
Studijski program:
INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Predmet: **ENERGETSKA EFIKASNOST**

KOGENERACIJA - ENERGETSKI EFIKASNA TEHNOLOGIJA U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

dr Boban Cvetanović

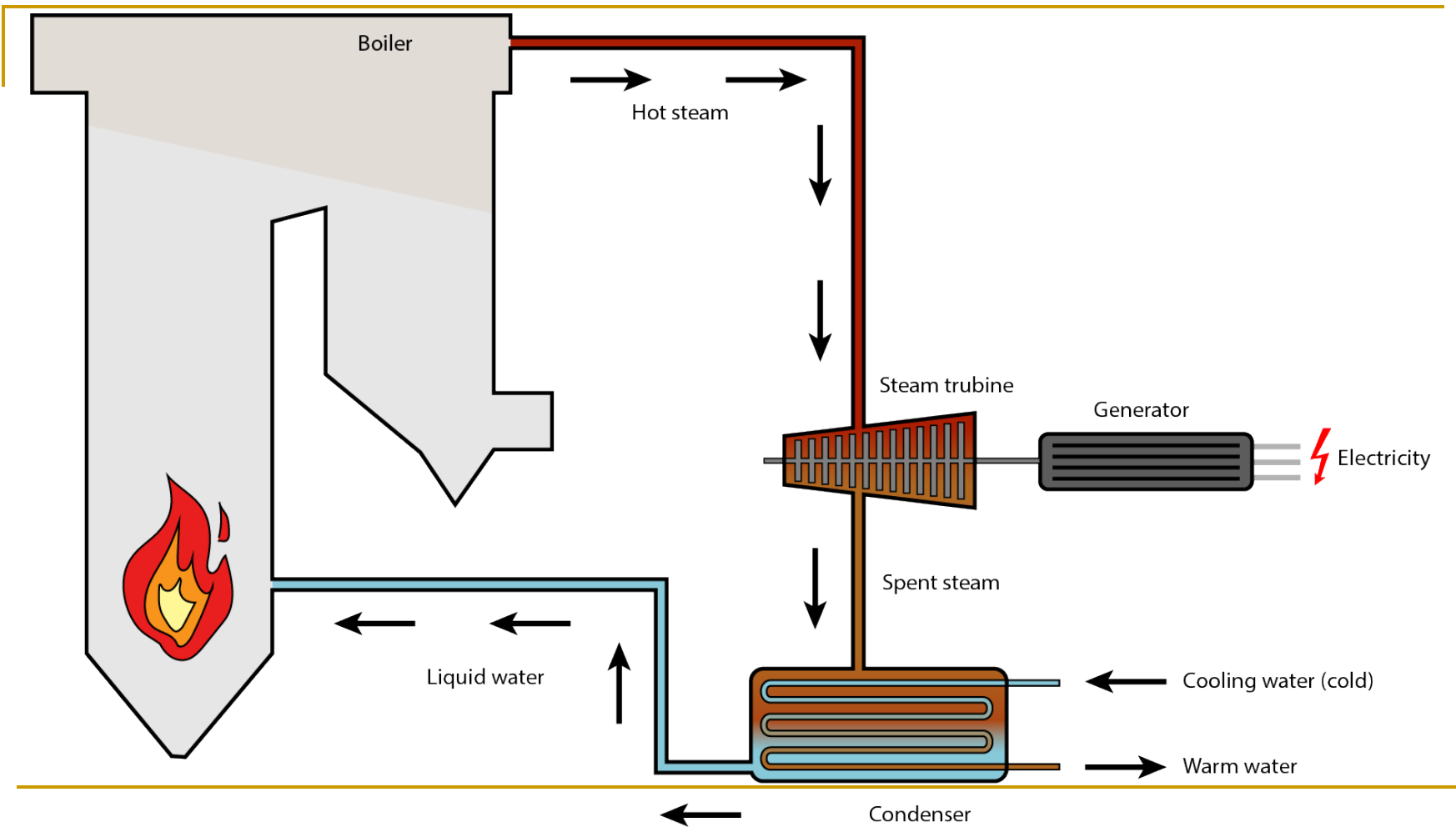
Kogeneracija –osnovni principi

Proces kogeneracije (eng.CHP-combined heat and powered) je termodinamički proces **kombinovane proizvodnje toplotne i električne energije** uz korišćenje samo jednog pogonskog goriva.

Za razliku od **konvencionalnih elektrana** koje u opštem slučaju **ne koriste otpadnu toplotu** nastalu u procesu proizvodnje električne energije, **kogeneraciona postrojenja koriste razna goriva za istovremenu proizvodnju električne energije i toplote.**

To prihvatanje i **ponovno korišćenje toplote** koja se inače baca u okruženje, drastično povećava efikasnost kogeneracionih postrojenja.

Takođe, kogeneraciona postrojenja su **manja od velikih centrala** pa mogu da budu locirana u blizini potrošača toplotne i električne energije.



Parne elektrane se oslanjaju na kondenzator da bi vratile paru koju proizvode u tečno stanje. Da bi se to postiglo, **kondenzator dobija tok hladne vode za hlađenje i vraća tok tople vode.**

U tradicionalnim elektranama, topla voda za hlađenje se izliva u reku ili se ponovo hladi u rashladnom tornju. U elektranama kogeneracije, topla voda se cevovodom do domova i preduzeća pruža toplotu.

Istorijski razvoj

Prva komercijalna elektrana (Pearl Street Station Tomasa Edisona izgrađena u Menhetenu 1882. godine) u SAD bila je istovremeno i prva termoelektrana-toplana, koja je proizvodila i električnu i toplotnu energiju.

Kogeneracija u Evropi datira od kraja 1880-ih.

Početkom dvadesetog veka mnoga industrijska postrojenja su proizvodila električnu energiju za svoje potrebe koristeći kotlove na ugalj i parne turbine. Većina tih postrojenja su koristila izduvnu paru za industrijske procese. Procene su da je skoro 58% ukupne energije proizvedene na lokacijama industrijskih postrojenja u SAD u ranim 1900.-im proizvedeno u kogeneraciji.

Istorijski razvoj

Međutim, kada su izgrađene velike elektrane, povezane pouzdanom električnom mrežom, opale su cene električne energije, pa su mnoga industrijska postrojenja prekinula sopstvenu proizvodnju.

Kao posledica toga, industrijska kogeneracija u SAD je do 1950. godine spala na 15% ukupnih proizvodnih kapaciteta, a do 1974. na samo 5%.

Padanju kogeneracije u industriji doprinelo je malo učešće troškova energije u troškovima industrijske proizvodnje, kao i raspoloživost jeftinih tečnih ili gasovitih goriva.

Početak renesanse kombinovane proizvodnje na Zapadu bio je još 1978. godine, kada je u SAD propisana obaveza elektroprivrede da kupuje viškove električne energije iz kombinovane proizvodnje po atraktivnim cenama i time izazvana eksplozija gradnje kombinovanih izvora (za 10 godina izgrađeno preko 60.000 MWe). Mada je ovaj bum u SAD nešto usporen (zbog viška kapaciteta i cena), u Evropi se intenzivno nastavlja, naročito u domenu daljinskog grejanja.

Prednosti procesa

Povećana efikasnost energenata u odnosu na konvencionalne elektrane – **veći stepen iskorišćenja goriva.**

Konvencionalnim sistemima za proizvodnju električne energije ostvaruje se efikasnost goriva, odnosno faktor iskorišćenja od **30% do 40%**, što znači da se samo trećina njegovog potencijala konvertuje u korisnu energiju.

Neiskorišćeni energetska potencijal od oko 70% se u vidu toplotne energije oslobađa bez iskorišćenja i ima tretman suvišne - otpadne toplote.

Kogenerativna postrojenja postižu viši stepen efikasnosti i iskorišćenja **do 90%** od ukupne energije primarnog goriva kada radi sa sto posto opterećenja i tada su uštede najveće.



Ukupan stepen korisnosti

58%

$$\eta = (36 + 80) / 200 = 0,58$$

KOGENERACIJA

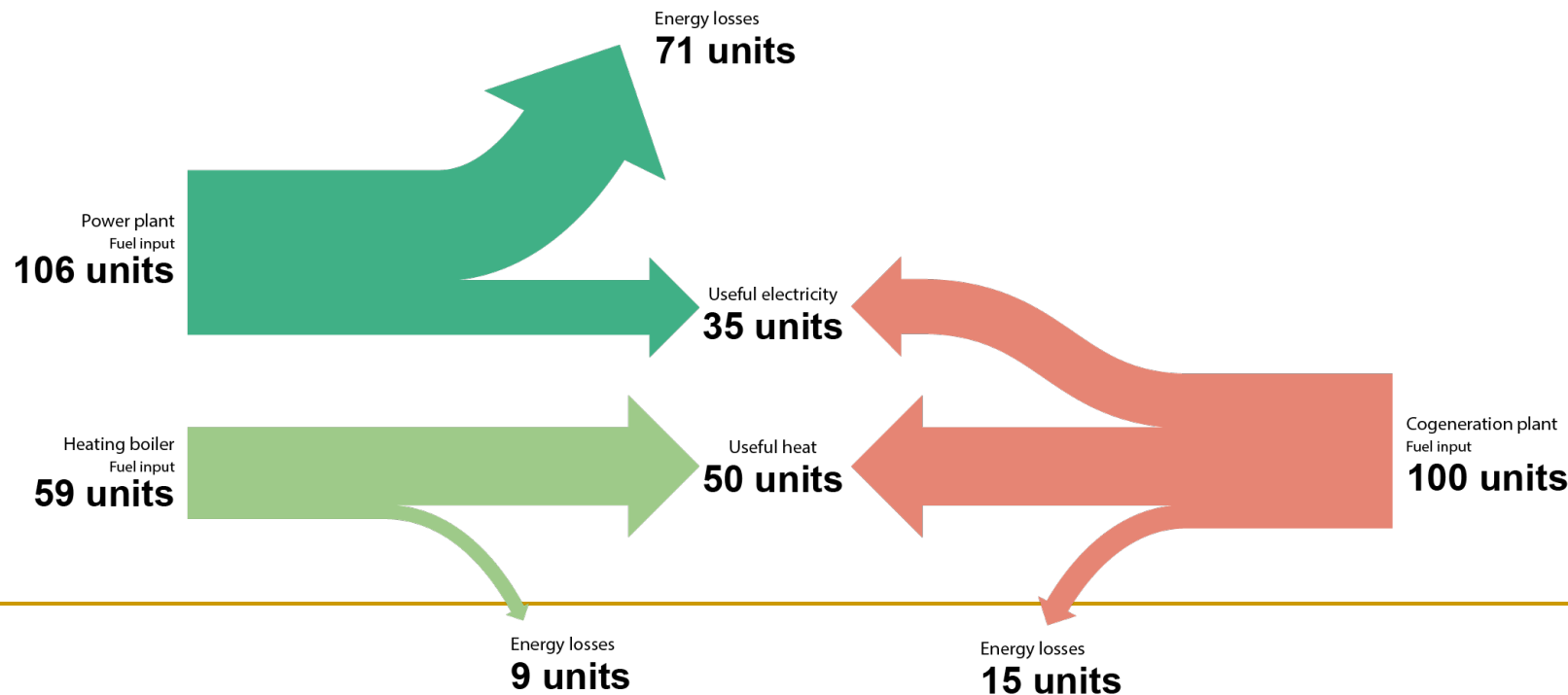


Ukupan stepen korisnosti

88%

$$\eta = (30 + 58) / 100 = 0,88$$

Elektrani na kogeneraciju je potrebno 100 jedinica goriva da bi obezbedila 35 jedinica električne energije i 50 jedinica toplote. Osiguravanje istih korisnih količina toplotne i električne energije zahtevalo bi ukupno 165 jedinica goriva podeljenih između središnje elektrane i kotla (ložišta) na licu mesta. **Kogeneracija znači zahteva 40% manje energije da bi se postigli isti rezultati.**



2. Proračun uštede primarne energije

Visina efikasnosti kogeneracije određuje se preko uštede primarne energije.

Procenat uštede primarne energije dobijene u kogeneraciji, definisane u skladu sa opštim principima za proračun količine električne energije proizvedene u kogeneraciji, izračunava se putem sledeće formule:

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHP H\eta}{Ref H\eta} + \frac{CHP E\eta}{Ref E\eta}} \right] \times 100\%$$

Prema PRAVILNIKU O OPŠTIM PRINCIPIMA ZA PRORAČUN ELEKTRIČNE ENERGIJE PROIZVEDENE U KOGENERACIJI I METODOLOGIJI ZA UTVRĐIVANJE EFIKASNOSTI KOGENERACIJE ("Sl. glasnik RS", br. 8/2024)

pri čemu je:

PES - ušteda primarne energije (engl. *Primary Energy Savings*) izražena u procentima;

CHP H_{η} - toplotna efikasnost kogeneracije, odnosno efikasnost proizvodnje toplotne energije u kogeneraciji definisana kao godišnja količina proizvedene korisne toplotne energije, podeljena sa energetsom vrednošću goriva utrošenog za proizvodnju zbira korisne toplotne energije i električne energije iz kogeneracije;

Ref H_{η} - referentna vrednost efikasnosti za odvojenu proizvodnju toplotne energije;

CHP E_{η} - električna efikasnost kogeneracije, odnosno efikasnost proizvodnje električne energije u kogeneraciji definisana kao godišnja proizvodnja električne energije u kogeneraciji podeljena sa energetsom vrednošću goriva utrošenog za proizvodnju zbira korisne toplotne energije i električne energije iz kogeneracije.

Ref E_{η} - referentna vrednost efikasnosti za odvojenu proizvodnju električne energije.

$$\text{PES} = [1 - 1 / (0,58 / 0,8 + 0,3 / 0,36)] \times 100\%$$

$$\text{PES} = 35\%$$

Ostale prednosti

- Manji troškovi-ušteda primarne energije
 - Smanjenje štetnog uticaja na okruženje
 - Brza isplativost postrojenja
 - Kratak rok izgradnje
-

Nedostaci

- Sistem je poželjno što maksimalnije opteretiti u što dužem vremenskom intervalu jer tada cena proizvedenog kWh električne i toplotne energije eksponencijalno opada (100% opterećenja - kontinuirana potreba za toplotnom energijom)
- Efikasnost se gubi kada se toplotna energija prenosi na velika rastojanja

PREPREKE!

- Nerazumevanje i neprepoznavanje mogućnosti doprinosa kogeneracije smanjenju emisija
- Nepostojanje podsticajnih mera
- Spora dinamika donošenja zakona u vezi sa ovim postrojenjima
- Izostanak jasnog i jednostavnog postupka priključenja na mrežu

Primena

- Najčešću primenu imaju u industriji gde se koriste za proizvodnju pare različitih parametara koja se koristi kao toplota u tehnološkom procesu
- U poljoprivredi se kogeneracijska postrojenja mogu koristiti za podmirenje energetske potrebe u tehnološkim procesima prerade i proizvodnje prehrambenih proizvoda (npr. zagrevanje staklenika)
- Za grejanje zatvorenih bazena, sportskih centara, bolnica, škola, stambenih naselja, zgrada...

KOGENERACIJSKA POSTROJENJA

1. Instalisane snage do 1MW (do 50kW i od 50kW do 1MW)
2. Instalisane snage veće od 1MW (od 1MW do 25MW i veće od 25MW)

Mala postrojenja uz proizvodnju električne energije koriste se za grejanje vode i zagrevanje prostora u zgradama, dok se veća postrojenja koriste za proizvodnju pare u velikim zgradama (pored proizvodnje struje)

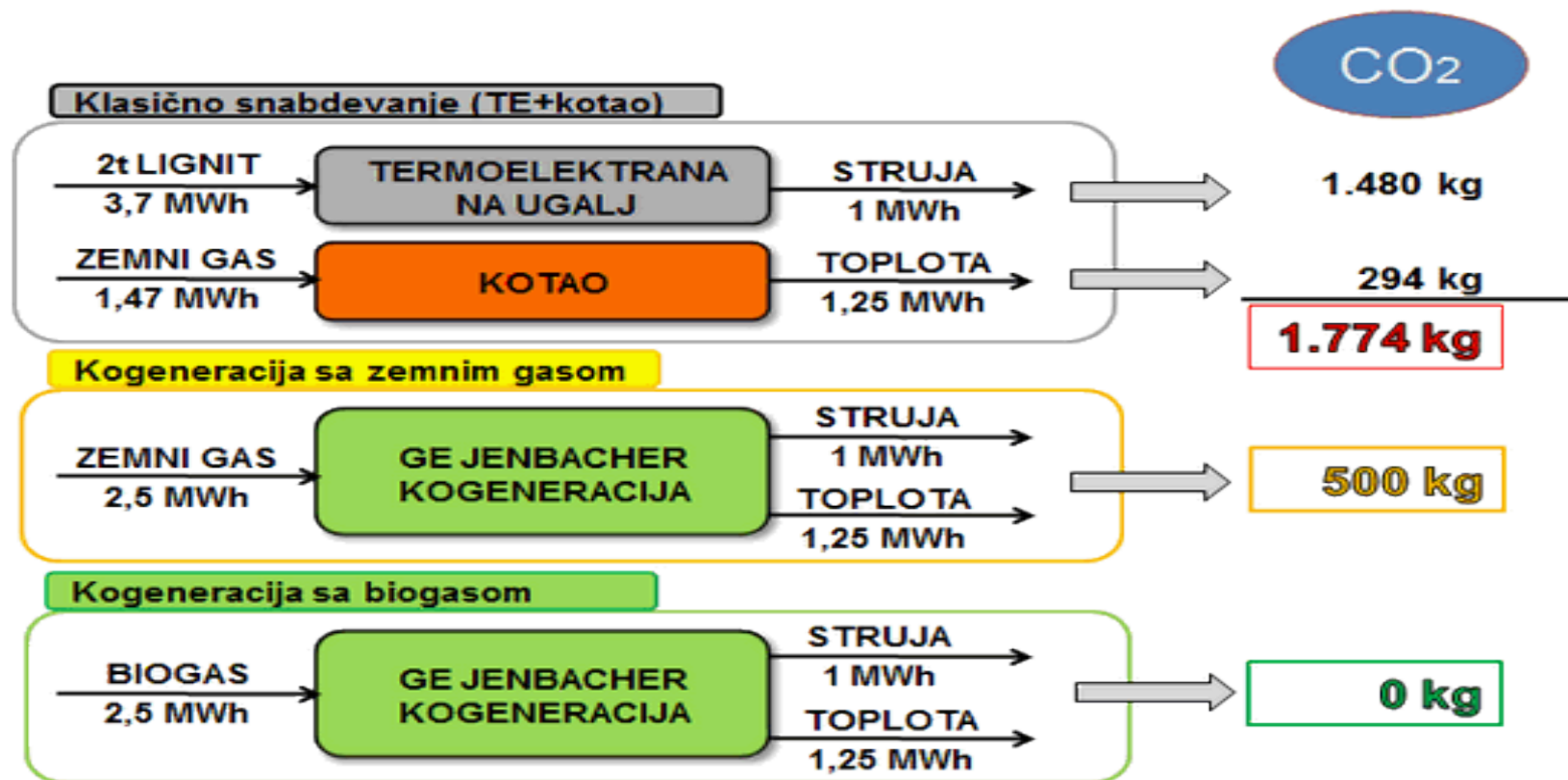
Veliki kogeneracioni sistemi za daljinsko grejanje (District heating) snabdevaju toplotom lokalnu mrežu za grejanje

Kogenerativni sistem-sastavni delovi

Kogenerativni sistem obično čini kombinacija sledećih postrojenja: **gasni motor, parna ili gasna turbina, generator električne energije, izmenjivač toplote i generator pare.**

Kao energent, savremena kogenerativna postrojenja obično koriste prirodni gas ili u poslednje vreme biogas kao tehnološku inovaciju u ovoj oblasti.

Uticaj na životnu sredinu



Uticaj na životnu sredinu

Prema usvojenoj šemi trgovine emisijama u EU tržišna vrednost emisija se kreće od 5 do 30 evra po toni izbegnute emisije CO₂

(Nikola Tesla A bi rekonstrukcijom blokova u kogeneracione godišnje izbegla emisiju od 423.493 tone CO₂)

Smatra se da će primena cene emisije ugljenika efikasno delovati i podsticati dekarbonizaciju, ukoliko je cena preko 50 evra po toni CO₂ (€/tCO₂).

Međutim, sada je samo oko pet odsto ukupnih globalnih emisija pokriveno cenama koje su iznad te granice i to skoro u celini u ETS-u EU, ali tek od pre dve godine. Na drugoj strani, cena u kineskom ETS je oko deset dolara po toni.

Očekivanja su da će cena u EU ETS da raste, do 2030. i do 140 €/tCO₂, a do sredine veka i preko 300.

Kogeneracija u Srbiji

Zastupljena dva tipa kogeneracija

- elektroprivredna (primarna je proizvodnja električne, a dopunska – sekundarna je proizvodnja toplotne energije)
- Industrijska (primarna proizvodnja toplotne energije neophodne za industrijski proces, a dopunska proizvodnja električne energije, koja se troši u dotičnoj industriji, a viškovi se mogu i prodavati drugim korisnicima)

Elektroprivredna kogeneracija: prisutna u svim TE osim Nikola Tesla B, Morava i Kostolac B

TE Nikola Tesla A –grejanje Obrenovca i okoline i snabdevanje tehnološkom parom industrijski pogon “Uljarice” u Obrenovcu

TE Kolubara – grejanje stambenog naselja u Velikim Crljenima i isporuka tehnološke pare predušću “Univerzal” iz Velikih Crljena

TE Kostolac-grejanje Požarevca, Kostolca, Starog Kostolca i Drmna

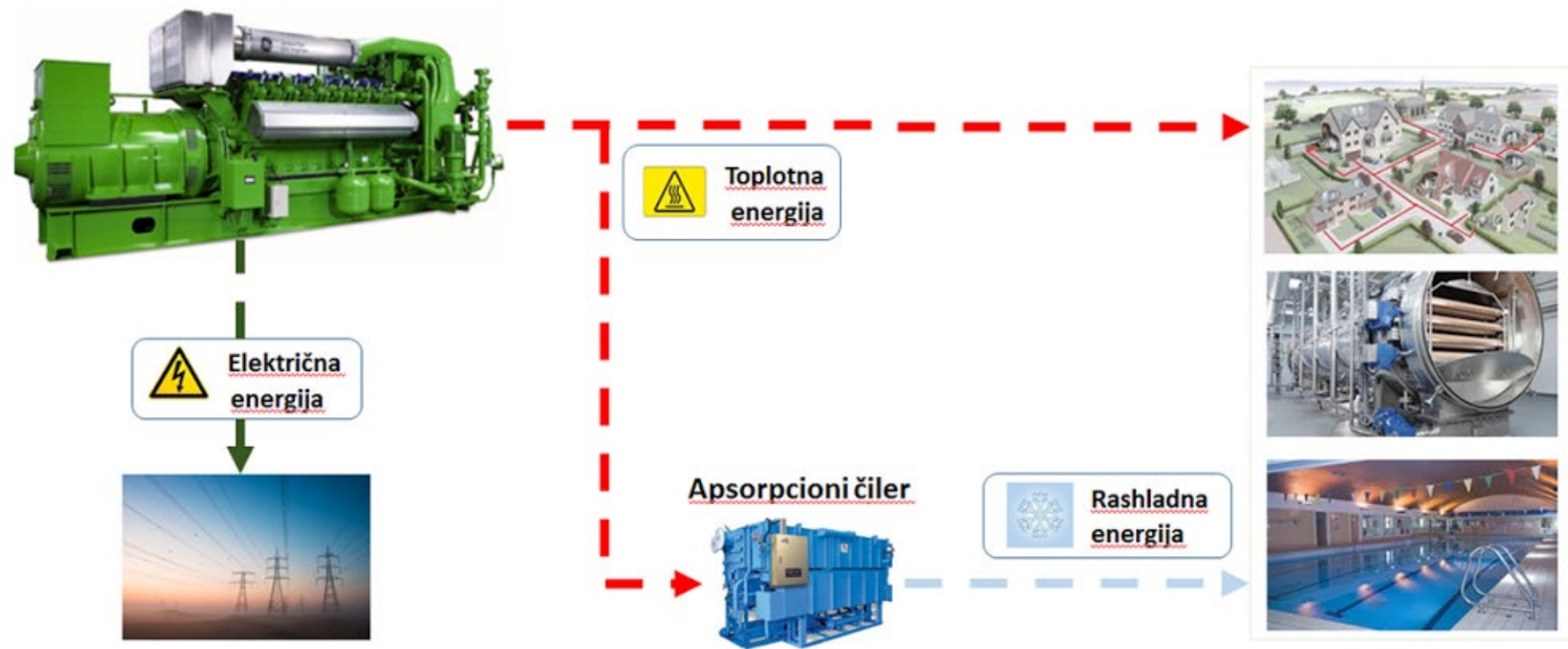
-
- Industrijska kogeneracija: instalisano 78 jedinica u 37 proizvodnih pogona (ukupna bruto instalisana snaga oko 465MWe
 - Prosečna snaga postrojenja oko 6MW, a prosečna starost 30 godina
-

Trigeneracija

kombinovana proizvodnja električne, toplotne i rashladne energije je proces u kome se jedan deo toplotne energije iz kogeneracionog postrojenja koristi za hlađenje stambeno-poslovnih objekata ili u tehnološkim procesima .

Apsorpcioni čiler se dodaje kogeneracionom postrojenju da bi se dobila ova funkcionalnost. Prednosti trigeneracije su efikasnije korišćenje primarnog goriva, dodatno smanjenje trškova, smanjena potrošnja električne energije za vreme letnjeg pika i smanjena zavisnost od spoljne električne mreže.

TRIGENERACIJA



BEIJING GAS (upravna zgrada)

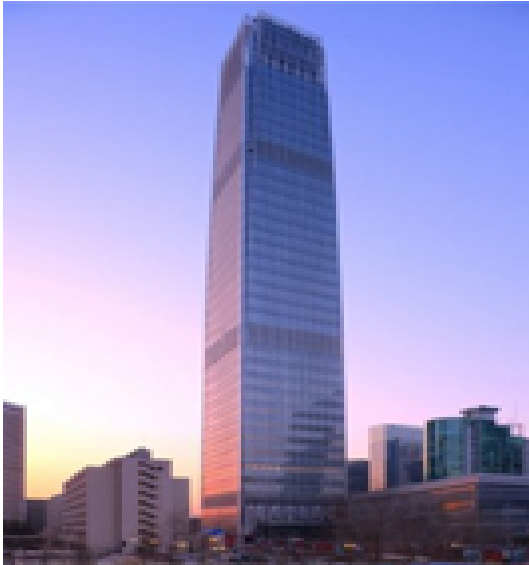


Gasni motor generator proizvodi električnu energiju (1,2MW) za upravnu zgradu, a apsorpcijski uređaj koristi toplotu ispusnih gasova i vode za funkciju hlađenja i grejanja.

Godišnja ušteda za energiju:
250,000 USD
Vreme povraćaja investicije:
3,7 godina
Godišnje smanjenje emisije
CO₂: 2,000 tona



CHINA WORLD TRADE CENTER TOWER III (hotel)



Godišnja ušteda za energiju: 338,000 USD

Vreme povrata investicije: 3,7 godina

Godišnje smanjenje emisije CO₂: 9,100 tona

MADRID NEW AIRPORT, SPAIN

Godišnja ušteda za energiju: 2,150,000 EUR

Vreme povrata investicije: 1 godina

Godišnje smanjenje emisije CO₂: 17,500 tona

