

ENERGETSKA EFIKASNOST KOGENERACIJSKE PROIZVODNJE ENERGIJE I OGRANIČENJA U REPUBLICI SRPSKOJ

Zdravko N. Milovanović, *Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet Banja Luka*
Svetlana R. Dumonjić-Milovanović, *Partner inženjering d.o.o. Banja Luka*

Sadržaj – Kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije (Combined Heat and Power - CHP) i sistema daljinskog grejanja i hlađenja (District Heating and Cooling - DHC) predstavljaju niz provjerenih, pouzdanih i ekonomičnih tehnologija, koje već daju značajan doprinos ispunjenju globalne potražnje za toplotnom i električnom energijom. Zbog svoje povišene efikasnosti u snabdevanju energijom i korišćenju otpadne toplote i nisko-ugljeničnih obnovljivih izvora energije, CHP i DHC sistemi su već sada važan dio nacionalnih i regionalnih strategija za smanjenje stakleničkih gasova (Green House Gas - GHG). U okviru ovog rada dat je prikaz problematike korišćenja CHP i DHC sistema u Republici Srpskoj.

1. UVOD

Zakon o održanju energije definiše energiju kao oblik koji se ne može niti proizvesti niti uništiti, već samo transformirati iz jednog oblika u drugi. Energija je dakle samo pohranjena u obliku koji u pravilu nije podesan za neposredno korišćenje. Transformacije energije iz jednog u drugi energetska oblik teku sve do dobijanja energetskih oblika koje krajnji korisnici zahtijevaju (toplotna energija, mehanička energija, hemijska energija i energija rasvjete). Pri tome su od posebnog značaja transformacije u kojima se proizvodi električna energija. Tehnološki nivo njene transformacije iz prirodnih oblika (primarna energija) u korisne poželjne oblike predstavlja osnov za mjerenje energetske efikasnosti, pri čemu svaki tehnološki napredak ima za posljedicu društveni i privredni rast. Proizvodnja, prenos (transport), akumulacija i inoviranje energije predstavljaju imperativno strateške ciljeve neophodne za rast ljudskog društva. Iako se je nakon energetske krize krajem sedamdesetih godina prošlog vijeka prestalo sa rasipnim trošenjem energije, u industrijski razvijenim zemljama njena potrošnja je skoro deset puta veća u odnosu na potrošnju prosječnog stanovnika zemlje.

Zbog svoje lake transformacije u druge oblike energije, kao i mogućeg transporta na veće udaljenosti prenosnom mrežom (naponski nivoi 110 kV, 220 kV i 400 kV), električna energija je izuzetno značajna za privredni razvoj svake zemlje. Empirijski je utvrđeno da je potrošnja električne energije po glavi stanovnika jedan od ključnih parametara, koji ukazuje na razvijenost nacionalne privrede i životni standard ljudi određene zemlje. Većina prognoza danas pokazuje da će se za pola vijeka broj stanovnika na zemlji udvostručiti, prije nego što bude zaustavljen na 12 milijardi, što zahtijeva obezbjeđenje dodatne energije.

Sve dosadašnje projekcije energenata u budućnosti pokazale su da će fosilna goriva biti i u narednom periodu značajan izvor energije. Prognoze iz 2004. godine o pravcima kretanja svjetske energije u budućnosti, pokazale su da će se potrebe za energijom u iduća dva desetljeća u zemljama u razvoju udvostručiti, budući da stanovništvo i ekonomija u

zemljama u razvoju rastu brže nego u industrijalizovanim zemljama. Pronalaženje načina koji će omogućiti razvoj i načina za zadovoljavanje rastućih svjetskih potreba za energijom treba istovremeno i ublažiti moguće uticaje snabdijevanja i upotrebe energije na životnu sredinu, uz osiguravanje dugoročnog kvaliteta za život na zemlji.

Zahtjevi za kontinuiranim obezbjeđenjem potreba za energijom u dovoljnim količinama za industrijska postrojenja, saobraćaj i standard života ljudi, zahtijeva razvoj novih tehnologija zasnovanih na fosilnim gorivima (postrojenja za sagorijevanje u fluidizovanim sloju, kombinovani ciklusi sa gasifikacijom, kombinovani ciklusi sa prirodnim gasom kao gorivom, gorive ćelije, tehnologije sa spoljašnjom toplotnom energijom - Stirlingova mašina, termofotonaponska konverzija, termalno-električni konvertori sa alkalnim metalima), kao i povećanje energetske efikasnosti (štednja i racionalno korištenje energije, smanjenje distributivnih i drugih gubitaka). S druge strane, korišćenje raspoloživih izvora energije prate određeni problemi:

- ugalj, nafta i gas predstavljaju neobnovljive izvore energije, čije pojačano trošenje, osim što skraćuje period njihovog budućeg korišćenja, utiče na rast globalnog zatopljenja, uz vrlo ozbiljne posljedice;
- nuklearna energija, nakon havarije u Černobilju i Fukošimi, nailazi na ozbiljan problem društvenog prihvaćanja (nakon havarije u Fukošimi iz marta 2011. godine mnoge zemlje su odustale od već planiranih nuklearnih elektrana);
- obnovljivi izvori energije zahtijevaju poseban tretman i stimulacije, kako bi se razvili do mjere koja obezbjeđuje takva rješenja u primjeni koja bi bila ekonomski isplativa.

2. PLANIRANJE RAZVOJA ENERGETSKIH SISTEMA U BUDUĆNOSTI I MODULI ODLUČIVANJA

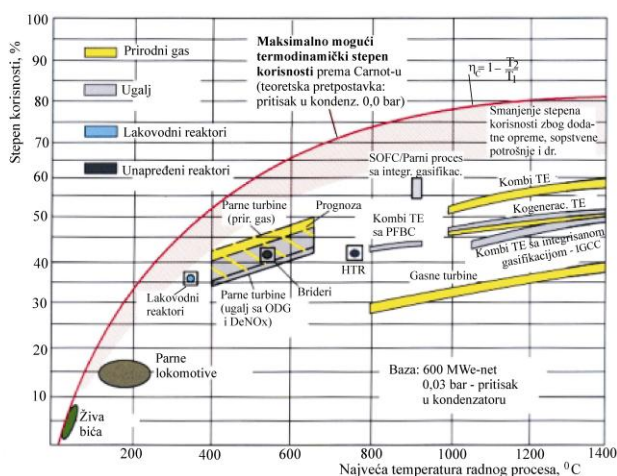
Kako je budućnost čovječanstva sa aspekta obezbjeđenja dovoljne energije prepuna određenih nesigurnosti (različite mogućnosti, rizici, problemi i sl.), prelazni period do 2050. godine karakterisaće veliki ritam promjena i burna dešavanja (enorman rast broja stanovnika na zemlji, sa tendencijom dostizanja i stabilizacije na 12 milijardi do kraja sljedećeg stoljeća, sve veći jaz između bogatih i siromašnih, vođenje ratova za energetske izvore, klima povjerenja i tolerancije između istoka i zapada, između sjevera i juga, između različitih narodnosti i religija, itd.). Povećanje rasta potrošnje energije u svijetu zahtijevaće i određeno povećanje u proizvodnji energije. Postrojenja s poboljšanim korištenjem fosilnih goriva (elektrane s naprednim tehnologijama u korištenju uglja sa težnjom da imaju nula emisije, elektrane s kombinovanim gasno parnim ciklusom, proizvodnja električne energije u gorivnim ćelijama), spadaju u tehnologije za proizvodnju električne energije, koje će sa

aspekta održivog razvoja biti prihvatljive u prvoj polovici 21. vijeka. Paralelno sa njima, biće korištene i poboljšane nuklearne tehnologije (nuklearne elektrane s unaprijeđenim lakovodnim reaktorima, nuklearne elektrane s visokotemperaturnim reaktorima, nuklearne elektrane s brzim oplodnim reaktorima)

Element koji je zajednički u svim dugoročnim strategijama razvoja energetskog sektora predstavlja usmjeravanje na proizvodne sisteme i na potrošnju sa visokom efikasnošću i niskim troškovima energije i materijala. Pronalaženje načina koji će omogućiti razvoj i načina za zadovoljavanje rastućih svjetskih potreba za energijom trebaju istovremeno i ublažiti moguće uticaje snabdijevanja i upotrebe energije na životnu sredinu, uz osiguravanje dugoročnog kvaliteta življenja na zemlji. Pri razvoju elektroenergetskih sistema posebna pažnja se poklanja mogućem povećanju efikasnosti elektrana. Naravno, pri tome postoji naša odgovornost u pogledu zadovoljenja sigurnosti u snabdijevanju energijom, ekonomičnošću i uticaja na klimatske promjene. Energetska efikasnost elektrane ili njenih sastavnih komponenti izražava se preko stepena korisnosti (η_{TE} , η_k , η_t , η_{RC}). Maksimalna vrijednost stepena korisnosti energetskog postrojenja ograničena je stepenom korisnosti Carnot-ovog ciklusa, $\eta_c = 1 - T_2/T_1$, gdje T_2 i T_1 predstavljaju temperature izotermske kompresije odnosno izotermske ekspanzije, što je prikazano na slici 1, [1]. Kod parnih postrojenja uzima se u obzir Renkinov ciklus, $\eta_{RC} = \eta_c \cdot \eta_{ex}$. Stepenn korisnosti se izražava kao odnos korisne energije dobijene u termoelektranama (električna energija + toplota) i uložene energije goriva. Specifična potrošnja energije izražava se odnosom utrošene toplote goriva za proizvodnju 1 kWh električne energije i predstavlja recipročnu vrijednost stepenu korisnosti elektrane:

$$q_{TE} = \frac{1}{\eta_{TE}} \quad (1)$$

Specifična potrošnja energije izražava se i kao specifična potrošnja goriva (kg, g) za proizvodnju 1 kWh električne energije, npr., g/kWh ili kg/kWh. Stepenn korisnosti se izražava kod donje toplotne vrijednosti goriva H_d^r (DTV, LHV).



Sl. 1. Stepenn korisnosti elektrana za različite energetske tehnologije, [1].

U SAD-u se za parne procese stepenn korisnosti izražava kod gornje toplotne vrijednosti goriva H_g^r (GTV, HHV), a za cikluse gasnih turbina kod DTV. Razlikuje se ukupni (bruto), neto i godišnji (pogonski) stepenn korisnosti. Ukupni stepenn korisnosti se dobije kada se ukupna proizvodnja električne energije na generatoru podijeli sa utrošenom toplotom goriva u kotlu elektrane, dok se kod neto stepena korisnosti računa električna energija na pragu elektrane (ukupna umanjena za sopstvenu potrošnju). Godišnji ili pogonski stepenn korisnosti se izračunava dijeljenjem godišnje proizvodnje električne energije (bruto ili neto) sa godišnjom potrošnjom energije goriva. Neto stepenn korisnosti elektrane na uglj može se definisati izrazom:

$$\eta_{TE} = \eta_{RC} \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_k \cdot \eta_{s.p.}, \quad (2)$$

pri čemu su oznake i približne vrijednosti stepena korisnosti za temperaturu pare na ulazu u savremenu turbinu od 580 °C:

- $\eta_{RC} = \eta_c \cdot \eta_{ex} = 0,65 \cdot 0,94 = 0,61$ ili 61% - Renkinov stepenn korisnosti kod $\eta_c = 65\%$ i sadržaj eksergije u pari kod približno 94%;
- $\eta_t = 93\%$ - stepenn korisnosti savremenih parnih turbina;
- $\eta_g = 98\%$ - stepenn korisnosti savremenih električnih generatora;
- $\eta_k = 91\%$ - stepenn korisnosti savremenih kotlova;
- $\eta_{s.p.} = 93\%$ - stepenn korisnosti pomoćne opreme TE (sopstvena potrošnja oko 7%).

Neto stepenn korisnosti savremene elektrane na uglj sa unaprijeđenom klasičnom tehnologijom iznosio bi $\eta_{TE}^n = 61\% \times 93\% \times 98\% \times 91\% \times 93\% = 47\%$. Takav stepenn korisnosti ima danska termoelektrana na ugljeni prah kamenog uglja Nordjylland 3 snage 400 MW, puštena u rad 1998. godine sa dva međupregrijanja i sljedećim parametrima pare: 290 bar / 580 °C / 580 °C / 580 °C, [2]. Naravno, kod temperature pare na ulazu u turbinu od 700 °C, Renkinov stepenn korisnosti bi iznosio 65,2%, a neto stepenn korisnosti TE pod istim ostalim uslovima bio bi 50,3%. Povećanje energetske efikasnosti u svim zemljama svijeta je strateški cilj, ali teška su vremena za značajnije povećanje te efikasnosti, pa i kod nas. U današnje vrijeme na globalnom nivou dominiraju tri pitanja, vezana za politiku energetske efikasnosti: globalna finansijska kriza, zatim energetska sigurnost i pouzdanost snabdijevanja energijom, kao i problem klimatskih promjena.

Energetska efikasnost je sastavni dio razvojnih smjernica svih sektora energetskog sistema. Ipak, kada se govori o energetske efikasnosti najčešće se misli na mjere kojima se smanjuje potrošnja energije u sektorima neposredne potrošnje, tj. u zgradarstvu (zgrade stambene i nestambene namjene), transportu i industriji. Inače, energetska efikasnost u zgradarstvu je područje koje ima najveći potencijal za smanjenje ukupne potrošnje energije. Efikasna realizacija niza mjera kojima se poboljšava energetska efikasnost snažno će uticati na ekonomiju energije i smanjenje emisije CO₂ uz najniže troškove. Prema procjenama Međunarodne agencije za energiju (IEA), realizacija predloženih niza mjera na globalnom nivou, moguće bi bilo do 2030. godine smanjiti emisiju CO₂ za približno 8,2 mlrd t CO₂/godišnje, što je ekvivalentno 1/5 emisije CO₂ povezanom sa potrebama energije u globalnom scenariju za 2030. godinu

(www.iea.org/russian/workshops.html). Kogeneracija ili često korišćen izraz kombinovana proizvodnja toplotne i električne energije (na njemačkom *Blockheizkraftwerke* - *BHKW*, odnosno na engleskom *Combined Heat and Power* - *CHP*) predstavlja proizvodnju električne energije sa istovremenim korišćenjem otpadne toplote, koja se inače gubi u industrijskim procesima. Principi kogeneracije poznati su već duže vrijeme, a tehnologija se poboljšava i razvija već godinama. Danas, moderni kogeneracioni sistemi postižu efikasnost i do 90%. Kogeneracija nudi veliku fleksibilnost; najčešće postoji kombinacija postrojenja i goriva koja zadovoljava većinu individualnih zahteva. Kogeneracija koristi otpadnu toplotu, koja uvijek nastaje prilikom dobijanja električne energije, čime se sprečava njeno ispuštanje u atmosferu. Prilikom konvencionalnih načina dobijanja električne energije, gotovo *dvije trećine* energetskeg inputa se gubi na ovaj način. Kao što je to u uvodu već rečeno, kogeneracija može da iskoristi većinu te (inače bačene) toplotne energije, čime se dobija znatno bolja iskorišćenost goriva i značajne uštede, što sve rezultira u energetskeg uštedi od 20 do 40%. Kombinovanje kogeneracionog postrojenja sa absorpcionim rashladnim sistemom omogućava iskorišćenje sezonskih viškova toplotne energije za hlađenje. Topla voda iz sistema za hlađenje kogeneracionog postrojenja služi kao pokretačka energija za absorpcione čilere. Vrući izduvni gas se može iskoristiti kao energetskeg izvor za visoko efikasne parne čilere. Na ovaj način se više od 80% termičke energije kogeneracionog postrojenja može pretvoriti u rashladnu vodu. Na ovaj način se znatno povećava ukupna efikasnost kogeneracionog postrojenja.

2.1. Modeli odlučivanja u energetici

Postojanje teškoća u vrednovanju određenih ekoloških i društvenih uticaja razvoja novih energetskeg objekata i veliki broj mogućnosti za izbor njihove lokacije zahtjeva primjenu metode višekriterijumske analize, a ne samo primjenu konvencionalne metode analize troškova i dobiti. Zbog osiguranja većeg obima prihvatljivih alternativa izbora lokacije, od posebne važnosti je identifikacija mogućih kriterijuma (eliminacioni i kriterijuma za poređenje), koji u osnovi moraju zadovoljavati elemente održivog razvoja - ekonomiju, životnu sredinu i društvo. Korišćenje metoda višekriterijalnog odlučivanja treba da obezbijedi pomoć donosiocima odluka u slučaju kada postoji veliki izbor alternativa za problem koji rješava. Pri tome, proces odlučivanja i izbora najoptimalnijeg rješenja prilikom projektovanja energetskeg postrojenja je višekriterijumskog tipa, pri čemu je potrebno u obzir uzeti veći broj faktora i interesa različitih grupacija i nivoa društvene zajednice (često i međusobno suprotstavljenih), uz učešće više interesnih grupa u procesu odlučivanja. Postavlja se pitanje kako pomiriti sve ove kriterijume, sa aspekta različitih preferencija i često međusobno suprotstavljenih interesa. Prilikom izbora varijantnih rješenja kod energetskeg postrojenja, idealan slučaj bi odgovarao situaciji kod koje bi se svi kriterijumi u problemu mogli klasifikovati u dvije kategorije: profitnu kategoriju, gdje se kriterijumi maksimiziraju, pri čemu kriterijum ne mora nužno biti profitni i troškovnu kategoriju, gdje se kriterijumi minimiziraju. Idealno rješenje bilo bi ono koje omogućava maksimiziranje svih profitnih i minimiziranje svih troškovnih kriterijuma, što je u praksi

veoma teško postići. Kako idealno rješenje nije moguće postići, potrebno je tražiti tzv. nedominiranih rješenja (rješenje je dominirano ako postoji bar jedno drugačije rješenje, koje je bar po jednom atributu bolje od posmatranog, uz uslov da je po drugim atributima bar jednako). Treću kategoriju čine tzv. zadovoljavajuća rješenja, kao redukovani podskup mogućih rješenja. Konačno, postoje poželjna rješenja koja su nedominirana, a najbolje zadovoljavaju očekivanja donosioca odluke. U principu razlikuju se dvije grupe metoda - jednostavne nekompenzacione metode za jednostavnija odlučivanja i preciznije kompenzacione metode za složenija odlučivanja.

3. SISTEMI ZA KOGENERACIJU

Kogeneracija, kao termodinamički uzastopna proizvodnja dva ili više korisnih oblika energije iz jednog primarnog energetskeg izvora (kombinovana proizvodnja električne i toplotne energije u jednom postrojenju), najčešće se klasifikuje u određene grupe prema određenim i unaprijed definisanim kriterijumima. Zavisno od toga da li je proizvodnja električne ili toplotne energije primarna, razlikuju se *elektroprivredna* (primarna je proizvodnja električne energije) i *industrijska* kogeneracija, zajedno sa kogeneracijom u toplanama, gdje je primarna proizvodnja toplotne, a sekundarna proizvodnja električne energije. Kada se radi o elektroprivrednoj kogeneraciji, električna energija se posredstvom elektroprivrednih sistema (prenosnog i distributivnih) isporučuje krajnjim korisnicima, a posredstvom toplifikacionih dalekovoda, korisnicima toplotne energije (to su najčešće velike industrije i komunalni sistemi za rejonsko-daljinsko grejanje). U slučaju industrijske kogeneracije, toplotna i električna energija se prvenstveno koriste u tehnološkom procesu dotične industrije (proizvodnja papira, bojenje tekstilnih tkanina, štavljenje kože i sl.), dok se viškovi energije mogu slobodno prodavati i drugim korisnicima na energetskeg tržištu. Najčešća klasifikacija kogeneracije je prema *instalisanog električnoj snazi*, zatim prema redoslijedu korišćenja energije i prema prihvaćenoj šemi rada. U slučaju kada se proizvode tri različita oblika energije (električna, toplotna i rashladna energija) radi se o tzv. trigenerativnim postrojenjima. Na osnovu *redoslijeda korišćenja energije*, sistemi kogeneracije se klasificiraju u postrojenja sa vršnim (topping, gornjim) ili bazičnim (bottoming, donjim) ciklusom. Kogeneracija sa vršnim ciklusom pogodna je kod postrojenja sa preradom celuloze, zatim postrojenja za proizvodnju hrane, tekstilnoj industriji, daljinskom grijanju, kao i kod kliničkih i univerzitetskih centara. Kod postrojenja sa donjim ciklusom proizvodi se termalna energija visoke temperature, dok se otpadna toplota koristi za proizvodnju električne energije, korišćenjem kotla ulazatora i adekvatnog pripadajućeg turbogeneratorskeg postrojenja. Pogodni su za korišćenje u proizvodnim procesima koji zahtijevaju toplotnu energiju sa visokim temperaturama, a odbacuju toplotu na niskim temperaturama (peći i sušare). Ova postrojenja se često sreću u industrijama cementa, petrohemiji, čeličanama i sl. Po osnovu *šeme rada*, sistemi kogeneracije se mogu podijeliti na: sisteme za pokrivanje baznog električnog opterećenja, na osnovu poznavanja krive potreba konzuma, zatim na sisteme za pokrivanje baznog toplotnog opterećenja, kao i na sisteme za praćenje električnog odnosno sisteme za praćenje toplotnog

opterećenja (tzv. "sistem za sebe"), gdje se sistemi kogeneracije projektuju s ciljem pokrivanja ukupnih potreba za električnom odnosno toplotnom energijom na razmatranom lokalitetu. U slučaju većih potreba za toplotnom energijom, kod sistema za praćenje električnog opterećenja, koriste se pomoćni kotlovi, dok se u slučaju sistema za praćenje toplotnog opterećenja nabavka nedostajuće električne energije najčešće obavlja kupovinom od nadležne distribucije na tom lokalitetu. Ukoliko se kao kriterijum koristi *namjena*, kogeneracijska postrojenja se dijele na industrijsku kogeneraciju (temperature više od 140 °C), zatim kogeneraciju u zgradarstvu (temperature od 40 do 140 °C, specifični slučajevi: javne toplane, mikrokogeneracija), kao i kogeneraciju u poljoprivredi (temperature od 15 do 40 °C) , [3]. Prema *korišćenoj tehnologiji*, razlikuju se kombinovani procesi gasne turbine sa korišćenjem otpadne toplote, protivpritisne parne turbine, kondenzacione parne turbine sa regulisanim i neregulisanim oduzimanjima pare, gasne turbine sa korišćenjem otpadne toplote, SUS motore, mikroturbine, Stirlingove motore, parne mašine, organske Rankinove procese, kao i sve ostale vrste tehnologija ili sagorijevanja a koje predstavljaju istovremenu proizvodnju toplotne i električne (mehaničke) energije u jednom procesu. Sa aspekta *veličine instalisane električne snage*, razlikuju se: mikro-kogeneracija (kogeneracijska jedinica instalisane snage manje od 50 kW), mini-kogeneracija (kogeneracijska jedinica instalisane snage manje od 1 MW), mala-kogeneracija (kogeneracijska jedinica instalisane snage manje od 5 (10) MW), kao i velika kogeneracijska postrojenja snage preko 5 (10) MW. Prema Direktivi 2004/8/EC, postoje sljedeće četiri osnovne kategorije primjene kogeneracije: mala kogeneraciona postrojenja, koja se uz proizvodnju električne energije obično koriste za grejanje vode i zagrevanje prostora u zgradama (ona se baziraju na stabilnim motorima sa unutrašnjim sagorevanjem sa električnim paljenjem), velika kogeneraciona postrojenja, obično pridružena proizvodnji pare u velikim zgradama, koja se baziraju na SUS motorima sa kompresionim paljenjem, parnim ili gasnim turbinama, zatim veliki kogeneracioni sistemi za daljinsko grejanje („District Heating”) u okolini termoelektrana ili velikih postrojenja za spaljivanje otpada, sa rekuperatorima, koji snabdevaju toplotom lokalnu mrežu za grejanje, kao i kogeneraciona postrojenja, koja se snabdevaju primarnom energijom iz obnovljivih izvora, malih ili velikih kapaciteta. Adekvatnost primene kogeneracije prvenstveno se vidi za slučaj elektroprivredne kogeneracije, u velikim termoelektranama na fosilna goriva (ugalj, derivati nafte, prirodni gas), lociranim u blizini velikih gradova, gde je posebno izražena potreba za grejanjem, koje se može organizovati daljinski, ili nekih industrija kojima je neophodna tehnološka para. To su industrije celuloze i papira, hemijska, tekstilna, metaloprerađivačka i prehrambena industrija, industrija građevinskih materijala itd., kao i veliki javni i komercijalni kompleksi, koji iskazuju značajne potrebe za toplotnom energijom (tržni, rekreativni, zdravstveni i sportski centri, kasarne i drugi vojni objekti, aerodromi, turističko-rekreativni kompleksi itd.). U Evropi je u pogonu više hiljada kogeneracionih postrojenja. Smatrajući nedovoljnim učešće kogeneracije u ukupnoj proizvodnji električne energije u zemljama Evropske Unije od 9 %, Evropska komisija je 1997. godine postavila kao cilj da to

učešće u 2010. godini poraste na 18 %. Teoretski posmatrano, skoro svaka vrsta goriva se može koristiti za kogenerativne procese. U praksi se najčešće koriste fosilna goriva (najčešće prirodni gas), kako iz ekonomskih razloga tako i sa ekološkog aspekta. Čvrsti otpad, neki industrijski gasovi i biomasa imaju tendenciju povećanja upotrebe, posebno ukoliko se riješe pitanja za obavezujuće njihovo sakupljanje i zbrinjavanje. Pretpostavlja se da će njihova primjena uskoro dostići današnji nivo korišćenja prirodnog gasa. Kogenerativna postrojenja mogu biti projektovana da koriste više od jednog goriva, u nekim slučajevima čak i do četiri, s ciljem obezbjeđenja mogućnosti dodatne optimizacije izbora goriva po ekonomskom i ekološkom kriteriju. Upotreba goriva niskog kvalitetnog nivoa rezultuje smanjenim troškovima za gorivo, ali sa druge strane su prisutni znatni dodatni troškovi za rukovanje sa njima, kao i proces kontrolisanja samog sagorijevanja, uz ispunjenje propisanih ekoloških normativa. U opštem slučaju, goriva mogu biti tečna, gasovita i čvrsta. S druge strane, ona mogu biti komercijalna (fosilna goriva i derivati nafte) i otpadna (nusprodukti nekih industrijskih procesa). Obnovljivi izvori energije kao goriva nisu tretirani komercijalno, jer njihova ekonomska isplativost primjene omogućena je samo na specifičnim lokacijama. Izbor goriva najčešće se svodi na razmatranje više ekonomski prihvatljivih solucija, s tim da se praktično bira između jedne od vrsta fosilnih goriva. Važi generalno pravilo da prirodni gas (u slučaju dostupnosti i konkurentnosti i ekonomske održivosti njegove cijene nabavke), zbog svojih prednosti, predstavlja osnovni izbor goriva.

U okviru tabele 1 dat je uopšteni prikaz osnovnih karakteristika kogeneracijskih postrojenja i njihove najčešće primjene. Kao primjer sve aktuelnije primjene kogeneracije, izdvaja se korišćenje kogeneracije u staklenicima. Kroz hemijski proces fotosinteze, biljke sa hlorofilom kao katalizatorom preuzimaju CO₂ iz vazduha i iz njega stvaraju ugljenik, koji je izvor rasta biljke. U prirodnom okruženju se po pravilu nalazi oko 350 ppm CO₂ (optimalni udio CO₂ koji biljke mogu konzumirati je oko 800-1.000 ppm). Zahvaljujući obogaćenju atmosfere u staklenicima na ovaj nivo sadržaja CO₂, na prirodan i ekološki način rast biljaka će se povećati i do 40% (tzv. tehnika "CO₂ đubrenja"). Uobičajeni način obogaćenja atmosfere sa CO₂ u staklenicima se obavlja sagorijevanjem zemnog gasa u CO₂-gorionicima. Kao alternativa ovom procesu, može se uz odgovarajuću pripremu koristiti izduvni gasovi iz gasnih motora. Nezavisno od metode dobijanja CO₂ nastaje oko 0,2 kg CO₂ na svaki kWh dovedene energije gasa. Koncentracija CO₂ u izduvnom gasu gasnog motora je 5 do 6 vol. %. Ubrizgavanjem karbamida, u SCR katalizatoru (Selective Catalytic Reduction) se azotni oksidi (NO_x) iz izduvnog gasa redukuju za oko 90%, a naknadno postavljeni oksidacioni katalizator smanjuje emisije CO i HC. U dvostepenom izmjenjivaču toplote izduvni gas se hladi na 50 do 55°C i pomoću duvaljke nerazrijeđen ili razrijeđen transportuje u staklenik, preko perforiranih plastičnih cijevi. Radi zaštite biljaka kontinualno se mjere emisije NO_x prečišćenog izduvnog gasa i u skladu sa njima reguliše se ubrizgana količina karbamida. U slučaju eventualnih nedostataka u sistemu prečišćavanja izduvnog gasa, isti se usmjerava ka dimnjaku. Ukupni stepen korisnog dejstva ovakvog koncepta primjene kogeneracije je oko 95%.

Ovakvo postrojenje donosi značajnijem porastu prinosa u staklenicima, pri čemu se plasman viška električne energije realizuje u elektrodistributivnu mrežu. Takođe se vrši smanjenje izdataka za plaćanje vršnog opterećenja (maxigraf) i izbjegava nepotrebna investicija u dizel agregate za

proizvodnju nužne struje. Toplotna energija se koristi za grijanje staklenika i/ili eksternih potrošača (naselje, banja, topli vazduh za sušare, i sl.), dok se postojeći kotlovi koriste samo kao rezervni ili vršni (minimalni broj pogonskih sati).

Tabela 1. Prikaz osnovnih karakteristika CHP postrojenja i njihove primjene, [1].

Vrsta agregata i gorivo	Električna snaga, MWe	Energetska efikasnost, %		Raspoloživa toplotna energija, °C	Najčešća primjena
		Električna	Toplotna		
Parna turbina, bilo koje gorivo	0,500-500	7-20	60-80	120-400	korišćenje biomase, područno (ostrvsko) grijanje i industrija
Gasna turbina, gasovito i tečno gorivo	0,250-50	25-42	65-87	120-500	industrija, područno (ostrvsko) grijanje
Kombinovani ciklus, gasovito i tečno gorivo	3-300	35-55	73-90	1220-400	industrija područno (ostrvsko) grijanje
Gasni i dizel motor, gasovito i tečno gorivo	0,003-20	25-45	65-92	80-120	GVK sistemi, prehrambena i tekstilna industrija, staklenička proizvodnja
Mikro turbina, gasovito i tečno gorivo	0,005-0,3	15-30	60-85	100-400	GVK sistemi, procesi sušenja
Goriva ćelija, gasovito i tečno gorivo	0,003-3	cca 37-50	cca 85-90	80-100	GVK sistemi
Stirling motor, bilo koje gorivo	0,003-1,5	cca 40	65-85	80-120	GVK sistemi

4. SPECIFIČNOSTI I OGRANIČENJA PRIMJENE KOGENERATIVNIH SISTEMA

4.1. Definicije i ograničenja

Kako je već rečeno, kogeneracija predstavlja istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije s ciljem smanjenja evidentnih gubitaka toplote u okolinu, uočenih pri radu klasičnih konvencionalnih postrojenja za odvojenu proizvodnju toplotne i električne energije (i tehnološke pare). Jedinu uslov (ograničenje) kod primjene ovih postrojenja predstavlja zahtjev sa osiguranjem potrošača električne i toplotne energije. Sistemi kogeneracije obuhvataju tri oblasti: preduzeća komunalne javne kogeneracije (snabdijevanje sistema daljinskog grijanja i/ili hlađenja), industrijsku kogeneraciju (rafinerije nafte, rafinerije ulja i maziva, čelik, proizvodnja keramike, cementare, hemijska procesna industrija, proizvodnja papira, predionice tekstila, proizvodnja hrane i bezalkoholnih pića) i komercijalno-institucionalnu kogeneraciju (institucije sa kontinuiranim radom: hoteli, bolnice, univerzitetski kampusi i sl.). Kogeneracijska postrojenja su vrlo efikasna tehnologija, samo u slučaju kada postoji stvarno tržište za električnu i toplotnu energiju (regionalno tržište za električnu energiju i lokalno tržište za toplotnu energiju).

Po prirodi tehnološkog procesa, kombinovano postrojenje za proizvodnju električne i toplotne energije treba da bude energetska efikasno, sa značajnom uštedom primarne energije pri njenoj transformaciji u toplotnu i električnu energiju. To bi sa svoje strane uslovalo niže troškove u proizvodnji energije i dalo doprinos relativnom smanjenju emisije štetnih materija, a posebno gasova sa efektom staklene bašte. S druge strane, ovakva postrojenja imaju dobru šansu da kroz primjenu Direktive 2004/8/EC obezbijede povoljno vrednovanje električne energije u spregnutom procesu proizvodnje toplotne i električne energije ("zelena" energija),

te omogući korišćenje stimulativnih mjera pri finansiranju izgradnje, kao i beneficije pri plasmanu takve energije na energetska tržišta. Ovo bi moglo da stvori dobre uslove za prodor na energetska tržišta, bez obzira na relativno male količine energije i jaku konkurenciju na tržištu.

4.2 Tipovi i specifičnosti

Kogeneracija definisana kao kaskadna proizvodnja (generisanje) dva korisna oblika energije (električne i toplotne) iz jednog izvora primarne energije (mehanička ili toplotna energija), pri čemu se mehanička energija koristi kao pogon generatora za proizvodnju električne energije ili za pogon neke druge energetske mašine (motor, kompresor, pumpa ili ventilator), dok se toplotna energija može koristiti direktno za neki proces ili indirektno za proizvodnju pare, vrele (tope) vode, toplog vazduha ili ohlađene vode (sistemi za grijanje i klimatizaciju stambenih ili poslovnih objekata). Dakle, kogeneracija pokriva širok spektar tehnologija za namjenu u različitim privrednim oblastima. Izdvajaju se sljedeći tipovi kogenerativnih sistema:

- kogenerativni sistemi zasnovani na primjeni parne (protivpritisne ili kondenzacione sa oduzimanjima) turbine ili parno-turbinski kogenerativni sistemi;
- kogenerativni sistemi zasnovani na primjeni gasne (sa i bez dodatnim loženjem) turbine ili gasno-turbinski kogenerativni sistemi;
- kogenerativni sistemi zasnovani na primjeni parne i gasne (kondenzaciona i/ili oduzimno kondenzaciona, protupritisna) turbine ili parnogasno-turbinski kogenerativni sistemi;
- kogenerativni sistemi zasnovani na primjeni motora sa unutrašnjim sagorijevanjem (sa i bez dodatnim loženjem), dizel ili gasnog motora ili motorni kogenerativni sistemi;
- kogenerativni sistem sa gorivim ćelijama;

- f) kogenerativni sistemi sa magnetno - hidrodinamičkim (MHD) generatorom;
- g) integrisani kogeneracijski sistemi.

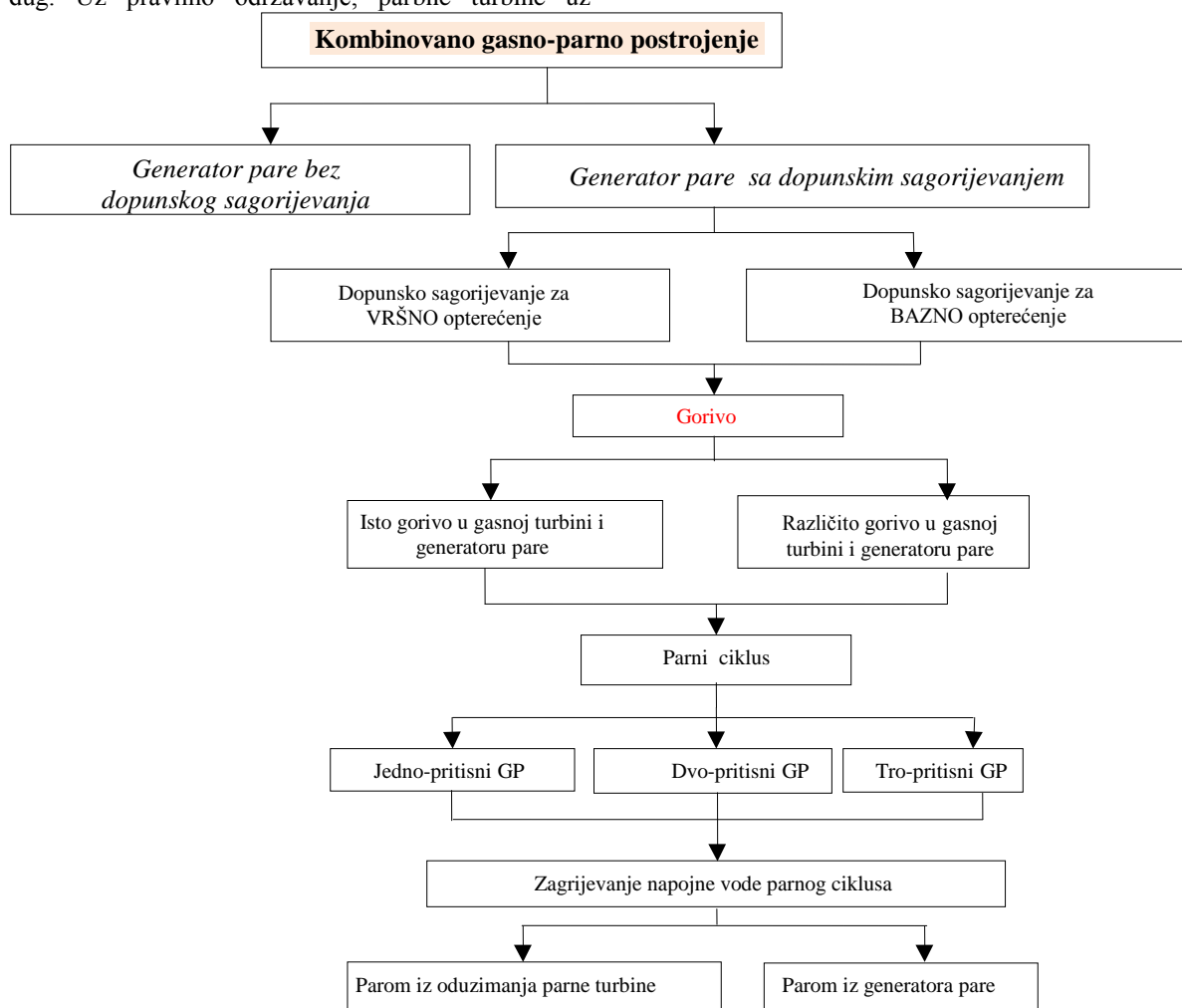
Ponekad se kao posebna grupa izdvajaju i kogenerativni sistemi sa mikroturbinama, odnosno kogenerativni sistemi sa alternativnim (proces sa parnom mašinom, ORC procesi) i inovativnim (gorive ćelije, stirling mašine, vijčane parne mašine, ciklus sa turbinom na vrelu vazduh, ciklus sa inverznom gasnom turbinom) procesima. Svaki od prethodno datih tipova se dalje dijeli u nekoliko podtipova postrojenja za kogenerativnu proizvodnju električne i toplotne energije.

Sistemi kogeneracije sa parnom turbinom su uglavnom zasnovani na korištenju protupritisne parne i oduzimno-kondenzacione turbine, zavisno od količina pare i toplotne energije, temperaturnog nivoa (kvalitet) toplotne energije i ekonomskim pokazateljima. U slučaju kada potrošač zahtijeva toplotnu energiju na dva temperaturna nivoa, sistem kogeneracije se sastoji od oduzimno-protupritisne turbine, dok se čisto kondenzacione parne turbine koriste na lokacijama gdje se sva otpadna toplota koristi isključivo za proizvodnju električne energije. U poređenju sa drugim primarnim pokretačima, najveća rednost parnih turbinama je njihova fleksibilnost u korištenju konvencionalnih (ugalj, nafta, prirodni gas) i alternativnih goriva (drvo, biomasa, produkti otpada i sl.). Takođe, životni vijek parnih turbin je vema dug. Uz pravilno održavanje, parne turbine uz

revitalizaciju dostižu i 50 godina eksploatacije. Svoju primjenu u kogenerativnim sistemima našle su tipske jedinice snage od 100 kW pa do i preko 250 MW.

Sistem kogeneracije sa gasnom turbinom koristi se za proizvodnju dijela ili ukupne potrebne električne energije na lokaciji, dok se energija sa dimnog otsisa može dalje koristiti za potrebe grijanja i/ili hlađenja. Kao gorivo najčešće se koristi prirodni gas (moguće koristiti i druga goriva, kao što su lož ulje ili diesel gorivo). Moderne gasne turbine, koje se koriste u kogenerativnim ciklusima, uz pravilno održavanje i korišćenje, mogu postići i 25.000 do 50.000 radnih sati. Tipičan opseg snaga gasnih turbina u kogeneracijama se kreće od 0,5 do 250 MW. Veoma intenzivan razvoj kogeneracije sa gasnim turbinama posljedica je sve veće dostupnosti prirodnog gasa, brzog razvoja tehnologije, smanjenja troškova gradnje (mogućnost modularne izvedbe), kao i povoljnosti u vezi zaštite životne sredine. Gasne turbine imaju i kraći period pokretanja, a fleksibilnije su za rad sa prekidima.

U nastojanju da se poveća efikasnost gasno turbinskih postrojenja, kao i da se zadovolji veća potražnja za električnom energijom na jednom lokalitetu, u praksi se vrlo često koristi *kombinovani sistem kogeneracije sa izgradnjom kombinovanih gasno-parnih turbina*, slika 2.



Sl. 2. Klasifikacija kombinovanih gasno-parnih postrojenja.

Kombinovanim parno-gasnim (ili gasno-parnim) postrojenjima nazivaju se postrojenja u kojima se istovremeno koriste dva radna fluida: voda-para, koja mijenja agregatno stanje i gas koji ne mijenja stanje. Veliki broj različitih tipova kombinovanih postrojenja može da se razvrsta u dvije principijelne grupe: kombinovana postrojenja sa razdvojenim konturama radnih fluida (gasnoturbinska i parnoturbinska i kontaktna (miješana) gasnoparna postrojenja sa gasnoparnim turbinama u kojima se koristi smjesa produkata sagorijevanja organskog goriva sa vodenom parom. Za razvoj energetike najperspektivnija kombinovana postrojenja su parnogasna postrojenja sa kotlovima, u kojima vlada nadpritisak u ložištu i gasnom traktu kotla.

Kogenerativni sistemi sa dizel, klipnim motorima (motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem) i gasnim motorima imaju visoke stepene efikasnosti proizvodnje električne energije u odnosu na druge primarne pogonske mašine. Karakteriše ih veća popularnost pri korištenju u malim sistemima potrošnje energije, posebno kada se zahtijeva veća potrošnja električne u odnosu na toplotnu energiju, kao i na mjestima gdje je zahtijeva termički nivo toplote nizak (para niskog pritiska, topla voda i sl.). Elementi kogenerativnih sistema sa gasnim motorom su motor, generator, sistem za iskorišćenje otpadne toplotne energije i upravljačko-kontrolni sistemi. U kogenerativnim postrojenjima motori imaju pokretačku ulogu u odnosu na generatore, odnosno u energetskom smislu, da putem konverzije hemijske energije goriva u mehaničku energiju obrtanja izvrše odgovarajući rad. Koriste se dva izvora povrata toplotne energije - izduvni gasovi na visokoj temperaturi i rashladna voda iz košuljice motora na niskom temperaturnom nivou. Veličina instalisane snage klipnih motora ide od nekoliko kilovata (10 i više) pa i do 5 MW za motore sa visokim brojem obrtaja. Umjesto dizel goriva, sve više se za pogon primarne mašine koriste destilati nafte ili prirodni gas. Primjena ovakvih sistema potvrdila je njihovu veliku pogodnost kod zahtjeva za pogonima sa velikim brojem prekida. Njihove performanse su u odnosu na gasne turbine manje osjetljivije na promjenu temperature spoljašnjeg vazduha. Gorivo, odnosno radni fluid koji predstavlja mješavinu goriva i vazduha sagorijeva, pri čemu se hemijska energija goriva pretvara u toplotnu energiju. Toplota koja se može iskoristiti je toplota izduvnih gasova, zatim toplota rashladnog sistema motora (sistem vodenog hlađenja, sistem za hlađenje sredstva za podmazivanje i hladnjaka nakon kompresije smješe kod turboprehranjivanih motora), kao i toplota spoljnih površina motora. Nizak odnos snaga i cijene, mogućnost primjene različitih vrsta goriva, visoka operativnost, dugi servisni intervali i kratko vrijeme stajanja radi održavanja predstavljaju osnovne zahtjeve koji se postavljaju pred motore kogenerativnih postrojenja. Upotreba gasnih mašina kao stacionarnih izvora mehaničke i električne energije koncipirana je u vidu dijela postrojenja sa kogeneracijom. Kako stacionarna postrojenja za proizvodnju električne i toplotne energije zahtijevaju znatno duži vijek trajanja u kontinuiranoj eksploataciji, nego što je to kod motora sa unutrašnjim sagorijevanjem za pogon saobraćajnih sredstava (kompaktnost mašine odlučujuće važna), danas su razvijeni sporohodi motori SUS sa 1.500 obrtaja u minuti (automobilski su sa preko 5.000). Pored toga, došlo je i do sniženja temperature u procesu sagorijevanja, čime je vijek kontinualnog rada produžen na preko 100.000 sati (uz

normalno održavanje). Snižavanje temperature sagorijevanja donosi značajno smanjenje udjela štetnih sastojaka u izduvnim gasovima (posebno azotni oksidi). Uz elektronsku kontrolu procesa sagorijevanja i ostalih procesa, gasni motori zadovoljavaju sve zahtjeve vezane za izgradnju i eksploataciju kogenerativnih pogona. Stacionarna kogenerativna postrojenja ekonomski podnose i tečna i gasovita goriva, ali su značajno povoljnija gasovita, naročito kod već razvijene mreže gasovoda. Uobičajno je da se pod *mikroturbinama* podrazumijevaju male gasne turbine za isporučene snage od 5 do 300 kW. Karakteriše ih velika fleksibilnost u pogledu korišćenja pogonskog goriva (prirodni gas, tečni naftni derivati, biogas, deponijski gas, alkohol i sl.). Zbog malog stepena iskorišćenja, u slučaju proizvodnje samo električne energije (mali stepen kompresije 3-5), najčešće se koriste kao sastavni dio kogeneracijskog postrojenja. Kao takve, one su i obuhvaćene Direktivom 2004/8/EC. S obzirom da koriste rekuperator za povrat toplote izduvnih gasova sagorijevanja, mikroturbine su daleko efikasnije u odnosu na druge gasne turbine (25-30%). Rekuperator, snižavajući temperaturu izduvnih gasova na temperaturu ispod vrijednosti pri kojoj nastaju neki azotni oksidi, ima i svoju ekološku prihvatljivost u odnosu na druge gasne turbine. Ovim se ukupan stepen iskorišćenja primarne energije sadržane u gorivu diže i do 70-90%. Mikroturbine se hlade vazduhom, a postoje i izvedbe sa tzv. vazduhom podmazivana ležišta, čime je eliminisana potreba za sistemima hlađenja vode i ulja za podmazivanje ležišta. Životni vijek ovih postrojenja je 40.000 do 80.000 h rada, uz adekvatno opsluživanje i održavanje tokom eksploatacije. Kod većine mikroturbina, broj obrtaja rotora se kreće iznad 100.000 o/min, pa je neophodan i pogon visokobrzinskog generatora. Izlaz iz generatora se pretvara na 50 ili 60 mHz. U opticaju su i rješenja sa dvoosovinskom turbinom za pogon rashladnih sistema (350 do 1.000 kW ili 100 do 350 tona leda dnevno).

Stepeni iskorišćenja *gorive ćelije* sa fosfornom kiselinom (PAFC- Phosporic Acid Fuel Cell), gorive ćelije sa tečnim karbonatom (MCFC- Molten Carbonate Fuel Cell), gorive ćelije sa čvrstim oksidom (SOFC- Solid Oxide Fuel Cell), kao i gorive ćelije sa membranskom razmjenom protona (PEMFC- Proton Exchange Membrane Fuel Cell), [4-5]. Gorive ćelije se u principu grupišu u tri sekcije: procesor goriva, snop gorivih ćelija za generisanje snage i kondicioner snage. Povećanje koncentracije vodonika vrši se transformacijom goriva u procesoru, odakle se gorivo obogaćeno vodonikom i kiseonikom iz vazduha se dalje vodi u sekciju za generisanje energije, gdje se proizvodi istosmjerna struja i korisna toplotna energija. Ova struja se dalje pretvara u naizmjeničnu struju u kondicioneru (transformatoru) energije. Zavisno od namjene bira se i tip gorivih ćelija za CHP postrojenje. Tako, gorive ćelije sa čvrstim oksidom su veoma pogodne za kombinovanu hibridnu proizvodnju električne energije sa gasnom turbinom.

4. RAZLOZI I TEŠKOĆE PRIMJENE KOGENERACIJE I PODSTICAJNE MJERE

Razlozi za sve veću primjenu kogeneracijskih sistema mogu se klasifikovati u nekoliko grupa:

- *Grupa I:* povećana efikasnost transformacije primarnog goriva i iskorišćenja utrošene primarne energije za istu proizvodnju toplotne i električne energije, što ima za

- posljedicu smanjene troškove i poboljšanje ekonomičnosti poslovanja proizvođača;
- *Grupa II:* mogućnost korišćenja otpadnih energetskih sirovina i biomase kao gorivo u kogeneracionom procesu, čime se poboljšava efektivnost u smanjenju troškova i potreba za velikim deponijama za njihovo odlaganje;
 - *Grupa III:* postizanje adekvatnih ušteda kod potrošača toplotne energije u industriji i domaćinstvima, uz jeftiniju njihovu isporuku;
 - *Grupa IV:* povoljna realizacija decentralizovane i distribuirane proizvodnje električne energije po pristupačnim proizvodnim cijenama, (izgradnja kapaciteta u blizini potrošača, izbjegavanje velikih investicija i gubitaka u prenosnoj i distributivnoj mreži, poboljšanje fleksibilnosti sistema i sl.);
 - *Grupa V:* povećanje lokalne, regionalne i opšte sigurnosti kroz decentralizovanu proizvodnju električne energije (smanjenje rizika prekida u snabdijevanju električnom i toplotnom energijom potrošača, izbjegavanje dijela gubitaka u prenosu od 2 do 3% na prenosnoj električnoj mreži i do 14% na distributivnoj električnoj mreži, smanjenje rizika od uvozne zavisnosti i sl.);
 - *Grupa VI:* diversifikacija i jačanje konkurencija na slobodnom tržištu električne i toplotne energije sa nezavisnim (*Independent Power Producers, IPP*) i neelektroprivrednim proizvođačima (*Non-Utility Generators, NUG*), što predstavlja osnovni koncept liberalizacije energetskog tržišta;
 - *Grupa VII:* povećanje zaposlenosti (razvoj kogeneracije otvarao nova radna mjesta);
 - *Grupa VIII:* bolji efekti zaštite životne sredine (smanjenje štetnih emisija ugljen-dioksida, sumpordioksida i azotnih oksida), pri čemu se najveće uštede postižu kod smanjenja emisije CO₂, kao i emisija SO₂ i NO_x;
 - *Grupa IX:* korišćenje jednog te istog goriva za istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije (uštede zavise od razlike u cijeni između energije primarnog goriva i cijene električne energije koju kogeneraciona šema zamjenjuje, pri čemu korektno projektovan i dobro održavan kogeneracioni sistem u industriji uvijek obezbjeđuje bolju energetsku efikasnost nego što bi to dala konvencionalna postrojenja za odvojenu proizvodnju istih količina toplotne i električne energije, uz smanjenje potrošnje primarne energije i troškova);
 - *Grupa X:* kako profitabilnost industrijske kogeneracije u opštem slučaju predstavlja rezultat jeftine proizvodnje električne energije od produktivnog korišćenja otpadne toplote, prvi kriterijum uspješnosti predstavlja adekvatna potreba posmatrane grane industrije za toplotnom energijom (kogeneracija ima izgleda da bude ekonomična, ukoliko postoji ravnomjerna potreba za toplotom od min. 4 do 4.5 hiljada h u godini);
 - *Grupa XI:* raspored potreba za električnom energijom je takođe vrlo značajan (industrijska kogeneracija najprofitabilnije funkcioniše u periodima viših tarifa, tj. tokom dnevnih časova kada su prodajna i kupovna cijena proizvedenog kWh više, pri čemu sa tekućom cijenom goriva i važećim tarifama za kupovinu i prodaju

električne energije, na većini kogeneracionih postrojenja može se ostvariti vrijeme povraćaja investicija do 10 godina, dok se u ekonomsko-finansijskim analizama računa sa životnim vijekom kogeneracionih postrojenja od 20 do 25 godina, uz mogućnost dodatne revitalizacije, uz prateću rekonstrukciju i modernizaciju i produženje radnog vijeka za dodatnih 10 do 15 godina).

Bez obzira na prednosti koje ima kogeneracija u odnosu na odvojenu proizvodnju toplotne i električne energije, brži razvoj njenog korišćenja sprečava postojanje različitih barijera kako zbog ranijeg monopolističkog povlašćenog položaja elektroprivreda (zakonski onemogućena konkurencija neelektroprivrednih proizvođača električne energije, monopolistička organizacija tržišta električne energije, odsustvo prava za pristup na mrežu neelektroprivrednih proizvođača električne energije, tehničke barijere i skupa uslovljavanja i dugo vrijeme realizacije). Potencijal za korišćenje kogeneracije kao mjere za uštedu energije je sada nedovoljno definisan, a samim tim i neiskorišćen u Republici Srpskoj. Promovisanje visoko-efikasne kogeneracije na bazi potražnje korisne toplote je prioritet, s obzirom na potencijalne koristi od kogeneracije u pogledu uštede primarne energije, izbjegavanje gubitaka u mreži i smanjenja emisija (posebno gasova staklene bašte). Pored toga, efikasno korišćenje energije dobijene kogeneracijom može takođe da pozitivno doprinese sigurnosti snabdijevanja električnom energijom i konkurentnosti Republike Srpske, a samim tim i BiH u cjelini. Stoga je neophodno preduzeti mjere kako bi se obezbijedilo bolje eksploatisanje ovog potencijala u okviru internog energetskog tržišta (EES Republike Srpske).

Za uspješno prognoziranje stvarne primjene kogenerativnih tehnologija neophodno je poznavanje realnih kapaciteta svih relevantnih potrošača električne energije i prirodnog gasa, koji se sada koristi za transformaciju u potrebnu toplotnu energiju. Takve podatke ne možemo potpuno sigurno sagledati za svako pojedinačno preduzeće za narednih nekoliko godina, ali bi se mogli dovoljno tačno predvidjeti zbirni bilansi za Republiku Srpsku. Postoji nekoliko razloga za sadašnju relativno nisku zastupljenost kogeneracije u Republici Srpskoj, a i u BiH u cjelini, [6]. Monopoli nacionalnih proizvođača električne energije stvorili su nekonkurentne tržišne uslove za alternativne izvore energije. Osim toga, značajan problem je i snažna birokratija i procedure za dobijanje svih potrebnih saglasnosti i dozvola. Druge prepreke uključuju protivljenje nacionalnih proizvođača, koji ne žele da izgube svoje velike industrijske potrošače (koji mogu da izaberu da postave kogeneraciona postrojenja kao znatno isplativiju opciju u odnosu na kupovinu struje iz državne ED mreže), što se samo može riješiti kroz dalju liberalizaciju evropske električne mreže, koje će onda omogućiti pristup kogeneracionim postrojenjima ED mreži. Primjena sistema kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije u industriji, ako se posmatra odnos troškova snabdijevanja energijom na uobičajen način i kogeneracijom, prate neki objektivni problemi koji onemogućuju praktičnu realizaciju. Neki od njih su:

- Nepostojanje distribucije prirodnog gasa na čitavoj teritoriji Republike Srpske, niti postoje objektivni nagovještaji da će to uskoro biti obezbijeđeni (projekat "SAVA" je već duži period u potpunom zastoju). Na tim

- mjestima veoma je zastupljena upotreba drugih izvora kao što su uglj, mazut, piljevina i dr.;
- Slaba mogućnost korišćenja otpadne toplotne energije (takvo stanje je uslovljeno zastarjelom proizvodnom tehnologijom). To su slučajevi gde je potrošnja električne energije znatno veća od potrošnje toplotne energije;
 - Industrijski kompleksi kao što su crna i obojena metalurgija, tekstilna industrija, proizvodnja i prerada papira i sl., nisu u pogonu ili rade sa smanjenim kapacitetima, što otežava uvođenje sistema kogeneracije (trigeneracije) u Republiku Srpsku;
 - Visoka još uvijek cijena.
- Da bi se proces značajnije ubrzao, kao prioritet se postavlja rješavanje pitanja usvajanja odluke o garantovanim cijenama i prioritetu otkupa električne energije iz kogenerativnih postrojenja od strane nadležnih elektroprivrednih distributivnih preduzeća. S druge strane, potrebno je paralelno sa usvajanjem odluke otklanjati preostale razloge koji usporavaju efikasnije korišćenje kogeneracije u Republici Srpskoj:
- donošenje stabilnijeg zakonodavstva (zakon o energetici, uspostava Agencije za energetsku efikasnost i sl.), sa jasnije ugrađenom obavezom otkupa električne energije i dovoljno visokom cijenom koja bi ih učinila konkurentnim sa konvencionalnim izvorima;
 - ukidanje ograničenja po snazi od 5 MW, koje je do sada bilo važeće kod obavezujućeg otkupa električne energije;
 - uspostavljanja mehanizma plaćanja od strane nadležnog distributivnog preduzeća, a s ciljem davanja potpore kogenerativnom proizvođaču;
 - uraditi i prilagoditi uslove za elektroenergetsko priključenje i dobijanje potrebnih saglasnosti za rad od nadležne Regulatorne komisije za električnu energiju;
 - riješiti metodologiju pristupa transportnom ili distributivnom gasnom sistemu (kompanije Gas Promet Pale i Sarajevo Gas, Istočno Sarajevo);
 - uraditi kampanju promocije kogeneracije sa promocijom postupaka za dobijanje koncesije, kao i potrebnih saglasnosti u smislu konačne realizacije ovih postrojenja (urbanistička saglasnost, ekološka saglasnost, građevinska dozvola, procedura tehničkih pregleda, dozvola za upotrebu);
 - podsticajne mehanizme razraditi po tzv. razredima kogeneracije, uspostavljenim na bazi instalirane termičke i električne snage (mikro, mala, srednja i velika kogeneracija), u funkciji potreba za toplotnom/električnom energijom, izabranom tehnologijom kogeneracije i mrežnih uslova za pojedine regione Republike Srpske;
 - regulisanje pitanja povlašćenih cijena za goriva za pogon kogeneracijskih postrojenja (posebno za tečna goriva i primjenu motora SUS u kogeneracijskim ciklusima);
 - rješavanje i uravnoteženje troškova za osigranjem tzv. pomoćne energije (penalizacija za ispade sa mreže (najčešće potiskivanje zbog reaktivnih snaga), elektroenergetska saglasnost, ugovaranje maksimalnih snaga nezavisno od dužine trajanja njihovog korišćenja (tzv. vršna obračunska snaga i sl.);
 - povlašćene i pojednostavljene uslove za priključak na mreži i prioritetni *dispatching* viškova električne energije

- proizvedene u sistemima kogeneracije od strane Nezavisnog operatora sistema (NOS BiH);
- utvrđivanje Pravilnika o vrednovanju doprinosa kogeneracijskog postrojenja u smanjenju vršnog opterećenja, izbjegnutim troškovima za gradnju novih energetskih kapaciteta, smanjenje prenosnih i distributivnih gubitaka u mreži, vrednovanje reaktivne snage, kao i vrednovanje zaštite životne sredine;
 - pojednostavljenje administrativne procedure za dobijanje potrebnih dozvola (posebno do nivoa srednjih kogeneracija) u smislu preciziranja krajnjih rokova za njihovo rješavanje, čijim istekom koncesionar praktično dobija traženu saglasnost;
 - finansiranje kogeneracije sredstvima iz fonda IRB, uz davanje fiskalnih i drugih podsticaja (za prihvatanje i brži razvoj primjene kogeneracije, veoma su važne podsticajne mjere kao podsticajni instrumenti koji ohrabruju primjenu ekonomski opravdanih mjera za smanjenje i/ili bolje iskorišćenje primarne energije energenata i poboljšanje energetske efikasnosti i nivoa zaštite životne sredine, kao što su: olakšice pri dobijanju dozvole za gradnju, smanjenje državnih taksa i poreza, dobijanje tzv. zelenih sertifikata, obezbjeđenje direktnih subvencija cijena proizvođaču, donošenje povoljnih tarifa za prodaju, a isto tako i za kupovinu rezervne i dopunske električne energije i snage koje bi uživali vlasnici kogeneracionih postrojenja u industriji, kao i druge olakšice, npr. za pristup na javnu električnu mrežu i sl.).
- Iako su prednosti uvođenja kogeneracijskih postrojenja poznate, neophodno je pristupiti određenoj promociji ovih postrojenja s ciljem uklanjanja određenih barijera. Osim tehničkih prepreka koje su ranije obrazložene, neophodno je dodatno i riješiti pitanje nedostatka finansijskih sredstava (IRB Republike Srpske, kredit EBRD u visini od 50 miliona EUR-a za mala i srednja preduzeća), zatim pitanja u vezi neadekvatne zakonske i institucionalne regulative (formiranje Agencije za energetsku efikasnost, koja bi dalje preuzela određene aktivnosti s ciljem donošenja svih potrebnih zakonskih akata), kao i veću promociju ovih sistema u Elektroprivrednim distributivnim preduzećima. Kako je razvoj kogeneracije u Republici Srpskoj, a samim tim i u BiH u cjelini i političko pitanje, neophodno je sprovesti određenu stručnu raspravu u smislu donošenja potrebne političke odluke o značaju uvođenja inovativnih tehnologija u proizvodnju električne i toplotne energije, što bi kao rezultat imalo povećanje energetske efikasnosti u cijeloj BiH. Postavljanjem korektnih odnosa između kogenerativnih preduzeća i nadležnih distributivnih preduzeća, stvaraju se novi odnosi za njihovu partnersku saradnju, kroz zajedničko djelovanje u promociji i razvoju kogeneracije, kao i zajedničkom učešću ("joint-venture"). U zapadno evropskim zemljama ubrzano se širi distribuirana (na lokacijama pojedinih firmi) proizvodnja električne energije. U ovom momentu tamo se ovako proizvodi više od 25 % od ukupne proizvodnje velikih TE. Glavni razlozi za to su povoljan odnos cijena električne energije i primarnog goriva (prirodnog gasa, uglja, mazuta i sl.), vrlo razvijena mreža gasovoda i elektroenergetska mreža, dobra efikasnost postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije, koja energiju goriva valorizuje i sa preko 90 %,

smanjen uticaj na životnu sredinu, kao i demonopolizacija u oblasti proizvodnje električne energije i stvaranje tržišne konkurencije. Dalja liberalizacija energetske tržišta BiH u okviru šire energetske zajednice Jugoistočne evrope, uz premještanje proizvodnje električne energije na mjesto njene potrošnje, stvorice i ostale neophodne pretpostavke za ubrzaniji razvoj kogenerativnih postrojenja.

Modulska isporuka kogenerativnih postrojenja sa relativno kratkim rokovima isporuke od oko pola do jedne godine, kompaktnost konstrukcije i relativno jednostavno priključenje na postojeće mreže električne i toplotne energije, omogućuje vrlo brzu i efikasnu integraciju u proces energetske proizvodnje. S druge strane, investiciona ulaganja, specificirana na jedinicu snage postrojenja su apsolutno konkurentna i najvećim u energetici, a "male" sopstvene potrebe ih dovode na nivo vrlo lako i brzo ostvarivih. Na taj način, dobro osmišljeno postrojenje za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije "manjih snaga" pri ekonomičnom odnosu cijena električne energije i primarnog goriva može donijeti značajne finansijske uštede tokom jedne godine rada, a na desetine miliona evra tokom radnog vijeka, koji se za slučaj korišćenja gasnih motora npr. kreće od 100.000 do 150.000 radnih sati. Takođe, moderna tehnologija sa kompletnim elektronskim upravljanjem, koja se koristi u ovoj oblasti, obezbjeđuje pouzdano optimalno vođenje procesa proizvodnje energija i sigurno i jednostavno priključenje na postojeće mreže električne i toplotne energije. Ekonomska ocjena opravdanosti izgradnje CHP postrojenja treba da da odgovor na pitanje njene opravdanosti u poređenju sa drugim načinima dobijanja potrebnih količina električne i toplotne energije. Kao referentni slučaj, najčešće se uzima nabavka električne energije iz elektrodistributivne mreže, dok se za toplotnu energiju uzima proizvodnja potrebne energije u vlastitoj kotlovnici, dakle troškovi goriva kod njihove odvojene proizvodnje. Ekonomski efekti izgradnje kogenerativnih postrojenja skoro isključivo zavise od odnosa cijena električne energije i goriva.

5. EVROPSKA STRATEGIJA ZA OSTVARENJE KONKURENTNE I TRAJNE ENERGIJE I KOGENERACIJA

"Zelena knjiga" ili Evropska strategija za ostvarivanje konkurentne i trajne energije iz 2006. godine, kao i drugi strateški planovi EU donešeni u narednim godinama (2007-2010. godina), predviđaju rastuću zavisnost zemalja EU od uvoza energije, zatim nagli rast cijena, globalno otopljanje, rast stanovništva, poboljšanje komfora i time potražnje za energijom, kao i moguće prepreke na domaćem (unutrašnjem) tržištu energijom. Pri tome, energetska politika EU je u potpunosti bazirana na osnovna tri principa: *dugotrajnost* (aktivna borba protiv klimatskih promjena, sa stavljanjem u prvi plan korišćenja obnovljivih izvora i energetske efikasnosti), zatim *konkurentnost* (poboljšanje efikasnosti evropskih mreža, kroz ostvarenje unutrašnjeg tržišta energijom), kao i *sigurnost snabdijevanja energijom* (bolja koordinacija unutrašnje ponude i potražnje energije u EU u kontekstu međunarodnih odnosa). Prva aktivnost je bila uspostava efikasnog unutrašnjeg tržišta električne energije i gasa, uz realizaciju određenih prioriteta, poput:

- razvoja evropskih mreža, sa zajedničkim pravilima prekogranične razmjene, s ciljem olakšanja isporuke

energije i usklađenog pristupa mrežama (prenosnoj u oblast električne i transportnoj u oblasti gasne energetike);

- plan razvoja prioriternih interkonekcija (veza), kroz investicije u infrastrukturu za povezivanje odvojenih nacionalnih mreža u EU;
- plan investiranja u proizvodne pogone, radi zadovoljenja vrhova opterećenja, a na bazi otvorenosti tržišta i povećanja konkurencije;
- računovodstveno i finansijsko razdvajanje aktivnosti u elektroprivrednim preduzećima (razdvajanje prenosa i transporta energije, proizvođača od distribucije, kao i neproizvodnih funkcija unutar proizvodnih pogona);
- uspostavljanje konkurentne cijene energije, uzrast konkurentnosti evropske industrije.

Aktivnosti koje dalje slijede obuhvataju formiranje institucija za nadzor nad snabdijevanjem energijom, uspostavljanje mehanizama brze pomoći u slučaju kriznih situacija, određivanje energenata za buduću potrošnju od strane članica EU a na bazi raspoloživih izvora, s ciljem povećanja stepena energetske sigurnosti u zemljama EU i u EU u cjelini. Poseban segment čini racionalnija upotreba energije i energetska efikasnost, tj. poboljšanje energetske karakteristika objekata. Tako, smanjenjem potrošnje energije za 20% do 2020. godine, procjenjuje se ušteda od 60 milijardi eura godišnje, koja se dalje može koristiti u novim energetskim investicijama. Na ovaj način bi dodatno bila ojačana konkurentnost evropske industrije, otvaranje novih radnih mjesta, ali i obezbjeđenje dobre osnove za osstvarivanje uslova iz Kjoto protokola u vidu smanjenja emisije CO₂ do 50%, što bi za posljedicu imalo i povećan udio zaštite životne sredine.

Sljedeća oblast djelovanja je proizvodnja energije i povećanje njene efikasnosti. Polazeći od tabele 2, u kojoj je data energetska iskoristivost (zasnovana na prvom zakonu termodinamike) u pojedinim energetskim postrojenjima, nije teško zaključiti da se prema korišćenim sadašnjim tehnologijama gubi 20 do 70% primarne energije potrebne za proizvodnju električne energije u samom procesu proizvodnje (transformacija energije u koristan oblik). S druge strane, značajan napredak se može ostvariti u polju građevinarstva (stambeni i javni objekti). Negdje oko 40% od ukupne energije utroši se za grijanje i osvjetljavanje objekata, što daje mogućnost racionalnijeg korišćenja (planovi ušteda po sektorima u zemljama EU: od 20% od 2006. godine pa do 2020. godine, uz primjenu postojećih propisa moguće je ostvariti 10% u oblastima transporta, proizvodnje toplote i korišćenja objekata, dok presotali 10% ušteda zahtijeva donošenje novih propisa, kao i uspostavljanje novog načina ponašanja državne, regionalne i lokalne administracije, javnih službi, preduzeća i građana). Jedan od načina daljih ušteda su investicije u nove tehnologije i njihov međunarodni transfer u oblasti energetike. Održivo korišćenje resursa uključuje kako održivu proizvodnju (proizvodnju uz što manje gubitaka) tako i racionalnu potrošnju. Razvoj održive proizvodnje i potrošnje predstavlja ključ za dugoročni prosperitet, kako za EU tako i za svijet. Strateški pristup postizanju održive upotrebe prirodnih resursa bi trebao da ima prednost, koja je potrebna radi efikasnije upotrebe resursa i ublažavanja negativnih posljedica po životnu sredinu. Konačni cilj je smanjenje negativnih posljedica po životnu sredinu nastalih

upotrebom prirodnih resursa, a u isto vrijeme poboljšati produktivnost resursa u ekonomiji EU.

Tabela 2. *Energetska iskoristljivost energetskih sistema*, [1].

Energetski sistem	Stepen energetske iskoristljivosti, $[\eta_{en}]$
Parne elektrane sa konvencionalnim načinom sagorijevanja	0,25-0,40 (0,45)
Gasne elektrane	0,20-0,35 (0,40)
Dizelske elektrane	0,35-0,45 (0,52)
Elektrane sa kombinovanim procesom	0,45-0,55 (0,60)
Kogenerativne elektrane	0,50-0,80 (0,95)

Direktiva 2004/8/EC utvrđuje svrhu, daje potrebne definicije, utvrđuje kriterijume za izračunavanje energetske efikasnosti u kogeneraciji, prepoznaje garancije o porijeklu električne energije iz kogeneracije, utvrđuje obavezu za države-članice da utvrde nacionalne potencijale za visoko efikasnu kogeneraciju, obavezu izrade nacionalnih planova za podršku primjene kogeneracije, smjernice za utvrđivanje pristupa javnoj električnoj mreži i utvrđivanje tarifa električne energije za vlasnika postrojenja za kogeneraciju, obezbjeđenje fer i transparentnih administrativnih procedura i periodiku i način izvještavanja. Direktiva specificira tehnologije za kogeneraciju (Aneks 1), utvrđuje način proračuna proizvodnje električne energije iz kogeneracije (Aneks 2), zatim utvrđuje metodologiju za određivanje efikasnosti kogeneracije (Aneks 3) i definiše kriterijume za izradu nacionalnih planova za podršku kogeneracije (Aneks 4). U skladu sa principima subsidiarnosti i proporcionalnosti u EU, Direktiva 2004/8/EC utvrđuje opšte principe koji daju okvir za promovisanje kogeneracije na internom tržištu energije, a detaljna implementacija je prepuštena državam-članicama kako bi one izabrale modele koji najviše odgovaraju njihovim konkretnim situacijama. Direktiva se, dakle, ograničava na definisanje minimalnog okvira koji je potreban za ostvarivanje utvrđenih ciljeva. Države, koje apliciraju na kandidatski status trebaju donijeti odluku o stupanju na snagu zakona, propisa i administrativnih odredbi, koje su potrebne za primjenu Direktive. Pri tome, kogeneracija se definiše kao istovremena proizvodnja toplote i električne i/ili mehaničke energije u jednom procesu. *Korisna toplota* predstavlja toplotu koja se proizvodi u kogeneraciji radi zadovoljenja ekonomski opravdane tražnje toplote ili hlađenja. *Ekonomski opravdana tražnja* označava potrebu za toplotom koje bi se zadovoljile po tržišnim uslovima kroz proces odvojene proizvodnje toplote. *Električna energija* iz kogeneracije označava električnu energiju koja se proizvede u procesu koji je povezan sa procesom proizvodnje toplote i koja je izračunata u skladu sa metodologijom propisanom u Aneksu 2 ove Direktive. *Rezervna električna energija* jeste električna energija koja se nabavlja preko javne električne mreže za slučaj poremećaja u procesu kogeneracije, uključujući periode planskog održavanja ili kada je postrojenje u otkazu. *Dopunska električna energija* označava električnu energiju koja se nabavlja preko javne električne mreže u slučajevima kada je tražnja veća od proizvodnje u procesu kogeneracije.

Direktiva 2004/8/EC prepoznaje visoko efikasnu, malu (električna snaga ispod 1 MWe) i mikro (ispod 50 kWe) kogeneraciju. *Visoko efikasna kogeneracija* predstavlja

kogeneraciju kojom se ostvaruju uštede primarne energije od najmanje 10% u odnosu na odvojenu proizvodnju toplote i električne energije. *Mala kogeneracija* obuhvata jedinice za distribuiranu kogeneraciju, u slučaju snabdijevanja izolovanih oblasti ili za stambene, komercijalne ili industrijske potrebe, kao i jedinice za mikro kogeneraciju. Direktiva 2004/8/EC predviđa obavezu da proizvedena električna energija iz kogeneracije mora biti pokrivena garancijama o porijeklu, koje, međutim, same po sebi ne podrazumijevaju i automatsko ostvarivanje beneficija kroz nacionalne stimulativne mehanizme. Garancije o porijeklu energije moraju specificirati: donju toplotnu moć goriva za proizvodnju električne energije, korišćenje proizvedene korisne toplote, datume i mjesta proizvodnje, količinu električne energije iz visoko efikasne kogeneracije, kao i uštedu primarne energije izračunate na bazi referentnih vrijednosti efikasnosti.

U cilju obezbjeđenja povećane primjene kogeneracije na srednjoročnom nivou, sve države potencijalne članice imaju obavezu da usvoje i objave *izveštaj o nacionalnom potencijalu za primjenu visoko efikasne kogeneracije* (uključujući mikro kogeneraciju), uz korišćenje utvrđenih kriterijuma. U izvještaju se mora identifikovati potencijal za tražnju korisnog grijanja i hlađenja, koji je pogodan za primjenu visoko efikasne kogeneracije, raspoloživost goriva i ostalih izvora energije koji će se koristiti za kogeneraciju. Izveštaj treba da sadrži i analizu prepreka za primjenu visoko efikasne kogeneracije, posebno prepreka koje se odnose na cijene, troškove i dostupnost goriva, pitanja javne električne mreže, administrativne i druge prepreke, kao i mjera koje se preduzimaju. Nacionalni planovi za podršku kogeneraciji treba da imaju važnost od najmanje 4 godine. Oni treba da sadrže i nacionalne podsticajne planove za podršku kogeneraciji na bazi ekonomske opravdanosti. *Visoko efikasna kogeneracija* treba da obezbjeđuje uštedu primarne energije od najmanje 10% u odnosu na odvojenu proizvodnju toplote i električne energije. Pri tome, sva kogeneracija iz male i mikro kogeneracije smatra se visoko efikasnom kogeneracijom ako se ostvare bilo kakve uštede primarne energije.

Faktori koji direktno utiču na ekonomičnost pogona su konstruktivna izvedba energetskih uređaja i postrojenja, pogonsko opterećenje, režimi rada, zatim održavanje pogonske spremnosti (ispravnosti) energetskih postrojenja i uređaja, kao i status i uloga postrojenja u okviru hijerarhijski višeg energetskog sistema (elektroenergetski sistem, energetska zajednica Jugoistočne evrope, UCTE i sl.). Pri tome, troškovi poslovanja za već izgrađeno postrojenje obuhvataju, pored troškova vlastite potrošnje energije, i troškove nabavke goriva, troškove nabavke repromaterijala, troškovi radnog medijuma (npr. vode), troškove održavanja i eksploatacije, troškove amortizacije, troškove radne snage i ostale troškove (bankarski troškovi).

Ekonomska ocjena opravdanosti izgradnje CHP postrojenja treba da da odgovor na pitanje njene opravdanosti u poređenju sa drugim načinima dobijanja potrebnih količina električne i toplotne energije. Kao referentni slučaj, najčešće se uzima nabavka električne energije iz elektrodistributivne mreže, dok se za toplotnu energiju uzima proizvodnja potrebne energije u vlastitoj kotlovnici, dakle troškovi goriva kod njihove odvojene proizvodnje.

Ulazna baza podataka za ovaj dio ekonomske analize, pored ranije pripremljenih podataka, zahtijeva i podatke o investicionim troškovima kogeneracije, pogonskim troškovima, troškovima održavanja, troškovima kupljene i prodane električne energije, planirani godišnji broj sati rada postrojenja (kriva trajanja opterećenja), kao i ostale troškove koji prate proizvodnju, kao što su radna snaga, troškovi kapitala (bankarske provizije, interkalarnе kamate, i sl.), doprinosi (koncesiona nadoknada, vodoprivredna nadoknada, porez lokalne zajednice i sl.) i drugo. Ekonomska iskoristivost kogeneracije za pojedini kogeneracijski proizvod (električna energija, toplotna energija) zavisi od metodologije koja se koristi pri raspodjeli troškova na električnu i toplotnu (rashladnu) energiju. Treba istaći da ne postoji objektivna metoda raspodjele. Ovo je od posebnog značaja, jer novi energetski zakoni koji stvaraju uslove za liberalizaciju tržišta zabranjuju prelivanje sredstava "cross - subsidies". Liberalizacija tržišta, uz prateću deregulaciju cijena električne energije i skladu sa EU regulativom dovode kogeneraciju u otežanu tržišnu situaciju. Polazeći od značaja kogeneracije koju ona ima u povećanju energetske efikasnosti, kao i doprinosu u smanjnu emisija stakleničkih gasova i povećanju sigurnosti u snabdijevanju, Evropska regulativa pridaje kogeneraciji značaj kroz određivanje njenog udjela u ukupnoj proizvodnji električne energije, ali prepušta nacionalnim zakonodavstvima da propišu mehanizme i mjere

6. MODELI I RIZICI KOD IZGRADNJE KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA U REPUBLICI SRPSKOJ

Postoji više modela za realizaciju pozitivno ocijenjenog projekta realizacije kogeneracije u Republici Srpskoj. Izdavaju se dva najčešća - ugovor po sistemu "ključ u ruke" i izgradnja postrojenja u vlastitoj režiji. Izgradnja sistema prema ugovoru "ključ u ruke" podrazumijeva angažovanje specijalističkih inženjering organizacija za izradu projektne dokumentacije, nabavku opreme, angažman izvođača za građevinske i montažne radove, obuku osoblja i puštanje postrojenja u probni rad. Probni rad treba da dokaže instalisani kapacitet, kretanje utroška primarnog goriva i pomoćnih materija, sigurnost i pouzdanost u radu. Pri tome, izabrana inženjering organizacija treba odmah po potpisivanju ugovora dostaviti prihvatljive bankarske garancije, s ciljem zaštite investitora od bilo kakvih rizika. Zadatak investitora je obezbjeđenje svih potrebnih saglasnosti i dozvola, zatim tehnički nadzor i kontrola u toku realizacije projekta. Izgradnja postrojenja u vlastitoj režiji podrazumijeva potpunu organizaciju i rukovođenje procesom izgradnje od strane samog investitora, čime se preuzimaju svi rizici izgradnje i pojave moguće neusaglašenosti u toku realizacije projekta.

Postoje i drugi modeli realizacije projekta, u vidu određenih kombinacija prethodna dva modela. Jedan od takvih modela je i model inženjering u usluge "lump - sum", "forfait" ili "globalna cijena", gdje investitor sklapa pojedinačne ugovore sa inženjering organizacijama specijalizovanim za izradu projektne dokumentacije, isporuku kompletne opreme, nadzor nad izgradnjom i puštanje u pogon, sa svim potrebnim garantnim ispitivanjima. Posebno se ugovaraju izvođenje građevinskih odnosno montažnih

radova. Svojim učešćem u realizaciji, investitor može sniziti troškove realizacije projekta. Samo finansiranje može biti iz vlastitih sredstava, bankovni kredit, vanjsko ili specijalno finansiranje (povoljni krediti za zaštitu životne sredine, javno partnerstvo i sl.), ili pak kombinacija vlastitog učešća (do 25%) i bankarskog kredita (do 75%). Analiza osjetljivosti predstavlja jednostavnu tehniku za ocjenu nepovoljnih efekata na sam projekat u toku njegovog životnog vijeka. U principu analizu osjetljivosti treba sprovesti na onim projektnim veličinama koje su numerički velike ili na onim na kojima postoji izvjesna neizvjesnost. Fazni elementi analize rizika u pripremi investicijskih projekata kogeneracije obuhvataju:

- a) identifikaciju rizika sa kojima se može suočiti projekat,
- b) konstrukciju matrice rizika za predloženi projekat, rangirajući rizike prema stepenu njihove vjerovatnoće i veličini njihovog mogućeg uticaja,
- c) identifikaciju mogućnosti kvantitativnih opisa pojedinih od varijabli (promjenljivih),
- d) identifikaciju izvora podataka savke od mogućih varijabli projektnih rizika,
- e) identifikaciju distribucije vjerovatnoće ključnih varijabli,
- f) sprovođenje uprošćene analize vjerovatnoće s ciljem dobijanja procjene maksimalne i minimalne vrijednosti odnosa ekonomske neto sadašnje vrijednosti (ENSV) i ekonomske interne stope prinosa (EIRR),
- g) razmatranje izvođenja zaključaka iz primarnih empirijskih izvora, s ciljem sprovođenja analize vjerovatnoće na bazi dobijene distribucije vjerovatnoće, odlučiti da li je rizik opravdan u smislu ispunjenja uslova EIRR manji od EOCC (ekonomske prihvatljivi troškovi kapitala) ili ENSV manja od nule.

Ako se stepen rizika smatra prihvatljivim, promjena projekta možda nije potrebna, ali treba provjeriti sve pojedinačne distribucije vjerovatnoća. U slučaju ako se razmjere rizika smatraju neprihvatljivim, neophodno je (po mogućnosti) pristupiti promjeni projekta. U svakom slučaju, odluka o ulasku u izgradnju kogenerativnog postrojenja bazira se na pozitivnim finansijskim indikatorima izračunatim iz tokova gotovine ("cash flow"), pri čemu se ukupni investicioni troškovi tretiraju kao finansijski odliv, a gotovinski prilivi predstavljaju razlike između godišnjih ukupnih pogonskih troškova kogeneracije i troškova snabdijevanja energijom na konvencionalni način.

7. ZAKLJUČAK

Smanjene uvozne zavisnosti i povećano zapošljavanje predstavljaju elemente na bazi kojih pobornici korišćenja nekonvencionalnih izvora energije, gdje spada i kogeneracija, zasnivaju svoj stav o širem društvenom interesu njihove primjene i potrebe za što ubrzanijim njihovim razvojem. Primarni nekonvencionalni oblici energije su po svojoj prirodi domaći izvori, čime se za njihov relativno skromni udio u ukupnom snabdijevanju električne energije smanjuje uvozna zavisnost kod energetski deficitarnih zemalja. S druge strane, domaći proizvod je najčešće manje efikasan od uvoznih alternativa, skuplji je i najčešće nije podržan povoljnim kreditnim aranžmanima niti postoje adekvatni podsticaji državnim subvencijama. S druge strane, stepen zapošljavanja raste sa povećanjem domaće proizvodnje komponenti ili postrojenja za transformaciju energije iz

nekonvencionalnih izvora, kao i mogućem rastu izvoza na inostrano tržište. Prijedlog za podsticajne mjere trebao bi povećati interes potencijalnih domaćih i stranih investitora za ulaganja u nekonvencionalne izvore u Republici Srpskoj i BiH u cjelini. Da bi mogli sagledati sve aspekte primjene nekonvencionalnih izvora energije, neophodno je njihova osnovna svojstva posmatrati paralelno sa opštim svojstvima klasičnih konvencionalnih izvora. Upoređivanjem tih svojstava moguće je dati vjerodostojne kvalifikacije vezane za njihovu primjenu. S obzirom da su neka svojstva nekonvencionalnih izvora poželjna a neka nepoželjna, neophodno je dodatno razmotriti pojedinačna svojstva svih danas komercijalno dostupnih nekonvencionalnih izvora energije, te istaknuti poželjna i nepoželjna svojstva kod korištenja pojedinih oblika energije. Države Europske unije (EU) postavile su ambiciozan cilj da povećaju udio obnovljivih izvora energije s 8,5% u 2005. godini na 20% cjelokupne potrošnje energije u EU do 2020. godine. Ovaj cilj je preuzeo i Grad Banja Luka. Ovo povećanje udjela obnovljivih izvora energije prdstavljaće veliki doprinos u borbi s globalnim klimatskim promjenama i značajni iskorak prema većoj energetskej nezavisnosti unije, što također predstavlja vrlo važan dugoročni cilj država članica Europske unije. Ratifikacijom Ugovora o energetskej zajednici Jugoistočne Evrope, BiH i Republika Srpska preuzele su obavezu da usklade svoje zakonodavstvo sa pravnim tekovinama EU u oblasti električne energije, pri čemu propisi Republike Srpske i BiH treba da se u potpunosti usklade sa odredbama Direktive 2003/54 o unutrašnjem tržištu energije i Direktive 2001/77 o promovisanju električne energije proizvedne iz obnovljivih izvora na unutrašnjem tržištu, po termin planu datom u Aneksu Ugovora. Ove odredbe su obavezale nadležna tijela u BiH da utvrde indikativne ciljeve učešća električne energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji za period od 10 godina, mjere kojima se planiraju postići ti ciljevi, kao i da podnose periodične izvještaje o postizanju postavljenih ciljeva. Određujući nivo garantovane otkupne cijene i premije, zavisno od vrste energetskeg izvora, obezbjeđuje se podloga za investiranje u postrojenja koja koriste najefikasniju raspoloživu tehnologiju na najisplativijim lokacijama, kako bi troškovi za društvo u cjelini bili što niži (održiv razvoj).

8. LITERATURA

[1] Z. Milovanović, D. Miličić, „Monografija Energetske mašine - Parne turbine za kogeneracijsku proizvodnju

energije”, Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet Banja Luka, Banja Luka, 2012., 520 str.

- [2] Z. Milovanović, „Mogući rizici tokom projektovanja, izgradnje i eksploatacije termoenergetskih postrojenja“, *EEE - Energija, ekonomija, ekologija*, List SE, Broj 1-2, Godina X, 2008., UDC 620.9, str. 046-052
- [3] Đ. Bašić i drugi, „Nacionalni program energetske efikasnosti - mogućnost korišćenja gasnih motora za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije“, Novi Sad, 2003., 47 str.
- [4] J. Bugge and R. Blum, „High-efficiency coal-fired power plants development and perspectives“, www.dongenergy.com/SiteCollectionDocuments/NEW%20Corporate/PDF/Engineering/45.pdf, 15 str.
- [5] L. Busse, R. Šindelar, „SEKUNDEN-LEISTUNGSRESERVE UND WÄRMEVERBRAUCH BEI VERSHIEDENEN BETRIEBSARTEN VON DAMPFTURBINEN“, *VGB Kraftwerkstechnik*, Nr. 9, 1989., s. 892-895
- [6] Z. Milovanović and I. Smajević, „Thermo-energy potential of Bosnia and Herzegovina - today and projections for the future“, *Academy of Sciences and Arts of BiH, Scientific Cooloquium „Decision Making Principles in Building of Electric Power Sources*, Sarajevo, March 27-28, 2008, 33 pages

Abstract – Combined heat and power (CHP) and district heating and cooling (DHC) represent a series of proven, reliable and cost-effective technologies that are already making an important contribution to meeting global heat and electricity demand. Due to their enhanced energy supply efficiency and use of waste heat and low-carbon renewable energy resources, CHP and DHC are already an important part of national and regional greenhouse gas (GHG) emissions reductions strategies. The present work presents the problem of use of CHP and DHC systems in the Republic of Srpska.

ENERGY EFFICIENCY COGENERATION PRODUCTION OF ENERGY AND LIMITATIONS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

Zdravko N. Milovanovic
Svetlana R. Dumonjić-Milovanovic