

Univerzitet u Kragujevcu
Fakultet inženjerskih nauka



Naziv studijskog programa: **Mašinsko inženjerstvo**

Nivo studija: **Osnovne akademske studije**

Modul: **Energetika i procesna tehnika**

ZAVRŠNI RAD

Tema:

Upotreba kogeneracije u svetu kroz primenjene tehnologije, ostvarene ekonomske i ekološke dobiti

Komisija za pregled i odbranu:

1. _____
2. _____
3. _____

Datum odbrane: _____

Ocena: _____

Zadatak:

- Dati pregled kogenerativnih tehnologija koje su našle komercijalnu primenu u industriji i komunalnom sektoru;
- Pronaći i obraditi jednu evropsku studiju slučaja iz oblasti upotrebe kogeneracije u sistemu daljinskog grejanja ili u industriji;
- Dati kratku analizu mogućnosti primene tog iskustva tj. datog slučaja na domaće stanje.

Ključne reči: kogeneracija, kogenerativne tehnologije, prirodni gas

Tasks:

- Present review of cogeneration technologies that have found commercial application in industrial and utility sector;
- Find and process one European case study from the field of cogeneration application in the district heating system or industry
- Present a short analysis of the possibility for application of this experience to the local (Serbian) situation.

Key words: cogeneration, CHP, CHP technology, natural gas

Sadržaj

Upotreba kogeneracije u svetu kroz primenjene tehnologije, ostvarene ekonomske i ekološke dobiti	1
1. UVOD.....	5
2. KOGENERACIJA.....	6
2.1. Prednost i efikasnost kogeneracije	6
2.2. Izgradnja kogeneracijskog postrojenja	7
2.3 Zemlje EU sa relativno razvijenom kogeneracijom	8
2.4 Zemlje EU sa slabo razvijenom kogeneracijom.....	8
2.5 Kogeneracija u Srbiji.....	9
2.6 Prednosti i prepreke za kogeneraciju	10
2.7. Vrste kogenerativnih postrojenja	12
3.0 Postupci konverzije energije	13
3.1 Motori sa unutrašnjim sagorevanjem.....	14
3.2 Motori koji nemaju spoljni izvor paljenja goriva (dizel).....	15
3.3 Motori koji se pale na varnicu (Oto)	15
3.4 Gasne turbine.....	16
3.5 Parne turbine	17
3.6 Kombinovani ciklus u kogeneraciji.....	18
3.7 Stirlingov motor	19
3.8 Mikroturbine	19
3.9 Gorive ćelije	20
4.0 Energetski pregled	21
4.1 Potreba za odredjivanjem pravih cena domaće energije i dominantna uloga prirodnog gasa.....	21
4.2 Potreba za većom energetskom efikašnošću.....	22
4.3 Uticaj na klimu	23
4.4 Status kogeneracije	24
4.5 Industrija	25
4.7 Barijere CHP	27
4.8 Obnova sistema centralnog grejanja u Rusiji.Pitanje opstanka.....	28

4.9 Potreba da cena toplotne energije pokriva cenu proizvodnje.....	28
4.10 Potreba vlade da promoviše visoko efikasna kogenerativna postrojenja	29
4.11 Potencijal i prednosti kogeneracije.....	29
4.12 Obnavljanje mreže grejanaja	29
4.13 Razvoj strategije	30
5.0 Studija slučaja	31
5.1 Uvod	31
5.2 Analiza postrojenja	31
5.3 Kogeneraciono postrojenje aerodroma.....	32
5.4 Poređenje alternativa poboljšanja energetskog sistema.....	34
5.5 Zaključak o efikasnosti studije.....	37
6.0 Zaključak.....	38
7.0 Literatura.....	39

1. UVOD

Već gotovo 100 godina, a u današnje vreme i mnogo intenzivnije, traga se za najefikasnijim rešenjima koji će omogućiti efikasno snabdevanje i racionalnu upotrebu energije. To su bitne pretpostavke za privredni razvoj neke zemlje. Zahtevi za što manjim uticajem na okolinu, spoznaja o sve siromašnijim izvorima energije, energetske krize te sve viša cena energije bitno su uticali na razvoj energetske tehnologije, a time i upotrebu kogeneracijskih postrojenja. Sa stanovišta nacionalno - energetske politike kogeneraciona postrojenja su vrlo prihvatljiva u odnosu na druge slične energetske procese iz više razloga. Kogeneraciona postrojenja puno su delotvornija od rada postojećih termoelektrana, smanjuju zahteve za izgradnjom novih elektroenergetskih i toplotnih objekata, omogućavaju postepeno i ravnomernije ulaganje novca, te potpomažu zakonsku regulativu o manjem uticaju na životnu sredinu. Svako kogeneracijsko postrojenje smanjuje potrošnju primarne energije.

2. KOGENERACIJA

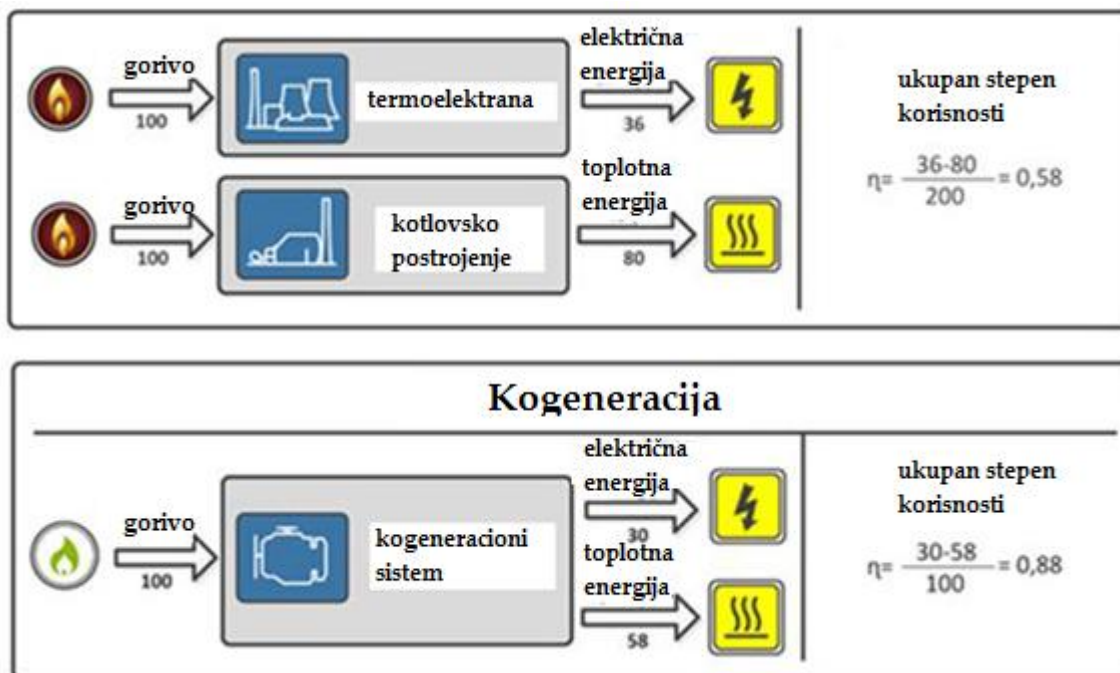
Kogeneracija (CHP) je proces kombinovane proizvodnje dva korisna oblika energije iz jednog energetskog izvora. U većini kogeneracijskih sistema hemijska energija se pretvara u mehaničku i toplotnu. Mehanička energija koristi se za proizvodnju električne struje, dok se toplotna energija koristi za proizvodnju pare, zagrevanje vode ili vazduha. Osnovna prednost kogeneracije je veća iskoristivost energenta u odnosu na standardne elektrane koje služe samo za proizvodnju struje. Osim toga, industrijskim postrojenjima kogeneracijski sistemi pružaju autonomiju u slučaju ispada glavne mreže. Za neke industrijske procese, ekonomski gubici u slučaju zaustavljanja procesa zbog nestanka električne energije su izuzetno veliki.

Kao gorivo može da se koristi prirodni gas, biomasa, drvena građa ili vodonik (u slučaju gorivih ćelija), a izbor tehnologije za kogeneraciju zavisi o raspoloživosti i cena goriva. Velika raspoloživost gasa metana postakla je mnoge industrije da same proizvode električnu energiju pomoću benzinskih Otto motora ili turbo motora, od kojih je moguće nadoknaditi deo toplotne energije veće od 50%.

2.1. Prednost i efikasnost kogeneracije

Osnovna prednost kogeneracije je povećana efikasnost energenta u odnosu na konvencionalne elektrane koje služe samo za proizvodnju električne energije te industrijske sisteme koji služe samo za proizvodnju pare ili vruće vode za tehničke procese.

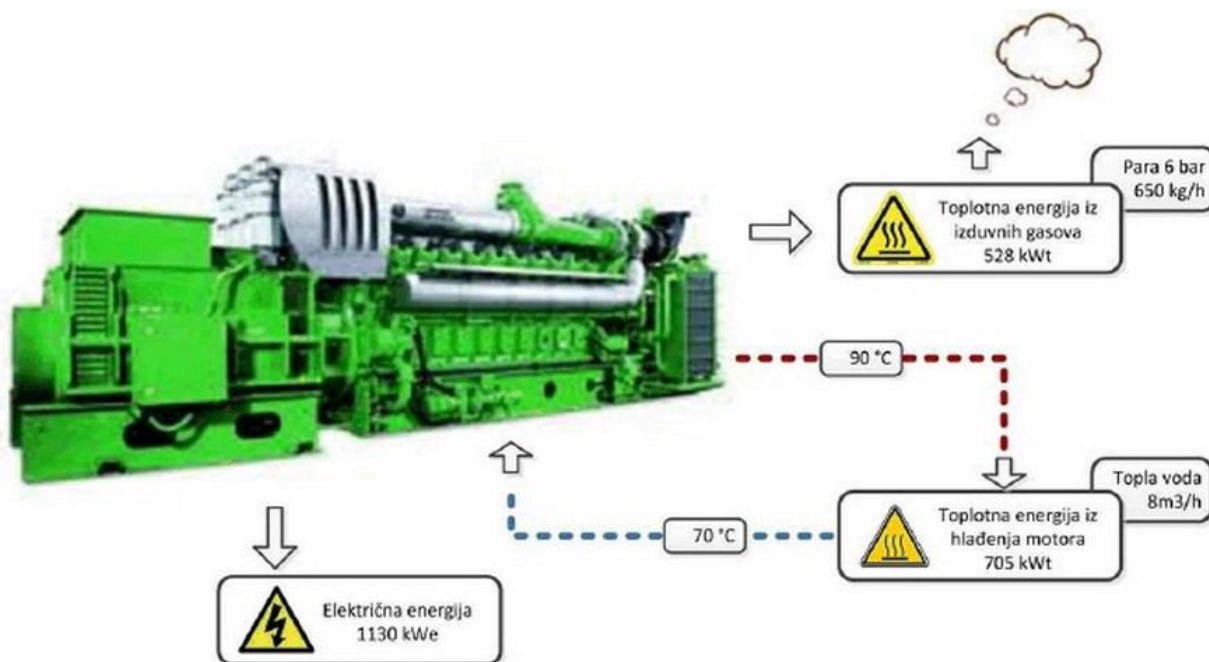
Kod odvojenog postupka gde se toplota proizvodi u kotlu sa stepenom iskorišćenja $\eta=90\%$ koristi se 53% toplote u odnosu na 59% hemijske energije goriva, dok su toplotni gubici zračenja 6%. Električna energija proizvodi se u klasičnoj elektrani sa stepenom iskorišćenja 36% i dobija se 34% električne energije, u odnosu na 100% hemijske energije goriva, gubitak u razvodu električne energije je 2%. Od 159% hemijske energije goriva, kod odvojenog se procesa koristi 53% za toplotnu, 34% za električnu energiju, a ukupni gubitak 66%. Kod kogeneracijskih postrojenja od 100% hemijske energije goriva za toplotu se koristi 53%, za električnu energiju 34%, a ukupni je gubitak oko 13%. Dakle, stepen iskorišćenosti goriva kod kogeneracije 87%, a gubitak 13%, dok za spojeni proces, ako se želi ostvariti isti efekat, treba uz gubitak od 72% utrošiti čak 59% (ukupni indeks dakle 159%) više goriva. Toplota koje se dobija hlađenjem motora, ulja za podmazivanje, gasne smeše i izduvnih gasova, koristi se za grejanje objekata ili za tehnološke potrebe. Isplativost rada kogeneracijskog postrojenja prema dosadašnjim iskustvima iznosi 4.000 sati godišnje ili više. Kogeneracije imaju značajnu ulogu kao distribuirani izvor energije zbog pozitivnih učinaka: manji gubici u mreži, smanjenje zagušenja u prenosu, povećanje kvaliteta napona i povećanje pouzdanosti snabdevanja električnom energijom. Uz sve navedeno, smanjen je i štetan efekat na okolinu.



Poređenje kogeneracijske i odvojene proizvodnje energije

2.2. Izgradnja kogeneracijskog postrojenja

Prilikom gradnje kogeneracionog postrojenja, ključni kriterijum pri dimenzionisanju trebaju biti toplotni zahtevi procesa za koji se koristi toplota. Predimenzionisani sistemi načelno su skuplji i imaju lošiju iskoristivost. Kao gorivo se uglavnom koristi prirodni gas zbog niskih emisija te široke dostupnosti. Kako bi se omogućila proizvodnja električne energije, potrebno je proizvoditi toplotnu energiju na višoj temperaturi i pritisku nego što to zahtevaju tehnički procesi za koje se ona koristi. Proizvodnja, a tako i potrošnja toplote i električne energije dešavaju se istovremeno. Kao kriterijum iskoristivosti, potreba istovremene proizvodnje toplote i električne energije treba iznositi barem 4500 sati na godinu. U slučaju visokih cena električne energije moguć je isplativ rad i sa samo 2200 sati na godinu, no najveću ekonomičnost kogeneracijski sistemi pokazuju u slučaju stalnog rada cele godine (8760 sati na godinu). ekonomska isplativost kogeneracijskog postrojenja usko je vezana uz baznu cenu, te troškove održavanja. Što su oni veći, to je manja verovatnoća da će postrojenje biti isplativo.



2.3 Zemlje EU sa relativno razvijenom kogeneracijom

Zemlje s najvećim udelom kogeneracijskih postrojenja u energetsom sektoru su Danska, Finska, Holandija i Austrija. Tako je udeo kogeneracijske proizvodnje električne energije u Danskoj 40%, Finskoj 32%, Austriji 23% a u Holandiji 38%. Razlog ovako visokom udelu leži pre svega u strateškim odlukama ovih zemalja u prošlosti da podstiču kogeneraciju. Danas je situacija ipak malo drukčija i kogeneracija se podstiče prvenstveno zbog ekoloških efekata. Procenjuje se da najveći potencijal za razvoj kogeneracije u ovim zemljama leži u malim kogeneracionim postrojenjima koja bi se koristila za grejanje domaćinstava. To posebno važi za Dansku i Holandiju. Najzastupljenije gorivo koje se koristi u kogeneracionim postrojenjima u navedenim zemljama jest prirodni gas. Razvijena gasna infrastruktura takođe je pogodovala rastu udela kogeneracionih postrojenja. U svim ovim zemljama do sada je već izvršena liberalizacija tržišta električnom energijom i to je imalo raznolik uticaj na kogenerativna postrojenja. Ipak kogeneracija je kod njih duboko ukorenjena i sve procene ukazuju na dalji rast instaliranih kogenerativnih postrojenja u budućnosti.

2.4 Zemlje EU sa slabo razvijenom kogeneracijom

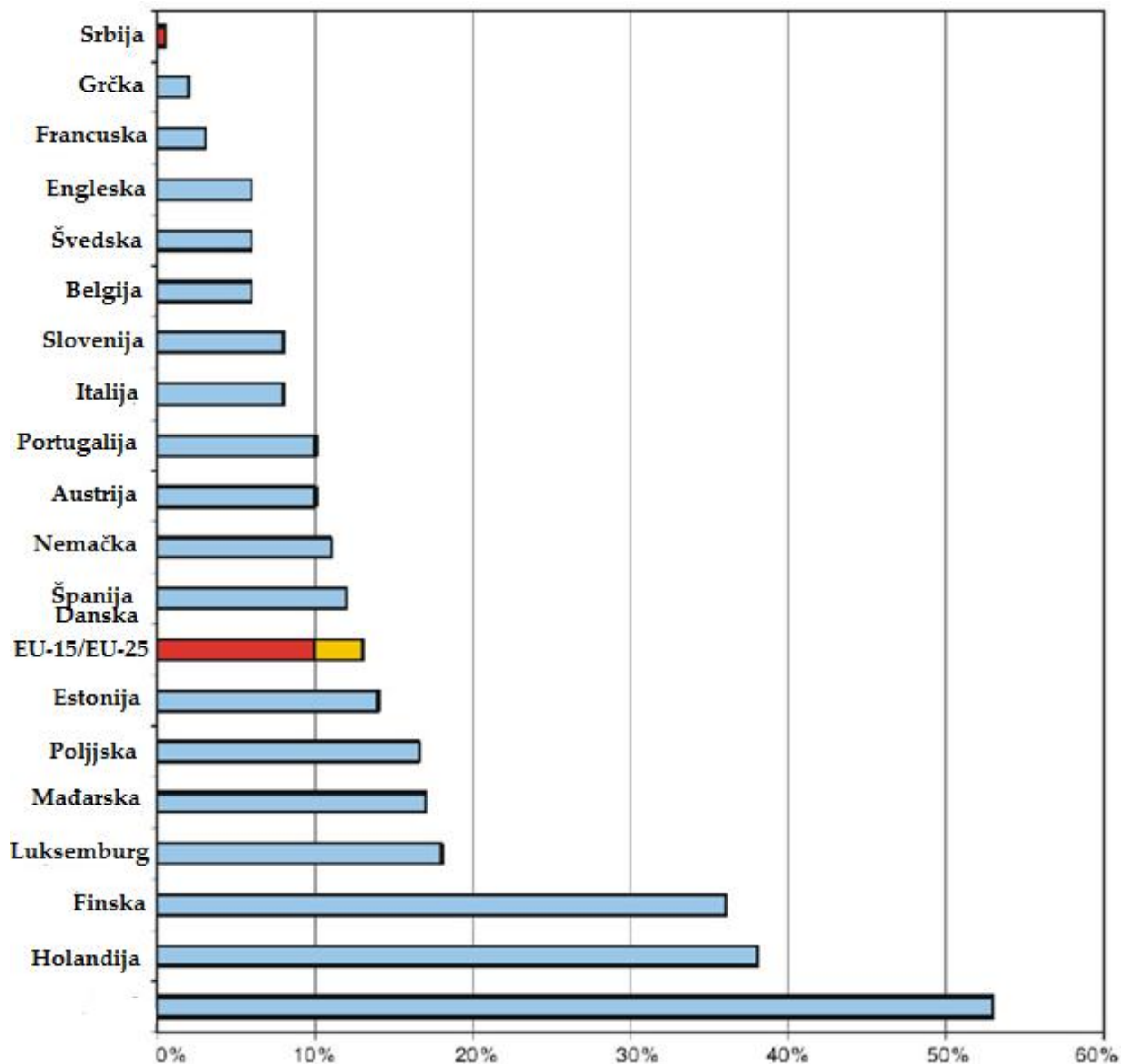
Među zemlje Evropske unije sa slabo razvijenom kogeneracijom najčešće se ubrajaju Francuska, Grčka, Velika Britanija, Irska i Švedska. Francuska ima vrlo zastupljenu nuklearnu energiju pa elektrodistribucija te zemlje na tržištu nastupa monopolistički. Takođe ne postoji politika države koja bi podsticala kogeneraciju. Ovi faktori su uticali na činjenicu da se danas samo 2%

električne energije dobija kogeneracijom. Grčka i Irska međusobno su poprilično sličan slučaj. Obe zemlje imaju vrlo mali udeo kogenerativne proizvodnje energije iako postoji relativno veliki potencijal za razvoj kogeneracije. Takođe je karakteristično da se liberalizacija tržišta električnom energijom odvija dosta sporo. U obe zemlje predviđa se najveći rast udela kogeneracije velikih snaga u industrijskom sektoru. Iako se u Velikoj Britaniji beleži relativno veliki rast ukupnog instaliranog kapaciteta kogenerativnih postrojenja, u njima se proizvodi još uvek vrlo mali udeo (oko 5%) električne energije. Ne postoji definisana državna strategija za podsticanje kogeneracije pa je odnos cena energenata vrlo nepovoljan za upotrebu kogeneracije.

2.5 Kogeneracija u Srbiji

Ukupni instalirani kapacitet kogenerativnih postrojenja u Srbiji nije zanemarljiv i iznosi 353 MWe, što predstavlja 4,23% od ukupno instaliranih proizvodnih kapaciteta (8.355 MWe). Kombinovana postrojenja učestvuju u ukupnoj proizvodnji električne energije u Srbiji sa jedva 0,54% (2010. godina). Stepenu učešća kombinovane u ukupnoj proizvodnji električne energije kod nas je daleko ispod proseka u Evropskoj uniji koji je 2004. godine iznosio 12,4%.

Sistemi daljinskog grejanja (posebno niskotemperaturni) su veoma pogodni za korisnu upotrebu otpadne toplote iz kogeneracije, mada je njihova potreba za toplotom uslovljena klimom i ograničena na zimski period. Ipak, potreba za velikom količinom toplote u tom periodu može znatno da olakša rad i podigne efikasnost procesa proizvodnje električne energije u zimskom periodu, do nivoa od 75% do 80%. Korišćenje otpadne toplote za pripremu tople potrošne vode u domaćinstvima, javnim poslovnim objektima, pruža mogućnost podrške kombinovanoj proizvodnji tokom cele godine, ali je u našoj zemlji još uvek mali broj gradova krenuo u tom pravcu. Korišćenje otpadne toplote za potrebe daljinskog ili lokalnog hlađenja objekata, pomoću apsorpcionih rashladnih mašina, koje za pogon koriste toplotu iz toplifikacionih sistema, na nivou je izuzetka, odnosno, pilot projekta. Sve ovo bi u značajnoj meri moglo da pomogne poboljšanju veoma niske energetske efikasnosti ciklusa proizvodnje električne energije. U Srbiji, danas, ima nekoliko sistema daljinskog grejanja (Novi Sad, Zrenjanin, Sremska Mitrovica, Požarevac...) koji, sa manje ili više uspeha, pomažu kombinovanim postrojenjima („kogeneracijama“).



Učešće kogeneracija u Evropskoj Uniji i Srbiji

2.6 Prednosti i prepreke za kogeneraciju

Kogeneracija ima značajnu ulogu kao distributivni izvor energije zbog pozitivnog učinka: manji gubici u mreži, smanjenje zastoja u prenosu, povećanje kvalitete napona i povećanje pouzdanosti snabdevanja električnom energijom. Uz sve navedeno, smanjen je i štetan uticaj na okolinu. Komercijalno dostupne CHP tehnologije su: parne i gasne turbine, mikroturbine,

motori s unutrašnjim sagorevanjem, Stirlingov stroj i gorivne ćelije, u širokom rasponu snage od 1 kW za Stirlingov stroj do 250 MW za gasne turbine.

Kao što je već spomenuto, kogeneracijska proizvodnja energije podrazumeva proizvodnju dva korisna oblika energije: toplotne energije i korisnog rada. Dobijeni korisni rad može se koristiti za proizvodnju električne energije ili kao mehanička energija na vratilu, a toplotna energija se može koristiti u tehnološkim procesima: procesima grejanja i hlađenja. Kada se toplotna energija proizvedena u kogeneracijskom procesu koristi u procesima hlađenja kao rashladna energija tada se taj proces definiše kao trigeneracija, odnosno istovremena proizvodnja tri korisnih oblika energije: električne, toplotne i rashladne.

Najznačajnije prednosti kogeneracijske proizvodnje u odnosu na odvojenu proizvodnju električne energije u elektranama i toplotne energije u toplanama ogleda se kroz:

- znatne uštede primarne energije odakle proizlaze i manji troškovi;
- kvalitetnije snabdevanje električnom energijom i veća pouzdanost, što je izuzetno važno za potrošače osetljive na prekidanje snabdevanja;
- smanjenje štetnog uticaja na okolinu, jer iz visoke energetske isplativosti i manju potrošnju energenta proizlazi manja emisija štetnih gasova, manja količina otpadne toplote i manje buke;
- relativna mala ulaganja u odnosu na dobitke;
- isplativost ulaganja za nekoliko godina;
- kratak rok izgradnje zbog prethodno sklopljenih elemenata;
- jednostavniji put dobijanja raznih dozvola naročito za slučaj industrijskih ili javnih objekta

Prednosti kogeneracije su u odnosu na odvojenu proizvodnju toplotne i električne energije poznate, međutim više barijera različite prirode ometaju razvoj njenog korišćenja. U većem broju zemalja monopolistička pozicija elektroprivrede na tržištu električne energije, iskazana niskim cenama za kupovinu viškova energije, odbija kogeneracione proizvođače od učešća u obezbeđivanju manjkova proizvodnje elektroprivrednih preduzeća. Istovremeno, elektroprivreda im postavlja stroge tarife za sigurnu isporuku kada imaju manjkove i za obezbeđenje rezerve. Postoje i tehničke barijere u vidu zahteva da kogeneracioni proizvođači ispune niz uslova za priključak na javne elektroprivredne mreže. Najvažnije prepreke za kogeneraciju su:

- izostanak jasno definisanog i jednostavnog priključenja na mrežu, kao i građevinsko – tehničke procedure izgradnje postrojenja;

- nepovoljan odnos cene električne energije i cene goriva;
- nerazumevanje i nepoznavanje mogućnosti doprinosa kogeneracije smanjenju emisije štetnih gasova u atmosferu;
- nedovoljna zainteresovanost i nerazumevanje finansijskih institucija za finansiranje projekata kogeneracije;
- nepostojanje kvalitetnih i dugoročnih fiskalnih i drugih podsticajnih mera;
- izostanak specijalističkog obrazovanja i osposobljavanja stručnjaka za usluge konsaltinga u energetske efikasnosti, pa je zato slabo razumevanje primene kogeneracije u pogledu zadovoljenja korisnih potreba i
- nedovoljno i neodgovarajuće informisanje i edukacija potencijalnih korisnika

2.7. Vrste kogenerativnih postrojenja

Uopšteno postoji više vrsta kogeneracijskih sistema po načinu korišćenja toplote. Uglavnom se koriste primarno za proizvodnju električne energije, a potom se nakon prolaska kroz turbinu toplota odvodi u tehnološki proces. Moguć je i obrnut postupak, gde se nakon

industrijskog procesa toplota koristi za grejanje pare koju se odvodi u turbinu. Takvi su sistemi pogodni samo za industrije u kojima je dostupna otpadna toplota visoke temperature. Stoga su sistemi prve vrste puno rasprostranjeniji. Važno je napomenuti kako je moguća i Trigeneracija, odnosno korišćenje dela energije za hlađenje.

Prilikom gradnje postrojenja važno je odrediti koji će se ciklus izvoditi. Idući korak je odabir glavnog pokretača, prema nekim od sledećih kriterijuma: snaga postrojenja, primarni i sekundarni izvori goriva, kvaliteta vazduha i zahtevi na emisiju gasova, ograničenja prostora, nivo buke, ostrvski rad ili spajanje na mrežu. Veoma je važno da uravnoteži proizvodnju električne energije sa zahtevima za toplotom, jer će povećana potražnja za jednim uzrokovati povećanu proizvodnju oba proizvoda, te može doći do npr bacanja viška toplote koju ne možemo iskoristiti u tehnološkom procesu. Raspoloživost goriva jedan je od ključnih kriterijuma za izbor turbine. Ukoliko su dostupna samo čvrsta goriva, moguć je samo vršni ciklus, no u slučaju korišćenja tečnih goriva mogući su vršni, kao i kombinovani ciklusi.

U prosečnoj termoelektrani na ugalj iskoristivost postrojenja se kreće od 35-40%. Dakle više od polovine energije nepovratno trošimo, što kroz hlađenje i kondenzaciju, što kroz gubitke u samom sistemu. Energija koja se gubi u kondenzatoru predstavlja najveći deo ukupne izgubljene energije.

Prednosti kogeneracionih sistema pred klasičnim sistemima sa odvojenom snabdevanjem raznih oblika energije proizlaze pre svega iz visoke efikasnosti kogeneracijskih sistema. Pritom treba istaći da je ovakav stepen iskorišćenosti kogeneracijskog postrojenja svojstven režimu rada pri kojem se utroši sva toplotna energija proizvedena u sistemu. Direktna posledica visoke efikasnosti kogeneracijskih postrojenja niske vrednosti emisija CO₂ u atmosferu pri njihovom radu. Konvencionalne elektrane emituju toplotu kao postprodukt pri generisanju električne struje u okolinu kroz tornjeve za hlanenje, kao izduvne gasove, ili nekim drugim sredstvima. CHP troši toplotnu energiju ili za industrijske potrebe ili za domaćinstva, bilo vrlo blizu elektrani ili posebno kao u Skandinaviji i istočnoj Evropi energija se kroz toplovode vodi do lokalnih domaćinstava. Toplotna energija dobijena kogeneracijskom tehnikom takođe može biti korišćena i u apsorcijskim hladnjacima za hlanenje. Elektrane koje proizvode struju, toplotu i hlade nazivaju se i Trigeneracija, ili uopšteno poligeneracijama. kogeneracija je termodinamički najpovoljnija u iskorišćavanju goriva. U odvojenoj proizvodnji el. struje toplota koja se javlja kao nusprodukt mora biti bačena kao toplotni otpad. Termoelektrane (uključujući i nuklearne) i uopšteno toplotni mašine ne pretvaraju svu raspoloživu energiju u koristan oblik. CHP je efikasniji ako je mesto potrošnje bliže mestu proizvodnje, dok mu korisnost pada sa udaljenošću potrošača. Udaljenost znači da mu trebaju dobro izolovane cevi, što je skupo, dok se struja može transportovati na daleko veću udaljenost za iste gubitke. Kogeneracijske elektrane se mogu naći u područjima sa centralnim grejanjem ili u velikim gradovima, bolnicama, rafinerijama. Kogeneracione elektrane mogu biti projektovane da rade s obzirom na potražnju za toplotnom energijom ili primarno kao elektrana čiji se toplotni otpad iskorišćava.

Tipične CHP elektrane su:

- Postrojenje protivpritisne turbine,
- Postrojenje kondenzacione turbine sa regulisanim oduzimanjem pare,
- Postrojenje gasne turbine s korišćenjem otpadne toplote dimnih gasova,

3.0 Postupci konverzije energije

Pogonske mašine mogu počivati na različitim tehnologijama, kao što su:

- Kombinovana gasno-parna turbinska postrojenja,
- Protivpritisna parna turbina,

- Kondenzaciona parna turbina sa oduzimanjem pare,
- Gasna turbina sa rekuperacijom toplote,
- Motor sa unutrašnjim sagorevanjem (Otto ili Diesel),
- Gasne mikroturbine,
- Stirlingove mašine,
- Gorivne ćelije,
- Parni motori,
- Organski Rankinovi ciklusi,
- Bilo koji drugi tip, ili kombinacija raznih tehnologija;

3.1 Motori sa unutrašnjim sagorevanjem

Klipni motori koji se koriste u kogeneraciji su motori sa unutrašnjim sagorevanjem i rade na istom principu kao i benzinski i dizel motori u automobilima. Iako je sistem konceptualno sličan gasnoj turbini, postoje bitne razlike. Klipni motori postižu veću energetska efikasnost, ali je teže korišćenje toplotne energije koju proizvode, jer je ona, uglavnom, na nižim temperaturama i rasuta između izduvnih gasova i sistema za hlađenje motora.

Odnos količine proizvede toplote i mehaničke snage je obično u rasponu 0,5:1 do 2:1. Međutim, kako izduvni gasovi sadrže velike količine viška vazduha, dopunsko paljenje je izvodljivo, a pomenuti odnos se tada postiže na maksimalnih 5:1. Pulsirajuća priroda izduvnih gasova iz klipnog motora čini podsticajno paljenje teškim, tako da je relativno neuobičajeno, iako postoje instalacije u kojima su problemi prevaziđeni.

Motor i ulje za podmazivanje moraju biti ohlađeni. Ovo pruža izvor toplote, ali generalno je na niskom nivou (stepenu), lošeg kvaliteta i nije uvek upotrebljiv. U mnogim aplikacijama toplota preuzeta sa rashladnih instalacija i izduvnih gasova se izbacuje istovremeno u mlazovima, kako bi proizveli jedan, zajednički izlaz toplote, najčešće upotrebljen za zagrevanje tople vode na temperaturu od 100 °C. Temperatura izduvnih gasova uvek je visoka i iznosi do 400 °C i

predstavlja polovinu ukupne proizvedene toplote u motoru. Postoje dve vrste motora, svrstane po načinu paljenja i dalje su detaljnije opisani

3.2 Motori koji nemaju spoljni izvor paljenja goriva (dizel)

Motori koji nemaju spoljni izvor paljenja (dizel) koriste se obično za velike kogeneracije, a, uglavnom, su četvorotaktne mašine sa direktnim ubrizgavanjem, opremljene turbomenjačem i međuhladnjcima. Dizel motori mogu da rade sa lož uljem, mazutom i prirodnim gasom. Motor je, zapravo, u dvojnem modu goriva pošto mala količina ulja za loženje (oko 5 % unosa toplote) mora da se ubrizgava sa gasom da bi se osiguralo paljenje. Motor može da radi sa gasom samo ako mu je obezbeđeno neprekidno snabdevanje gasom. Efikasnost im je od 35-45 % a izlazni opseg je do 15 MW. Rashladni sistemi su složeniji nego kod motora koji se pale preko varnice i temperature su niže od 80 °C, čime se ograničava izlazna toplota. Nivoi viška izlaznog vazduha su veliki. Dizel motori rade sa brojem obrtaja radnog vratila od 500-1500 o/min. U principu motori do oko 500 KW (nekad i do 2 MW) su izvedeni kao originalni automobilske motori, koriste gas i rade na svojoj gornjoj granici opsega.

3.3 Motori koji se pale na varnicu (Oto)

Motori koji se pale na varnicu proizilaze iz ekvivalentnih dizel motora. Oni, takođe, mogu koristiti izduvne gasove u svrhu prikupljanja toplote.

Tradicionalno, efikasnost je niža nego kod motora koji se pale na kompresiju, između 27-35 %, a izlazni opseg ograničen je na maksimalnih 2 MW. Novi motori koji se pale na varnicu iznad 3 MW koriste pretkomoru gde je smeša stehiometrijska. Mali motori nemaju komoru i oni se nazivaju konvencionalni. Motori sa pretkomorom imaju efikasnost 44 %. Stepem korisnosti motora koji se pale na varnicu iznosi 83 % i malo je manji nego kod dizel motora. Oni su pogodni za manje, jednostavnije instalacije, često gde se toplota hlađenja i izduvnih gasova kanališe zajedno sa otpadnom toplotom kotla, obezbeđujući nisku ili srednju temperaturu toplote vode.

Motori koji se pale na varnicu rade na čista gasovita goriva među kojima je prirodni gas najčešći. Ovi motori imaju manju toplotu u izduvnim gasovima (i odgovaraju više rashladnom sistemu) od dizel motora. Veliki lean-burn motori obično sadrže 12 % kiseonika u izduvnim gasovima, a to može biti iskorišćeno za dopunsko paljenje.

Klipni motori u kogeneracijskim postrojenjima se najčešće koriste u sledećim slučajevima:

-za proizvodnju pare do 15 bara korišćenjem toplote izduvnih gasova, a posebno proizvodnju tople vode temperature 85-95°C iz sistema za hlađenje motora;

- za proizvodnju tople vode od 100 °C, za povećanje temperature, toplotom iz gasova, vode iz sistema za hlađenje i za

- generisanje toplog vazduha.

Klipni motori zahtevaju dobro utemeljenje, tj. temelje specijalno dizajnirane da apsorbuju vibracija koje prate njihov rad.

Među gasnim motorima se uočavaju dva različita (vazduh/gorivo) tipa koji rade kao:

1.stehiometrijski motori ili

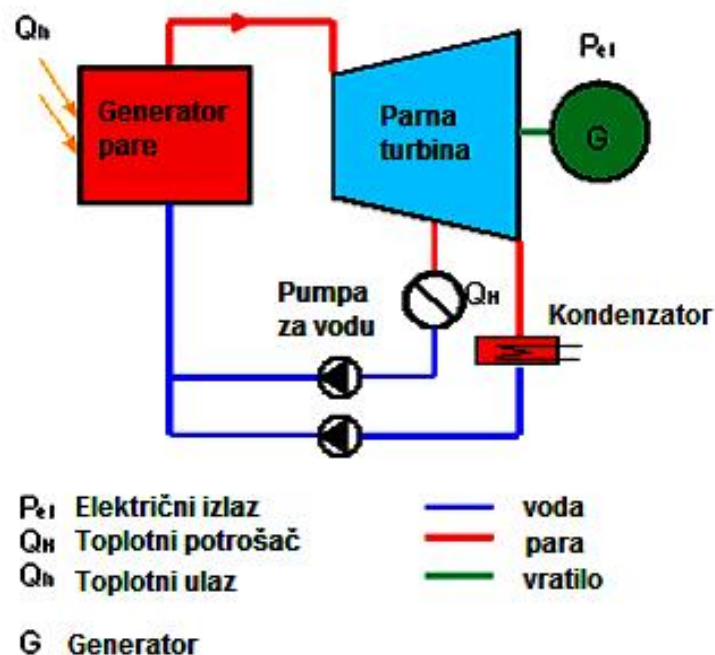
2.lean-burn motori

3.4 Gasne turbine

Gasna turbina je rotaciona turbomašina koju pokreće kinetička energija gasa proizvedenog sagorevanjem goriva. Na prednjem kraju, gasna turbina ima kompresorska, a na zadnjem turbinska (turbinsko) radna kola, dok su komore za sagorevanje između kompresorskih i turbinskih radnih kola. Gasne turbine pretvaraju u mehanički rad strujnu energiju gasovitih produkata sagorevanja tečnog ili gasovitog goriva u komprimovanom vazduhu.

Gasna turbina radi na principu termodinamičkog ciklusa poznatog kao Brajtonov ciklus . U ovom ciklusu atmosferski vazduh se komprimuje – sabija, zagreva u komorama za sagorevanje, zatim ekspandira u turbini, gde zahvaljujući dodatnoj energiji oslobođenoj iz sagorelog goriva, oslobađa više snage nego što je potrebno za pokretanje kompresora, odnosno za prvi deo ciklusa - kompresiju.

Gasna turbina ima tri osnovna dela: kompresor, komoru za sagorevanje i turbinu.

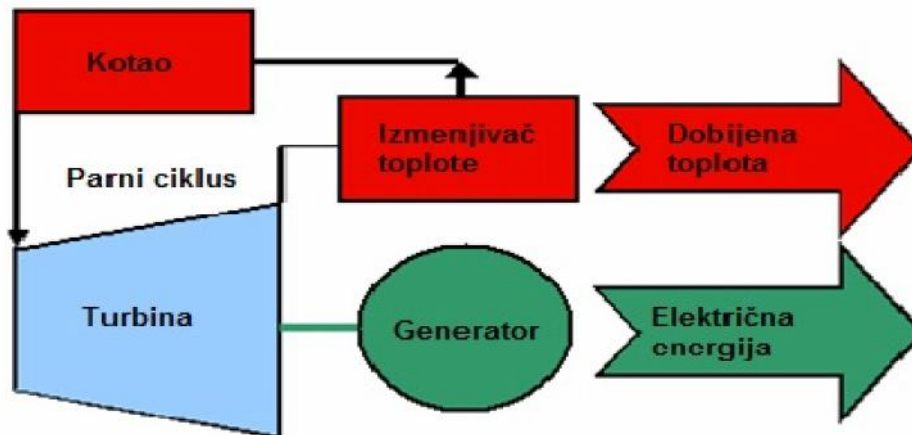


Princip kogeneracije sa gasnom turbinom

3.5 Parne turbine

Parne turbine pripadaju grupi toplotnih motora, poput motora s unutrašnjim sagorevanjem, koji pretvaraju toplotnu energiju u mehanički rad. Parne turbine se koriste u različitim procesima, u poslednje vreme vrlo često u kombinaciji sa gasnom turbinom u tzv. kombinovanom ciklusu (rezultat ovakvog pristupa je veća proizvodnja električne enrgije tj. veća efikasnost celog postrojenja).

Parne turbine uvek rade u okviru parnog postrojenja, u kome ulogu izvora strujne energije vodene pare ima ložište kotlovskog postrojenja. U ložištu se proizvodi toplota, koja u kotlovskom postrojenju pretvara vodu u vodenu paru. Vodena para visoke temperature i pritiska vodi se iz kotla u parnu turbinu u kojoj vrši mehanički rad, a zatim se dalje, sa smanjenom strujnom energijom koristi u tehnološkim procesima. U konvencionalnim termoelektranama visokopritisna para ekspandira u parnoj turbini i kao niskopritisna para odlazi u kondenzator. Kada se parne turbine koriste kao kogeneracijska tehnologija, para se može koristiti direktno za potrebe procesa u industriji, ili se može preko izmenjivača toplote dalje koristiti za potrebe grejanja objekata.



Slika 7. Princip kogeneracije sa parnom turbinom

Voda se zagreva i isparava u kotlu, gde pomoću grejača dostiže željenu temperaturu. Dalje para iz kotla ide u turbinu koja pokreće generator za proizvodnju električne energije. U kondenzatoru se ekspandirana para kondenzuje, odakle joj se dalje povećava pritisak pomoću pumpe za napojnu vodu. Nakon toga para se, dalje, preko pumpe ponovo šalje u kotao gde se ciklus zatvara.

Kao medijum za hlađenje u kondenzatoru se obično koriste voda ili vazduh (deo toplote koja se dovede kondenzatoru uvek ostaje neiskorišćen).

3.6 Kombinovani ciklus u kogeneraciji

Neki veliki sistemi (izlazna snaga generalno veća od 3 MW) koriste kombinaciju gasne turbine i parne turbine, gde se vreli izduvni gasovi iz gasne turbine koriste za proizvodnju pare za potrebe parne turbine. Ovo se naziva kombinovani ciklus.

Kombinovani ciklus gasne i parne turbine (CCGT – Combined Cycle Gas Turbine) se često koriste od strane javnih komunalnih preduzeća u kojima postoje velike zalihe prirodnog gasa a o čemu svedoči i činjenica da su već izgrađene elektrane snage i do 1.800 MW. U kogeneracionoj primeni CCGT, izduvna ili propuštena para iz parne turbine se koristi u daljnjem postupku često kao grejni fluid. Glavna prednost CCGT kogeneracije je njena veća ukupna efikasnost u proizvodnji električne energije, u poređenju sa opisanim alternativama.

Kombinovani ciklusi takođe može biti projektovan i za dizel motore.

3.7 Stirlingov motor

Stirlingov motor je uređaj se eksternim sagorevanjem i samim tim znatno se razlikuje od konvencijalnih postrojenja gde gorivo sagoreva unutar mašine. Toplota se Sterlingovom motoru isporučuje od spoljnog izvora, kao što je gas koji gori i čini da se radni fluid poput helijuma, širi i izaziva kretanje jednog od dva klipa unutar cilindra. On se definiše kao radni klip. Drugi klip poznat kao dislokator, zatim prebacuje gas ka zoni hlađenja gde se rekompresuje od strane radnog klipa. Dislokator zatim prenosi kompresovani gas ili vazduh ka toplom regionu i ciklus se nastavlja. Sterlingov motor ima manje pokretnih delova u odnosu na konvencionalne motore, i mašina je bez ventila, poluga, ubrizgivača goriva ili sistema za paljenje pomoću varnice. Zato je mirniji i tiši od standardnog motora, a ta karakteristika je rezultat kontinualnog sagorevanja goriva. Sterlingovi motori zahtevaju manje održavanja, a emisije čestica, azotnih oksida i nesagorelih ugljovodonika su niske. Efikasnost ovih mašina je potencijalno veća nego kod mašina sa unutrašnjim sagorevanjem ili gasnih turbina.

Postoji više od 60 godina iskustva sa ovom tehnologijom, a novitet je njena upotreba za kotlove mikrokogeneracije. Za ovu vrstu kotlova postoji potreba za malim motorima sa kapacitetom između 0.2 i 4 kW. Gasne turbine, pa čak i gasni motori su neodgovarajući za ovu veličinu (iako je trenutno najmanji motor koji se pali na varnicu 3kW), dok Sterlingov motor nudi dobru alternativu.

Prednosti Sterlingovog motora su:

- manje pokretnih delova sa niskim trenjem,
- nema potrebe za dodatnim kotlovima,
- nema unutrašnje komore za sagorevanje,
- visoka teoretska efikasnost
- kao i pogodnost za masovnu proizvodnju.

Eksterno sagorevanje omogućava veoma čiste izduvne gasove i daje mogućnost kontrole električnog izlaza motora smanjenjem temperature tople strane. Dakle, postoji mogućnost variranja proizvodnje struje, bez obzira na nivo potrebne toplote.

3.8 Mikroturbine

Gasne turbine snage manje od 1MW su bili neekonomične do sada, ali i to počinje da se menja. Proizvođači razvijaju sve manje sisteme i danas postoji mikroturbina od 25 kW. U principu, mikroturbine mogu stvarati električnu energiju bilo gde u rasponu od 25 kW do 200 kW. Mikroturbine su male elektrane sa visoko brzinskim agregatom koji uključuje u sebi turbinu, kompresor, generator, i to sve na jednom vratilu i elektro opremu koja pruža mogućnost da se

struja dostavi mreži. Mikroturbine imaju samo jedan pokretni deo, koriste vazdušne ležajeve i ne treba im ulje za podmazivanje. One se, prvenstveno, napajaju prirodnim gasom, ali mogu da rade i na dizel, benzin ili druga slična visoko energetska fosilna goriva. Istraživanje o korišćenju biogasa je u toku.

Mikroturbine su manje od konvencionalnih klipnih motora, i troškovi nabavke i troškovi održavanja su manji. Postoje ekološke prednosti, uključujući nisku emisiju NO_x od 10-25 ppm.

3.9 Gorive ćelije

Gorive ćelije pretvaraju hemijsku energiju vodonika i kiseonika direktno u stuju bez sagorevanja i mehaničkog rada, kao što je slučaj sa turbinama i motorima. U gorivim ćelijama, gorivo i vazduh se neprekidno doturaju do ćelije. Sve gorive ćelije su zasnovane na oksidaciji vodonika. Vodonik koji se koristi kao gorivo može biti dobijen iz različitih izvora, uključujući prirodan gas, propan, ugalj i obnovljive izvore energije, odnosno, putem elektrolize, vetra i solarne energije.

Jedna tipična ćelija isporučuje struju napona do 1 volta. Kako bi dobili dovoljno energije, gorive ćelije se pakuju u slogove, gde je jedan slog sastavljen od nekoliko ćelija povezanih u niz. Čak i ako koristi prirodan gas kao izvor vodonika, emisije su zanemarljive: 0,045 NO_x ppm, 2 ppm CO, 4 ppm HC.

Gorive ćelije nude kombinaciju performansi i zaštite životne sredine:

- njihova visoka efikasnost nije ugrožena kada dođe do pada opterećenjima (rade efikasno i pri niskim opterećenjima),
- imaju manje pokretnih delova i nisu osetljive na habanja nastala iz potrebe da se eksplozivno sagorevanje konvertuje u mehaničku energiju,
- imaju pouzdan rad i retke intervale servisiranja što bitno utiče na smanjivanje troškova održavanja.

U toku je razvoj velikog broja različitih vrsta gorivih ćelija. Karakteristike svake vrste su veoma različite: od radne temperature, raspoložive toplote, tolerancije na toplotno okruženje, itd... One su, takođe, u veoma različitim fazama razvoja, a neke još nisu izašle iz laboratorija.

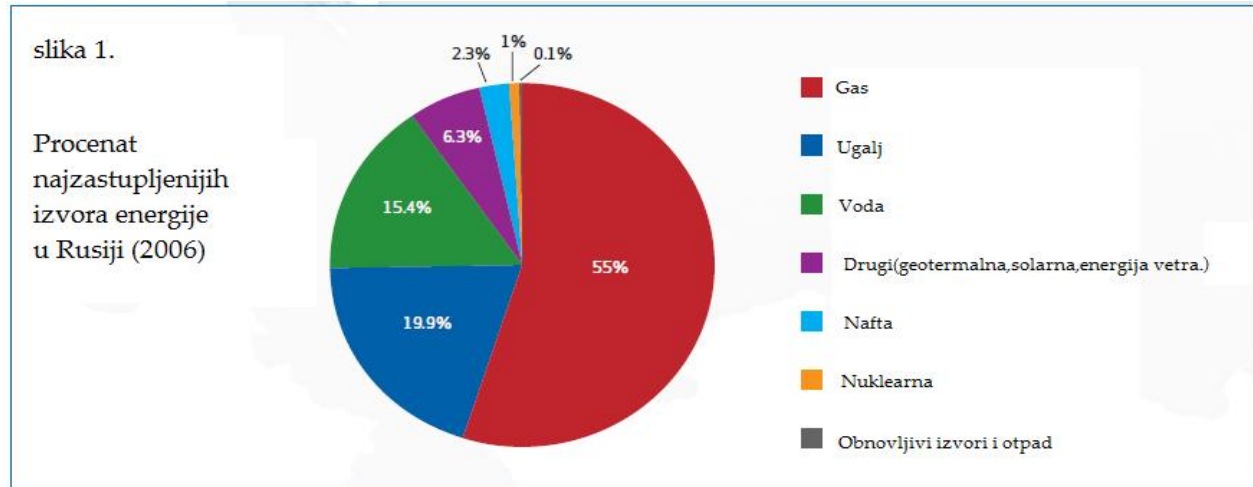
4.0 Energetski pregled

Na energetska situaciju u Rusiji uticu tri glavne karakteristike:

- kao glavni oblik snabdevanja energijom istice se prirodni gas
- potreba za naplatom domace energije u kojoj cena odgovara stvarnom koštanju
- potreba za većom energetskom efikašnošću

4.1 Potreba za odredjivanjem pravih cena domaće energije i dominantna uloga prirodnog gasa

Ruska energetska strategija do 2020. koju je usvojila ruska vlada u avgustu 2003. predvidela je smanjenje upotrebe prirodnog gasa u u ukupnoj energetskoj potrošnji, sto bi bilo praćeno povećanom upotrebom uglja. Međutim, prirodni gas je i dalje imao veliki udeo u energetskoj potrošnji (procenat je bio od 53-55% u periodu od 2001. do 2007.) dok je istovremeno udeo uglja realno opao sa 17% na 15%. Kao što se može videti na slici 1 2007. u totalno energetskoj potrošnji u Rusiji i dalje bio dominantan prirodni gas sa udelom od oko 55%. U periodu od 2000. do 2006. realne cene gasa su bile oko 20% niže u rubljama od ekvivalenta tone uglja, tako da je gas bio dominantno gorivo u oblasti električne energije i oblasti grejanja u Rusiji. Ovde je i glavna razlika od većeg dela sveta gde gas ima veću cenu od uglja, prvenstveno zato sto je čistiji i lakši za upotrebu. Energetska strategija iz 2003. je predvidela promenu odnosa cena gasa prema uglju od 1.6:1 u korist gasa. I pored toga sto ruska vlada teži ka tome da izjednači domaće cene gasa sa onima u Evropi do 2011 godine, usled delovanja svetske ekonomske krize, sigurno ce doći do pomeranja cena gasa tako da će ovaj energent i dalje biti atraktivan i imaće prednost u odnosu na upotrebu njegovog glavnog rivala, uglja. Jos uvek postoje nepoznanice oko daljeg razvoja cena u kontekstu globalne ekonomske krize. U trenutku izdavanja ovog izveštaja nova ruska energetska strategija još uvek nije usvojena, ali se očekuje da ce biti izdata krajem 2009. Ili pocetkom 2010. Ono što ce biti zanimljivo kod ove nove strategije kada bude usvojena, će biti u tome kako su oni koji pišu strategiju predvideli potražnju za ruskom energijom u kontekstu pada potražnje, kako na domaćem, tako i na inostranom tržištu u vreme ekonomske krize.



4.2 Potreba za većom energetsom efikašnošću

Poslednju deceniju i po glavni akcenat ruske energetske politike je upravo bio na energetskej efikasnosti. Ako se uzme u obzir nadmoć prirodnog gasa u ukupnoj energetskej proizvodnji u Rusiji, nije ni čudno to što efikasnost proizvodnje prirodnog gasa ima veliku pažnju. Veća efikasnost u proizvodnji gasa bi dovela do veće količine gasa za izvoz, i samim tim obezbedila bi veću sigurnost u snabdevanju inostranog tržišta gasom. Međutim, do današnjeg dana, implementacija pravila vezanih za energetskej efikasnost nije bila naročito uspešna.

Ruska energetska strategija iz 2003. je dala predviđanje da bi Rusija mogla da smanji potrošnju energije po izlaznoj jedinici za oko 40-50% u odnosu na nivo iz 2000. ali moraće da se napravi sistem u kome cena energije odgovara stvarnom koštanju, kako bi se dale subvencije za smanjenje potrošnje energije. Strategija iz 2003. predviđa da će Rusija trošiti 3 puta više energije ukoliko održi potrošnju iz 2000. godine a u isto vreme ispuni projektovani rast BDP-a do 2020. godine. Drugim rečima, strategija predviđa da potencijalne uštede u energiji predstavljaju skoro 2/3 dodatne energije koja je neophodna za ekonomski razvoj do 2020. Ruski predsednik je 2009. davao izjave u kojima oslikava uverenje da je ušteda od 40% dostižna i čak neophodna kako bi Rusija bila u mogućnosti da održava svoj ekonomski razvoj i u isto vreme odgovori na povećanu potražnju na inostranim tržištima kako na istoku, tako i na zapadu. Kao što je i spomenuto u strategiji iz 2003., oni koji su pisali strategiju su u potpunosti svesni toga da efikasna implementacija mera energetske štednje pre svega zavisi od uspešnih ekonomskih reformi, koje uključuju i naglo povećanje cena energije i tarifa na svetski nivo (što uključuje i eliminisanje subvencija električne energije i gasa). Efikasnija upotreba energije bi u velikoj meri smanjila udar postepenog povećanja cena na same korisnike. Takve reforme bi, na primer, bile

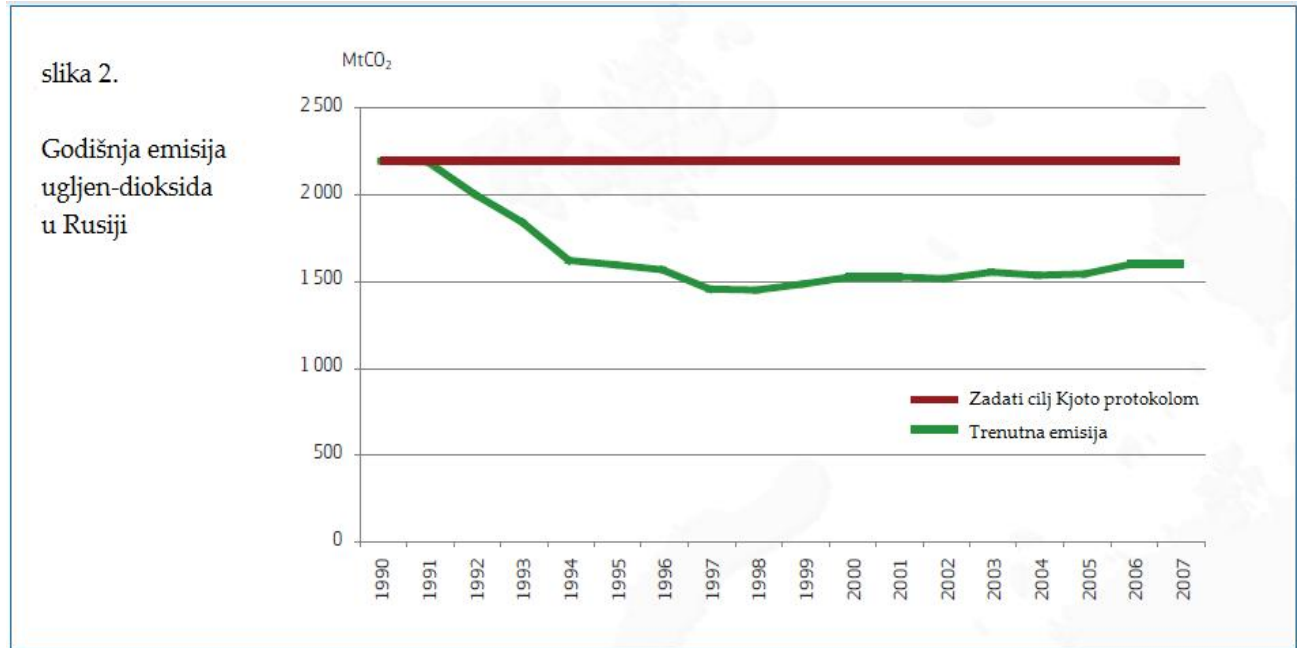
neophodne kako bi se privukle preko potrebne investicije. Štaviše, efikasnost i manja potrošnja energije su direktno povezane sa životnom sredinom tako što se smanjuje količina zagađenja. Što se toga tiče, klimatske uredbe mogu da imaju bitnu ulogu u stimulanju investicija u ovoj oblasti.

Ono što ograničava investicije u energetske efikasnost i ono što je, može se reći, specifično za Rusiju su niske cene energenata, monopolističke strukture, i nedostatak kontrole potrošača. Upravo usled nedostatka merne opreme u većini starijih ruskih zgrada teško je izmeriti tačno koliko je toplote utrošeno. Štaviše, usled nedostatka regulatora toplote, iliti termostata, skoro je nemoguće izmeniti jačinu grejanja u stanu ili kući-osim otvaranja prozora. Čak i kad bi građani imali neku kontrolu nad potrošnjom toplote, sistem naplate u Rusiji ne omogućava efikasno poslovanje. Na makroekonomskom nivou glavne prepreke koje i dalje ograničavaju investicije su manjak ugovornih obaveza i nestabilna investiciona sredina. Nisu takođe ni izmenjeni mehanizmi za očuvanje uslova investicija, tako da bi neke uredbe koje ESCO- Kompanija za uštedu energije donese mogle da pomognu u smanjivanju rizika investicije u energetske efikasnost.

Protokol iz Kjotoa bi mogao da doprinese privlačnosti nekih investicija u energetske efikasnost jer se ovaj protokol oslanja na tzv. "fleksibilne mehanizme", karakteristične za Rusiju.

4.3 Uticaj na klimu

Obaveze Rusije u protokolu iz Kjotoa su da stabilizuje količinu emisijih gasova na nivo iz 1990. godine: gasovi staklene bašte u Rusiji ne smeju da pređu ovaj nivo tokom petogodišnjeg perioda od 2008-2012. godine. Posle pada Sovjetskog Saveza, u periodu od 1990-1998.godine, ruska ekonomska moć je počela da opada tako da je emisija ugljen-dioksida(CO₂) opala za 34% u ovom periodu. Na osnovu najnovijih preliminarne podataka nivo emisije CO₂ gasova u 2007 predstavlja 1500MtCO₂, što je povećanje od 10% od perioda kada je imala najmanji nivo emisije ovih gasova u 1998. Kao što se može videti u slici 2 očekuje da će Rusija imati značajan višak emisijih kredita koje može ili da proda drugim potpisnicima Kjoto protokola ili da ih sacuva za buduću upotrebu. I pored toga Rusija je u 2007. godini bila treća zemlja po emisiji CO₂ u svetu, odmah posle Kine i SAD.

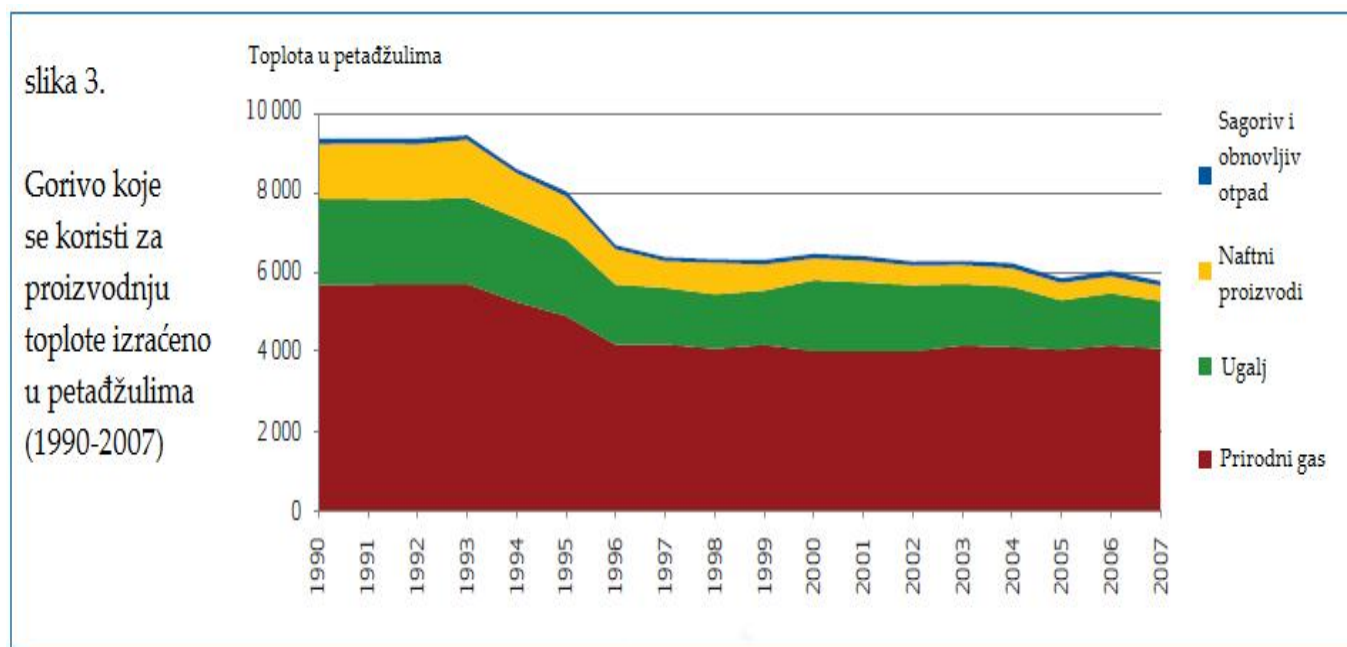


4.4 Status kogeneracije

U Rusiji se oko 30% toplote proizvodi procesom kogeneracije u eletranama. Kogeneracija je sastavni deo centralnog grejanja u Rusiji, i pomoću nje se proizvode vruća voda i toplota za većinu ruskog stanovništva. Iako u Rusiji postoji dosta kogenerativnih postrojenja postoji malo pouzdanih podataka na osnovu koji bi mogli da znamo njihovu efikasnost. Zbog povraćane konkurencije iz decentralizovanih izvora topline, mnog Ruska kogenerativna postrojenja rade sa samo 40% do 45% od ukupnog kapaciteta.

Podatci od 1990 godine do 2007 pokazuju godine dramatični pad proizvodnje toplote u Rusiji, zbog pada bruto domaćeg proizvoda tokom tranzicionih godina. Ova smanjena proizvodnja toplote nastavila se i u sadašnjoj dekadi. Ovakav trend prouzrokovao je povećano korišćenje decentralizovane proizvodnje toplote kao pouzdanijeg metode grejanja. Proizvodnja toplote iz kogenerativnih postrojenja je za ovaj period opala za više od 30%. 2007 godine ukupna potrošnja toplote u Rusiji pala je na 58% potrošnje iz 1993 godine. Ovo je prouzrokovano najviše zbog pada potrošnje toplote industrijskih postrojenja za više od pola. Do ovog pada je najviše došlo tokom 90 godina za vreme tranzicije. Od 2000 godine potrošnja u stambenom sektoru je opala za 38%, uglavnom zbog nepouzdanosti ovakvog sistema grejanja. Pošto je cena ovakvog vida grejanja stalno rasla, mnogo ljudi je prešlo na ekonomski isplativiju decentralizovanu proizvodnju toplote.

Na slici 3 je takođe prikazan udeo potrošnje gasa kao važnog energenta za proizvodnju toplote u Rusiji. Kogenerativna postrojenja u Evropskom delu Rusije, gde se nalazi većina gradske populacije u Rusiji, kao gorivo koriste uglavnom prirodni gas (od 82 do 83%). U Sibiru i na Istoku kao gorive se uglavnom koristi ugalj (od 81 do 86%).

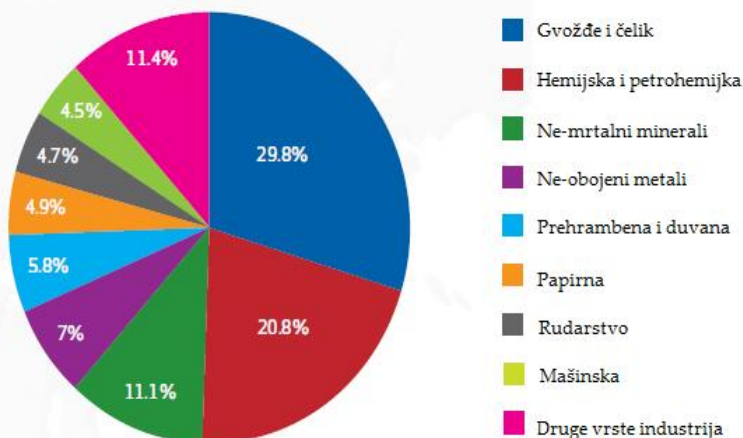


4.5 Industrija

Ruska industrija je veoma energetska zavisna. 2007 godine industrijski sektor u Rusiji je potrošio više od 50% ukupne proizvodnje energije u državi. Nešto više od 50% od ukupnog broja kogenerativnih postrojenja (500) se nalazi u sastavu industrijskog sektora. Zajedno proizvodnja gvožđa i čelika (30%), hemijska i petrohemijska industrija (21%) ostvaruju preko 50% ukupnih zahteva za toplotom industrijskog sektora (slika 4). Još iz doba Sovjetskog saveza je ostalo da se svi veliki gradovi nalaze na mestima velikih industrijskih postrojenja, tako da toplota iz ovih kogenerativnih postrojenja može da se koristi za grejanje stanovništva.

slika 4.

Potrošnja energije
u industriji po
sektorima (2007)



Tokom perioda od 1998 godine do 2007 godine, državna kogenerativna postrojenja su zabeležila pad sa 35% na 31% u udelu proizvodnje toplote. Oko 60% proizvedene toplotne energije se koristi u stambenom sektoru (45%) i u javnom sektoru (15%). Nesto ispod tri četvrtine (74%) toplote u Rusiji se distribuira centralnim grejanjem. Mreža centralnog grejanja snabdeva nešto preko 80% stambenih objekata u Rusiji, i oko 63% potreba Rusije za toplom vodom ide preko ove mreže. Postoje velike mogućnosti za uštedu energije u sistemima centralnog grejanja smanjivanjem gubitaka u mreži. Procenjuje se da se od 20% do 30% toplote izgubi prilikom distribucije do krajnjih potrošača. Fokusiranje na ovu vrstu gubitaka biće od suštinske važnosti ukoliko Rusija želi da smanji troškove.

4.6 Politika vlade u vezi sa CHP

Nije bilo mnogo zalaganja vlade u vezi sa kogenerativnim postrojenjima. Kao zaostavština iz Sovjetskog saveza, kogeneracija je bila sastavni deo velike mreže centralnog grejanja koja je sagrađena da zadovolji potrebe Sovjetskog saveza. Od raspada Sovjetskog saveza pa preko 90 godina zbog malog ulaganja i loše državne politike došlo je do pogoršanja stanja. Uprkos ovome malo pažnje države je upućeno ovom sektoru. Prikazacemo neke od glavnih zakona i nacrtu zakona

- Nacrt zakona o snabdevanju toplotom-ovaj zakon je napisan 2002 godine, međutim nije izglasan u državnoj dumi (skupštini).

- Nacrt zakona o podršci malih CHP postrojenja-ovaj zakon je razvijen 2007 godine i odnosi se na podršku i regulative vezane za mala CHP postrojenja. Razmatranje ovog zakona je prekinuto zbog nedovoljnog interesovanja vlade.
- Rekonstrukcija i privatizacija elektro-energetskog sektora. Ciljevi i zadatci reforme energetskog sektora su predstavljeni u Rezoluciji broj 526 11. Jula 2001 godine. Konceptualna implementacija strategije, poznata pod nazivom plan 5+5, za period od 2003 godine do 2008 godine je usvojen od strane RAO UES. 1. Jula 2008 godine Ruski energetski sektor je privatizovan.
- Nacrt zakona o energetskej efikasnosti koji je prošao prvi pregled u Ruskoj dumi i čeka na drugi i treći pregled da bi stupio na zakon. Ruski predsjednik se zalaže da ovaj zakon bude usvojen što je pre moguće.

4.7 Barijere CHP

Barijere vezane za budući razvoj kogenerativnih postrojenja u Rusiji direktno su povezane sa nedostatkom osećaja vlade na mnoge probleme sa kojima se suočava energetski sektor. Ovo uključuje potrebu za

- Obnavljanje zastarele mreže grejanja da bi se smanjili gubici u sistemu i povećala efikasnost.
- Cena grejanja da pokriva troškove proizvodnje
- Promocija vlade visokoefikasnih kogenerativnih postrojenja
- Kordinisana i dugoročna strategija razvoja sektora za grejanje
- Potreba da se obnovi zastarela mreža centralnog grejanja u cilju smanjenja gubitaka i povećanja efikasnosti

Sa razvojem federalnih, regionalnih i opštinskih vlada, glavne odgovornosti uključujući i odgovornost da obezbede grejanje za lokalno stanovništvo, su prebačene na opštinske organe. Do 1998 godine ove obaveze su u potpunosti prošle na finansiranje iz opštinskih budžeta. Međutim ovi budžeti nisu bili dovoljni da se finansiraju svi troškovi. Kako opštine nisu mogle da imaju sopstvene poreske baze, one nisu imale dovoljno novaca za modernizaciju i odražavanje postojećih sistema. Zbog nedostatka investicija i lošeg održavanja tokom 90 godina ključni problemi sa kojima se danas suočava Ruski energetski sistem je obnova i modernizacija preko 70% mreže. Sa meržom koja obuhvata preko 200000km cevi ovo nije lak posao. Ruski eksperti predviđaju da je 25% mreže u kritičnom stanju i da može doći do havarije. Procenjuje se da od 10% do 12% cevi u mreži treba obnavljati svake godine. U stvarnosti se tek 1% cevi obnovi godišnje. Ovaj nizak nivo održavanja prouzrokuje nepouzdanost mreže i dovodi do prosečno 0,5 do 5 kvarova na kilometru cevi na godišnjem nivou.

4.8 Obnova sistema centralnog grejanja u Rusiji. Pitanje opstanka.

Jutra 1. januara 2003, stanovnici malog mesta Tihvin u severozapadnom delu Rusije ,probudili su se u ledenim stanovima. Serija ispada iz mreže prouzrokovana je veoma niskim temperaturama ispod -40 C. Oko 75000 ljudi je u tom trenutku ostalo bez tople vode i grejanja. Iako je vlada veoma brzo reagovala i bila odlučna da problem reši što pre, kvar je otklonjen tek 13 februara tekuće godine.

Statistika pokazuje da su gubici u sistemima od 5% do 7%. Međutim ova statistika ne daje pravu sliku, jer metoda izračunavanja gubitaka ne obuhvata toplotu koja je proizvedena a nije isporučena. Ruski stručnjaci procenju da se ova brojka kreće u rangu od 25% do 30%. Ovi gubici se dodeljuju krajnjem potrošaču i zbog nedostatka merača ne postoji način da budu precizno izmereni.

4.9 Potreba da cena toplotne energije pokriva cenu proizvodnje

Cene grejanja i tarife u Rusiji se veoma razlikuju. Cene grejanja koje proizvode regionalna postrojenja određena su od strane vladine agencije. Zbog toga što stambeni i komercijalni potrošači nemaju sopstvene merače, cena se obično izračunava prema kvadraturi objekta i često je uključena u njegovo iznajmljivanje. Cene se koriguju na dvogodišnjem nivou. Konačna cena se određuje od strane regionalne komisije. Ova komisija takođe određuje cenu toplote koja se proizvodi u kogenerativnim postrojenjima. Po pravilu opština više nije zadužena za određivanje cene grejanja.

Da bi se osigurala dugovečnost i funkcionalnost sistema, krajnji potrošači će morati da plaćaju punu cenu proizvodnje. Računi će na kraju biti formirani na osnovu stvarne potrošnje a ne prema kvadraturi objekta, ali zbog nedostatka merača ovo će biti veoma težak zadatak u budućnosti. Cena ovih merača i njihova instalacija predstavljaju još jednu barijeru za njihovo uvođenje, pogotovo ako znamo da su prihodi mnogih ruskih opština veoma mali. U međuvremenu postojeća tarifa koja se obračunava na osnovu kvadrature mora biti povećana. Idealno bi bilo da pre povećanja ove tarife prioritet bude dat na instaliranje merača i regulatora kako bi potrošači mogli da regulišu potrošnju. Finansijska pomoć potrošačima toplote bi bila daleko efikasnija ako bi se isporučivala direktno onima kojima je najpotrebnija, umesto preko subvencionisanja cene grejanja.

4.10 Potreba vlade da promoviše visoko efikasna kogenerativna postrojenja

Ruska kogenerativna postrojenja su uglavnom zaostavština iz Sovjetskog perioda. Od raspada sovjetskog saveza bilo je veoma malo interesovanja vlade za razvoj kogenerativnih postrojenja i formiranje bilo kakve dugoročne strategije. Zasnovano na iskustvu drugih zemalja, međunarodna energetska agencija je zaključila da vlada mora više da promoviše kogenerativna postrojenja koja imaju ukupan stepen korisnosti od 70% i više. Ovo je urađeno u SAD-u i skorije vreme u Evropskoj uniji kroz direktive o kogeneraciji(2004/08/EC). Još jedna metoda za promociju kogenerativnih postrojenja je grupisanje industrijskih i stambenih potrošača. Ova mera se razmatra i u Velikoj Britaniji.

4.11 Potencijal i prednosti kogeneracije

Rusija ima najveću mrežu grejanja na svetu. Kako bi poboljšali sistem grejanja, potrebno je stalno obnavljati sistem, odrediti krajnju i adekvatnu cenu i omogućiti potrošačima da regulišu svoju potrošnju preko regulatora. Ispunjavanjem ovih stavki Ruski toplotni sektor bi mogao da procveta u pogledu uštede energije, smanjenog uticaja na okruženje, pojačane energetske sigurnosti i povećanju komfora i kvaliteta života Ruskog naroda. Rusija potroši približno oko 150 milijardi kubnih metara prirodnog gasa u sistemu centralnog grejanja. Povećanjem efikasnosti kogenerativnih postrojenja i smanjenjem gubitaka duž distributivne mreže, može se uštedeti 20 do 30 %, odnosno od 30 do 50 milijardi kubnih metara gasa. 2004 godine utvrđeno je da sa strožijim političkim okvirima, sistem centralnog grejanja u tranzicionim ekonomijama, mogu da uštede oko 80 milijardi kubnih metara prirodnog gasa godišnje, to je grubo gledano godišnja potrošnja prirodnog gasa u Nemačkoj.

4.12 Obnavljanje mreže grejanaja

Više tarife grejanja bi pomogle da se pokriju troškovi održavanja, koji su neophodni za adekvatno obnavljanje toplotne mreže širom Rusije. Kako se održavanje sistema unapređuje sveukupna efikasnost sistema će se poboljšati sa značajnim uštedama u gubicima toplote. 2009-te godine obnavljanje toplotne mreže u predgrađu Moskve dovelo je do smanjenja toplotnih gubitaka sa 30% na samo 12%. Kada bi ovo bilo urađeno širom cele Rusije dovelo bi da uštede od skoro 20%, odnosno 30 milijardi kubnih metara prirodnog gasa.

4.13 Razvoj strategije

Rusija bi imala povoljnosti od dugoročne strategije toplotnog sektora, sa jasnim političkim zakonima koji bi omogućili razvoj ovog sektora u narednih 20 godina. Trenutno političko stanje karakterisano je pojedinačnim investicijama i tehnološkim popravkama bez razmatranja šire potrebe za tržišnom reformom i bez zakona koji podržavaju održivost sektora su odvele u situaciju u kojoj je Ruska toplotna mreža nepouzdana i neefikasna.

Kordinisana strategija je neophodna u Rusiji, da bi se obezbedila visoko efikasna kogenerativna postrojenja, bilo u pogledu stabene ili industrijske upotrebe. Strategija bi trebalo da uključuje široko rasprostranjenu, stabilnu finansijsku i fiskalnu podršku za investicije u sistemu centralnog grejanja, koje oslikavaju punu korist u dugoročnim ekološkim i ekonomskim benificijama. Značajni dodatni potencijal postoji u industrijskim kogenerativnim postrojenjima u Rusiji, širom brojnih energetske sektora. Ruska vlada bi trebala sprovesti tehničku i ekonomsku procenu kogeneracionog potencijala u ključnim sektorima i da objavi rezultate dostupne širokoj populaciji. Ova procena bi trebalo da otkrije različite barijere i finansijske izazove koji možda postoje.

Izgradnja kapaciteta je još jedan opšti element u dugoročnoj strategiji. Dopiranjem edukacionih programa do potencijalnih korisnika i realizatora može istaći prednosti koje dobijamo dodatnim ulaganjem.

4.14 Odabir najboljeg postrojenja u svrhu promocije kogeneracije

Iskustvo Velike Britanije i u Evropske unije pokazuje da je mnogo veća efikasnost ako imamo jasno definisan krajnji cilj. U nastojanju da se poveća efikasnost kogenerativnih postrojenja, Evropska kogenerativna direktiva (2004/08/EC), članom 11 je ustanovila obiman zakonski okvir za podsticanje efikasnosti prilikom razvoja kogenerativnih postrojenja širom Evropske unije. Ušteda energije veća od 10% kvalifikuje postrojenje kao visoko efikasno. 2000 godine vlada Velike Britanije je otkrila metodologiju za procenu kvaliteta kogeneracionog postrojenja u pogledu energetske efikasnosti i ekološkog učinka. IAE veruje da Rusija bi trebalo da se vodi ovim primerima, pogotovu kada se njeni instalirani kapaciteti uporede sa drugim državama. Dodeljivanje odgovornosti za kogenerativna postrojenja nacionalnoj agenciji bi dugoročno išla prema okrivljanju problema u mreži. Ova nacionalna agencija bi:

- Sakupljala podatke o kogenerativnim postrojenjima
- Procenila potencijal za unapređenje efikasnosti putem obnavljanja postojećih i izgradnjom novih
- Pronalaženje prepreka koje onemogućavaju razvoj i
- Postavila cilj visoko efikasnih kogenerativnih postrojenja.

5.0 Studija slučaja – Analiza efikasnosti kogeneracionog postrojenja novog aerodroma u Bankogu

5.1 Uvod

U Tajlandu postoji značajan potencijal za gradnju kogeneracionih postrojenja u komercijalnom i industrijskom sektoru. Ovde se, pre svega, misli na kogeneraciju koja koristi prirodni gas kao gorivo. Pristup i blizina distributivne mreže prirodnog gasa je osnovni uslov primene kogeneracije, ali pored toga jednako je važna nacionalna i regionalna energetska politika, koja treba da obezbedi povoljne uslove za primenu ovih postrojenja visoke energetske efikasnosti. Može se pouzdano tvrditi da je i u tom smislu dosta urađeno, prvenstveno se ugledajući na energetske politike koje se sprovode u EU .

5.2 Analiza postrojenja

U radu je prikazana analiza mogućnosti povećanja energetske efikasnosti kogeneracionog postrojenja od 52,5 MWe na aerodromu "Suvarnabumi" u Bangkoku. Razmotrene su mogućnosti poboljšanja konstrukcionim izmenama i podešavanjem režima rada u vremenu i izvan vremena vršnog opterećenja. Efekti ovih mera su vrednovani izračunavanjem uštede potrošnje primarne energije, smanjenja emisije i finansijskim koristima. Rezultati ukazuju na to da su kogeneraciona postrojenja znatno osetljivija na odstupanje od projektovanog režima rada u odnosu na klasična postrojenja za proizvodnju električne i toplotne energije, što zahteva stalnu kontrolu i optimizaciju rada postrojenja.

Primer kogeneracionog postrojenja od 52,5 MWe na aerodromu Suvarnabumi (Suvarnabhumi Airport) ukazuje na grešku koja je učinjena još u fazi projektovanja kada su predviđene (i kasnije ugrađene) gasne turbine, čija je efikasnost znatno ispod onih koje savremena tehnologija nudi. Analizom je kvantifikovana neefikasnost i predložen način za povećanje efikasnosti i ekonomičnosti rada postrojenja. Pošto cene energenata i energije direktno određuju ekonomiku postrojenja, jasno je da je njihovo precizno definisanje neophodno. U tabeli 1 date su cene energenata i električne energije koje se koriste u ovom radu. Osim cena prirodnog gasa i električne energije, date su i cene nekih drugih energenata, radi poređenja. Naime, ponekad niska cena uglja može da odvрати investitora od gradnje inače skupog kogeneracionog postrojenja.

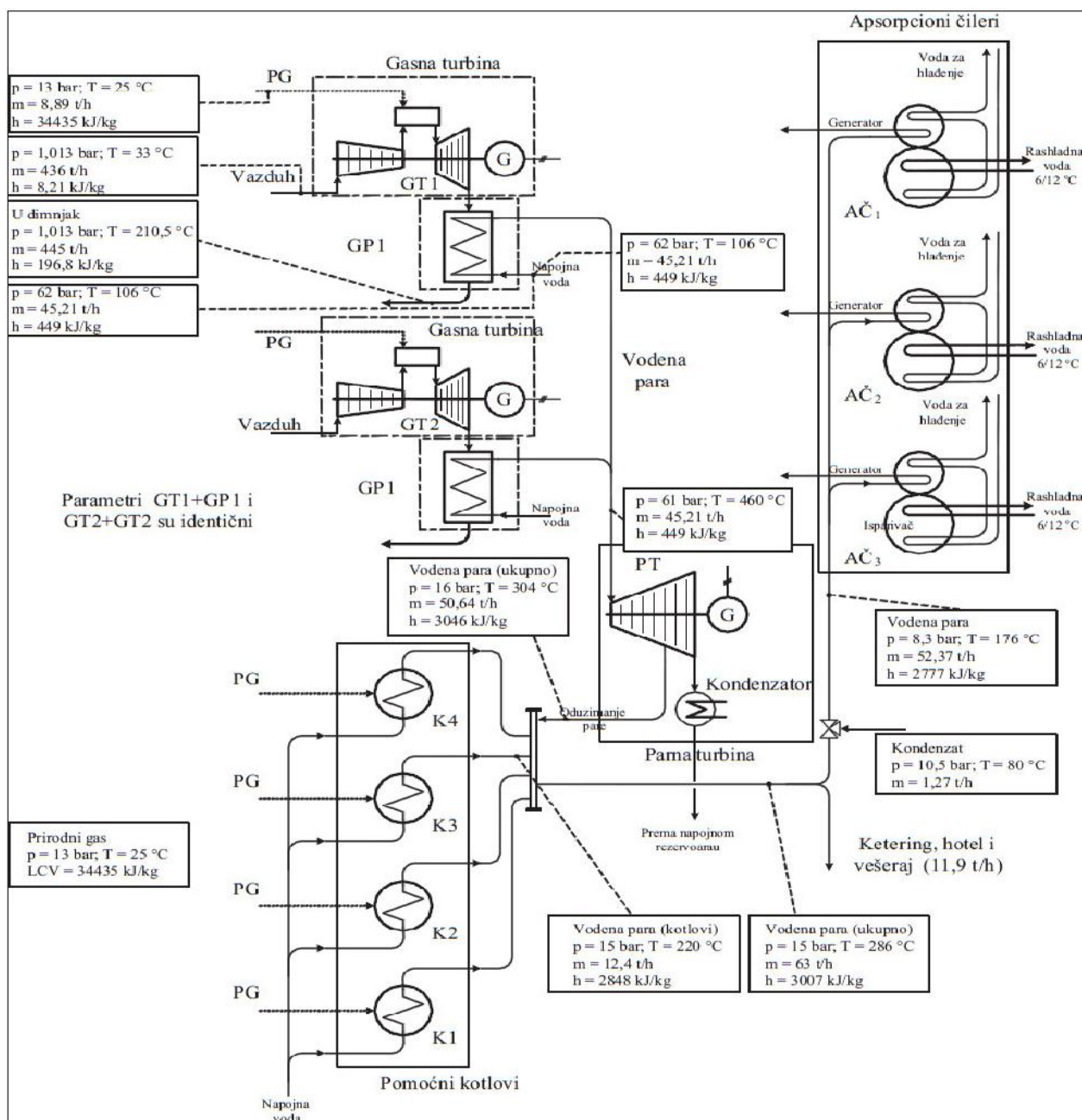
Tabela 1. Osnovne cene energenata korišćene u radu

Energent	US \$/kWh	US \$/toe
Cena prirodnog gasa (PG) za kogeneraciju	0,025	295,14
Cena PG za industrijske kotlove	0,032	379,14
Električna energija	0,089	1,040
Tečni naftni gas (TNG)	0,053	617,14
Mazut	0,038	449,43
Srednja cena	0,007	77,43

Bangkok leži na oko dva metra nadmorske visine i karakteriše ga vlažan i suv period tropske klime (godišnja srednja temperatura je $27,8 \pm 1,2$ oC, a relativna vlažnost je $76,6 \pm 3,4\%$).

5.3 Kogeneraciono postrojenje aerodroma

Sistem daljinskog hlađenja i energetska postrojenje (DCAP) koristi prirodni gas kao gorivo i projektovano je da snabdeva aerodrom Suvarnabumi u Bangkoku električnom energijom, vodenom parom i ledenom vodom za potrebe hlađenja aerodromskih prostora. Ukupna snaga elektrogeneratorske jedinice je 52,5 MW, a snaga rashladnog postrojenja 88,77 MW. Ukupna površina aerodromskih terminala je 563,000 m² od čega je kondicionirano 370,000 m². Zadana temperatura vazduha u zgradama je 24 °C i relativne vlažnosti od 50% do 60%. Distributivna mreža ledene vode razvedena je radijalno po spratovima. DCAP snabdeva električnom energijom i ledenom vodom aerodromske terminale (AOT), i sa ledenom vodom i vodenom parom i katering (TG) i aerodromski hotel (AH). Ukupna energetska efikasnost postrojenja DCAP je u granicama od 45% do 51% na godišnjem nivou i vrlo je niska u poređenju sa sličnim sistemima u svetu. Osnovni razlog niske efikasnosti celog sistema je prepoznat u starosti gasne turbine, ili, bolje rečeno, tehnološkoj zastarelosti ovog dela postrojenja. Nažalost, zbog nedostatka investicija u relativno novo kogeneraciono postrojenje (aerodrom je pušten u pogon 2006. godine), ugrađene su već korišćene gasne turbine, stare preko 20 godina.



Slika 1. Šema kogeneracionog postrojenja

Na slici 1 prikazana je uprošćena šema kogeneracionog postrojenja. Čine ga dve gasne turbine svaka po 20 MW električnog izlaza i jedna parna turbina izlazne električnesnage 12,5 MW, dva generatora pare koji koriste izlazne turbinske gasove i četiri pomoćna parna kotla. Sistem radi 8.760 h/a. Godišnja proizvodnja električne energije je oko 378.000 MWh/a, a ukupna potreba za električnom energijom aerodroma je oko 394.000 MWh/a. Nedostajuća električna energija kupuje se iz nacionalne distributivne mreže. Ponekad se višak električne energije, koji može da se pojavi na aerodromu, prodaje istoj toj mreži. To znači da je dvosmerni tok električne energije normalan način funkcionisanja sistema.

Izlazni gasovi iz dve gasne turbine temperature 495 °C vode se u dva generatora pare u kojima se generiše pregrijana para pritiska 60 bar i temperature 460 °C. Ova para se vodi u parnu turbinu snage 12,5 MW u kojoj se proizvodi dodatna električna energija. Deo pare se oduzima na pritisku od 16 bar i pri temperaturi 300 °C i koristi za napajanje apsorpcionih čilera. Para namenjena čilerima može da se proizvede i u pomoćnim kotlovima i to samo kada je neophodno. Apsorpcioni čileri su smešteni u istočnom i zapadnom delu aerodroma, a dužina parovoda je oko 2 km. Radna temperatura ledene vode proizvedene u apsorpcionim čilerima je 6/12 °C. Njihov rashladni koeficijent je 1,24. Godišnje se proizvede oko 388.600 MWh/a ledene vode, a od toga se u aerodromskim terminalima utroši 306.800 MWh/a, u hotelu 64.000 MWh/a i 17.800 MWh/a u katering. Vodena para se, takođe, troši i u hotelu i katering za pripremu hrane, pranje i vešeraj. Godišnja proizvodnja pare za te svrhe je 38.500 t/a (katering 33.600 t/a i hotel 4.900 t/a). Kondenzat se vraća u DCAP.

5.4 Poređenje alternativa poboljšanja energetskeg sistema

Opcija 1. Zamena gasnih turbina

Gasne turbine su stare, ali je još važnije reći da im je energetska efikasnost bila i sada je niska u odnosu na efikasnosti koje sadašnje turbine postižu. Pored toga, zbog čestih zastoja i nestabilnog rada bila je neophodna upotreba pomoćnih kotlova i kupovina električne energije iz mreže. To je dodatno smanjilo energetske efikasnosti postrojenja kao celine. Te činjenice su stvorile potrebu za analizom mogućnosti zamene gasnih turbina, ali i sagledavanje mogućnosti povećanja proizvodnje električne energije i unapređenje pogonskih procedura. U tabeli 3 date su karakteristike postojećih i predloženih novih turbina. Odnos toplotne i električne energije postojeće turbine je 15.310 kJ/kWh, a nove 8.687 kJ/kWh. Bruto energetska efikasnost postojećih turbina je 24,7% dok je novih čak 41,7%.

Tabela 3. Osnovne osobine sadašnje i nove gasne turbine

Energent	US \$/kWh	US \$/toe
Cena prirodnog gasa (PG) za kogeneraciju	0,025	295,14
Cena PG za industrijske kotlove	0,032	379,14
Električna energija	0,089	1,040
Tečni naftni gas (TNG)	0,053	617,14
Mazut	0,038	449,43
Srednja cena	0,007	77,43

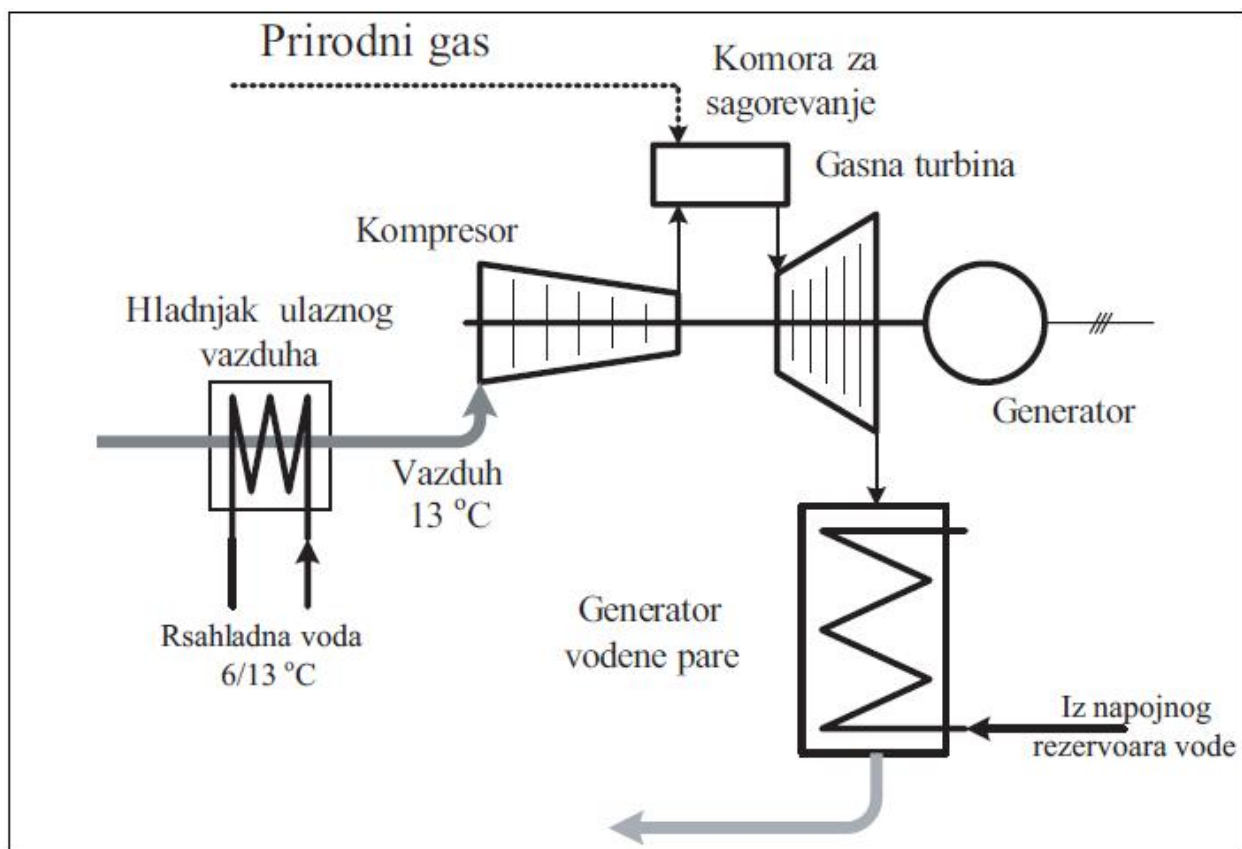
U ISO uslovima: 15°C (59°F), nivo mora, 60% relativne vlažnosti, bez gubitaka na usisu i potisu.

Testirani i podešeni simulacioni model korišćen je za integraciju novih gasnih turbina u postojeće postrojenje. Izlazna snaga svake od novih turbina je 42 MW (u ISO uslovima: 15°C; nivo mora; 60% relativne vlažnosti; bez gubitaka na usisu i potisu). Povećana proizvodnja električne energije će biti usmerena na povećane buduće potrebe aerodroma i za prodaju nacionalnoj mreži. U novoj energetskej šemi je potrošnja vodene pare za apsorpcione čilere i ostale potrebe zadržana na sadašnjem nivou.

U tabeli 4 dati su rezultati proračuna parametara rada postrojenja onako kako je projektovano i izvedeno i dve opcije koje nude povećanje energetske efikasnosti. Opcija 1 podrazumeva zamenu postojećih turbina sa novim gasnim turbinama 2×42 MW. Simulacioni rezultati pokazuju znatno povećanje godišnje proizvodnje električne energije sa sadašnjih 389.294 MWh/a na budućih 581.638 MWh/a. Očekivani porast ukupne energetske efikasnosti je od sadašnjih 51% na čak 61%. Značajan višak električne energije će se prodati mreži.

Opcija 2. Zamena gasnih turbina (2×42 MW GT) i hlađenje vazduha na usisu

Jedna od važnih karakteristika jeste da sa porastom temperature vazduha na usisu kompresora opada njena snaga. Hlađenje usisnog vazduha predstavlja još jednu mogućnost za povećanje efikasnosti. Pošto već postoji apsorpciono hlađenje i pošto su temperature usisnog vazduha u Bangkoku tokom cele godine relativno visoke, moguće je ovu meru tehnički realizovati i trajno koristiti. Ledena voda temperature 6 °C iz apsorpcionog čilera može da se iskoristi za hlađenje usisnog vazduha do 13 °C. Time se deo rashladnog kapaciteta koristi za hlađenje usisnog vazduha i povećanje izlazne snage turbine, ali konačan efekat na efikasnost celog ciklusa tek treba da se utvrdi proračunom. Šematski poboljšan proces gasne turbine prikazan je na slici 2.



Slika 2. Gasna turbina i hlađenje vazduha na usisu

U tabeli 4 dati su rezultati proračuna smanjenja emisije CO₂ u svim razmatranim opcijama, poredeći ih sa referentnim sistemom. Nakon uvedenih poboljšanja koje podrazumeva opcija 1, pri godišnjoj proizvodnji električne energije od 581.638 MWh i toplote od 420.823 MWh, moguće je postići smanjenje emisije CO₂ za 105.747 tCO₂/a u odnosu na referentni sistem. To je smanjenje za oko 25%. U opciji 2 se pri proizvodnji električne energije od 744.775 MWh i toplote od 441.746 MWh, može očekivati smanjenje emisije CO₂ za 129.271 tCO₂/a ili 25% manje u odnosu na referentni sistem.

Sistem	Sadašnje postrojenje	Opcija 1 – zamena GT 2×42 MW	Opcija 2 – zamena GT 2×42 MW sa hlađenjem vazduha na usisu
Godišnja potrošnja goriva (TJ/a)	5.732	5.878	6.963
Proizvodnja električne energije (MWh/a)	389.294	581.638	744.775
Proizvodnja toplotne energije (MWh/a)	426.024	420.823	441.746
GT ulazna temperatura vazduha (°C)	33	33	13
Efikasnost proizvodnje električne energije (%)	24.67%	35%	37%
Ukupna efikasnost (%)	51%	61%	61%
Emisija CO ₂ (tCO ₂ /a)	319.772	315.771	384.852
Parametri referentnog sistema			
Ukupna potrošnja goriva referentnog sistema (TJ/a)	5.219	6.870	8.379
Emisija CO ₂ referentnog sistema (tCO ₂ /a)*	320.216	421.518	514.123
Ušteda primarne energije**			
(TJ/a)	-514	991	1.415
(%)	-10%	14%	17%
Ušteda u emisiji CO₂			
(tCO ₂ /a)	444	105.747	129.271
(%)	0,14%	25%	25%

Napomene: godišnji broj sati rada je 8.760 h/a.

* Emisioni factor CO₂ za prirodni gas = 61,36 tCO₂/TJ.

** Referentne vrednosti su: Ref H_n = 83.7%. Ref E_n = 41.5%.

5.5 Zaključak o efikasnosti studije

Zamena starih i neefikasnih gasnih turbina novim obezbeđuje povećanje energetske efikasnosti sistema za 10%, veliku uštedu u potrošnji primarne energije (24%) i smanjenje emisije CO₂ za

27%. Primenom predloženih poboljšanja dobija se znatno više električne energije koju je moguće prodati lokalnoj mreži i ostvariti zaradu. Na taj način povećanje efikasnosti donosi, osim finansijskog, i efekat zaštite okoline.

Ovde izneti rezultati su deo projekta koji je uspešno realizovan. Pored tih rezultata, u toku rada na projektu uočeni su i mnogi manji nedostaci, koji su takođe uticali na ukupnu energetske efikasnost (na primer, veliki gubici u parnom sistemu). Oni nisu razmatrani u ovom radu. Rezultati analize ukazuju na to da poboljšanje sistema doprinosi povećanju ne samo proizvodnih parametara, nego i značajnom smanjenju potrošnje primarne energije i posledično smanjenju zagađenja okoline. Ovi efekti su posebno važni za državu i zbog toga ona mora sopstvenim mehanizmima da učini da se oni i valorizuju investitoru.

6.0 Zaključak

Učešće proizvodnje električne energije u kogeneracionim energetskim postrojenjima u ukupnoj proizvodnji električne energije u Srbiji je za čitav red veličine manje od prosečnog učešća u Evropskoj Uniji, koje se, podsticano posebnom Direktivom 2004/8/ES, ubrzano udvostručuje. Ta činjenica i na povećanom interesu za racionalizaciju potrošnje primarne energije zasnovano zakonsko opredeljenje da kogeneraciju svrstava u povlašćene proizvođače, nameću potrebu Srbije za brzu promenu tog učešća na više. Porast uvozne zavisnosti i cena energije u Srbiji daju dodatni podsticaj kogeneraciji toplotne i električne energije i racionalizaciji potrošnje primarne energije uopšte.

U okviru potencijala kogeneracije za dugoročno planiranje i korišćenje u Srbiji dominantno učešće imaju elektroenergetski izvori uz adekvatni toplotni konzum, a slede ga kogeneracija u većim sistemima daljinskog grejanja, u industriji i (mikrokogeneracija) u širokoj potrošnji prirodnog gasa. Pri tome bi oko 5,4 TWh/god. moglo biti ostvareno u elektroprivrednim kogeneracionim postrojenjima i oko 3,6 TWh/god. u svim ostalim kogeneracionim postrojenjima. To znači da bi prednost u postrojenjima veće snage imale konvencionalne tehnologije termoelektrana sa parnim ciklusom na ugalj, koje bi (kao što je već učinjeno u TE „Nikola Tesla A” i TE „Kostolac”) bile rekonstruisane ili građene nove sa oduzimanjem pare za snabdevanje toplotom većih sistema daljinskog grejanja i termoelektrana-toplana sa parnim ciklusom na gas i mazut, koje bi bile rekonstruisane dodavanjem gasnih turbina ili građenje nove u vidu postrojenja sa kombinovanim gasno-parnim ciklusom, dok bi za manje snage prednost imala nova postrojenja sa gasnim turbinama i/ili gasnim motorima, uključujući i mikrokogeneraciju u širokoj potrošnji.

7.0 Literatura

- [1] **Gvozdenac, D., C. Menke, P. Vallikul, J. Petrović, B. Gvozdenac**, *Assessment of potential for natural gas-based cogeneration in Thailand*, *Energy* 34 (4) (2009) 465–475.
- [2] **Cardona, E., A. Piacentino, F. Cardona**, *Energy saving in airports by trigeneration. Part I: Assessing economic and technical potential*, *Applied Thermal Engineering* 26 (14–15) (2006) 1427–1436.
- [3] „Obnovljivi izvori energije i zelena ekonomija-pozicija Srbije“, mr Slobodan Cvetkovic dipl. inž.
- [4] <http://www.iea.org/g8/chp/profiles/RUSSIA.pdf>
- [5] "Energetski i ekonomski aspekti primene kogeneracije u Srbiji", Miroslav Nadaški
- [6] Uredba vlade o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije, Vlada R. Srbije,