

# KVALITATIVNI I KVANTITATIVNI ISKAZ ENERGETSKE EFIKASNOSTI KORIŠĆENJEM PRIMARNOG ENERGETSKOG FAKTORA

SLOBODAN OGRIZOVIĆ, dipl. el. inž., i VLADIMIR  
RADULOVIĆ, dipl. maš. inž., JKP „Beogradske elektrane“,  
Savski nasip 11, 11070 Beograd

Rad obrađuje pojmove energetske efikasnosti i primarnog energetskeg faktora, kao i njihov uzajamni odnos i uslovljenost. U radu se analiziraju i segmenti strateškog planiranja u oblasti energetike i daljinskog grejanja, kao i trenutna „pozicija“ pojma energetske efikasnosti kod nas, u energetske lancu – od primarne energije, do finalne energije kod korisnika. Koristeći primarni energetske faktor kao metodologiju, rad ukazuje i na optimalne projekte i koncepte za sistem daljinskog grejanja Beograda koji bi, u skladu sa direktivama EU, doveli do povećanja energetske efikasnosti – kako u daljinskom grejanju, tako i u povezanim delovima elektroenergetske sistema

**KLJUČNE REČI:** primarni energetske faktor; primarni resursni faktor; daljinsko grejanje; energetske efikasnost

## QUALITY AND QUANTITY EXPRESSION OF ENERGY EFFICIENCY BY USING PRIMARY ENERGY FACTOR

This paper deals with the notions of energy efficiency and primary energy factor (PEF), as well as their mutual relationship.

The paper analyzes different strategic planning segments in energy and district heating sector, and the current „position“ of the notion/term of energy efficiency in the entire energy chain in Serbia - from primary energy to final energy used by consumers.

By using PEF as methodology, this paper highlights optimal DH projects and concepts for Belgrade that could improve energy efficiency, both in DH and in connected parts of the power system.

**KEY WORDS:** primary energy factor; primary resource factor; district heating; energy efficiency

## 1. Uvod

Energetske efikasnost je, po definiciji, ili energetske efikasnost uređaja u energetske lancu (od nalazišta primarne energije do krajnjeg korisnika, npr. u zgradi), ili energetske efikasnost mera i ponašanja kojima se postiže smanjenje potrošnje energije – ali uz uslov da se pri tom zadržava isti nivo komfora i standarda života korisnika. Takođe, visoka energetske efikasnost je, jednostavno, isto što i minimalna količina primarne energije potrebna za dobijanje jedinične (finalne) energije kod krajnjeg korisnika.

Dakle, bitno je razumeti sledeće: Ukoliko krajnji korisnici štede energiju, po cenu svog komfora i standarda, time smanjuju i ukupnu potrebu proizvodnog i distributivnog sistema za primarnom energijom (pri čemu odnos jedinične, finalne energije, i uložene primarne energije ostaje isti).

Drugim rečima, takvom štednjom energije se ne povećava energetske efikasnost (iako se u javnosti te dve stvari često izjednačavaju).

Ukoliko krajnji korisnici u svojim objektima (zgradama) izvedu niz unapređenja (bolje zaptivanje vrata i prozora, ugradnja novih prozora sa manjim koeficijentom prolaza toplote, izvođenje izolacije unutrašnjih zidova ili fasada, itd.), kao rezultat tih unapređenja imaće isti standard i kvalitet života, ali sa manje uložene (primarne) energije, uz povećanje energetske efikasnosti.

U većini današnjih rasprava i analiza u pogledu energetske efikasnosti, težište je obično (ponekad i jedino) na finalnoj potrošnji energije. To je slučaj čak i sa zvaničnim dokumentima i aktivnostima koje sprovode državna (republička i lokalna) tela vezana za sektor energetike i energetske efi-

kasnosti. Takav pristup daje „zamljenu“ sliku o energetskej efikasnosti, jer se bavi samo onom količinom energije koju plaćaju krajnji korisnici, a koja u sebi ionako sadrži sve gubitke koji postoje u zgradi krajnjeg korisnika.

Ceo energetski lanac ne počinje na ulazu u zgradu. U energetskom lancu energija se troši u svim fazama – od trenutka vađenja uglja ili bušenja tla pri traženju nafte i prirodnog gasa, preko adekvatnih priprema tog goriva za transport (npr. sušenja uglja), pa skladištenja i transporta goriva do proizvodnih postrojenja. U okviru same proizvodnje energije postoje dodatni gubici usled ograničenja u efikasnosti turbina, generatora, kotlova, pa slede gubici pri eventualnoj transformaciji energije, gubici energije u prenosu i distribuciji, eventualnoj ponovnoj transformaciji – da bi se tek tu, na kraju čitavog lanca, „zakucalo“ na vrata krajnjeg korisnika.

Kako se to kaže u menadžmentu – bez merenja nema ni upravljanja, bez upravljanja nema ni unapređenja (poslovanja). Po istom principu, nedostatak objektivnih i pouzdanih podataka o pojedinim elementima u energetskom lancu može dovesti do neefikasnog korišćenja energije, kao i do netačnih zaključaka, koji bi zatim doveli do pogrešnih izbora prilikom priključenja korisnika na neki od energetskih sistema, a time i do nepotrebnog povećanja potrošnje primarne energije, a i povećanih emisija CO<sub>2</sub>.

Ako se posmatra samo finalna potrošnja, može se steći (pogrešan) utisak da je postignuta visoka energetska efikasnost, a stvarna situacija je da toplotnu energiju, proizvedenu i distribuiranu na izrazito neefikasan način, isporučite u energetski izuzetno efikasnu zgradu. Ili obrnuto, može (pogrešno) izgledati da je energetska efikasnost loša, kada toplotnu energiju iz ekstremno energetski efikasnog sistema isporučite u energetski krajnje neefikasnu zgradu.

## 2. Strateški ciljevi energetike

Ako danas želite da napišete „moderan“ strateški plan, ili ako pročitate većinu danas aktuelnih strateških dokumenata vezanih za energetiku, opšte mesto, tj. strateški ciljevi, izgledaće otprilike ovako:

- uspostavljanje održivog razvoja,
- povećanje energetske efikasnosti,
- povećanje upotrebe obnovljivih izvora energije i smanjenje upotrebe fosilnih goriva,
- povećanje proizvodnje energije iz kombinovanog postrojenja za proizvodnju električne i toplotne energije,
- uvođenje novih, savremenih tehnologija,
- povećanje energetske bezbednosti i smanjenje zavisnosti od uvozne energije/energenata,
- povećanje brige o zaštiti životne sredine, smanjenje štetnih emisija – CO<sub>2</sub> i gasova sa efektom staklene bašte, borba protiv globalnog zagrevanja i klimatskih promena.

Dakle, problem nije u ovim ciljevima, jer teško da neko može da ospori njihovu važnost, već je problem u preciznom definisanju takvih ciljeva u realnom životu i kvantifikovanju, tj. merenja, praćenja i adekvatnih dokazivanja ostvarenih rezultata.

Iste stvari su inače opisane i zacrtane i u evropskim planovima, kroz čuveni „trijumvirat: 20–20–20“, tj. planirano je da se do 2020. godine u Evropi poveća učešće obnovljivih izvora energije za 20%, da se smanji emisija štetnih gasova (CO<sub>2</sub>) za 20% i da se poveća energetska efikasnost za 20% (uz međucilj, tj. povećanje energetske efikasnosti za 9% do 2016) [1]. Naravno, sva tri cilja su međusobno direktno povezana, i nijedan od ciljeva ne može se ostvariti bez realizacije i druga dva. Čitavim nizom direktiva i standarda, vezanih za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, za energetske performanse zgrada, za kogeneraciju, koja je u EU obaveza a ne lepa mogućnost – sa težištem

na što efikasnijoj upotrebi toplotne energije, itd. Evropska unija je napravila potreban regulatorni okvir za dostizanje pomenutih ciljeva.

Istovremeno, EU je velike mogućnosti za ostvarenje uspeha prepoznala u sistemima daljinskog grejanja i hlađenja, kao sistema u kojima se mogu koristiti goriva niske energetske vrednosti, otpadna energija, razni lokalni izvori OIE, toplotna energija proizvedena uz male emisije CO<sub>2</sub> itd. Naravno, i u EU su elektroenergetski sistemi i gasovodne mreže u povlašćenom položaju u odnosu na sisteme daljinskog grejanja. Kako to rekoše u Danskoj, problem daljinskog grejanja je u tome što toplotni vodi ne prelaze međudržavne granice.

## 3. Primarni energetski faktor i primarni resursni faktor

Na osnovu svega iznetog, realna slika o energetskej efikasnosti jednog energetskog sistema može se dobiti ako i samo ako se posmatra ceo energetski lanac – koji se proteže od izvora primarne energije (u tački u kojoj počinje njena eksploatacija), pa preko njene prerade, transporta i dovođenja u proizvodno postrojenje (za proizvodnju električne ili toplotne energije, ili obadve), zatim dela prenosa i distribucije – pa sve do tačke predaje te energije na „ulazu“ u zgradu krajnjeg korisnika.

Postoji i jedan još širi način razmatranja energetskog lanca i njegove efikasnosti, gde se u obzir uzima čak i sva ona energija koja se utroši za izgradnju objekta (objekata) za proizvodnju, prenos, distribuciju i isporuku energije, što – u našoj fazi analize – i nije neophodno.

Da bi se, koliko god je to moguće, kvantifikovala i realno predstavila energetska efikasnost celokupnog sistema, odnos obnovljive i neobnovljive energije u sistemu, u EU je uveden pojam „primarnog energetskog faktora“ (u daljem tekstu PEF), kao i „primarnog resursnog energetskog faktora“ ili „primarnog resursnog faktora“ (u daljem tekstu PRF) [2, 4].

Po definiciji, PEF predstavlja odnos primarne neobnovljive i obnovljive energije na njenom izvoru (ugalj u rudniku, nafta na naftonosnom polju, prirodni gas u gasnoj kapi itd.) i energije predate potrošačima, na pragu potrošača, dobijene iz izvora neobnovljive i obnovljive energije (toplotna energija koja se koristi za grejanje, pripremu potrošne tople vode, klimatizaciju i dr., na izlazu iz predajne stanice, električna energija na ulazu u zgradu – brojilo električne energije, itd.). *Po definiciji PEF je veći od 1 ili je jednak 1.*

PRF predstavlja odnos primarne neobnovljive energije na njenom izvoru (ugalj u rudniku, nafta na naftonosnom polju, prirodni gas u gasnoj kapi itd.) i energije predate potrošačima na pragu potrošača dobijene iz izvora neobnovljive i obnovljive energije (toplotna energija koja se koristi za grejanje, pripremu potrošne tople vode, klimatizaciju i dr., na izlazu iz predajne stanice, električna energija na ulazu u zgradu – brojilo električne energije, itd.). *Po definiciji, PRF je veći od 0 ili je jednak 0.*

Na taj način PEF i PRF daju sveobuhvatnu sliku jednog energetskog sistema, jer se kroz njihove vrednosti mogu videti: i energetska efikasnost i održivost rada i udeo obnovljivih izvora, pa čak, uz jednostavnu kalkulaciju, i nivo emisija štetnih gasova. Dakle, umesto da u strateškom planu nabrajate sve one ciljeve sa početka ovoga teksta, dovoljno je da kao jedini strateški cilj razvoja vašeg energetskog sistema navedete smanjenje PEF/PRF-a za 20, 30 ili 50 odsto u određenom vremenskom periodu. Takođe, PEF/PRF možete odrediti precizno za svaki segment energetskog lanca, što je dodatna prednost.

Iz definicija PEF-a i PRF-a može se zaključiti da kada se određuje PEF, stavlja se u „bilans“ sva primarna energija koja ulazi u posmatrani energetski sistem (iz neobnovljivih i obnovljivih izvora) sa svom energijom predatom potrošačima (dobijenom iz neobnovljivih i obnovljivih izvora), a kada se određuje PRF, u obzir se uzima samo primarna energija iz neobnovljivih izvora koja ulazi u posmatrani energetski sistem sa svom energijom predatom potrošačima (dobijenom iz neobnovljivih i obnovljivih izvora).

#### 4. Primeri

Radi boljeg razumevanja o čemu se tu radi, evo i nekih primera za PEF i PRF [2]:

- Energija za koju praktično nema ograničenja iz perspektive resursa (kao što je solarna energija, energija vetra, rashladna energija iz mora, jezera i reka i dr.) tako za PRF ima vrednost nula (0). Ako korisnik tu energiju koristi za svoje potrebe (grejanja, hlađenja itd.), potrebno je da se u bilans uračuna i vrednost energije za transport, na primer prirodno hladne vode, pa se PRF za ceo sistem kreće od 0,1 do 0,4.
- Nafta, uglj i gas su ograničeni resursi, fosilna goriva, čiji je PEF = 1, i to na mestima njihovog nalaženja u prirodi. Kada se ovi resursi posmatraju na ulazu u proizvodna postrojenja (za proizvodnju električne ili toplotne energije) i kada se uračuna i (primarna) energija potrebna za vađenje, preradu, transport, itd. – njihove vrednosti se menjaju, pa je za, na primer, gas PEF = 1,1, a za uglj PEF = 1,3 itd.
- Ako posmatramo PEF za električnu energiju, treba uzeti u obzir da je efikasnost termoelektrana u razvijenim industrijskim zemljama obično oko 40%. To u praksi znači da za jednu jedinicu električne energije kod krajnjeg korisnika morate utrošiti (najmanje) 2,5 jedinice primarne energije, pa je i PEF = 2,5 (a kada se uračunaju gubici u transportu od rudnika do termoelektrane i gubici u prenosu i distribuciji el. energije, vrednost PEF-a je i veća od 2,5).

Za sisteme daljinskog grejanja, kao i sisteme grejanja pojedinačnih zgrada, vrednosti PRF-a [2] su:

Daljinsko grejanje	PRF	Grejanje specifične zgrade	PRF
Kogeneracija na gas	0,5	Kotao na gas	1,3
Kogeneracija na uglj	0,8	Kotao na uglj	1,5
Biomasa	0,1	Kotao na naftu	1,3
Spalionica otpada	0,05	Električno grejanje	2,5
Nafta, mazut	1,3	Toplotna pumpa	0,9

Za sisteme daljinskog hlađenja, vrednosti PRF-a su skoro identične. Iz vrednosti PRF-a u donjoj tabeli može se odmah videti koliko je učešće obnovljivih izvora energije, i koliko je napredan i efikasan sistem daljinskog hlađenja u odnosu na sve druge postojeće sisteme hlađenja [2]:

Sistem hlađenja	PRF
Daljinsko hlađenje (prirodno hlađenje)	0,07
Daljinsko hlađenje (apsorpciono)	1,3*PRF korišćene topl. energije
Daljinsko hlađenje (toplotna pumpa)	0,8
Specifično kompresorsko hlađenje – pojedinačna zgrada	1,0–2,0

Na taj način, mogu se jednostavno porediti različiti energetski sistemi. Ako znate vrednost PRF-a za određene sisteme grejanja ili hlađenja, „energetski edukovanoj osobi“ je momentalno jasno koliko je jedan sistem bolji od drugog –

u pogledu energetske efikasnosti i toplotnih gubitaka, udela fosilnih goriva i obnovljivih izvora energije, zatim održivosti sistema i količine štetnih emisija, i sl.

Svaka država može proračunati koeficijente za svoje specifične sisteme, kao npr. za elektroenergetski sistem ili pojedine sisteme daljinskog grejanja. Procenat termoelektrana na uglj, procenat kotlova na fosilna goriva u sistemu grejanja i slično, uvek značajno utiču na pogoršanje (povećanje) PEF/PRF.

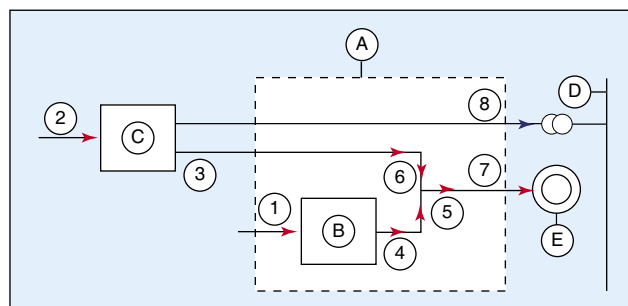
#### 5. PRF za sistem daljinskog grejanja „Novi Beograd“

Za izračunavanje PEF-a i PRF-a postoji posebna metodologija, koja je detaljno opisana u studiji Ecoheatcool [4]. „Primenjenu“ metodologiju izračunavanja primarnog resursnog faktora prezentovaćemo kroz proračun energetskog faktora u sistemu daljinskog grejanja (SDG) „Novi Beograd“, delu sistema daljinskog grejanja JKP „Beogradske elektrane“, i to za četiri slučaja – jedan postojeći i tri potencijalna:

1. proizvodnja toplotne energije vrši se u vrelovodnim kotlovima toplane (današnja situacija);
2. proizvodnja toplotne energije vrši se u vrelovodnim kotlovima toplane, a kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije u (planiranom) gasno-parnom postrojenju Novi Beograd;
3. proizvodnja toplotne energije vrši se u vrelovodnim kotlovima toplane, a kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije u postrojenju za kombinovanu proizvodnju, blok A4, TO-TE Obrenovac A;
4. proizvodnja toplotne energije vrši se u vrelovodnim kotlovima toplane, a deo toplotne energije SDG preuzima se iz spalionice otpada.

Pošto u sva tri slučaja primarna energija potiče iz fosilnih goriva (prirodni gas i domaći uglj – lignit), rezultati su sledeći: PEF za prirodni gas = 1,1; PEF za uglj (lignit) = 1,3; PEF za električnu energiju (kogenerativna proizvodnja na gas) = 1,8; PEF za proizvodnju električne energije, iz termoelektrane na uglj (lignit) = 5.

U ovom radu prezentovaćemo detaljan proračun – način određivanja PRF-a u jednom od slučajeva (pod rednim brojem 3), a za ostale slučajeve biće dati samo konačni rezultati.



A – sistem daljinskog grejanja „Novi Beograd“; B – toplotna; C – postrojenje za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije; D – električna distributivna mreža; E – potrošači toplotne energije; 1–8 – vrednosti energije

##### Podaci za toplanu N. Beograd („B“)

Osnovno gorivo: prirodni gas; pomoćno gorivo: mazut

Toplotna snaga:

3 vrelovodna kotla toplotne snage:

3 x 104 MWt = 312 MWt, gorivo: mazut

4 vrelovodna kotla toplotne snage:  
 $4 \times 116 \text{ MWt} = 464 \text{ MWt}$ , gorivo: prirodni gas/mazut  
 1 vrelovodni kotao toplotne snage  
 $1 \times 140 \text{ MWt} = 140 \text{ MWt}$ , gorivo: prirodni gas  
 Ukupno: 916 MWt

Efikasnost vrelovodnih kotlova: 0,9

Distributivni sistem:

Toplotna snaga potrošača: 1245 MWt

Efikasnost gradske toplovodne mreže: 0,88

Efikasnost vangradske toplovodne mreže: 0,95

#### Podaci za TE-TO Obrenovac A - blok A4:

Vrsta parne turbine:	[ / ]	kondenzaciona
Nominalna električna snaga:	[MWe]	308,5
Maksimalna toplotna snaga:	[MWt]	180
Broj časova rada u kombinovanoj proizvodnji:	[ h ]	4300
Efikasnost postrojenja neto pri maksimalnoj toplotnoj snazi i kombinovanoj proizvodnji:	[ % ]	42
Ostvarena prosečna toplotna snaga pri kombinovanoj proizvodnji:	[MWt]	180
Ostvarena prosečna električna snaga pri kombinovanoj proizvodnji:	[MWe]	260,4

#### Primarni energetska faktor SDG:

$$f_{P,SDG} = \frac{Q_{G,T} \cdot f_{P,G,Pg} + Q_{G,TE-TO} \cdot f_{P,G,Lg} - W_{Ele,Ptr} \cdot f_{P,El}}{Q_{Te,Potr}}$$

gde je:

- $f_{P,SDG}$  [ / ] – primarni energetska faktor sistema daljinskog grejanja;
- $Q_{G,T}$  [GWh] – godišnja količina toplotne energije uneta gorivom u kotlovsko postrojenje toplane;
- $f_{P,G,Pg}$  [ / ] – primarni energetska faktor prirodnog gasa;
- $Q_{G,T-TO}$  [GWh] – godišnja količina toplotne energije uneta gorivom u postrojenje za kombinovanu proizvodnju;
- $f_{P,G,Lg}$  [ / ] – primarni energetska faktor lignita;
- $W_{Ele,Ptr}$  [GWh] – godišnja količina električne energije isporučena potrošačima;
- $f_{P,E1}$  [ / ] – primarni energetska faktor električne energije;
- $Q_{Te,Potr}$  [GWh] – godišnja količina toplotne energije isporučena potrošačima.

Ukupna godišnja količina toplotne energije proizvedena u SDG određena je na osnovu krive trajanja toplotnog opterećenja i iznosi:  $Q_{Te,Uki} = 1413 \text{ GWh}$ .

Godišnja količina toplotne energije proizvedena u postrojenju za kombinovanu proizvodnju računa se po obrascu:

$$Q_{Te,PKPi} = Q_{Te,PKPsr} \cdot h_{kp}$$

gde je:

$Q_{Te,PKPi}$  [MWh] – godišnja količina toplotne energije proizvedena u postrojenju za kombinovanu proizvodnju;

$Q_{Te,PKPsr}$  [MW] – ostvarena prosečna toplotna snaga pri kombinovanoj proizvodnji;  
 $h_{kp}$  [ h ] – broj časova rada kombinovane proizvodnje.

Za  $Q_{Te,PKPsr} = 180 \text{ MW}$  i  $h_{kp} = 4300 \text{ h}$  dobija se:

$$Q_{Te,PKPi} = 180 \cdot 4300 = 774000 \text{ MWh} = 774 \text{ GWh}.$$

Godišnja količina toplotne energije proizvedena u postrojenju za kombinovanu proizvodnju, predata sistemu daljinskog grejanja:

$$Q_{Te,PKP,SDGu} = Q_{Te,PKPi} \cdot \eta_{Vtm}$$

gde je  $\eta_{Vtm}$  efikasnost vangradske toplovodne mreže.

Za  $\eta_{Vtm} = 0,95$  dobija se:

$$Q_{Te,PKP,SDGu} = 774 \cdot 0,95 = 735 \text{ GWh}.$$

Godišnja količina toplotne energije proizvedena u toplani računa se po obrascu:

$$Q_{Te,Ti} = Q_{Te,Uki} - Q_{Te,PKP,SDGu} = 1413 - 735 = 678 \text{ GWh}.$$

Godišnja količina toplotne energije uneta gorivom u vrelovodne kotlove instalirane u toplani računa se po obrascu:

$$Q_{G,T} = \frac{Q_{Te,Ti}}{\eta_k}$$

gde je  $\eta_k$  efikasnost vrelovodnih kotlova

Za  $\eta_k = 0,9$  dobija se:

$$Q_{G,T} = \frac{678}{0,9} = 753 \text{ GWh}.$$

Godišnja količina električne energije proizvedena u postrojenju za kombinovanu proizvodnju i isporučena potrošačima računa se po obrascu:

$$W_{Ele,Ptr} = W_{Ele,PKPsr} \cdot h_{kp} \cdot \eta_{vdme}$$

gde su:

$W_{Ele,PKPsr}$  [MW] – ostvarena prosečna električna snaga pri kombinovanoj proizvodnji,

$\eta_{vdme}$  [ / ] – efikasnost visokonaponske distributivne električne mreže.

Za  $W_{Ele,PKPsr} = 260,4 \text{ MW}$ ,  $h_{kp} = 4300 \text{ h}$  i  $\eta_{vdme} = 0,92$  dobija se:

$$W_{Ele,Ptr} = 260,4 \cdot 4300 \cdot 0,92 = 1030142 \text{ MWh} = 1030 \text{ GWh}.$$

Godišnja količina toplotne energije uneta gorivom u postrojenje za kombinovanu proizvodnju računa se po obrascu:

$$Q_{G,PKP} = \frac{W_{Ele,PKPsr} \cdot h_{kp} + Q_{Te,PKPi}}{\eta_{PKP}}$$

gde je  $\eta_{PKP}$  efikasnost postrojenja pri komb. proizvodnji.

Za  $\eta_{PKP} = 0,42$  dobija se:

$$Q_{G,PKP} = \frac{(260,4 \cdot 4300) + 774}{0,42} = 4509 \text{ GWh}$$

Godišnja količina toplotne energije isporučena potrošačima računa se po obrascu:

$$Q_{Te, Potr} = Q_{Te, Uki} \cdot \eta_{gtm}$$

gde je  $\eta_{gtm}$  efikasnost gradske toplovodne mreže.

Za  $\eta_{gtm} = 0,88$  dobija se:

$$Q_{Te, Potr} = 1413 \cdot 0,88 = 1243 \text{ GWh.}$$

Vrednost primarnog energetskog faktora prirodnog gasa iznosi:

$$f_{P,G,Pg} = 1,1.$$

Vrednost primarnog energetskog faktora lignita iznosi:

$$f_{P,G,Lg} = 1,3.$$

Vrednost primarnog energetskog faktora električne energije proizvedene u termoelektarni koja kao gorivo koristi domaći lignit iznosi:  $f_{P,EI} = 5,0$ .

Za izračunate vrednosti potrošnje goriva i isporučene količine toplotne i električne energije vrednost primarnog energetskog faktora SDG iznosi:

$$f_{P,SDG} = \frac{753 \cdot 1,1 + 4509 \cdot 1,3 - 1030 \cdot 5,0}{1243} = 1,24$$

U narednoj tabeli dat je pregled izračunatih vrednosti PRF za četiri posmatrana slučaja proizvodnje toplotne energije u SDG „Novi Beograd“:

Primer	PRF	Primer	PRF
Toplana	1,39	Toplana + toplodalekovod Obrenovac	1,24
Toplana + kogeneracija Novi Beograd	1,05	Toplana + spalionica otpada	0,89

Još jednom da podsetimo da se vrednosti PRF-a za najbolje sisteme daljinskog grejanja u zapadnoj Evropi kreću između 0,1 i 0,6. (!)

## 6. Zaključak

Na osnovu dobijenih vrednosti PRF-a, za SDG „Novi Beograd“, može se zaključiti sledeće:

- Da je potrošnja primarne energije najveća u SDG u kome se za proizvodnju toplotne energije koriste samo vrelovodni kotlovi odnosno da se primenom kogenerativnih postrojenja za pokrivanje bazne toplotne snage u SDG, PRF smanjuje i približava vrednosti 1. Smanjenje PRF, naravno, istovremeno znači i povećanje energetske efikasnosti.
- Kada se deo toplotne energije preuzima iz spalionice otpada (energija koja bi inače bila bačena), tj. ako se uključi deo obnovljive primarne energije, PRF značajno pada (na 0,89, dakle PRF < 1). U tom slučaju potrebno je čak 36% manje primarne energije za istu količinu finalne energije kod potrošača, u odnosu na klasičan rad sa vrelovodnim kotlovima.
- Da je pri određivanju PRF-a za konkretan SDG potrebno tačno odrediti vrednost primarnog energetskog faktora električne energije. Vrednost ovog faktora treba da bude određena prema karakteristikama postrojenja koja se koriste za proizvodnju električne energije uključujući tu i vrstu primarne energije-goriva koja se koriste. Tako na

primer u primeru 3 za određivanje PRF-a SDG operisalo se sa vrednošću primarnog energetskog faktora električne energije 5. Ova vrednost je određena za električnu energiju proizvedenu u termoelektarnama koje kao gorivo koriste domaći lignit koji je lošeg kvaliteta (ima veliki sadržaj vlage i pepela i malu toplotnu moć).

Osim toga, u širem smislu, za celokupan energetski sistem Srbije, gde svakako spadaju i sistemi daljinskog grejanja, može se zaključiti i sledeće:

- Potrebno je sveobuhvatno i na organizovan način primenjivati metodu određivanja PEF-a i PRF-a, u celom energetskom lancu, tj. u svim energetskim sistemima Srbije.
- Za ozbiljnu primenu navedene metode u Srbiji potrebno je doneti odgovarajuće nacionalne standarde kojima će se izračunati i definisati vrednosti PEF-a i PRF-a za domaće energetske resurse, za različita energetska postrojenja i dr. Dobra prilika za uvođenje takvih standarda je i aktuelni proces izrade Zakona o racionalnoj upotrebi energije u Srbiji.
- PEF i PRF su danas apsolutno najbolji pokazatelji za upoređivanje različitih energetskih sistema (i sistema daljinskog grejanja) – i to kao jednostavan način za poređenje svih danas suštinski najvažnijih pitanja u energetici – energetske efikasnosti, korišćenja obnovljivih izvora energije, smanjenja korišćenja primarne energije, održivog razvoja, smanjenja upotrebe fosilnih goriva, smanjenja štetnih emisija i slično. Time PEF/PRF daje ne samo kvantitativni iskaz energetske efikasnosti jednog sistema, već i kvalitativni iskaz, jer sadrži i sve druge elemente strateških ciljeva energetike danas.
- PEF i PRF su takođe jedini načini za sagledavanje efikasnosti kompletnih energetskih lanaca – od nalazišta primarne energije do krajnje potrošnje. U tom smislu treba naći dobar balans u celokupnim naporima na polju energetike za ostvarivanje energetske efikasnosti – i baviti se najviše onim delovima energetskog lanca (vrsta primarne energije, korišćenje raspoloživih vrsta otpadne/obnovljive energije, vrsta proizvodnje, prenosni i distributivni gubici, itd.) koji imaju najveći uticaj na smanjenje PRF-a.
- Potpunu svest o energetske efikasnosti sistema na koji se zgrade priključuju, na ovaj način će imati sve zainteresovane strane [5]: proizvođači i distributeri energije, investitori (i u energetici i u građevinarstvu), vlasnici zgrada, krajnji korisnici, građevinska industrija, istraživački i univerzitetski timovi – a od izuzetne je važnosti što je PRF/PEF od velike pomoći za donošenje odluka državnim organima, političarima i ministarstvima – koji je projekat „najprofitabilniji“, ne samo finansijski, već i energetski a i u smislu zaštite životne sredine, tj. društvene odgovornosti. Dakle PEF/PRF je i odličan alat za brzu procenu kompleksne vrednosti određene energetske investicije.
- Primarni energetski faktor je, naročito u sistemima daljinskog grejanja, odlična osnova i za sprovođenje planiranog uvođenja energetskog menadžmenta i zakona (u pripremi) o racionalnom korišćenju energije. U tom smislu, i postojeće nadležnosti Agencije za energetske efikasnost trebalo bi da budu značajno proširene i na sve ostale karike energetskog lanca. Jer, ukoliko se težište unapređenja energetske efikasnosti svodi samo na krajnjeg korisnika (zgrade, stanove), a istovremeno se nastave investicije u termoelektarne koje proizvode samo električnu energiju i u toplane koje proizvode samo toplotnu energiju – realni efekti takvih akcija biće minorni. U krajnjoj liniji, nije ni fer prebacivati svu brigu za energetske efikasnost na krajnjeg korisnika, na koga se ionako „svaljuju“ svi troškovi neefikasnosti u celom lancu.
- Šire i dugoročnije posmatrano, a na osnovu svega iznetog, i u skladu sa planom uvođenja novih tehnologija, kogeneracije i trigeneracije, i neraskidive povezanosti električne i toplotne energije u smislu energetske efika-

snosti – trebalo bi svakako redovno menjati i koncipirati univerzitetske programe koji se bave ovim područjem. Inženjeri koji „vide“ samo „svoju“ energiju (električnu ili toplotnu), ne mogu popraviti stanje u energetici niti podići njenu efikasnost. Takođe bi trebalo suštinski menjati i stavove i strateške razvojne planove senior menadžmenta javnih i javnih komunalnih preduzeća iz segmenta elektroenergetike i daljinskog grejanja.

- Kao što je to napisano i u broju 4 časopisa „KGH“, u obraćanju glavnog i odgovornog urednika, unapređenje energetske efikasnosti je izazov i struci KGH i Društvu za KGH. Izazov se sastoji u iskorišćenju velikih kapaciteta za uštedu energije i mogućnostima sticanja velike finansijske koristi za sve „igračice“ na ovome polju, kao i u društvenoj i korporativnoj odgovornosti da se stalnom edukacijom (što je i misija „KGH“) uspostave održivi energetske sistemi kako bi se zaista, suštinski budućim generacijama ostavila kvalitetna životna sredina i dovoljno energetske resursa.
- Ono o čemu takođe treba voditi računa je i sledeće – energetska efikasnost kao pojam i aktivnost u energetskom sektoru, ne sme biti posebno razmatrana i veštački izvučena kao zaseban segment u tom sektoru. Energetska efikasnost mora biti kompletno integrisana u sve strateške i poslovne planove energetike, a, takođe, grupe za energetske efikasnosti ne bi trebalo da budu zasebni, paralelni, organizacioni delovi energetske kompanije u odnosu na ključne („core“) delatnosti, već bi poslovi energetske efikasnosti morali da budu konkretno ugrađeni u opise poslova ključnih organizacionih celina i odgovarajućih radnih mesta.
- I, kao poslednje ali ne i najmanje važno, moralo bi se povesti računa i o sistemima nagrađivanja za unapređenu energetske efikasnosti – kako korisnika (pomoću umanjenih računa), tako i svih drugih učesnika u energetskom lancu. Svi poslovi na povećanju energetske efikasnosti trebalo bi da imaju koncept projekta – uz jasno definisane

ne timove, rokove i merljive ciljeve. Na osnovu ostvarenih (i izmerenih) ciljeva – kako u finansijskom smislu, tako i u smislu smanjenja utroška jedinice primarne energije po jedinici isporučene energije na „ulazu“ u zgradu. Od dokazanih i ostvarenih finansijskih prihoda, 70% bi se obavezno usmeravalo u naredne projekte za unapređenje energetske efikasnosti, a 30% kao raspodela – nagrada za inicijatore i realizatore dokazano uspešnog projekta. Kada bismo povukli paralelu sa energetikom – redovna plata projektnih timova bi bila primarna energija, a bonusi i nagrade za ostvarene rezultate bi predstavljali iskaz isporučene energije (rezultat) krajnjem korisniku.

## Literatura

- [1] **Bruce, Tomas**, *Real energy savings can only be correctly evaluated by analysing the primary energy demand!, The tool to use is Primary Energy Factors, PEF*, časopis *Hot&Cool magazine*, 1 (2008), pp. 20–22.
- [2] **Gulev, Lars**, *Do not save energy – save resources! Use the tool Primary Resource Factor (PRF)*, *Hot&Cool magazine* 1 (2009), pp. 22–25.
- [3] \*\*\* Primary energy efficiency; <http://www.nordicenergy.net/section.cfm?id=3-0&path=1,21>.
- [4] \*\*\* ECOHEATCOOL – Work package 3; *Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling systems*, A Euroheat & Power Initiative.
- [5] **Berner, M., R. Ulseth, J. Stang**, *Primary Energy Efficiency and Systems Engineering*, The 12th International Symposium on District Heating and Cooling, 2010, Tallin, Estonija.
- [6] **Ogrizović, S., V. Radulović**, *Primarni energetske faktor kao najbolji način za predstavljanje energetske efikasnosti*, Međunarodna konferencija „Elektrane 2010“, V. Banja, 2010.

**kgH**