzanimljiviji podaci iz tog statističkog prikaza i uspoređuju s prilikama u Hrvatskoj i to za cijene koje uključuju sve poreze i takse.

Prilike u Hrvatskoj utvrđene su prema Tarifnom sustavu od 10. listopada 2002. godine, koji tarifni sustav je bio na snazi i 1. srpnja 2004. godine.

Počnimo s cijenama u industriji. Uzet je primjer poduzetnika ili industrije priključene na srednjonaponsku mrežu, uz godišnju potrošnju od 2 milijuna kilovatsati i vršno opterećenje od 500 kW.

CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA INDUSTRIJU (EUROCENT/KWH)

Potrošnja 2 GWh/god/500 kW, stanje 1.7.2004

UKLJUČENI SVI POREZI I TAKSE

Zemlja	Sl.kurs*
Italija	12,06
Danska	10,77
Njemačka	9,89
Belgija-Bruxelles	9,74
Cipar	9,49
Irska	9,22
Austrija	8,96
Mađarska	8,74
Slovačka	8,27
Luksemburg	8,06
Portugal	7,14
Francuska-Paris	6,91
Finska	6,87
Grčka	6,80
Rumunjska	6,74
Hrvatska, model SN	6,67
Malta	6,57
Španjolska	6,56
Ujedinjeno Kraljevstvo	6,44
Slovenija	6,34
Poljska	6,27
Norveška	6,03
Litva	5,97
Češka	5,83
Estonija	5,57
Švedsla	5,45
Bugarska	4,91
Latvija	4,52

* Prema službenom kursu, npr. 1 euro = 7,37 kuna (1.07.2004.)

U tu cijenu uključeni su svi porezi i takse (naknade, doprinosi) a ta je cijena dobivena dijeljenjem ukupnih godišnjih izdataka za električnu energiju i ukupne godišnje potrošnje. Za hrvatske prilike uzeta je cijena iz modela za srednji napon i pretpostavljeno je da jednu četvrtinu godišnje energije (dakle 2/4 GWh) kupac koristi u doba više sezone u višoj dnevnoj tarifi, drugu četvrtinu u doba više sezone u nižoj dnevnoj tarifi, treću četvrtinu u doba niže sezone u višoj i posljednju četvrtinu u doba niže sezone u nižoj dnevnoj tarifi, te da mu je vršno opterećenje svih mjeseci bilo 500 kW. Uz takve pretpostavke, prosječna hrvatska industrijska cijena izašla je 6,67 eurocenta/kWh (ili okruglo oko 50 lipa/kWh). Dakle dvostruko niža od najviše cijene, a na razini nekakve prosječne europske cijene ili nešto ispod toga.

CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA KUĆANSTVA (EUROCENT/KWH)

Potrošnja 3500 kWh/god (2200 kWh u dnevnoj + 1300 kWh u noćnoj tarifi), Stanje: 1.7.2004

UKLJUČENI SVI POREZI I TAKSE

Država	Sl.kurs*
Danska	22,54
Italija	19,27
Nizozemska	17,68
Njemačka	17,20
Belgija-Bruxelles	14,79
Austrija	14,28
Luksemburg	13,67
Švedska	13,65
Portugal	13,50
Irska	12,56
Slovačka	12,43
Norveška	12,05
Francuska-Paris	11,69
Španjolska	10,79
Finska	10,60
Mađarska	10,50
Slovenija	10,33
Cipar	10,26
Hrvatska, dvotarifno - bijeli model	8,73
Poljska	8,44
Ujedinjeno Kraljevstvo	8,37
Češka	8,05
Latvija	6,82
Estonija	6,78
Grčka	6,71
Litvanija	6,32
Bugarska	6,14
Malta	5,04

Cijene u kućanstvu uzete su za kućanstvo koje troši godišnje 3500 kilovatsati, i to 2200 kWh u dnevnoj (višoj) a 1300 kWh u noćnoj (nižoj) tarifi. To je nešto više negoli troši prosječno kućanstvo u Hrvatskoj, takvo kućanstvo troši danas oko 3150 kWh. Ali je uobičajeno u europskim promatranjima. Za Hrvatsku je izabran *bijeli model* (to je obračun prema dvotarifnom mjerenju električne energije: u višoj dnevnoj tarifi 58 lipa/kWh, u nižoj dnevnoj tarifi 30 lipa/kWh, stalna mjesečna naknada 15 kuna i porez na dodanu vrijednost od 22 %). Opet su sve cijene s uračunatim porezima i taksama, a vrijedile su 1. srpnja 2004.

U razdoblju nakon 1. srpnja 2004. primjećuje se rast cijena električne energije u Europi, zbog rasta cijena primarne energije, ponajprije sirove nafte. Tako je burzovna cijena temeljne električne energije na Europskoj energetskej burzi (EEX u Leipzigu) bila početkom 2004. godine 3,282 eurocenta/kWh, a koncem godine 3,328 eurocenta/kWh.

Eurostat/26.11.2004

MK

NJEMAČKA: RAČUN ZA STRUJU PORASTAO 4 %

Tročlano njemačko kućanstvo prosječno će početkom 2005. godine trošiti nešto preko 54 eura mjesečno za električnu energiju (oko 400 kuna), ako mu je godišnja potrošnja 3500 kilovatsati. To je za približno 4 posto više nego u prethodnoj godini.

Mjesečni račun za električnu energiju u Njemačkoj (euro/mjes)

Tročlana kućanstva s godišnjom potrošnjom 3500 kWh

Opis	1998.	2000.	2002.	2004.	2005.
Porez na dodanu vrijednost	6,90	5,60	6,48	7,24	7,51
Dodatak za koncesiju	5,22	5,22	5,22	5,22	5,22
Zaštita spojenog procesa	0	0,38	0,76	0,85	0,93
Dodatak za obnovljive izvore	0,23	0,58	1,02	1,58	1,64
Porez na el.energiju (<i>eko-porez</i>)	0	3,73	5,22	5,97	5,97
Proizvodnja, prijenos i distribucija	37,60	25,15	28,29	31,52	33,16
Ukupno	49,95	40,66	46,99	52,38	54,43

U tom izdatku okruglo 40 posto su porezi i dodaci, uređeni državnim odlukama: porez na dodanu vrijednost, koncesijski dodatak (koji se plaća raznoliko po općinama, ovdje su uzete prosječne prilike), dodatak za zaštitu spojenog procesa proizvodnje električne i toplinske energije (koji plaćaju svi kupci električne energije), te porez na električnu energiju (tzv. *eko-porez* koji je uveden 2000. godine radi destimuliranja potrošnje električnog oblika energije i - time - smanjenja opterećenja okoline). Za elektroprivredu ostaje *čistoga* oko 60 posto. Taj odnos je 1998. godine bio znatno drugačiji: država/elektroprivreda odnosili su se kao 25/75,

Apsolutni iznos za elektroprivredu u troškovima kućanstva bio je 1998. godine 37,60 eura, a 2005. godine bit će 33,16 eura, s tendencijom upornog rasta od 2000. godine, kada je njemačka elektroprivreda bila snažnije zahvaćena liberalizacijom.

www.strom.de/11.4.2005

MK

POTICAJI ZA EKO-STRUJU OPTEREĆUJU KUPCE

Kupci električne energije će u Njemačkoj dublje *posegnuti u džep* kako bi namirili narasle poticaje za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Ukupno opterećenje, samo prema Zakonu o obnovljivim izvorima energije, bit će u 2005. godini 2,4 milijarde eura, okruglo 10 posto više negoli prethodne godine, a osmerostruko više negoli 1998. godine.

Godišnje opterećenje električne energije u Njemačkoj (milijarde eura)

Zakonska osnova	1998.	2005.
Zakon o obnovljivim izvorima energije	0,3	2,4
Propisi o koncesiji	2,0	2,1
Zakon o zaštiti spojenog procesa	-	0,8
Porez na električnu energiju	-	6,6
Ukupno	2,3	11,8

Okruglo, u 2005. godini će opterećenje električne energije biti reda veličine 12 milijardi eura (to je oko 90 milijarda kuna, ili nešto ispod polovine bruto društvenog proizvoda Hrvatske!). U tome nije uračunata i dopuna porezom na dodanu vrijednost, jer se na sve to plaća još i porez na dodanu vrijednost.

www.strom.de/11.4.2005

MK

NJEMAČKA 2004. GODINE: GLAVNINA STRUJE IZ TE I NE

Više od dvije trećine ukupne proizvodnje električne energije u 2004. godini u Njemačkoj ostvareno je u konvencionalnim i nuklearnim termoelekttranama, a samo iz ugljena proizvedena je polovina ukupne proizvodnje.

Primarni energetski miks u elektranama Njemačke

Primarni oblik energije	2003.		2004.	
	TWh	%	TWh	%
Nuklearna energija	156,4	27,6	158,4	27,8
Smeđi ugljen	145,7	25,8	146,0	25,6
Kameni ugljen	135,0	23,9	127,1	22,3
Prirodni plin	58,7	10,4	59,2	10,4
Naftni derivati	9,4	1,7	9,2	1,6
Ostali neobnovljivi izvori	16,1	2,8	16,5	2,9
Obnovljivi izvori	44,5	7,9	53,7	9,4
- vodne snage	18,7	3,3	20,9	3,7
- vjetar	18,9	3,3	25,0	4,4
- smeće	2,0	0,4	2,1	0,4
- biomasa	4,6	0,8	5,2	0,9
- Sunce - fotonaponski	0,3	0,1	0,5	0,1
Sveukupno	565,8	100	570,1	100

U hidroelektranama se u 2004. godini proizvelo desetak posto više energije negoli u 2003. godini, prošla godina je bila hidroloski povoljnija od prethodne. U vjetroelektranama proizvelo se znatno više negoli prethodne godine, 2004. godina bila je bogatija vjetro, a povećanju pridonijele su i nove vjetroelektranske jedinice.

www.strom.de/25.3.2005

MK

IZGRADNJA NOVIH NUKLEARNIH ELEKTRANA U FRANCUSKOJ

Državna elektroprivredna kompanija EDF namjerava graditi novu nuklearnu elektranu u sjevernoj Francuskoj. Zbog taksi na emisije stakleničkih plinova, te protiv globalnog zagrijavanja, francuska energetska strategija se usmjerila na nastavak gradnje nuklearnih elektrana kako bi osigurala energetske neovisnost i konkurentnost.

Naručen je nuklearni reaktor EPR (European Pressurised Water Reactor) od francuske nuklearne kompanije Areva, kojoj je ovo drugi reaktor.

Framatome i Siemens, koje su se udružile na nuklearnom programu u siječnju 2001. godine, formirale su kompaniju Framatome ANP, koja je razvila EPR reaktor treće generacije.

EPR reaktor je jedini u svijetu, u kojeg taljenje jezgre ne bi imalo posljedice za okolinu elektrane.

IPG – International Power Generation, Vol 27, No 6, November 2004

SBK

IZBOR LOKACIJE ZA ODLAGALIŠTE NSRAO I RAO U SLOVENIJI

Međudržavna komisija za NE Krško, koja se sastala početkom ožujka ove godine, potvrdila je program¹ razgradnje nuklearne elektrane Krško i odlaganja nisko i srednje radioaktivnog otpada (NSRAO) te istrošenog nuklearnog goriva (RAO).

Postignut je dogovor o financiranju cjelokupnog programa za čiju je provedbu potrebno osigurati oko 350 milijuna eura. Formiranjem posebnih fondova, u koje će svaka država u idućih 19 godina izdvajati oko 14 milijuna eura godišnje, te zajedno sa ukamaćivanjem tog novca, planira se osigurati potreban iznos.

Naime, program je načinjen na pretpostavci da će NE Krško biti u pogonu do 2023. godine. Predviđaju se dva odlagališta. Jedno podzemno odlagalište za nisko i srednje radioaktivni otpad (NSRAO), koje bi trebalo biti u funkciji 2013. godine. Drugo odlagalište, u koje bi se odložilo istrošeno nuklearno gorivo (RAO), trebalo bi biti smješteno duboko pod zemljom te stavljeno u funkciju 2030. godine.

Agencija za radioaktivne otpadke (ARAO) nastavila je s prošlogodišnjim aktivnostima na određivanju lokacije za NSRAO.

Polovinom studenog 2004. godine, održana je u Ljubljani prva konferencija na tu temu. Nakon toga je Agencija pozvala sve lokalne zajednice u Sloveniji da ponude lokacije za odlagalište. Prikupljanje ponuda završit će krajem travnja ove godine.

Ovo je ujedno i najvažniji zadatak ove Agencije u ovoj godini. Nakon završetka prikupljanja ponuda lokalnih zajednica počeo će postupak ocjenjivanja.

Istodobno je Agencija pripremila stručne podloge za izradu programa upravljanja radioaktivnim otpadom i istrošenim nuklearnim gorivom. Stručna tijela pozitivno su ocijenila ove podloge koje su polazište za donošenje nacionalnog programa. Program će obuhvatiti prijedloge operativnih programa upravljanja radioaktivnim otpadom u iduće 4 godine i dati smjernice za razdoblje do 2014. godine.

Kako je izbor lokacije za odlagalište osjetljivo pitanje nužni su kontakti sa zemljama koje već imaju nacionalne programe zbrinjavanja radioaktivnog otpada. Tako su, u listopadu 2004. godine, predstavnici Belgije, Švedske, Velike Britanije, Finske i Slovenije dogovorili u Bruxellesu provedbu programa istraživanja CARL. U okviru njega zajednički će se istraživati mogućnosti i načini uključivanja i sudjelovanja javnosti u postupku odabira lokacije za odlagalište.

Projekt obuhvaća 4 faze i trajat će 3 godine.

U prvoj fazi postavit će se okviri za pripremu nacionalnih poruka o različitim pogledima na prostorni smještaj odlagališta.

U drugoj fazi izradit će se pojedinačne poruke usklađene međusobno i s domaćim sudionicima.

U trećoj fazi pripremit će se upitnici, koji će biti podloga za četvrtu fazu.

U četvrtoj fazi priprema se dokument optimalnog vođenja postupka izbora lokacije i uključivanja javnosti u suodlučivanje.

Sloveniju u ovom projektu zastupaju predstavnici Filozofskog fakulteta i Fakulteta društvenih znanosti, zatim predstavnici lokalnih zajednica, predstavnic društva kao posrednik (mediator), članica Uprave za RS za atomsku sigurnost u ulozi nacionalnog koordinatora i članica Agencije za radioaktivne otpadke (ARAO).

¹ Vidjeti: Energija, god. 53(2004), broj 3. i 5., god. 54(2005), broj 1.

Projekt će voditi Anna Bergmans i profesor Erik Van Hove sa sveučilišta u Antwerpnu u Belgiji. U Belgiji je pokrenut novi pristup u izboru lokacije za odlagalište NSRAO, koji uključuje javnost od samog početka. Postupak je transparentan i prilagodljiv i dosada se pokazao uspješnim.

Taj model lokalnog partnerstva kod traženja lokacije za odlagalište NSRAO prihvatila je i Slovenija.

Paralelno s aktivnostima na projektu odvijaju se i radionice (workshop). Polovinom veljače ove godine održana je dvodnevna radionica u Ljubljani, na kojoj je prisustvovalo 38 sudionika. Sudionici su bili upoznati sa stanjem u pojedinim zemljama, zakonskim okvirima o upravljanju nuklearnim otpadom, događajima vezanim uz otvoreni postupak izbora lokacija, trenutnom stanju u izboru, sudionicima u izboru itd.

Za one koje je posebno zanimala ova problematika profesor E. Van Hove održao je predavanje na Fakultetu društvenih znanosti u Ljubljani prije održavanja radionice. Prema mišljenju profesora Hove-a nikoga više ne zanima samo tehničko rješenje projekata opasnih za okoliš. Zato je potrebno lokalnoj zajednici, mjestu provedbe projekta, ponuditi stvari koje zadovoljavaju njihove pojedinačne interese. Prema tome projekt odlagališta NSRAO mora biti višenamjenski, gdje svoju korist vidi i lokalna zajednica.

To i nije ništa novo za elektroprivrednike u Sloveniji, jer oni takvu praksu primjenjuju godinama pa su elektroenergetski projekti puno bolje društveno prihvaćeni.

Naš stik, February 2005

SBK

VJETROENERGIJA NA PRVOME MJESTU U NJEMAČKOJ

Vjetroenergija dospjela je posljednje godine na prvo mjesto po korištenju obnovljivih izvora u Njemačkoj. Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora u 2004. godini porasla je prema prethodnoj godini za okruglo jednu petinu! Ostvareni udjel električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora u cjelokupnoj proizvodnji električne energije u 2004. godini bio je preko devet posto (9,4 %).

U vjetroelektranama proizvelo se 2004. godine 25 teravatsati električne energije, što čini gotovo polovinu energije proizvedene iz obnovljivih izvora (ukupno 53,9 TVVh). To se zahvaljuje povoljnim vjetrorenim prilikama u toj godini i daljnjoj dogradnji vjetroelektranskog parka u Njemačkoj.

Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora u Njemačkoj (TWh)

Obnovljivi izvor	2003.	2004.	2004./03 %
Snaga vjetra	18,9	25,0	32,2
Vodne snage	18,9	21,1	11,6
Biomasa i smeće	6,6	7,3	10,6
Sunce - fotonaponski	0,3	0,5	66,7
Ukupno	44,7	53,9	20,6

Vodne snage (obuhvaćene malim i velikim hidroelektranama), donedavna najjači obnovljivi izvor, ustupile su mjesto vjetru, barem u 2004. godini.

www.strom.de/11.4.2005

MK

NJUJORSKI FREEDOM TOWER – KONCEPT VERTIKALNE FARME VJETROELEKTRANA

Želja da se radi na nov način, dovela je projektante njujorškog Freedom Towera na ideju da iskoriste tehnologije obnovljivih izvora energije te da načine nešto novo, što može doživjeti dugoročnu uspješnu praktičnu primjenu ili propasti. Pri tome je bio cilj, da se odabere varijanta projekta građevine koja će biti u ravnoteži između utjecaja na okoliš i socijalne i ekonomske koristi za zajednicu i vlasnike. Tako je stvorena vizija prve svjetske urbane vertikalne farme vjetroelektrana. Osim vjetroelektrana na krovu građevine smjestiti će se i solarni paneli.

Prema testovima na modelu farma vjetroelektrana mogla bi proizvesti godišnje preko 2,6 milijuna zelene električne energije, a to je značajan dio energetske potreba građevine (količina energije dovoljna za 1000 domaćinstava).

U blizini Freedom Towera predviđena je lokacija za nogometni stadion, koji je predviđen za sudjelovanje u licitiranju za Olimpijadu 2012. godine. Ovaj stadion će biti kombinacija zadnjih dostignuća sustava automatiziranih pokretnih sjedala i pomicanja krova. Stadion će biti opremljen s 26 vjetroelektrana s vertikalnom osi, smještenih na vrh dviju najviših nasuprotnih stranica, 25 000 kolektorskih cijevi za solarno grijanje vode, 10 000 m² fotovoltaičkih ćelija, koje će proizvesti 2 milijuna kWh, sustavom za obradu oborinskih voda s recirkuliranjem, itd.

Zajedno solarna i energija vjetra zadovoljit će oko 40 % energetske potreba stadiona.

Refocus, Septemeber/October 2004

SBK

BUDUĆNOST SOLARNE ENERGIJE

Solarna postrojenja i električna energija iz solarnih elektrana globalno su se naglo povećali, godišnje 40 %. Dok je instalirana snaga privatnih, na priključak solarnih elektrana, povećana za 15 %, instalirana snaga solarnih elektrana povećala se 60 % godišnje.

Idući od godišnjeg povećanja u 2003. godini od 600 MW do 700 MW, dobije se za 2010. godinu instalirana snaga od 3 100 MW, a u godini 2020. okruglo 30 GW.

Naravno, industrija koja proizvodi elemente solarnih elektrana trebat će uložiti veliki kapital za svoja proširenja. Procjenjuje se da do godine 2010. treba godišnje uložiti investicije od oko 0,7 milijardi eura, a do 2020. oko 3 milijarde eura i 5 milijardi eura do godine 2030.

U izradi solarnih elektrana, do osamdesetih godina prošlog stoljeća, dominirale su SAD. Npr. solarne elektrane od instaliranih 6 MW u okviru Carissa-Plain projekta iz godine 1980.

Enorman je bio porast instalirane snage u solarnim elektranama u Japanu od sredine devedesetih godina. Od okruglo 10 MW instalirana je snaga porasla na danas 250 MW. Tvrtke japanske industrije Shrp, Kyocera, Mitsubishi i Sanyo ubrajaju se među deset najvećih proizvođača solarnih elektrana u svijetu.

U Njemačkoj se mnogo investira u nove kapacitete proizvodnje. Samo u 4 godine od 13 MW povećano je na 30 MW instalirane snage solarnih elektrana, u 2003. godini.

Od njemačkog projekta 100 000 krovova u godini 1990., investicijski su stroškovi znatno pali. Oni su od 13 500 eura/kW u 1990. godini, pali na 6 000 eura/kW danas u 2004. godini.

Prema europskim sklopljenim direktivama, iz godine 2001., iz obnovljivih izvora proizvest će se 22 % električne energije u godini 2010., potrebne u Europi.

Predviđa se, da će oko godine 2030., 1 % potrebne električne energije u svijetu dolaziti iz solarnih elektrana.

EW, god. 103(2004), broj 25

Mrk

ENERGETSKA UČINKOVITOST KOD KRAJNJEG POTROŠAČA TREBA DATI SVOJ DOPRINOS OPĆOJ ENERGETSKOJ UČINKOVITOSTI

Kao doprinos zaštiti klime i smanjenju emisije CO₂, treba na svim područjima razviti energetska učinkovitost. U studenom 2004. godine, organiziran je u Berlinu stručni skup o energetske učinkovitosti u privatnim kućama. Na skupu je diskutirano o povećanju i perspektivama energetske učinkovitosti kod krajnjih potrošača. Ova inicijativa veže elektroprivredu, Savezno ministarstvo i neke nevladine udruge. Ovo je primjer kako slobodan sporazum između politike i privrede dovodi do uspješne kampanje.

Njemačka će dati svoj doprinos zaštiti klime i smanjenju emisije CO₂, koja u EU nije u padu za 3%, već u povećanju od 4%.

EW, god. 103(2004), broj 25

Mrk

ZAKLJUČCI KONGRESA "ELEKTRANE 2004"

U Essenu, u Njemačkoj, održan je VGB kongres pod pokroviteljstvom Saveznog ministarstva za gospodarstvo i rad. Kongresu je prisustvovalo oko 1000 stručnjaka iz 20 zemalja. Naslov glavne teme bio je "Elektrane 2004." Raspravljano je, na temelju sadašnje političke situacije, o scenariju budućnosti njemačke proizvodnje električne energije, do godine 2020. Do tada je planirano, da barem 20 % potrebne električne energije dolazi iz obnovljivih izvora i da se odustaje od nuklearne energije. Prema tom scenariju, elektrane na fosilna goriva, nakon 45 godina rada, trebaju izaći iz pogona i moraju biti zamijenjene. Za zamjenu treba 37.000 MW nove instalirane snage u visokoučinskiim elektranama na ugljen ili plin. Uz to treba izgraditi snagu od 30.000 MW nove instalirane snage, na bazi obnovljivih energetskih izvora, u prvom redu vjetra, ako troškovi proizvodnje iz takvih elektrana budu barem jednaki troškovima proizvedene energije u konvencionalnim elektranama.

Prema studiji Nordheim-Westfaleu o elektrani na ugljen, korisnost 48 % i izgrađenim blokom korisnosti 46 %, treba uz potporu EU, u mjestu Sholren, izgraditi pokusnu termoelektiranu s visokooperativnim materijalom i komponentama za temperature od 700°C. S takvom pokusnom elektranom stvorio bi se put za izgradnju termoelektrane na ugljen, korisnosti 50 %.

Na kongresu je zaključeno, da unatoč izgradnji elektrana na obnovljivim energetskim izvorima, napuštanje nuklearke nije moguće. Dolazi do konflikta između mogućnosti zaštite klime i korištenja nuklearne energije. Rješenje je samo u proizvodnji električne energije u visokoučinskiim termoelektranama na ugljen i plin.

Za ostvarenje ovakvog elektroenergetskog scenarija potrebni su veliki naponi. Za modernizaciju i izgradnju novih postrojenja potrebne su velike investicije i politika ih mora staviti na raspolaganje.

Nitko ne može očekivati od gospodarskih faktora da investiraju u neprofitabilne poslove.

EW, god. 103(2004), broj 25

Mrk

KUPNJA EMISIONIH PRAVA

Nizozemska energetska tvrtka Nuon sklopila je s kanadsko-američkom tvrtkom A.g. Cert International ugovor o kupnji više milijuna tona emisijih plinova za godine 2005. do 2007. Ovim su ugovorom ove tvrtke na svjetskom vrhu nadolaska trgovanja pravima emisije stakleničkih plinova.

EW, god. 104(2005), broj 1/2

Mrk

JAVNA RASVJETA BERLINA IMA STRUJU IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Svi uređaji visećih svjetiljki javne rasvjete u Berlinu, s početkom ove godine (2005.), priključeni su 100 % na dobavu električne energije iz obnovljivih energetskih izvora.

Poduzeće Energie, iz Hamburga, uspjelo je, u svibnju godine 2004., ugovoriti 250 milijuna kWh električne energije iz obnovljivih energetskih izvora. Uz svjetiljke, u pokrajini Berlin, priključit će se još 8.000 potrošača. To je sve moguće zbog potpune liberalizacije trgovine električnom energijom.

EW, god. 104(2005), broj 1/2

Mrk

GORIVNE ČELIJE U NJEMAČKOJ INDUSTRIJI

Koncem prošle, 2004. godine, u Berlinu je osnovan savez BZB za gorivne čelije. Dvadeset vodećih industrija i ustanova, koje se bave gorivnim čelijama udružilo se, kako bi potporom industrije i politike oni njemačku tehniku popeli na svjetski vrh. Samo posebnom koordinacijom i trgovačkim instrumentima mogu se ostvariti inovacije i sniziti cijene. Istodobno treba stvoriti sredstva za istraživanja i demonstracije.

Konkurencija ne spava. Osobito Japan i SAD mnogo investiraju u razvoj i marketing. Prema planu Japana moraju se do 2010. izgraditi stacionarni uređaji gorivnih čelja u snazi od 2,1 GW i ugraditi u 50.000 vozila. Južna Koreja i Kanada također razvijaju tu tehnologiju, no u svim područjima primjene, Njemačka je u prednosti. Industrija i instituti razvijaju primjenu gorivnih čelija u industriji, kućanstvu, vozilima i transportnim uređajima. Ofenziva gorivnih čelija u Njemačkoj, signal je za sve proizvođače i potrošače, da investiraju u tu tehnologiju budućnosti.

EW, god. 104(2005), broj 3

Mrk

KOLIKO SI ENERGIJE VJETRA NJEMAČKA MOŽE PRIUŠTITI

Njemačka si trajno ne može priuštiti dva sustava opskrbe električnom energijom. To zna savezni ministar, ali branša industrije vjetroelektrana hoće oboriti ili umanjiti sve loše strane vjetroelektrana. Izrađena je studija koja ukazuje na sigurnost

dobave i povećanje troškova integracijom energije vjetra u električnu mrežu. Prognozira se, da bi godine 2015. bilo izgrađeno u Njemačkoj oko 36.000 MW instalirane snage vjetroelektrana. Samo troškovi prijenosa njihove energije u električnu mrežu, prema zakonu o obnovljivoj energiji (EEG), godišnje bi stajalo 5,4 milijardi eura.

Da se dobije sigurnost dobave električne energije i stabilnost mreže, mora izgradnja električne mreže ići u korak s izgradnjom vjetroelektrana. Njemački zakon o obnovljivoj energiji (EEG), s gledišta narodnog gospodarstva, vrlo je skup instrument, kojim se uz funkcioniranje trgovine emisijom, ne može očekivati nikakvo dodatno smanjenje emisije.

EW, god. 104(2005), broj 3

Mrk

10-TA KONFERENCIJA STRANAKA KONVENCIJE UN O KLIMATSKIM PROMJENAMA (UNFCCC)

U prosincu 2004. godine, u Argentini, u Buenos Airesu, održana je 10. sjednica Konferencije stranaka Okvirne UN Konvencije o klimatskim promjenama (COP - The Conference of the Parties). Tu je bila prilika da ministri procijene napredak u 10-godišnjem razdoblju od stupanja na snagu UNFCCC-a. Raspravljalo se o postignućima u proteklom razdoblju i budućim klimatskim promjenama, utjecaju na klimatske promjene, prilagođavanju mjerila i održivom razvoju, tehnologiji i klimatskim promjenama, ublažavanju klimatskih promjena, drugim riječima o politici i njenom utjecaju.

Predstavljeni su i novi dokumenti o klimatskim podacima te pregled pristupa međunarodnim naporima o klimatskim promjenama. Ovi dokumenti su zapravo podloga za rasprave o sljedećim koracima između starijih tvorca politike i dioničara iz 15 zemalja.

Dana 16. veljače 2005. godine stupio je na snagu Protokol iz Kyota. Kyoto protokol je protokol Okvirne konvencije UN-a o klimatskim promjenama (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change). Godine 1997. potpisalo ga je 128 zemalja. Da bi protokol stupio na snagu, moralo ga je verificirati najmanje 55 država potpisnica UNFCCC-a. Među industrijaliziranim zemljama koje nisu ratificirale i povukle se iz Protokola, nalaze se Australija i SAD, koje čine više od trećine emisije stakleničkih plinova. Ratifikacija Rusije, koja je 1990. sudjelovala u ukupnoj emisiji s oko 17,5%, bila je nužna da bi Protokol stupio na snagu.

Prema Protokolu industrijalizirane države članice obvezuju se smanjivati emisiju plinova koji izazivaju efekt staklenika za najmanje 5% ispod razine iz 1990. godine u razdoblju od 2008. do 2012. godine. To se odnosi na plinove: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC i SF₆.

To je prva faza u kojoj se stvaraju pretpostavke za nove pregovore o obvezama za razdoblje nakon 2012. godine.

Za ispunjavanje postavljenih ciljeva, Protokolom se uspostavljaju tri fleksibilna tržišna mehanizma:

- trgovanje emisijama (The International Carbon Trading Market)
- mehanizam čistog razvoja (CDM - The Clean Development Mechanism)
- zajednička provedba (JI – Joint Implementation).

Trgovanje emisijama znači da države koje postignu ciljeve mogu prodavati onima koje nisu u mogućnosti ostvariti limit ili im je to preskupo. To omogućava potpisnicama provedbu projekta

smanjivanja emisije stakleničkih plinova u drugim zemljama, a da se smanjivanje emisije ubraja u njihove ciljeve.

Mehanizam čistog razvoja omogućuje zemljama s definiranim ciljevima da provode projekte smanjivanja emisije stakleničkih plinova u zemljama u razvoju za koje ciljevi nisu definirani. Ovo smanjivanje emisije ubraja se u smanjivanje prema cilju postavljenom za razvijenu zemlju.

Stupanjem Protokola na snagu započinje i rad Fonda za prilagodbe (The Protocol's Adoption Fund), koji je osnovan 2001. godine. Ovaj fond bi trebao osigurati pomoć zemljama u razvoju.

Refocus, January/February 2005; <http://unfccc.int>; <http://www.energycentral.com>

SBK

GEOTERMALNA ENERGIJA – USNULI DIV ILI PATULJAK

Proslavljena je 100-godišnjica puštanja u rad prve elektrane, koja je za pogon koristila geotermalnu energiju. Radi se o elektrani u Italiji, u Larderelo-u u Toskani, koja je stavljena u pogon daleke 1904. godine i još danas je u funkciji.

Danas je u svijetu instalirano oko 8.400 MW u elektranama na geotermalnoj energiji. Prvenstveno su to zemlje SAD, Island, Indonezija, Filipini te Japan. Smatra se da je na dohvat ruke deset puta veća snaga, bez značajnijih investicija. Primjenom novih tehnika bušenja, to je veliki izazov budućnosti.

Donedavno, ovakve elektrane gradile su se u seizmički nemirnim područjima koristeći prirodne izvore vodene pare. Međutim, napredovanjem tehnike izvođenja dubokih bušotina, danas i do 600 metara, područje mogućih lokacija je znatno prošireno.

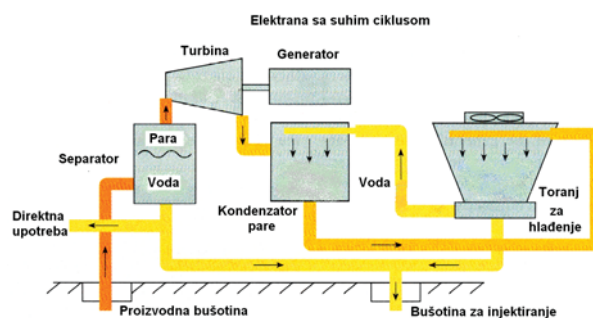
Najpovoljnija geološka područja su ona gdje je zemljina kora na većim dubinama od kamena, posebno ako je to granit.

Naime, toplina zemljine jezgre zagrijava kamene ploče na visoku temperaturu. Takve kamene ploče idealan su izvor topline za proizvodnju vodene pare, koja se može koristiti za pogon parne turbine.

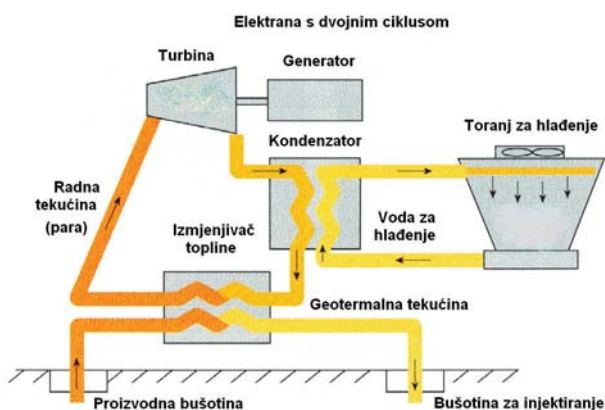
Proces počinje unjektiranjem vode u podzemlje (bušotina za injektiranje), koja se prelazeći preko vrelih stijena zagrijava i iz radne bušotine ulazi u ciklus.

Ovisno o temperaturi stijena, odnosno temperaturi pare, koja se u njima može stvoriti postoje dva tipa elektrana na pogon geotermalnom energijom:

1. suhi ili jednoprotlačni ciklus, za slučaj kada je postignuta temperatura iznad 160 °C, čija je blok shema prikazana na slici 1.
2. dvojni ciklus, za slučaj kada je postignuta temperatura pare niža, tj. 100 do 150 °C, čija je blok shema prikazana na slici 2.



Slika 1. Geotermalna elektrana sa suhim ili jednoprotlačnim ciklusom



Slika 2. Geotermalna elektrana s binarnim ciklusom

Kod suhog ili jednoprotocnog ciklusa vrela voda iz radne bušotine po pritiskom proizvodi paru (separator), koja pokreće turbinu i preko generatora proizvodi električnu energiju. Ovakve elektrane imaju kapacitet od 5 do 100 MW. Cijena proizvedene električne energije, na ovaj način, iznosi 4-6 centa/kWh.

Kod dvojnog ciklusa, vrela voda je niže temperature. Ona prolazi kroz primarni sustav u izmjenjivaču topline te se vraća u bušotinu za injektiranje. Sekundarni sustav koristi ugljikovodike (isobutan ili isopentan) s nižom točkom vrelišta, koji u izmjenjivaču prelaze u plinovito stanje i pokreću turbinu.

Kako većina novih geotermalnih projekata koristi niže temperaturene izvore daje se prednost dvojnog ciklusu.

Power, Vol. 149, No 1, January/February 2005

SBK

DOBAVA ENERGIJE U BUDUĆNOSTI

U Stuttgartu je u listopadu 2004. godine održan skup "Dobava energije u budućnosti" između zaštite klime i ekonomije.

Virtenberški ministar okoliša i prometa rekao je, da sve što nam stoji na raspolaganju, uključujući i nuklearnu energiju, mora se koristiti za dobavu energije, a uz zaštitu klime, uzeti u obzir i ekonomiju. Napuštanje nuklearne energije je loše, a postojeće nuklearke moraju produljiti svoj vijek trajanja. Prihod koji će time nastati treba upotrijebiti za razvoj obnovljive energije. Postojeće termoelektrane treba tehnički tako preurediti da rade prema "Clean-Coal" metodi i time smanje emisiju CO₂ uz povećanje učinkovitosti fosilnih goriva.

Cilj je energetike, da do 2020. godine pokrivaju elektroenergetske potrebe s najmanje 20 % energije iz obnovljivih izvora.

EW, god. 103(2004), broj 25

Mrk

OPTEREĆENJE NJEMAČKE PRIJENOSNE VISOKONAPONSKE ELEKTRIČNE MREŽE

Njemačka visokonaponska prijenosna električna mreža ima prosječno dnevno 5000 novih najava transporta električne energije. To je u godini oko 1,8 milijuna najava predaja energije u električnu mrežu. U Njemačkoj je 100 % otvorenost trgovanja električnom energijom iz oko 1000 velikih elektrana do oko 44 milijuna potrošača. Takav veliki promet mora biti usuglašen, a vlasnici električne mreže trebaju se brinuti o njezinoj stabilnosti i sigurnosti.

Njemačka prijenosna mreža visokog napona ima duljinu od 36000 km ili 2 % ukupne električne mreže koja iznosi 1,6 milijuna km. Od toga 5 % je visokonaponskih mreža, 30 % srednjonaponskih, a ostalo 63 % niskonaponskih mreža.

EW, god. 103(2004), broj 25

Mrk

LISTA PROVJERE SREDNJONAPONSKIH DALEKOVODA

Budući da u njemačkoj električnoj mreži ima mnogo srednjonaponskih dalekovoda starih 30 i više godina, sastavljena je lista provjere njihovih elemenata. Odabrat će se vodovi nasumce, ispitivati i statističkim metodama ustanoviti kvaliteta pojedinih elemenata. Izolatori će se ispitivati ultrazvukom, a ispitivat će se vodiči, temelji i poprečni nosači. Inspektori vodova ulazit će više u dubinu, ali lista je usmjerjenje.

EW, god. 104(2005), broj 1/2

Mrk

NJEMAČKA ELEKTROPRIVREDA INVESTIRA

Opterećenje cijene električne energije za industriju porezima i dodacima je okruglo 22 posto. Bez poreza i dodataka, dakle za elektroprivredu, industrija plaća danas prosječno za 17 posto nižu cijenu, nego li 1998. godine, na početku liberalizacije. U europskoj usporedbi, njemačka cijena za industriju je negdje u sredini ljestvice.

U 2005. godini će elektroprivredne investicije biti veće od 4 milijarde eura, prvi put nakon 1999. godine. Takva pozitivna tendencija predstavlja prvi korak u otvaranju novog investicijskog ciklusa elektroprivrede u Njemačkoj, na izgradnji elektrana i mreže.

Savezna vlada ne želi ponavljati grešku dijela europskih zemalja, koje se ponašaju prema elektroprivredi po modelu *pokušaj-pogreška*. "Elektroprivreda nije istraživački laboratorij" kaže predsjednik Udruge njemačke elektroprivrede VDEW.

U 2003. godini elektroprivreda je investirala oko 3,8 milijarda eura, ili 6,7 posto od svoga ukupnog prihoda (investicijska kvota), samo su rudnici investirali više (7,6 %). Jedno radno mjesto stoji prosječno u elektroprivredi okruglo 29 tisuća eura, najviše među svim promatranim granama.

Investicije u nekim njemačkim industrijskim granama 2003. godine

Grana	Investicijska kvota	Investicije po radniku
	(%)	(euro)
Rudnici	7,6	10778
Elektroprivreda	6,7	28919
Automobilska industrija	4,7	14305
Staklo, keramika, kamen	4,6	6980
Kemijska industrija	4,4	12646
Papir, izdavaštvo i tiskarstvo	4,1	7282
Umjetni materijali	4,1	6349
Proizvodnja metala	3,8	6186
Prehrambena proizvodnja	2,9	7214
Uredski strojevi i elektrotehnika	2,8	5743
Strojogradnja	2,6	4260
Prerađivačka industrija, ukupno	3,5	7759

www.strom.de/25.3.2005

MK

ELEKTROPRIVREDA SE U NJEMAČKOJ MORA RAZVIJATI

Prema izvješću o elektroprivrednoj bilanci za 2003. godinu, istaknuto je, da je zbog blage zime, vrh opterećenja od 76.000 MW manji za 3.000 MW, prema vrhu opterećenja protekle godine. Kapaciteti postojećih elektroprivrednih elektrana bili su opterećenjem iskorišteni 88 %. Ta činjenica ne smije, međutim, usporiti razvoj njemačke elektroprivrede, jer se ne smije dogoditi da se zbog pomanjkanja električne energije zakoči razvoj industrije, u očekivanju konjunktura.

EW, god. 103(2004), broj 25

Mrk

VISOKONAPONSKA ISTOSMJERNA VEZA «GUI-GUANG»

Koncern rujna 2004., ušla je u pogon u Kini istosmjerna visokonaponska veza između provincije Guizhou i Guanghou. Istosmjerni je dalekovod dvopolan, duljine 940 km, napona ±500 kV. Može se prenijeti ukupno 3 000 MW, odnosno 1 500 MW po polu. Usmjerivačke su stanice izgrađene u Anšunu, na sjeverozapadu Kine i Zaoquingu, oko 200 km od Hongkonga.

Cijelo je postrojenje, računajući vod, usmjerivačke stanice i razvodne uređaje izgradio Siemens, na temelju ugovora vrijednog 350 milijuna eura, s državnim elektroprivrednim poduzećem State Power Corporation.

EW, god. 104(2005), broj 3

Mrk

CIJEPANJE ELEKTROPRIVREDE IZAZIVA TROŠKOVE

Predstavnik njemačke elektroprivrede (VDEW) rekao je, da cijepanje elektroprivrede po njezinim djelatnostima, prema zakonu i smjernicama EU, predstavlja povećanje troškova, naročito u manjim elektroprivrednim poduzećima. Za europska državna elektroprivredna poduzeća, cijepanje je razumno, ali kod njemačkih 300 manjih elektroprivrednih poduzeća to dovodi do većih troškova, naročito u pogledu uprave, osoblju, kontrole i elektroničkih postrojenja.

EW, god. 104(2005), broj 1/2

Mrk

RAZVOJ PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE DO GODINE 2030. U NJEMAČKOJ

Dosadašnje elektroprivrede su se razvijale većinom prema nacionalnim uvjetima, ali dobava električne energije dobiva sve veću međunarodnu dimenziju, u pogledu globalnog problema klime i okoliša. Uzimajući to u obzir, uz brzi razvoj znanosti i struke, njemački su elektroprivredni instituti izradili projekciju razvoja njihove proizvodnje električne energije do godine 2030. Takav je razvoj tabelarno prikazan u priloženoj tablici, uspoređujući mogućnosti proizvodnje električne energije danas i prema spomenutoj projekciji godine 2030. U tablici su navedene neke kratice: PT = parna turbina; IGCC = Integral Gasification Combin Cycle = rasplinjavanje ugljena; PiP = plin i para (prema njemačkom =GUD).

EW, god. 104(2005), broj 3

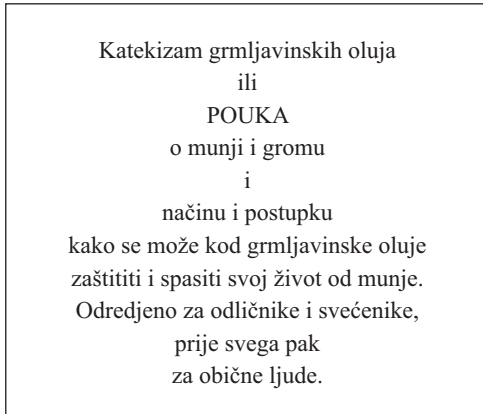
Mrk

		2000. godina				2030. godina			
		Kor %	Investicija eura/kW	Cijena centa/kWh	Emisija g/kWh	Kor %	Investicija eura/kW	Cijena centa/kWh	Emisija g/kWh
Kameni ugljen	PT	46	900	3,2	750	52	900	3,2	730
	IGCC	-	-	-	-	55	1200	3,4	730
Smeđi ugljen	PT	44,5	1200	2,9	900	50	1000	2,7	700
Zemni plin	PiP	57,5	490	3,9	350	63	490	3,9	350
Nuklearna energija		33	1500	2,5	-	36	1250	2,2	-

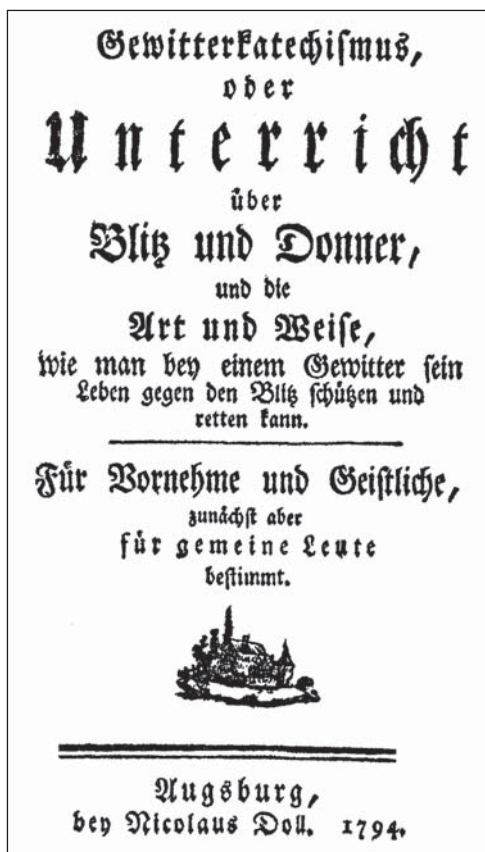
OSTALO

“KATEKIZAM” ZAŠTITE OD MUNJE IZ 1794. GODINE

U prošloj 2004. godini bio je na počasnom kolokviju za Dr-Ing. Peter Hasse-a, poznatog znanstvenika i stručnjaka praktične zaštite od munje u Njemačkoj, prikazan ponovni otisak priručnika zaštite od munje iz 1794. godine s vrlo zanimljivim naslovom i sadržajem.



Priručnik je malog oblika, 11,5x17,5 cm, i ima 48 stranica. Tisak je u gotici. Autor nije naveden, odnosno na kraju predgovora stoje njegovi inicijali J. B.



Priručnik ima ova glavna poglavlja:

Predgovor

(1) Pouka o munji i gromu

Kako nastaju munja i grom?

(2) Pouka o načinu i postupku kako se može štititi svoj život od munje

(3) Pouka o načinu i postupku kako se mogu spasiti od munje pogođeni ljudi

(4) Još tri pitanja za roditelje o strahu od munje.

O poduci djece

Pjesma prije grmljavinske oluje

Pjesma nakon grmljavinske oluje

U **predgovoru** autor navodi da nema ljeta u kojem nisu nastradali ljudi, bilo u kućama, bilo u slobodnom prostoru. Izgleda dakle da ima još mnogo običnih ljudi koji ne poznaju pogubne učinke munje i opasna mjesta prilikom grmljavinske oluje, jer se onda ne bi zadržavali na mjestima gdje ih može munja pogoditi.

Autor nastoji tom knjižicom poučiti obične ljude o munji i gromu te načinu kako mogu u kućama i u slobodnom prostoru zaštititi svoj život od udara munje.

Učenim ljudima autor pak želi tu knjižicu učiniti zanimljivom i prikladnom da njezin sadržaj posreduju običnim ljudima na zajedničko dobro.

U **prvom** poglavlju (o munji i gromu) autor razmatra ove teme:

- Kako nastaju munja i grom?
- Odakle dolazi do toga da se munja i grom javljaju i zimi?
- Mogu li se javljati munje i gromovi i kod vedrog neba?
- Prolaze li kod grmljavinske oluje sve munje u tlo?
- Dolaze li ljeti sve grmljavinske oluje iz onog područja iz kojeg potječe prva?
- Što se događa kada munja usmrti čovjeka ili stoku?
- Što je tzv. “vodena munja”?
- Je li grom opasan našem životu?
- Što treba učiniti da se sazna u kojoj udaljenosti se javlja neka grmljavinska oluja?
- Zašto se često tresu kuće i prozori kod pucanja groma?
- Ima li neke koristi od munje i groma?

U **drugom** poglavlju (o načinu zaštite od munje) autor razmatra ove teme:

- Kako je moguće najsigurnije se zaštititi od munje u kući?
- Kako se uradi zaštitni uređaj – munjovod?
- Gdje je u kući kod grmljavinske oluje naopasnije i gdje najsigurnije?
- Gdje je u kući kod grmljavinske oluje najsigurnije?
- Gdje je u kući kod grmljavinske oluje posebno opasno?
- Smije li se bez opasnosti za vrijeme grmljavinske oluje pristupiti mjestu zgrade u koje je udarila munja?
- Kako mogu roditelji kod noćne grmljavinske oluje zaštititi život djece i ukućana?
- Zašto je zadržavanje pod drvećem prilikom nevremena opasno?
- Je su li od munje sigurni ljudi koji se sklone u postavljene snopove sijena?

- Kako se mogu ljudi u polju zaštititi od munje?
- U kakvoj se opasnosti za vrijeme nevremena nalazi jahač i kako ga može izbjeći?
- Kako je moguće čuvati se od udara munje u gradu, ako treba za vrijeme nevremena hodati po ulici?
- Kako je moguće biti siguran od munje na polju, gdje nema ni drveća ni kuća?

U **trećem** poglavlju (o pomoći pogođenim ljudima) autor razmatra ove teme:

- Mogu li se ljudi pogođeni munjom odmah smatrati mrtvima?
- Kako se može uspostaviti zastoj srca i aktivnosti živaca?
- Kako se može pokrenuti zbog munje zakočeni krvotok?
- Kako se mogu liječiti od munje nastale opekotine?

U **četvrtom** poglavlju (o pouci djeci zbog straha od munja) autor razmatra ove teme:

- Kako kod djece nastaje strah od nevremena?
- Kako mogu roditelji svoju djecu očuvati od straha od grmljavinske oluje?
- Koliko može strah od munja učiniti ljude nesretnima?

Pjesme u dodatku stručnom tekstu nemaju nikakvo tehničko značenje. U prvoj se navode munja i grom kao Božje djelo i za munju autor kazuje da ona čisti zrak. U drugoj pjesmi autor

naglašava da munja i grom protjeruju sparinu i donose blagotvornu kišu.

Komentar – Očito je ovaj priručnik bio namijenjen zaštititi ljudi od munja. Za doba izdavanja (1794. godina) opseg razmatranih tema je neobično velik. Skoro bi se moglo reći da je u novije doba bila zaštita ljudi od udara munje zapostavljena, posebice zato jer je težište zaštite bilo usmjereno na sve sofisticiranije postupke zaštite elektronskih uređaja – na prvom mjestu vrlo osjetljivih računarskih sustava.

Za vremensku usporedbu treba spomenuti 1753. godinu, kada je Benjamin Franklin postavio na nekim zgradama u Philadelphiji, USA, prve gromobranske instalacije u svijetu. Posebice se spominje vertikalna hvataljka kao Franklinov gromobran – i taj je još i danas u uporabi.

Za vremensku usporedbu treba spomenuti i Stanka Plivelića sa zanimljivim djelom “Munjovodni uređaj – Propis za gradnju i ispitivanje munjovoda” tiskano 1910. godine u Mitrovici (V. Muljević, 1973.). To djelo predstavlja prve propise za zaštitu od munje u tadašnjoj Hrvatskoj, Slavoniji i Dalmaciji. Stanko Plivelić nije zaboravio ni ljude, pa je u odsjeku svoje knjige “Prva pomoć onima koje je munja udarila” dao osnovne upute za pomoć unesrećenima.

ZK