

SPREGNUTA PROIZVODNJA TOPLOTNE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Dr Miodrag Mesarović, dipl. Ing,
Energoprojekt Entel, Beograd

Prof. dr Nenad Đajić, dipl. ing.,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Kombinovana proizvodnja električne i toplotne energije (kogeneracija) je dobro poznata već dugo vremena. Imajući u vidu energetske, ekonomske, ekološke, sigurnosne i tehnološke efekte kogeneracija će se sve više koristiti. U radu se razmatraju efekti primene kogeneracije i mogućnosti njenog ostvarenja u Beogradu.

Ključne reči: kogeneracija, električna energija, toplotna energija, efikasnost

DEFINICIJA I RAZVOJ KOGENERACIJE

Uobičajeni (konvencionalni) način zadovoljavanja potreba privrede i domaćinstava u električnoj i toplotnoj energiji je da električnu energiju kupuju iz lokalne elektroprivredne mreže, a da toplotnu energiju proizvode sami sagorevanjem goriva u kotlovima, pećima i sl. Međutim, ukoliko postoji mogućnost se toplotna i električna energija proizvode spregnuto (primenom tzv. kogeneracije), moguće je ostvariti značajne uštede u primarnoj energiji.

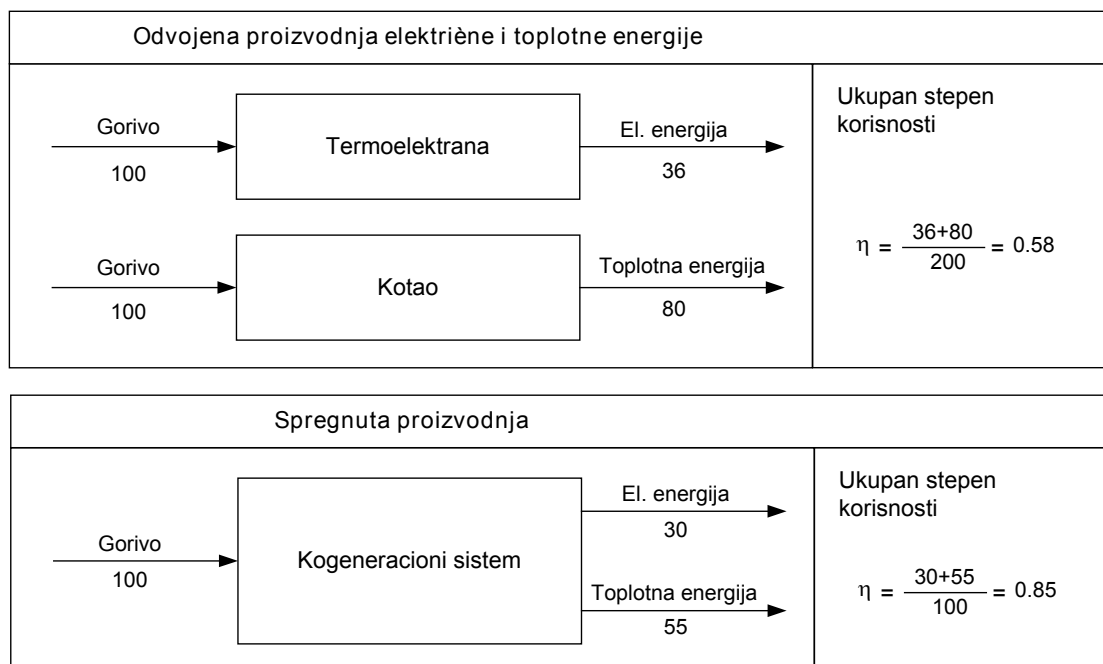
Kogeneracijom se naziva proizvodnja dve ili više formi energije iz jednog izvora energije. Dve najčešće forme energije su mehanička i toplotna. Kako se mehanička energija koristi za pogon generatora električne energije, u literaturi je česta definicija kogeneracije kao kombinovane (spregnute) proizvodnje električne (ili mehaničke) ili korisne toplotne energije iz istog izvora primarne energije. Toplotna energija se može koristiti bilo za grejanje, bilo za hlađenje (hlađenje se ostvaruje apsorpcionim uređajima, koji rade sa toplom vodom, parom ili toplim gasovima), ili u industrijskim procesima. Gradovi su najveći potrošači toplotne energije za grejanje, pa se njihovo centralizovano snabdevanje toplotom iz ovakvih spregnutih izvora smatra i ekonomski i ekološki najpovoljnijim.

Tokom rada konvencionalne termoelektrane, velike količine toplote se ispuštaju u atmosferu, bilo putem rashladnog sistema (kondenzatora, rashladnih tornjeva) ili putem izduvnih gasova. Veći deo te toplote može se iskoristiti za grejanje, time povećavajući stepen korisnosti sa 30-50%

za termoelektranu na 80-90% za kogeneraciono postrojenje. Poređenje između kogeneracije i posebne proizvodnje električne energije i toplote sa stanovišta iskorišćenja data je na slici 1 zasnovanoj na tipičnim vrednostima stepena korisnosti.

Iako je danas intenziviran razvoj tehnologije kogeneracije, njena primena nije novina, već je u pitanju proverena tehnologija sa vrlo dugom uspešnom primenom. Prva komercijalna elektrana (Pearl Street Station Tomasa Edisona) izgrađena u Menhetenu 1882. godine u SAD bila je istovremeno i prva termoelektrana-toplana, koja je proizvodila i električnu i toplotnu energiju. Kogeneracija datira od kraja 1880-ih u Evropi. Početkom dvadesetog veka mnoga industrijska postrojenja su proizvodila električnu energiju za svoje potrebe koristeći kotlove na ugalj i parne turbine. Mnoga od tih postrojenja su koristila izduvnu paru za industrijske procese. Ceni se da je skoro 58% ukupne energije proizvedene na lokacijama industrijskih postrojenja u SAD u ranim 1900.-im proizvedeno u kogeneraciji. Međutim, kada su izgrađene velike elektrane, povezane pouzdanom električnom mrežom, opale su cene električne energije, pa su mnoga industrijska postrojenja prekinula sopstvenu proizvodnju. Kao posledica toga, industrijska kogeneracija u SAD je do 1950. godine spala na 15% ukupnih proizvodnih kapaciteta, a do 1974. na samo 5%. Opadanju kogeneracije u industriji doprinelo je malo učešće troškova energije u troškovima industrijske proizvodnje, napredak tehnologije paketnih kotlova, kao i raspoloživost jeftinih tečnih ili gasovitih goriva i pooštavanje

ekoloških ograničenja.



Slika 1: Poređenje posebne i spregnut proizvodnje

Navedeni trend u kogeneraciji je počeo da se menja posle prve energetske krize u 1973. godini. Sistemi koji su efikasni i mogu koristiti alternativna goriva postali su još važniji sa porastom cena i neizvesnosti snabdevanja energijom. Početak renesanse kombinovane proizvodnje na Zapadu bio je još 1978. godine, kada je u SAD propisana obaveza elektroprivrede da kupuje viškove električne energije iz kombinovane proizvodnje po atraktivnim cenama i time izazvana eksplozija gradnje kombinovanih izvora (za 10 godina izgrađeno preko 60.000 MWe). Mada je ovaj bum u SAD nešto usporen (zbog viška kapaciteta i cena), u Evropi se intenzivno nastavlja, naročito u domenu daljinskog grejanja.

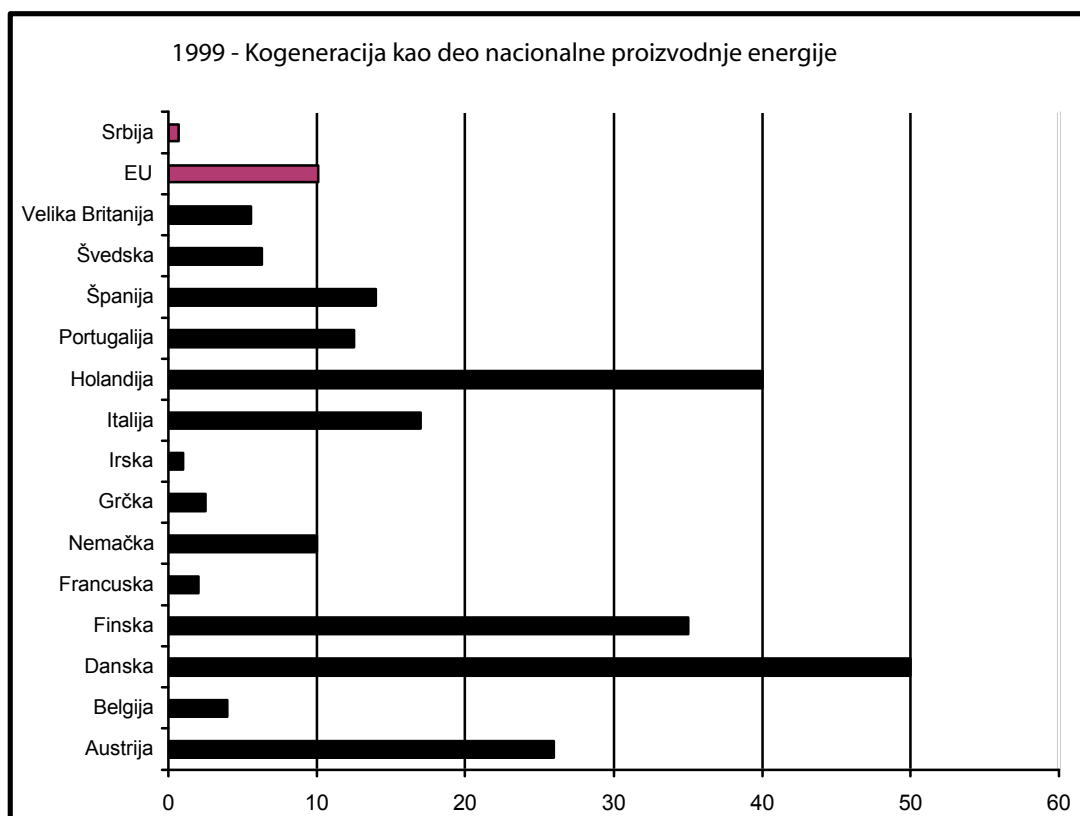
Sem smanjenja potrošnje goriva, kogeneracija ima za posledicu smanjenje emisija zagađivača. Stoga se vlade mnogih zemalja zalažu za kogeneraciju uz uvođenje stimulativnih mera kao što su poreske i druge olakšice i finansijska podrška istraživanju i razvoju. Istraživački razvojni i demonstracioni projekti realizovani u poslednje tri decenije doprineli su značajnom poboljšanju klasične tehnologije, kao i do stvaranja sasvim novih tehnologija (gorivne ćelije isl.).

Podstaknut savremenim ekološkim problemima, a posebno potrebom sprečavanja rasta efekta staklene bašte i globalnog zagrevanja, javlja se nagli porast kogeneracije širom sveta, pri čemu u pojedinim zemljama ona postaje čak dominantni oblik proizvodnje električne energije. Velikim

delom iz tog razloga, kogeneracija je definisana kao prioritarna tehnologija u državnoj politici mnogih zemalja. Na bazi ostvarene razlike u stepenu iskorišćenja goriva (preko 80% za optimalnu kombinaciju kapaciteta u poređenju sa 35-55% za termoelektrane) moguće je sniženje troškova proizvodnje energije za 30%, uz smanjenje potrošnje primarne energije za 35% (u poređenju sa odvojenom proizvodnjom) i smanjenje emisije ugljendioksida za preko 30% u poređenju sa klasičnom termoelektranom, odnosno preko za 10% u poređenju sa termoelektranom sa kombinovanim gasno-parnim ciklusom.

U nastojanju da smanje emisije ugljendioksida, zemlje Evropske Unije planiraju da sa sadašnjih 10% (slika 2) povećaju učešće kombinovane proizvodnje na 30% u ukupnoj proizvodnji električne energije do 2010. godine, prosečno 3,5% godišnje, uz najveći rast u Engleskoj, Nemačkoj, Portugaliji i Španiji. Na taj način bi instalisani kapacitet kombinovanih izvora u Evropskoj Uniji sa sadašnjih 64 GWe (od toga 36% u Nemačkoj) narastao na 103 GWe do 2010. godine. Takav intenzivan rast se očekuje i u drugim zemljama u nastojanju da se smanje emisije, i iskoriste i drugi (prvenstveno ekonomski i ekološki) efekti kombinovane proizvodnje. U Srbiji bi takođe trebalo računati da sadašnje vrlo malo učešće (oko 1%) poraste, kako sa stanovišta racionalnije potrošnje primarne energije, tako i radi povećanja

sigurnosti snabdevanja.



Slika 2: Procentualno učešće kogeneracije ukupnoj proizvodnji električne energije

Permanentno povećanje potrošnje energije i postepeno iscrpljivanje jeftinijih resursa, uz neminovno poskupljenje svih vrsta goriva, osnovne su karakteristike tržišta energije na kraju 20.-og i početku 21.-og veka. Intenzivan rast potrošnje, iscrpljivanje energetske resursa i ugrožavanje životne sredine izazivaju potrebu racionalizacije potrošnje energije, a jedna od takvih mera je i spregnuta proizvodnja (kogeneracija) električne energije i toplote.

Trenutna pretnja novom energetsom krizom izazvanom nedavnim rastom cena nafte na svetskom tržištu posle dugogodišnjeg opadanja daje novi zamah racionalizaciji potrošnje energije. Dok je prva energetska kriza 1970.-ih godina ipak bila kratkotrajna, jer su postojala mnoga nova nalazišta za eksploataciju, ovoga puta takvih nalazišta globalnog karaktera nema, te je moguće očekivati dugoročni stalni rast cena nafte i njen deficit na tržištu. Stoga, za razliku od prethodnog perioda razvoja karakterisanog raspoloživošću velike količine energije na bazi jeftine nafte, nova energetska kriza može izazvati ozbiljan razvojni diskontinuitet, ovoga puta ne samo zbog prilagođavanja ekološkim i ekonomskim zahtevima, već i zbog imperativne racionalizacije upotrebe ovog ograničenog i još uvek nezamenljivog

resursa. Diversifikacija u sektoru proizvodnje energije i široka deregulacija tržišta doveli su do velikih promena u strukturi proizvodnje električne energije, jer sve veće snabdevanje prirodnim gasom, kao i cenovni i ekološki razlozi dovode do porasta učešća elektrana sa gasnim turbinama (trenutno preko trećine proizvodnih kapaciteta koji godišnje ulaze u pogon, oko 85 GW, baziran je na gasnim turbinama, jer na to upućuju ekonomski i ekološki razlozi, a naročito pad jediničnih cena gasno-turbinskih agregata (za skoro 50% tokom poslednjih godina), što privlači i privatne investitore (preko 30% elektrana u izgradnji grade nezavisni proizvođači koji se pokazuju sposobnim za konkurenciju sa elektroprivredom). Međutim, porast učešća gasnih turbina nije odmah bio praćen odgovarajućim porastom učešća kombinovane proizvodnje toplote i električne energije, koja se pokazala vrlo atraktivnom, jer visoke temperature izduvnih gasova iz gasnih turbina pogoduju dopunskoj proizvodnji električne energije na bazi parnih turbina.

Proizvodnja električne energije se u najvećoj meri oslanja na fosilna goriva, pri čemu pretežno učešće ima ugalj kao najrasprostranjeniji i najobilniji među neobnovljivim resursima fosilnih goriva. Iako ti zahtevi i najnoviji trend ka

privatizaciji u elektroprivredi i široka deregulacija tržišta energije dovode do promena u strukturi proizvodnje električne energije, fosilna goriva ipak

ostaju dominantan izvor električne energije i u Evropi (tabela 1), pri čemu instalisani kapaciteti termoelektrana-toplana imaju udeo od skoro 10%.

Starost Vrsta elektrane	Do 10 godina	Od 10 do 20 godina	Od 20 do 30 godina	Preko 30 godina	Ukupna snaga MWe	Udeo %
Termoelektrane	38 962	97 345	53 663	23 865	213 565	33,51
Hidroelektrane	51 054	43 254	38 740	28 329	161 377	25,32
Nuklearne elektrane	4 455	20 785	75 603	24 759	125 602	19,71
Termoelektrane - toplane	7 825	13 673	14 138	25 398	61 034	9,58
Gasne turbine - komb. ciklus	5 526	3 844	1 899	38 319	49 588	7,78
Gasne turbine -prost ciklus	789	5 932	4 311	6 903	17 935	2,81
Motorni generatori-agregati	117	589	1 111	1 565	3 382	0,53
Novi obnovljivi izvori	190	108	176	2 646	3 120	0,49
Energija iz otpada	419	239	128	932	1 718	0,27
Ukupno, MWe	109 067	185 769	189 769	152 716	637 321	100,00
Ukupno, %	17,11	29,15	29,78	23,96	100,00	

Tabela 1: Instalirani kapacitet elektrana u Evropi u 1998.god., MWe

U zemljama Istočne i Centralne Evrope, u kojima su i do sada značajan deo proizvodnje električne energije davale termoelektrane-toplane, novi podsticaj za uvođenje kombinovanih izvora došao je sa tržišnom privredom i istovremeno sa velikom potrebom za zaštitom životne sredine. U Istočnoj Evropi se u regionima zagađenim u ranijem periodu vrše rekonstrukcije postojećih objekata ili izgradnja novih sa ugrađenim rešenjima za zadovoljavanje strožijih zahteva za zaštitu životne sredine (prevođenje na gas prve TE-TO u Poljskoj, Gorzonj, posle njenih 50 godina rada, ili izgradnja nove TE-TO Tychy sa kombinovanim ciklusom sa cirkulacionim fluidizovanim slojem, naprimer). Takođe, karakteristično je i dodavanje turbogeneratorskih postrojenja u postojeće toplane u slučaju mogućnosti takvog korišćenja pogodnosti kombinovane proizvodnje.

Liberalizacija tržišta električne energije i uspostavljanje konkurencije ima za posledicu snižavanje prodajnih cena, što podrazumeva i racionalizaciju troškova proizvodnje električne energije. Iznuđeno snižavanje troškova proizvodnje ima značajne posledice po proizvođače, koji su primorani na drastičnu racionalizaciju. Ovakva tržišno iznuđena racionalizacija u proizvodnji energije znači potrebu daljeg povišenja efikasnosti konverzije primarne u korisnu energiju, uključujući povišenje stepena korisnosti termodinamičkog ciklusa i smanjenje gubitaka u transformaciji i prenosu energije. Pri

tome, povišenje stepena korisnosti podrazumeva i nužnost da se zadovolje ne samo ekonomski, već i sve strožiji i brojniji ekološki zahtevi, računajući da se smanjenjem utroška primarne energije po jedinici proizvedene korisne energije smanjuju ispuštanje zagađujućih materija i ugrožavanje životne sredine od njihovog štetnog dejstva.

Od februara 1999. godine, kada je Direktiva EU stupila na snagu, liberalizacija tržišta električne energije je pokazala negativni uticaj na životnu sredinu. Naime, liberalizacija je povećala emisije zagađivača oksida sumpora i azota i CO₂ jer je u pogon ponovo uključen veliki deo kapaciteta koji zagađuju okolinu. Liberalizacija tržišta u zemljama članicama EU je već dovela do ekonomskih i ekoloških poremećaja tržišta. U početku nije vođeno dovoljno računa o merama energetske politike. Najvažnija među njima je smanjenje emisije CO₂ iz sagorevanja fosilnih goriva radi sprečavanja promene klime jer je EU preuzela obavezu da smanji emisije CO₂ za 8% u odnosu na 1990. godinu do perioda 2008-2012, a danas je očigledno da to teško može da ispunji, jer su emisije CO₂ počele da rastu (već u 2000. godini) pod uticajem liberalizacije.

Teorijski posmatrano, liberalizacija treba da dovede do porasta učešća čistih i efikasnih tehnologija. Pokret u UK, gde je kogeneracija integrisana sa liberalizacijom i klimatskom politikom, pokazuje kako zemlje mogu da tržišno

postignu smanjenje emisija i obezbede održivost razvoja u okviru dobro osmišljenog integrisanog pristupa. Ipak, EU je bilo potrebno vremena da preispita prioritete u sprovođenju energetske politike, posebno u pripremi nedavnog donošenja Direktive o kogeneraciji, koja stimuliše ovakav vid proizvodnje električne i toplotne energije. Treba napomenuti da je povećano korišćenje kogeneracije jedna od najboljih tehnika za smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte. Delom iz tog razloga, kogeneracija je definisana kao prioritarna inicijativa u državnoj politici SAD.

OPRAVDANOST PRIMENE SPREGNUTE PROIZVODNJE TOPLOTNE I ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ekonomska opravdanost kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije zasnovana je na činjenici da se njome postiže znatno viši ukupni stepen iskorišćenja goriva nego kada se njihova proizvodnja vrši odvojeno, odnosno na odgovarajućim uštedama goriva koje se na ovaj način ostvaruju. Ušteda goriva ostvarena u kombinovanoj proizvodnji toplotne i električne energije u odnosu na njihovu odvojenu proizvodnju zavisi od velikog broja faktora koji utiču na njenu valorizaciju. Nivo ušteda jako zavisi od karakteristika konzuma toplotne energije (parametara fluida i veličine i trajanja opterećenja), jedinične snage i lokacije izvora, karakteristika opreme itd.), odnosa instalisane električne i toplotne snage izvora, karakteristika termodinamičkog ciklusa turbine sa stanovišta oduzimanja pare, vrste hlađenja i brojnih drugih faktora, te se kreće u vrlo širokom opsegu (od 10-30% za slučaj daljinskog grejanja, do znatno iznad toga za slučaj kontinualnih industrijskih potrošača).

Pri utvrđivanju ušteda se moraju uzimati u obzir uslovi i reperkusije uklapanja kombinovanog izvora u elektroenergetski sistem i u toplifikacioni sistem, kao i tehnička rešenja samog izvora i sistema (vrsta hlađenja, način priključenja, vrsta regulacije i tome slično). Ako se posmatra termoelektrana-toplana integrisana u elektroenergetski sistem, ušteda goriva DG je određena razlikom njegove zbirne potrošnje pri odvojenoj proizvodnji $G_e + G_t$ i potrošnje G' pri kombinovanoj proizvodnji istih količina energije. Ona je proporcionalna količinama proizvedene električne i toplotne energije, E_e i E_t respektivno, i razlikama specifične potrošnje goriva (g) u

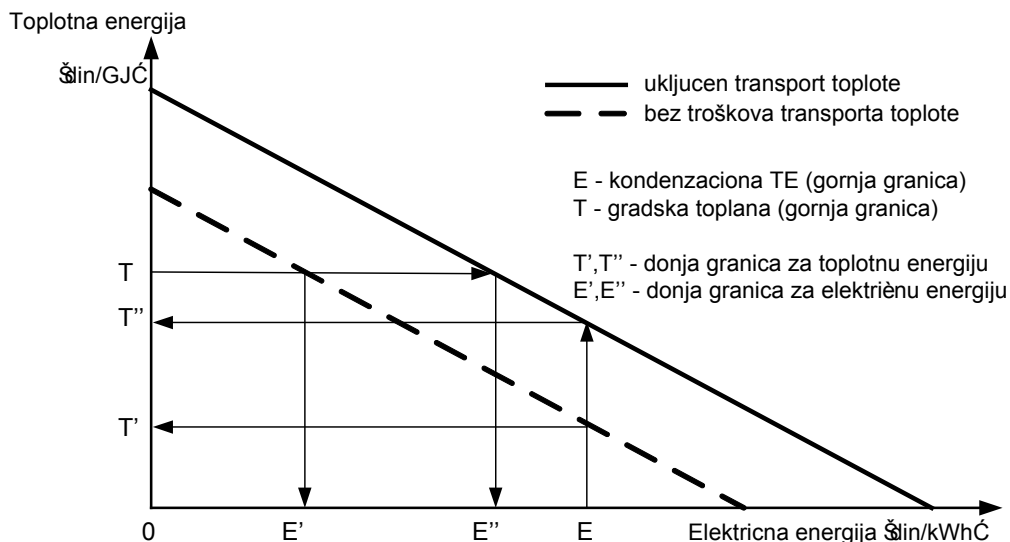
jednom i u drugom slučaju, tj.:

$$DG = G_e + G_t - G' = (g_e - g'_e) E_e + (g_t - g'_t) E_t, \quad (1)$$

Pošto specifične potrošnje goriva za slučaj odvojene proizvodnje električne energije g_e i toplotne energije g_t određuju stepeni korisnosti termoelektrane i kotlarnice respektivno, a uslovne specifične potrošnje za slučaj njihove kombinovane proizvodnje g'_e i g'_t još i način njene valorizacije, jasno je da određivanje strukture, odnosno doprinosa u ostvarivanju uštede goriva DG predstavlja vrlo složen zadatak. Evidentno je, međutim, da za to postoji čvrsto polazište u merljivim veličinama G_e , G_t i G' , ali i u opštim zakonima fizike i termodinamike.

Ekonomska valorizacija kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije je stoga veoma složena za utvrđivanje i u većini zemalja još nije zadovoljavajuće rešena, te je i praksa heterogena. Ukoliko proizvodnja obezbeđuje toplotnu energiju za lokalne potrebe, a energiju za razmenu sa elektroenergetskim sistemom, ekonomičnost je određena uslovima te razmene. Obrnuto, uslovima plasmana toplotne energije određena je ekonomičnost proizvodnje električne energije u kombinovanim izvorima (termoelektrane-toplane) integrisanim u elektroenergetski sistem. Kako se radi o dva proizvoda plasirana u dva različita energetska sistema, elektroenergetskom i toplifikacionom, podela efekata uštede treba da bude takva da se u oba od njih, a to znači i u društvu u celini, nađe interes za pripadajuća dodatna ulaganja u takav izvor.

Podela efekata uštede je, kao i u svakom drugom ovakvom slučaju zajedništva, u velikoj meri pitanje nagodbe, pa stoga ne postoje opšte prihvaćena pravila. Ipak, neka logička usmerenja su moguća i potrebna. Naime, polazeći od postavke da se za privlačenje interesa dva energetska sistema da uđu u finansiranje projekta kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije, troškovi proizvodnje obe moraju biti niži od onih koji bi karakterisali alternativnu pojedinačnu proizvodnju, proizlazi da oni moraju biti u opsegu između najniže vrednosti troškova jedne od njih (koja odgovara najvišoj vrednosti troškova druge za slučaj njene pojedinačne proizvodnje) i njihove najviše vrednosti (koja odgovara najnižoj vrednosti troškova druge za slučaj njene pojedinačne proizvodnje) kao što je prikazano na tzv. "troughu" troškova, (Slika 3)



Slika 3: Trougao jediničnih troškova proizvodnje električne i toplotne energije

Očigledno je da je na raspolaganju mnogo širi opseg za slučaj bez transporta toplote ($E-E'$, odnosno $T-T'$) nego kada je on uključen ($E-E''$, odnosno $T-T''$). Štaviše, gledano sa stanovišta direktnih ekonomskih efekata, ukoliko je sistem za transport suviše skup (ako je relativno velika daljina transporta toplote ili je relativno mali kapacitet konzuma), takav poduhvat se može pokazati neekonomičnim ($T'' \geq T$ ili $E'' \geq E$) i pored očiglednih značajnih ušteda ostvarenih u kombinovanoj proizvodnji. U tom slučaju je nužno razmotriti i sve druge (indirektne) efekte (efekte "u senci"), pre nego što se projekat definitivno proglasi ekonomski neopravdanim i neprihvatljivim za jedan ili oba energetska sistema, elektroenergetski i toplifikacioni. Budući da se kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije u našim uslovima ne javlja samo u funkciji racionalizacije potrošnje domaćeg lignita, nego i u funkciji supstitucije uvoznih goriva (mazuta i prirodnog gasa), njena valorizacija je još složenija, jer treba da uključi i moguće indirektne efekte koji mogu uticati na opredeljenje.

PRIMENA KOGENERACIJE U BEOGRADU

Spregnuta proizvodnja toplotne i električne energije predstavlja značajnu mogućnost da se poveća ukupni stepen korisnosti, utoliko veću ukoliko je veći konzum toplotne energije. Najveći konzum u našoj zemlji ima grad Beograd. Postojeće centralizovano snabdevanje potrošača na užem gradskom području Beograda rešeno je putem 12 nezavisnih sistema daljinskog grejanja ukupnog kapaciteta 2450 MJ/s, od kojih svaki

ima sopstveni toplotni izvor (toplanu-kotlarnicu) na gasovito ili tečno gorivo i sopstvenu razvodnu vrelovodnu mrežu do potrošača.

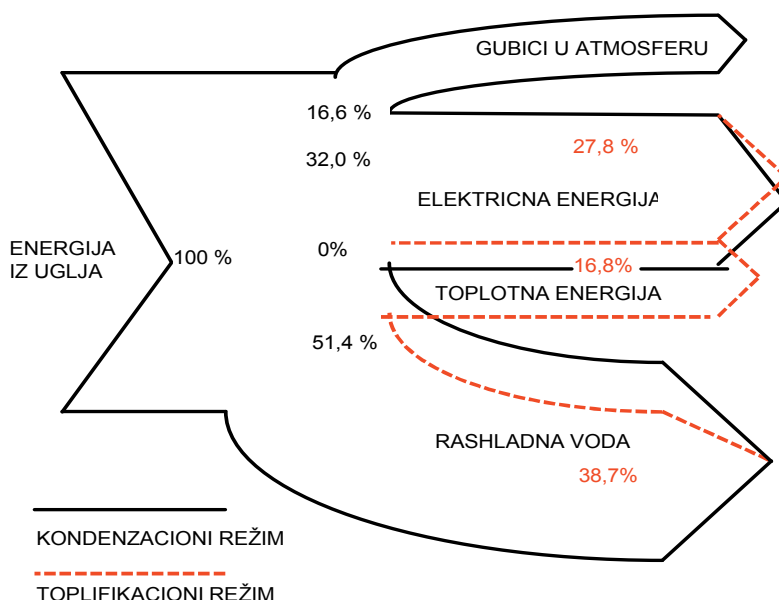
Centralizovano snabdevanje toplotom iz triju spregnutih izvora toplotne i električne energije postoji u Novom Beogradu (TE-TO Novi Beograd) preko 30 godina. Intenzivnija toplifikacija Beograda iz spregnutih izvora razmatrana sa njihovih lokacija u samom gradu (1972. i 1974.) ili u njegovoj blizini (1980.) ili, pak, u okviru termoelektrana planiranih u okolini Beograda (1976. do danas). I pored skupljeg transporta toplote, rešenja sa lokacija u okviru termoenergetskih izvora (termoelektrane "Nikola Tesla" A i Kolubara B) su se pokazale povoljnijim, te su takva rešenja i usvojena za realizaciju. Transport toplote do Beograda je posebno detaljno izučavan i optimiziran, obuhvatajući oba izvora, moguće trase i dinamiku realizacije. Na toj osnovi je već započeta izgradnja toplovoda kapaciteta 580-720 MJ/s od termoelektrane "Nikola Tesla" A do toplane Novi Beograd.

Realizacija poduhvata toplifikacije Beograda iz termoelektrane "Nikola Tesla" A planirana je da bude sprovedena u 3 faze. U prvoj fazi bi, pošto bude kompletiran započeti toplovod od Termoelektrane "Nikola Tesla" A do Toplane Novi Beograd, toplota za grejanje bila proizvođena u prva dva i u šestom bloku (107 MJ/s i 180 MJ/s, respektivno), u drugoj bi za to bili rekonstruisani i četvrti i peti blok (380 MJ/s), a u trećoj fazi i poslednji, treći blok (130 MJ/s). Ukupna snaga instalisanih kapaciteta za grejanje bi sa sadašnjih 198 MJ/s (91 MJ/s za potrebe Obrenovca) narasla u prvoj fazi na 378 MJ/s, u drugoj na

738 MJ/s, a u trećoj fazi na 868 MJ/s. Na ovaj način, blokovi termoelektrane „Nikola Tesla” A bi u imali maksimalno umanjeње električne snage na pragu za 87 MWe (0,230 MWe/MJ/s) u prvoj fazi, za 183 MWe (0,248 MWe/MJ/s) u drugoj i za 217 MWe (0,250 MWe/MJ/s) u trećoj fazi. Ovo umanjeње bi se javljalo samo pri maksimalnom toplotnom opterećenju u toplifikacionom režimu, a u proseku bi tokom grejne sezone bilo znatno manje, dok ga van nje ne bi ni bilo. Pri tome bi ukupno iskorišćenje energije uglja, sa sadašnjih oko 31 % za blokove 1 i 2, odnosno 32% za blok 3 i 32,5% za blokove 4-6 u kondenzacionom režimu rada, bilo znatno povećano, na 42,7% za blokove 1 i 2, odnosno 42,1% za blok 3 i na

46,3% za blokove 4-6 u toplifikacionom režimu. Na taj način bi prosečno iskorišćenje energije iz uglja u Termoelektrani Nikola Tesla A poraslo sa sadašnjih 32 % na 44,6%.

Na Slici 4 je šematski prikazana struktura pretvaranja primarne energije iz uglja (100%) u električnu energiju (32% u kondenzacionom, odnosno 27,8% pri toplifikacionom režimu), odnosno u toplotnu energiju (16,8% u toplifikacionom režimu) uz gubitke ispuštene u atmosferu (oko 17%) i u rashladnu vodu (51,4% u kondenzacionom i 38,7% u toplifikacionom režimu rada).



Slika 4: Korisna energija i gubici iz energije uglja za dva radna režima TENTA

Pošto se u kombinovanoj proizvodnji smanjuje potrošnja goriva u odnosu na zbir pojedinačnih potrošnji, smanjuje se ukupna emisija dimnih gasova u atmosferu. Takođe, umesto velike količine otpadne toplote pri kondenzacionom radu termoelektrane (2650 MWt) i njome izazvanog toplotnog opterećenja Save, potreba za vodom za hlađenje u kombinovanom ciklusu je manja, jer je smanjena količina otpadne toplote (na ispod 2000 MWt) na račun toplifikacionih oduzimanja. Doduše, ovaj povoljni efekat ne može biti u potpunosti iskorišćen, jer se kao kritični sa stanovišta toplotnog opterećenja Save javljaju periodi maksimuma njenih temperatura i minimuma protoka uglavnom van grejne sezone.

Medjutim koncept daljinskog snabdevanja Beograda iz termoelektrane „Nikola Tesla” A,

kao tehničko i ekološko dugoročno rešenje, u protekloj ekonomskoj i finansijskoj situaciji, nije ostvaren , i pored uložениh početnih sredstava.

ZAKLJUČAK

Kogeneracija električne energije i toplote za grejanje i industrijske potrebe predstavlja značajnu mogućnost uštede primarne energije, te je treba primenjivati gdegod je to izvodljivo i opravdano. Praćenje takvog trenda u okruženju je razumno i sa stanovišta zaštite životne sredine i sprečavanja poremećaja klime. Naročite pogodnosti koje pružaju veliki urbani centri sa stanovišta potreba toplote za grejanje pruža i Beograd, kako za slučaj da se topla voda dovodi iz rekonstruisane termoelektrane „Nikola Tesla” A u Obrenovcu, tako i za slučaj da se koriste postojeći i/ili grade novi izvori na gas namenjeni

za proizvodnju (uz toplotnu) i električne energije, budući da se u njemu troši skoro četvrtina električne energije iz sistema.

LITERATURA

- /1/ M. Čalović, M. Mesarović: Kogeneracija Spregnutaproizvodnjatoplotneielektrične energije – velika šansa Beograda, XXVI Savetovanje Jugoslovenskog nacionalnog komiteta CIGRE, Banja Vrućica, maj 2003.
- /2/ M.Mesarović: Održivo snabdevanje energijom i pijaćom vodom, KGH, god. 30, br.1, 2001.
- /3/ N. Đajić, M. Mesarović: Transport toplote, TERMOTEHNIKA, god. 6, br 2. 1980.
- /4/ M. Mesarović, N. Đajić, S. Oka: Spregnuta proizvodnja toplotne i električne energije i kombinovani ciklusi, Program 43, Izabrani razvojni programi, Knjige 1, 2 i 3, Ministarstvo za nauku, tehnologiju i razvoj, Beograd, 2002.
- /5/ M. Mesarović: Tehnički, ekonomski i društveni aspekti kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije, II Savetovanje ENERGETIKE SRPSKE'98, Teslić, 1998.
- /6/ N. Đajić: Energija za održivi svet, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2002.
- /7/ N. Đajić: Energetski izvori i postrojenja, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1992.

COGENERATION OF HEAT AND ELECTRICITY

Combined generation of electric and thermal energy (cogeneration) is well known since long time ago. Taking in account energy, economic, ecological, security and technological effects, combined generation has been used more and more. In paper it is discussed the effects of cogeneration and possibilities of cogeneration in Belgrade.

Key words: cogeneration, electricity, heat, efficiency