

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Енергија и животна средина

Број индекса: 177/2009

Душица Д. Спасојевић

КАКО И КОЛИКО БИ СЕ ПРОМЕНИЛА ОПТЕРЕЋЕЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У СРБИЈИ УВОЂЕЊЕМ КОГЕНЕРАЦИОНИХ ТЕХНОЛОГИЈА У ТОПЛАНЕ

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др, Милун Бабић, ред. проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да наведе:

1. Шта је когенерација?
2. У оквиру тога колико Србија има комуналних топлана и колика је годишња производња угља, мазута и гаса у Србији.
3. Класична производња без когенерације и са когенерацијом, описати и навести разлике.
4. Колико поправља когенерација у општем смислу и у смислу смањења емисије стаклене баште нагласак на производњи угљен диоксида, NO и NO_2 и на производњу пепела.
5. Методологија по којој би се истражило или на основу годишње производње колико би се повећала енергетска ефикасност и колико би се уштедело топлоте и електричне енергије, у светлу постојеће уредбе која дефинише цене електричне енергије и топлоте које се добијају когенерацијом.
6. Закључак

Препоручена литература:

- [1] Миланка Васић, Когенерација – ефикасније до енергије, Грађевинско-архитектонски факултет у Нишу, 2009.
- [2] Драган Марковић, Процесна и енергетска ефикасност, Универзитет Сингидунум, Београд, 2010.

Крагујевац, 24.02.2012

ментор:

проф. др Милун Бабић, ред. проф.

Резиме

Својим напредовањем човечанство тежи да задовољи своје потребе. Задовољавање тих потреба оставља последице на животну средину. Зато се у последње време све више води рачуна о заштити животне средине. Једно од решења је употреба когенерационих постројења. У раду је дат осврт на когенерационе технологије, као и на производњу топлотне и електричне енергије. На крају рад приказан је конкретан пример пројектованог когенерационог постројења у једној комуналној топлани.

Кључне речи: когенерација, животна средина, електрична енергија, топлотна енергија

Abstract

Progress of humanity is striving to satisfy their needs. Satisfying these needs has consequences on the environment. So, in recently times it's taking more attention to the protection of the environment. One solution is the use of cogeneration plants. This paper gives an overview of cogeneration technology, as well as the production of heat and electricity. At the end of the work a concrete example of the projected cogeneration plant in a communal heating plant is shown.

Key words: cogeneration, environment, electricity, heat energy

САДРЖАЈ

1. УВОД	5
2. КОГЕНЕРАЦИЈА.....	6
3. ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ.....	8
3.1 Термoeлектране	8
3.2 Хидроелектране.....	9
3.3 Нуклеарне електране	10
3.4 Когенерацијска постројења	11
3.5 Подручја примене когенерационих постројења	14
3.6 Економичност когенерационих постројења	15
3.7 Предности когенерације	16
3.8 Разлике између когенерацијских и класичних постројења	17
4. КОМУНАЛНЕ ЕНЕРГАНЕ У СРБИЈИ	19
4.1 Горива која се користе у комуналним топланама	20
4.2 Чврста горива	21
4.3 Гасовита горива	23
4.4 Производња угља	24
4.5 Производња гаса	25
4.6 Потрошња мазута	26
5. КОТЛОВСКА ПОСТРОЈЕЊА	27
5.1 Принцип рада парног котла.....	27
6. ЗАГАЂИВАЊЕ АТМОСФЕРЕ.....	29
6.1 Азотни оксиди.....	30
6.2 Оксиди угљеника	30
6.3 Једињења олова	30
7. ГОДИШЊА УШТЕДА ПРОЦЕСОМ КОГЕНЕРАЦИЈЕ У КОМУНАЛНОЈ ТОПЛАНИ У ЛОЗНИЦИ	31
8. ЗАКЉУЧАК	33
9. ЛИТЕРАТУРА	34

1. УВОД

Захваљујући својим великим интелектуалним и стваралачким способностима, наслеђеном искуству, знању и достигнућима, човек је толико усавршио технологију да је у могућности да себи ствара средину у којој ће добро живети. Људска тежња је одувек била да та средина буде што боља и савршенија. У тежњи да што пре оствари визију таквог живота, човек је прекорачио неке дозвољене границе природне равнотеже. Природни циклуси стварају равнотежу и у њима нема отпадака. Све се разграђује и поново користи. Промене у природи дешавају се унутар одређених граница, природни циклуси се настављају без обзира на мање измене (ерупције вулкана, поплаве, земљотреси и друго).

Није само цивилизација нашег доба нескладна са природом. Многе цивилизације су нестале због тога. Трагови њиховог постојања остају као порука како о духовној и материјалној култури, тако и о деградацији животне средине. Према најновијим истраживањима сматра се да је цивилизација Маја пропала због сталног крчења шума јер су се на тим местима формирале неплодне површине.

Техника и технологија својим развојем побољшавају квалитет живота, а удаљавају се од екологије и њених законитости. Отуд се јавио апсурд: развој намењен човеку, угрожава му живот. Нарочито последњих година, индустријска револуција је узроковала најнегативније промене у природи. Једна од њих је загађивање. Нека загађења која потичу од хемијских и нуклеарних отпадака су смртоносна. Загађења се јављају на различитим нивоима: личном, националном и светском нивоу [1].

Због енергетских криза и климатских промена појавили су се изазови који захтевају нове приступе у решавању отворених проблема у развоју енергетике. Ови изазови односе се на проналажење нових извора енергије, превазилажење застоја у изградњи нових, ревитализација постојећих енергетских капацитета, усавршавање енергетских технологија, развијање алтернативних извора енергије, повећању енергетске ефикасности итд.

Термин енергетска ефикасност значи употребити мању количину енергије (енергената) за обављање истог посла – функције (грејање или хлађење простора, расвету, производњу разних производа, погон возила, и др.). Важно је истаћи да се енергетска ефикасност никако не сме посматрати као штедња енергије. Наиме, штедња увек подразумева одређена одрицања, док ефикасна употреба енергије никада не нарушава услове рада и живљења. Поред тога, побољшање ефикасности потрошње енергије не подразумева само примену техничких решења. Штавише, свака технологија и техничка опрема, без обзира колико ефикасна била, губи то своје својство уколико не постоје образовани људи који ће је користити на најефикаснији могући начин.

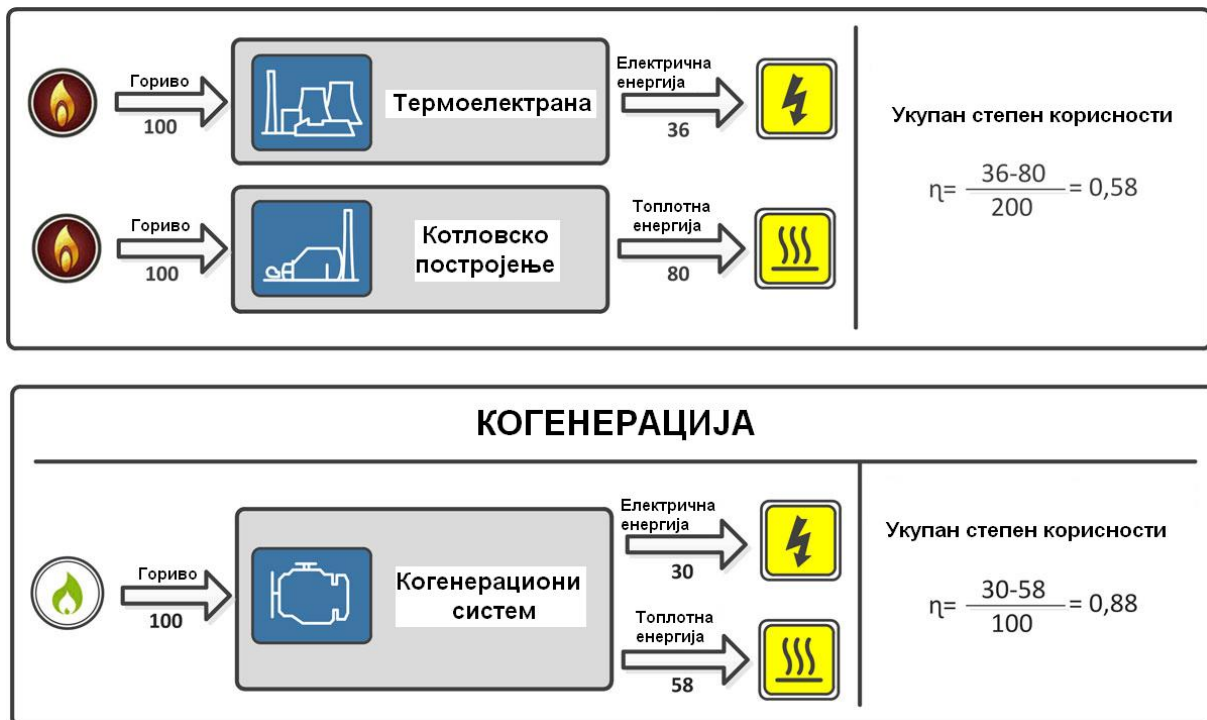
Енергетски менаџмент може бити различит у зависности од нивоа на коме се успоставља. Тако се може разликовати менаџмент на националном, регионалном, локалном или на нивоу предузећа. Енергетски менаџер треба да поседује неопходна техничка знања или да има одређено искуство у области општег менаџмента, али у том случају треба обезбедити техничку подршку, јер задаци који се постављају пред менаџере су бројни и тешко савладиви.

Енергетска ефикасност и увођење обновљивих извора енергије морају постати приоритетни циљеви менаџера, и цео енергетски менаџмент се мора ускладити са тим [2].

2. КОГЕНЕРАЦИЈА

Основу процеса когенерације чини јединствен термодинамички процес комбиноване производње топлотне и електричне енергије уз коришћење само једног погонског горива. Изградња когенеративног постројења представља техничко технолошко решење којим се поред обезбеђења квалитетног и континуираног снабдевања енергентима, због веће ефикасности коришћења примарног горива остварују и значајне уштеде у оперативним и укупним трошковима индустријског постројења. Когенерација нуди велику флексибилност; најчешће постоји комбинација постројења и горива која задовољава већину индивидуалних захтева.

Реч је о постројењима која би могла Србији да донесе три пута већу производњу енергије за грејање, чиме би са постојећих приближно 450.000 корисника на централно грејање могло да се прикључи више од милион станова. Прелазак на такав режим рада могао би да се оствари реконструкцијом постојећих постројења термоелектрана и топлана код нас. Когенерација истовременом производњом топлотне и електричне енергије, уштеди 52 % примарне енергије, док емисију штетних материја смањује за 72%, у односу на производњу струје из термоелектрана и топлоте из котлова [3].

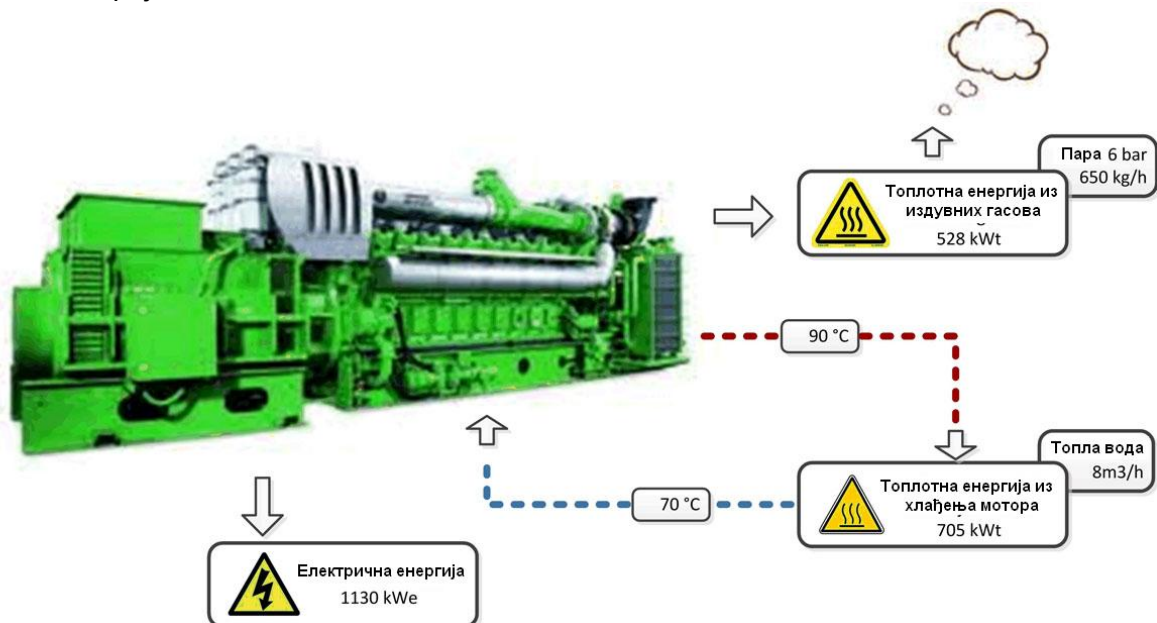


Слика 1. Степен корисности класичних система за производњу електричне енергије у поређењу са когенерационим системима

Когенеративно постројење (слика 1.) омогућава да се отпадна топлотна енергија (пара и топла вода) која се ослобађа у примарном процесу генерисања електричне енергије, хлађењем мотора, уља за подмазивање као и издувних гасова, искористи за потребе технолошких процеса или за грејање простора, чиме се постиже фактор искоришћења примарног горива преко 85%.

Когенеративни систем обично чини комбинација следећих постројења: гасни мотор, парна или гасна турбина, генератор електричне енергије, измењивач топлоте и генератор паре. Избор и комбинација наведених делова система, њихов број и димензионисање зависи од конкретног пројектног задатка, технолошког процеса и односа произведене топлотне и електричне енергије који треба остварити.

Иако мотори са унутрашњим сагоревањем на први поглед имају веома сличне перформансе, постоје и значајне разлике. Основна се односи на електричну ефикасност мотора са унутрашњим сагоревањем. По правилу, што је виша електрична ефикасност мотора, то је нижа температура издувних гасова и мање је расположива топлота за грејање.



Слика 2. Когенерационо постројење

Такође, чак и код исте топлотне снаге која настаје у процесу хлађења, и која се користи углавном за грејање и припрему санитарне топле воде, постоје и озбиљне разлике у погледу температурског нивоа топлоте (слика 2.).

Систем је пожељно што више оптеретити у што дужем временском интервалу јер тада цена произведеног kWh електричне и топлотне енергије експоненцијално опада.

Дакле фактор оптерећења би требао да тежи 100%. Когенеративна постројења постижу највиши степен ефикасности и искоришћења до 90% од укупне енергије примарног горива када ради са сто посто оптерећења и тада су уштеде највеће.

Когенеративна постројења су нашла примену како у индустрији тако и у објектима. Погодна су за примену у следећим областима:

- Индустрија
 - Прехрамбена индустрија
 - Грађевинска индустрија
 - Индустрија папира
 - Хемијска и фармацеутска
 - Пиваре
- Објекти
 - Болнице
 - Хотели и ресторани
 - Стамбене зграде
 - Школе
 - Спортски центри

Као енергент, савремена когенеративна постројења обично користе природни гас или у последње време биогас као технолошку иновацију у овој области [4].

3. ПРОИЗВОДЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Савремена цивилизација, савремени начин живота, наше целокупно окружење, почивају на употреби електричне енергије. Нема сегмента савременог живота који, на неки начин, не зависи од ове врсте енергије. Електрична енергија покреће све: од најситнијих кућних апарата до огромних фабричких постројења; њоме човек продужава дан, покреће машине да раде уместо њега... укратко, олакшава и улепшава себи живот. Електрична енергија се производи у електранама. Према врсти горива оне се деле на :

1. термоелектране, користе хемијску енергију органских горива
2. хидроелектране, користе енергију воде
3. нуклеарне електране, користе нуклеарно гориво

Поред ових постоје и електране које користе енергију ветра, сунца, топле воде, плиме и осеке.

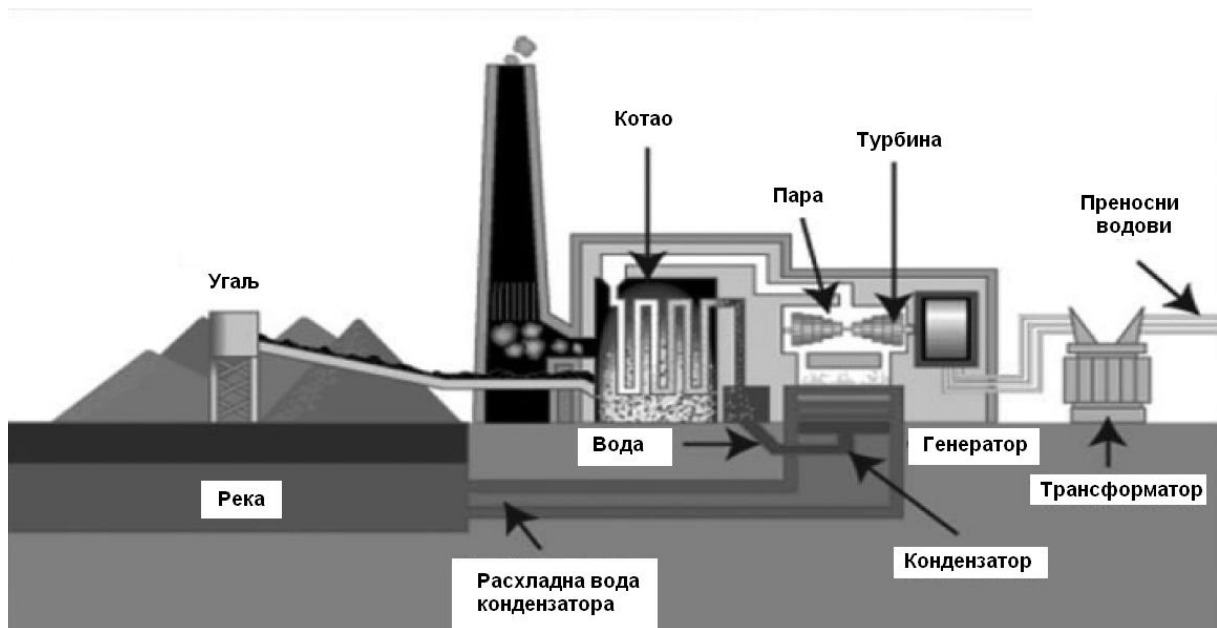
3.1 Термоелектране

На слици 3. приказана је технолошка шема производње електричне енергије из угља. Обављају се четири трансформације енергије. Прва је у парном котлу, где се хемијска енергија трансформише у топлотну енергију прегрејане водене паре. Друга у парној турбини, где се топлотна енергија водене паре трансформише у механичку енергију у виду обртања турбине. Трећа трансформација је у синхронем генератору у коме се механичка енергија претвара у електричну енергију. Четврта се обавља у трансформатору, да би се учинила погоднијом за пренос.



Слика 3. Технолошка шема производње електричне енергије из угља

Котао, турбина, генератор, трансформатор и пратећа постројења представљају термоенергетски блок (слика 4.). Термоелектрану чини више блокова. Сваки блок је аутономан. Гориво сагорева у парном котлу, па пролазећи кроз парни генератор доведена вода се претвара у пару, која се затим прегрева. Под високим притиском се ова пара доводи у парну турбину. У спроводним каналима турбине пара експандира и ствара се кинетичка енергија струје паре. Струја паре великом брзином удара у радне лопатице ротора турбине и он се окреће. Осовине ротора турбине и електрогенератора су механички спојене, тако да се помоћу ове спреге на крајевима генератора добија електрична енергија. Да би се потенцијална енергија паре што више искористила експандирање паре у турбини треба да омогући што мањи притисак и температуру. У кондензатору се пара из турбине претвара у кондензат, а како се обим паре смањује десетак хиљада пута, у кондензатору се образује велики вакуум. Кондензат се помоћу пумпе усмерава у парни генератор ради поновног испаравања. У савременим термоелектранама, у електричну енергију се претвара око 40% утрошеног горива.



Слика 4. Принцип рада термоелектране

3.2 Хидроелектране

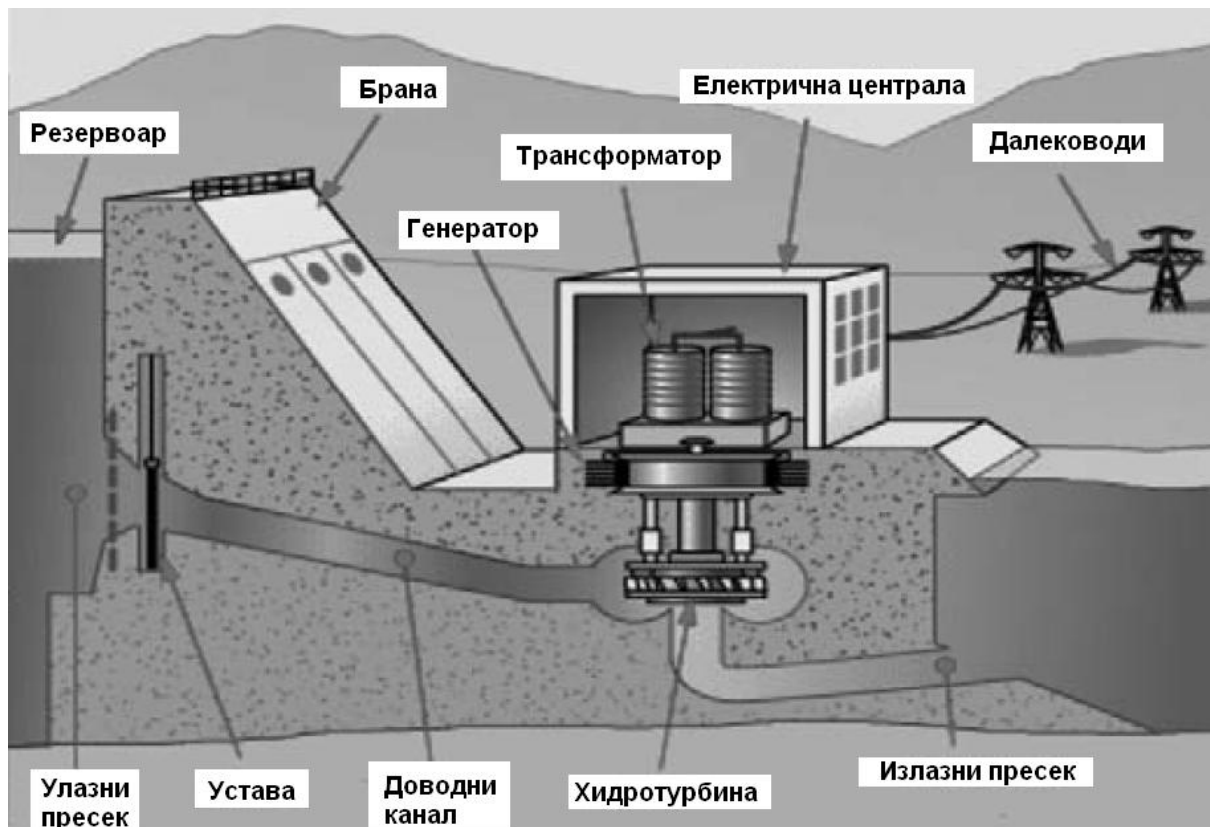
Основа рада хидроелектрана је промена потенцијалне енергије воде. Према врсти резерве воде хидроелектране (ХЕ) могу бити акумулационе и проточне. Према паду воде могу бити са ниским притиском (до 15m), са средњим притиском (15 до 50m) и високим притиском (пад преко 50m). Према начину где су смештене турбине и генератори могу бити прибранске и деривационе. Према врсти турбине могу бити са Пелтоновим, Францисовим, Каплановим или пропелерне турбине. Акумулационе хидроелектране (Требиње) се граде тамо где је могуће лако и јефтино изградити акумулационо језеро. Ове електране мало зависе од атмосферских услова. Проточне ХЕ (Ђердап) користе природни проток воде који зависи од количине падавина. Пре изградње потребно је имати податак о падавинама за претходних 20 година. Употребљена вода се по изласку из турбине може враћати цевима назад у вештачку акумулацију. Када у речном кориту нема довољно воде истим цевоводом се та вода може враћати до турбина. То је реверзибилна електрана (Бајина Башта). Да би се из потенцијалне енергије воде добила електрична потребно је извршити три трансформације енергије (слика 5.). Прва се обавља у хидрауличној турбини, где се потенцијална енергија воде трансформише у механичку енергију на вратилу турбине.



Слика 5. Технолошка шема производње електричне енергије код хидроелектране

Друга је у синхронем генератору где се механичка трансформише у електричну. Трећа је у трансформатору, подиже се напон ради преноса на даљину. Брана служи да

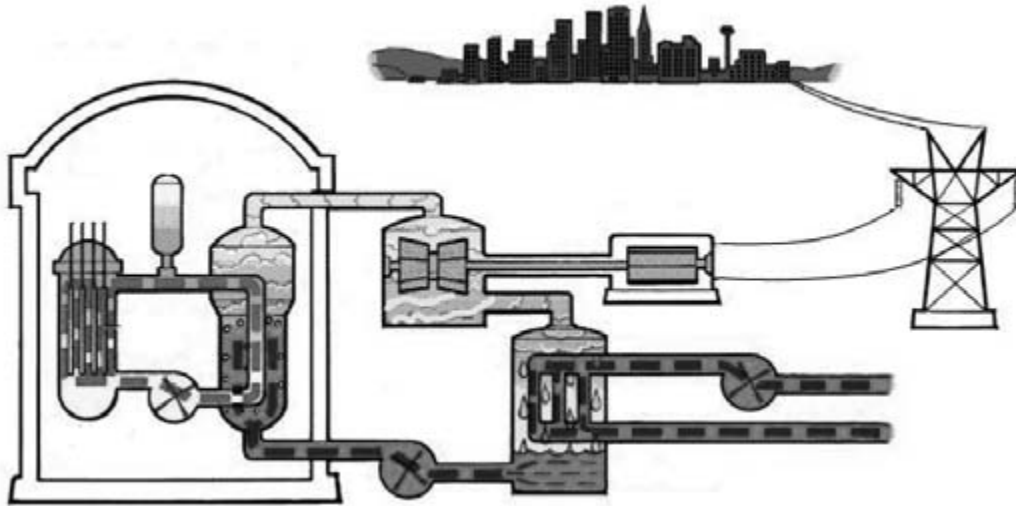
скрене воду са њеног тока и повиси ниво на одговарајућу вредност. Захват воде одводи воду из језера до турбине. Довод воде спаја захват са водостаном и може бити канал или тунел. Водостан је резервоар на крају тунела који треба да ограничи пораст притиска настао наглим затварањем турбине. Брзина воде у цевоводу је 4 до 10 m/s. Хидрауличне турбине енергију тока воде претварају у окретање ротора (слика 6.). Млаз воде делује на лопатице у правцу тангенте. Ствара се обртни момент под чијим дејством ротор почиње да се окреће.



Слика 6. Принципа рада хидроелектране

3.3 Нуклеарне електране

Разликују се од термоелектрана по томе што уместо котла имају реактор (слика 8.). Распадањем језгара фисионих материјала у реактору се ствара топлота која се на посебан начин одводи из реактора. Главни делови реактора су: тело реактора, рефлектор, систем за хлађење, систем за регулацију и систем заштите. У телу реактора језгро атома нуклеарног горива се цепа. Ако је фисионо гориво помешано са неким успоривачем (модератором) такав реактор се назива спори или термални. Ако нема успоривача онда је то брзи реактор. Као модератор се најчешће користи графит, тешка вода или обична вода. Из реактора се топлота одводи помоћу воде, гаса (CO_2) или истопљеног метала (Na, легуре Na и Sn). Одржавањем граничне струје неутрона одржава се ланчана реакција. Помоћу шипки од кадмијума регулише се струја неутрона.



Слика 8. Уобичајени тип нуклеарног реактора

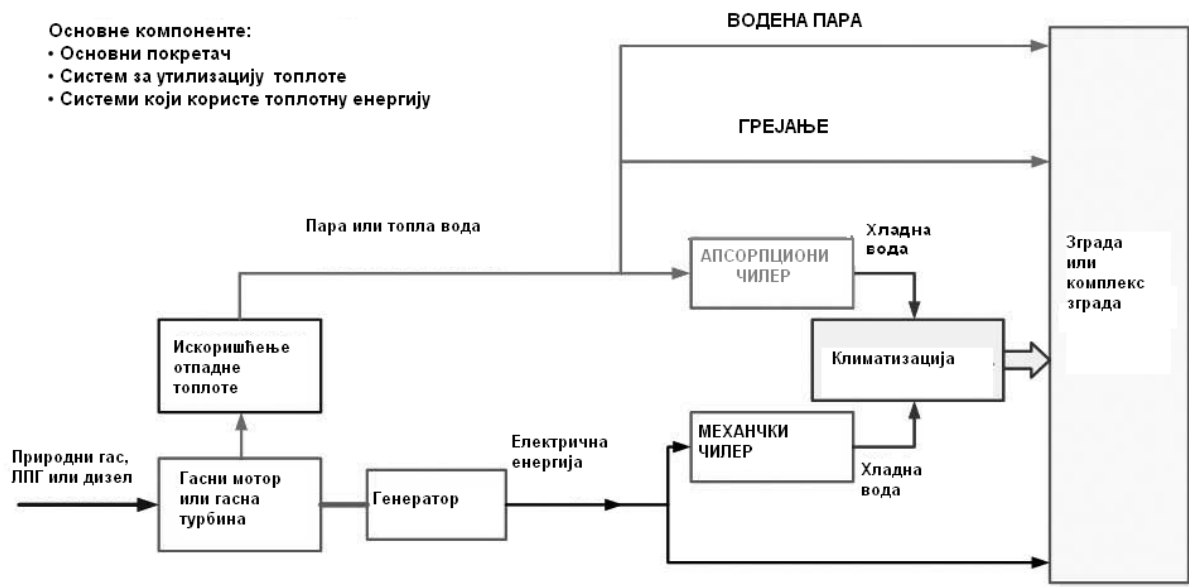
3.4 Когенерацијска постројења

Когенерацијска постројења се деле на:

1. Когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге до укључиво 1 MW, прикључена на дистрибутивну мрежу: а) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге до укључиво 50 kW, тзв. микро-когенерације, б) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 50 kW до укључиво 1 MW, тзв. мале когенерације,
2. Когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 1 MW, прикључена на преносну или дистрибутивну мрежу: а) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 1 MW до укључиво 25 MW, тзв. средње когенерације, б) когенерацијска постројења инсталиране електричне снаге веће од 25 MW, тзв. велике когенерације,
3. Индивидуална когенерацијска постројења која нису прикључена на преносну или дистрибутивну мрежу.

Свако когенерационо постројење (слика 9.) састоји се од основних елемената. То су:

- Примарни мотор, који може почивати на различитим технологијама, као што су:
 - Комбинована гасно-парна турбинска постројења,
 - Противпритисна парна турбина,
 - Кондензациона парна турбина са одузимањем паре,
 - Гасна турбина са рекуперацијом топлоте,
 - Мотор са унутрашњим сагоревањем (Otto или Diesel),
 - Гасне микротурбине,
 - Стирлингове машине,
 - Горивне ћелије,
 - Парни мотори,
 - Органски Ранкинови циклуси,
 - Било који други тип, или комбинација разних технологија,
- Електрични генератор (синхрони, ретко асинхрони),
- Систем за рекуперацију топлоте (котлови – утилизатори),
- Систем управљања,



Слика 9. Концептуална шема когенерацијског постројења

Парна турбина припада групи топлотних мотора, попут мотора са унутрашњим сагоревањем, који претварају топлотну енергију у механички рад.

Парне турбине се користе у комбинованим процесима у различитим комбинацијама, али по правилу уз гасну турбину и додатке за додатно ложење и производњу паре високог притиска, а резултат је већа електроенергетска карактеристика и већа делотворност целог постројења.

Степен искоришћења горива за производњу електричне енергије досеже 52 %. Висок степен искоришћења постројења, велика снага, велики однос снаге према маси мотора, сигурност у погону, висок степен аутоматизације неки су од разлога због којих парна турбина и данас заузима водеће место у производњи електричне енергије.

У конвенционалним парним електранама пара високог притиска експандира у парној турбини и као пара ниског притиска одлази у кондензатор. Када се парне турбине користе као когенерацијска технологија, пара се може користити директно за потребе процеса у индустрији или се може преко измењивача топлоте даље користити за грејање у домаћинствима.

Код когенерације **гасне турбине** се користе за подручје снаге од 1,6 до 10 (MW). Имају лошију електроенергетску карактеристику у односу на моторе, али зато имају бољу топлотну карактеристику.

Могуће су многе варијанте когенерацијских постројења с гасним турбинама које се прилагођавају разним енергетским стањима, као што су:

- когенерацијско постројење с гасном турбином и апсорпцијским расхладним уређајем,
- когенерацијско постројење с гасном турбином и додатним ложењем,
- когенерацијско постројење с гасном и парном турбином (комбиновани процес).

Основне карактеристике гасних турбинских когенерација су следеће:

- користе се при већим снагама; 1,6 до 10 (MW),
- имају нижу електроенергетску карактеристику,
- имају већу топлотну карактеристику у односу на моторе,
- специфична потрошња горива по јединици енергије већа је него код мотора,

- троши више горива с регулацијом оптерећења по јединици енергије него мотор,
- снага уређаја се мења с променом околне температуре,
- раде се у пакетној (контејнерској) изведби.

Мотори с унутрашњим сагоревањем су топлотни мотори код којих се топлота претвара у механички рад. То се постиже одвијањем неког топлотног процеса унутар неког механичког система.

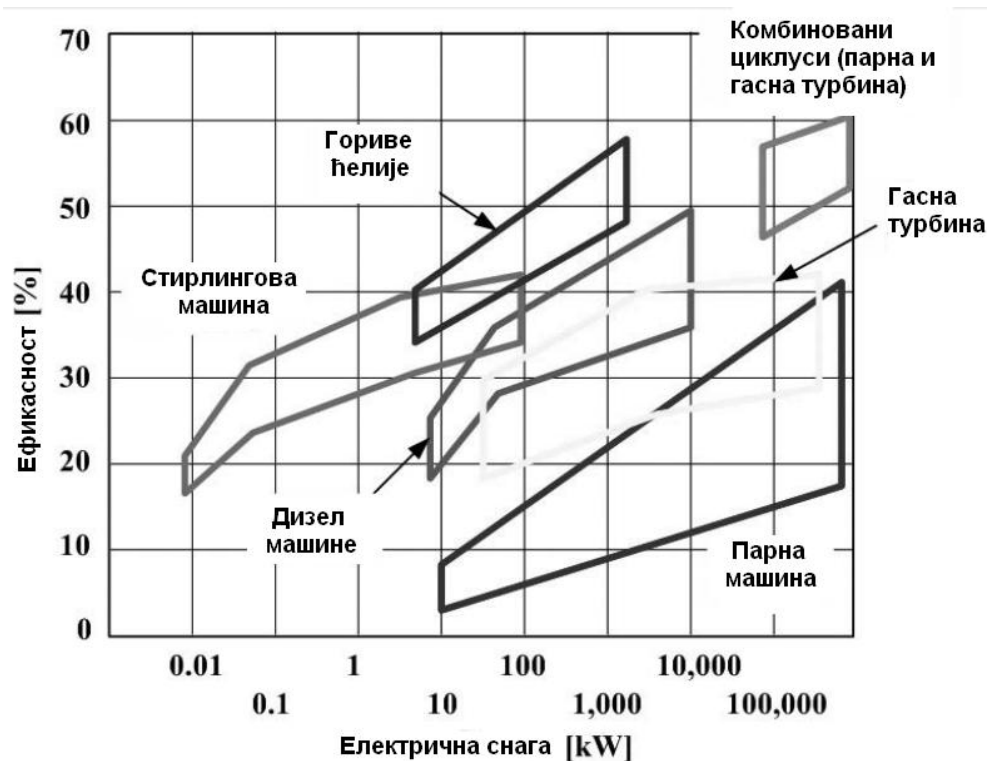
Мотори с унутрашњим сагоревањем се у когенерацијским постројењима могу користити као:

- гасни мотори (Otto),
- дизелски мотори,
- гасно-дизелски мотори.

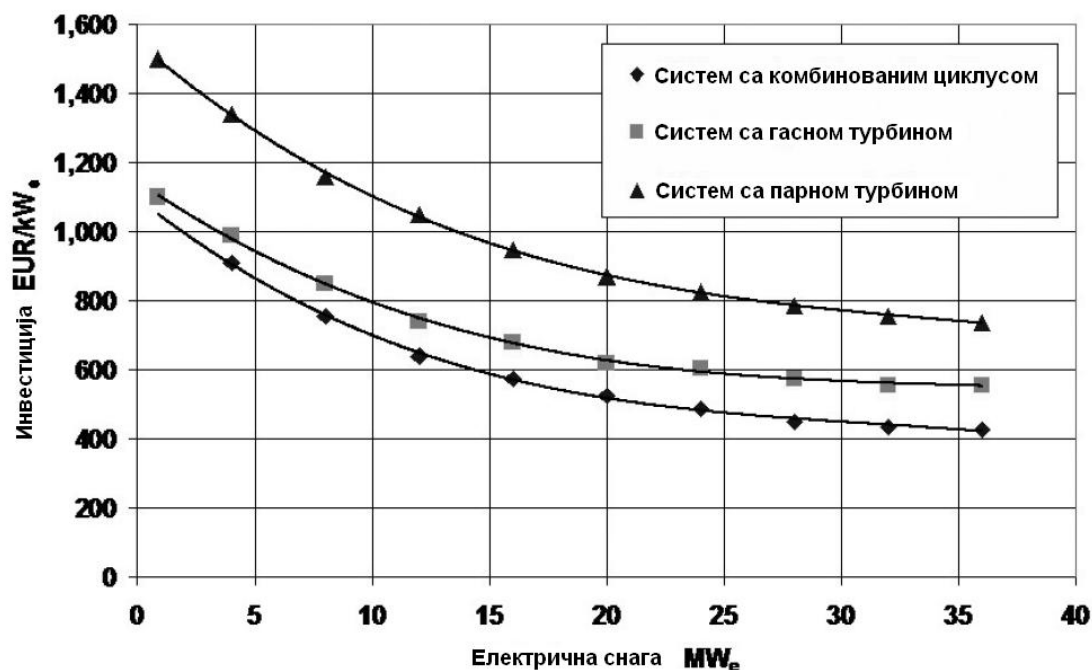
Према броју обртаја мотори могу бити:

- спороходни 80-300 о/мин,
- средњоходни 450-1000 о/мин,
- брзоходни 1200-3000 о/мин.

Код стандардних когенерација највише се користе брзоходни мотори. Код дуалног моторног погона (гас-дизел гориво) основно гориво је гас, а дизел гориво се додаје у износу од 3 до 15 %, што омогућава лакше паљење јер природни гас захтева вишу температуру паљења него дизел гориво. Гасни мотори су најприхватљивији когенерацијски уређаји са аспекта гасних дистрибутивних мрежа, јер не захтевају посебне притиске гаса у мрежи и могу се снабдевати са стандардним токовима дистрибуције гаса. На слици 10. дато је поређење ефикасности и снаге појединих когенерацијских технологија, а на слици 11. дијаграмски представљени инвестициони трошкови различитих система у зависности од снаге.



Слика 10. Поређење ефикасности и снаге појединих когенерацијских технологија



Слика 11. Инвестициони трошкови различитих система у зависности од снаге

3.5 Подручја примене когенерационих постројења

Према Директиви ЕУ (бр. 2004/8/ЕС), постоје следеће четири основне категорије примене когенерације:

- Мала когенерациона постројења, која се уз производњу електричне енергије обично користе за грејање воде и загревање простора у зградама. Она се базирају на стабилним моторима са унутрашњим сагоревањем (СУС) са електричним паљењем,
- Велика когенерациона постројења, обично придружена производњи паре у великим зградама, која се базирају на СУС моторима са компресионим паљењем, парним или гасним турбинама,
- Велики когенерациони системи за даљинско грејање („District heating”) у околини термоелектрана или великих постројења за спаљивање отпада, са рекуператорима, који снабдевају топлотом локалну мрежу за грејање,
- Когенерациона постројења, која се снабдевају примарном енергијом из обновљивих извора, малих или великих капацитета.

Величина когенерационих система може варирати у широком спектру снаге од свега неколико KW до неколико стотина KW, што их чини прилагодљивим широком спектру захтева потрошача. Најприкладнији објекти за примену когенерације су они код којих се топлотна енергија троши континуирано, дужи временски период током дана, недеље, односно године. Прикладни су и у случајевима када постоје разна отпадна горива (дрвни остаци, биогас), која се могу користити као примарни енергент.

Најчешћу примену имају у индустрији где се користе за производњу паре различитих параметара која се затим користи као топлота у технолошком процесу и у оним индустријама у којима током технолошког процеса настаје отпад који се може користити као примарно гориво. Когенерациона постројења могу се користити и за подмирење енергетских потреба у пољопривредном сектору. Подразумева се

потрошња електричне и топлотне енергије у разним технолошким процесима прераде и производње прехранбених производа као што је нпр. загревање стакленика.

У сектору опште потрошње, прикладни објекти за примену когенерационих постројења су они у којима се истовремено користе различити облици енергије (електрична, топлотна, расхладна) и за које је континуирано снабдевање енергијом од пресудног значаја.

Потрошња енергије за грејање и припрема ваздуха чини најзначајнији део топлотне енергетске потрошње. Зависно од намене објекта и климатских услова, хлађење може учествовати с већим уделом у укупној енергетској потрошњи за грејање и климатизацију. С порастом животног стандарда за очекивати је континуиран пораст тог сегмента потрошње. Потрошњу енергије, осим за грејање, чини углавном потрошња електричне енергије која се у зградама користи за освету, погон различитих уређаја и инструмената, електромоторне погоне, хлађење, припрема ваздуха и вентилацију. Потрошњу електричне енергије можемо рашчланити на потребе које су условљене сезонским променама (хлађење и припрема ваздуха) и потребе које су континуиране током године и независне од сезонских промена (освета, вентилација, моторни погон, рачунарска опрема, лифтови, кухиња, санитарни уређаји).

3.6 Економичност когенерационих постројења

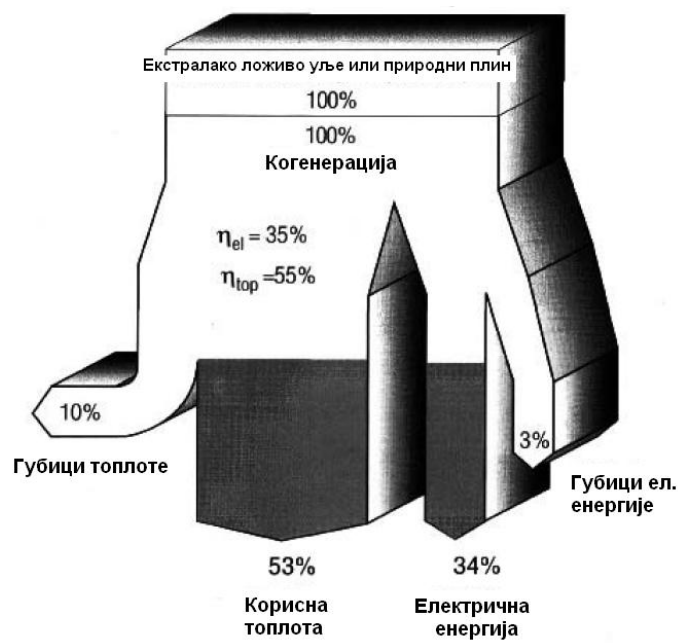
Когенерациони процеси се најчешће разматрају због своје високе енергетске ефикасности и због смањеног штетног утицаја на окружење у односу на конвенционалне системе. Због релативно смањене потрошње горива, смањује се цена производње енергије, што указује на оправдано коришћење таквих процеса у управљању енергијом. Уколико се из произведене топлотне енергије реализује и производња расхладне енергије, економичност когенерационог постројења постаје још већа.

Когенерациони процес је најефикаснији када покрива основно топлотно и електрично оптерећење и остварује што већи број сати рада годишње. Улагања у системе когенерације укључују цену когенерационог постројења, електричну опрему потребну за прикључак на мрежу, прилагођење постојећег система и потрошача топлотне енергије, систем за хлађење и вентилацију погонског агрегата, систем за коришћење испусних гасова и остале трошкове инсталације и монтаже који подразумевају инжењеринг и финансијске услуге. На исплативост когенерационог постројења највише ће утицати трошак примарног енергента, односно горива, и цена електричне енергије. Трошкови горива директно зависе од врсте коришћеног горива и карактеристикама погонског агрегата, стога представљају најзначајније погонске трошкове који могу достићи и до 80 % укупних трошкова.

Инсталирање когенерационих постројења има смисла и економично је само у случају када постоји потрошња свеукупне произведене топлоте из спрегнутог процеса. Стога примену когенерационих постројења треба везивати уз концепте примене одведене топлоте, односно процеса где се одведена топлота користи или за производњу паре или вруће воде (грејање затворених базена, спортских центара, болница, школа, стамбених насеља, зграда, итд.) или за производњу охлађене воде за процесе хлађења помоћу апсорпционих хладњака или за производњу паре и топлоте неопходне за технолошке процесе у процесу сушења (сушење грађевинског материјала, биља).

Анализа економичности когенерационог постројења (слика 12.) почиње поређењем економичности производње топлотне и електричне енергије у когенерационом постројењу с директном производњом топлотне енергије у сопственој котларници и набавком електричне енергије из централизованог електроенергетског система.

Анализу потенцијала за примену когенерационих система треба усмерити на економичност погона и у сваком појединачном случају доказати да такво постројење ради економично, тј. кориснику ствара мање трошкове него уобичајено одвојено снабдевање електричном енергијом и топлотом. Такође, при димензионисању когенерационог постројења тежи се да се с минимумом инсталиране снаге постигне максимум користи.



Слика 12. Когенерацијски процес производње енергије

3.7 Предности когенерације

Задовољење све већих енергетских потреба у будућности, уз моралан однос према животној средини као и располагање природним ресурсима с циљем привредног развитака и цивилизацијског напретка, изискује градњу нових енергетских постројења уз све строже захтеве управљања енергијом, рационализацију инвестиционих улагања и заштиту окружења. Тако је пред енергетичаре постављен задатак проналажења начина производње енергије уз највишу могућу енергетску ефикасност, користећи најбоље расположиве технологије и еколошки прихватљива горива на крајње рационалан начин. Когенерациони процеси су управо таква технологија која задовољава све наведене захтеве.

Примена когенерационих система се првенствено разматра због њихове високе енергетске ефикасности и с тиме повезаним еколошким и економским предностима. Укупни степен ефикасности ових постројења (топлотна ефикасност) у неким случајевима износи и преко 90%, па се може констатовати да, у односу на традиционалне системе, когенерација представља најефикаснији облик претварања енергије, како с енергетске тачке гледишта тако и с аспекта заштите окружења. Когенерацијском производњом смањује се утицај на окружење по свим аспектима, а посебно се смањује емисија CO_2 , SO_2 и NO_x .

Најзначајније предности когенерацијске производње у односу на одвојену производњу електричне енергије у класичној електрани и топлотне у котларници/топлани огледа се кроз:

- знатне уштеде примарне енергије из чега произлазе и мањи трошкови,

- квалитетније снабдевање електричном енергијом и већа поузданост, што је изузетно важно за потрошаче осетљиве на прекиде снабдевања,
- смањење штетног утицаја на окружење, јер из високе енергетске ефикасности и мање потрошње примарног енергента произлазе мања емисија штетних материја, мања количина отпадне топлоте и мања емисија буке,
- релативна улагања у односу на позитивне карактеристике и исплативост за неколико година,
- краatak рок изградње због пакетне изведбе агрегата и претходно фабрички склопљених елемената,
- једноставнији пут добијања разних дозвола, нарочито у случају индустријских погона или неког јавног објекта.

Предности когенерацијских система над класичним системима с одвојеним снабдевањем електричном и топлотном енергијом, видљиве су ако се међусобно упореде губици који настају при производњи енергије у оба посматрана система. При том треба истаћи да је овакав степен искоришћења когенерацијског постројења својствен режиму рада при ком се утроши сва топлотна енергија произведена у систему. Основна предност когенерације је повећана ефикасност енергента у односу на конвенционалне електране које служе само за производњу електричне енергије и индустријске системе који служе само за производњу паре или вруће воде за техничке процесе.

Когенерације имају значајну улогу као дистрибуирани извор енергије због позитивних учинака:

- мањи губици у мрежи,
- смањење запушења у преносу,
- повећање квалитета напона и
- повећање поузданости снабдевања електричном енергијом.

3.8 Разлике између когенерацијских и класичних постројења

Постоји доста разлога зашто је когенерационо постројење боље у односу на класична постројења, а то су:

- смањено је штетно деловање на животну средину, због мање потрошње примарног енергента долази до смањења емисије штетних материја, мање количине отпадне топлоте и мања емисија буке,
- смањено време изградње когенерационих постројења,
- квалитетније и боље снабдевање електричном енергијом,
- знатно смањење трошкова електричне и топлотне енергије.

Табеле 1, 2 и 3. приказују колико је смањена емисија CO₂ и NO_x приликом коришћења когенерационих постројења.

Когенерација са гасном турбином	
Ефикасност	80%
Емисија CO ₂ по јединици горива	225 gr/kWh
Емисија CO ₂ по kWh	581 gr/kWh

Табела 1. Приказ смањења емисије CO₂ код когенерацијских постројења са гасном турбином

Гориво	Смањење емисија CO ₂
Термоелектране и котлови на угаљ	342 милиона тона
Електране и котлови на гас	50 милиона тона
Електране и котлови на мешана фосилна горива	188 милиона тона

Табела 2. Приказ смањења емисије CO₂ код различитих врста горива

Тип котла	NO _x	SO ₂
Котао на мазут	2,9 gr/kWh	23,4 gr/kWh
Котао на угаљ	2,9 gr/kWh	23,2 gr/kWh

Табела 3. Приказ смањења емисије NO_x и SO₂ код котлова са различитим горивом

4. КОМУНАЛНЕ ТОПЛАНЕ У СРБИЈИ

Први систем даљинског грејања у Србији изграђен је 1961. године као систем који је требао да обезбеди ефикасно грејање новоизграђеног насеља Нови Београд. Након тога изграђена су бројна постројења широм градова Србије и основана предузећа која њима газдују. Данас у Србији постоји више топлана које системом даљинског грејања снабдевају топлотном енергијом стамбена насеља. Топлане су организоване у Пословно удружење „Топлане Србије“ од 4. априла 1997. године.

- ЈКП Београдске електране Београд
- ЈКП Градска Топлана Београд
- ЈКП Топлана Београд
- ЈКП Грејање Барајево
- ЈКП Топлана Бечеј
- ЈКП Топлана Беочин
- ЈКП Топлана Бор
- ЈКП Грејање и одржавање Чачак
- ЈКП Топлана Кикинда
- ЈКП Топлана Књажевац
- ЈКП Топлана Косјерић
- ЈКП Топлана Краљево
- ЈКП Топлана Крушевац
- ЈКП Топлана Лајковац
- ЈКП Грејање Лазаревац
- ЈКП Топлана Лесковац
- ЈКП Грејање Младеновац
- ЈКП Градска Топлана Ниш
- ЈКП Новосадска Топлана Нови Сад
- ЈКП Топлана Панчево
- ЈКП Топлана Пећинци
- ЈКП Топлана Пирот
- ЈП Топлификација Пожаревац
- ЈКП Топлана Прокупље
- ЈКП Топлана Шабац
- ЈКП Енергана Сомбор
- ЈКП Топлификација Сремска Митровица
- ЈКП Суботичка топлана Суботица
- ЈКП Енергетика Трстеник
- ЈКП Топлота Ужице
- ЈКП Топлана Ваљево
- ЈКП Топловод Зајечар
- ЈКП Енергетика Крагујевац
- ЈКП Топлана Бор
- ЈКП Топловод Обреновац
- ЈКП Топлана Ковин
- ЈКП Топлана Лозница
- ЈКП Градска топлана Зрењанин
- ЈКП Топлификација Смедерево
- ЈКП Градска Топлана Нови Пазар
- ЈКП Топлана Јагодина
- ЈКП Бадњево Неготин
- ЈКП Топлана Врање
- ЈП ББ Терм Бајина Башта
- ЈКП 7. јули Баточина

- ЈКП Јединство Кладово
- ЈКП Лим Пријепоље

4.1 Горива која се користе у комуналним топланама

Горива су примарни облици енергије у којима је енергија ускладиштена у хемијском или нуклеарном облику. Ослобађањем енергије горива повећава се унутрашња енергија радне супстанце која се тада користи за добијање рада или топлотне енергије. Према начину добијања горива се деле на: природна и вештачка. У садашњем тренутку технолошког развоја најважнија конвенционална горива су фосилна горива: угаљ, нафта и природни гас, а од нуклеарних горива уран.

Фосилна или минерална горива су горива која се састоје од фосилних остатака, тј. од угљоводоника из површинског омотача Земљине коре. Могу се наћи у сва три агрегатна стања, од гасовитих са малим односом угљеник/водоник као што је метан, преко течних као што је нафта, до чврстих који се састоје претежно од угљеника, попут каменог угља.

Фосилна горива су изузетно значајна зато што се њиховим сагоревањем могу добити значајне количине енергије. Још од давнина су у употреби нека од фосилних горива као што је угаљ. Ипак, тек са почетком експлоатације нафте у 19. веку, почиње индустријски развој који је доживео експанзију у 20. веку. Зато се и каже да је 20. век био век нафте.

Најважније карактеристике горива су:

- Хемијски састав,
- Топлотна моћ,
- Температура сагоревања,
- Понашање горива у току процеса сагоревања.

Гориво се састоји од : С (угљеника), О (кисеоника), Н (водоника), N (азота), S (сумпора), од чега су гориви С, Н, S.

Угљеник је најважнија компонента горива јер његовим сагоревањем настаје највећи део топлоте. Угљеник је и највише заступљена компонента.

Водоник је друга по важности компонента горива јер се сагоревањем 1 kg водоника ослобађа приближно 140 MJ топлоте.

Сумпор се у гориву налази у виду гориве и негориве компоненте. Његово присуство у гориву је непожељно јер изазива корозију, а продукти сагоревања су еколошки веома штетни (киселе кише).

Кисеоник није горив елемент, већ се сагоревање одвија захваљујући њему. Азот се јавља у облику сложених органских једињења и има га веома мало (до 2 %) у чврстим и течним горивима, а у већој мери у произведеним гасовитим горивима.

Топлотна моћ горива се дефинише као однос ослобођене количине топлоте при потпуном сагоревању горива и количине горива из које је топлота ослобођена:

$$H = Q / m_g \quad (1)$$

где је:

H – топлотна моћ горива [kJ/kg],

Q – количина ослобођене топлоте [kJ] и

m_g – маса горива [kg].

У општем случају, гориво се састоји од горивог дела и баласта (негоривог дела). Влага, заједно са минералним материјама, чини тзв. спољни баласт. Влага се у гориву јавља у три облика:

- као груба,
- хигроскопна и
- конституциона.

Влага умањује топлотну моћ горива јер се за њено испаравање троши део топлоте настао сагоревањем горива. Сходно томе, разликујемо горњу и доњу топлотну моћ горива.

Горња топлотна моћ горива (H_g) је количина топлоте која се ослободи потпуним сагоревањем јединице масе горива под следећим условима:

- вода из продуката сагоревања, која потиче од влаге из горива и од сагорелог водоника (H_2), преведена је у течно стање,
- продукти сагоревања горива доведени су на температуру коју је гориво имало на почетку и
- сумпор (S) и угљеник (C) из гориве материје се налазе у облику својих диоксида (SO_2 и CO_2), док до сагоревања азота (N_2) није дошло.

Доња топлотна моћ горива (H_d) је количина топлоте која се ослободи потпуним сагоревањем јединице масе горива под следећим условима:

- вода у продуктима сагоревања остаје у парном стању,
- продукти сагоревања горива доведени су на температуру коју је гориво имало на почетку и
- сумпор (S) и угљеник (C) из гориве материје се налазе у облику својих диоксида (SO_2 и CO_2), док до сагоревања азота (N_2) није дошло.

У општем смислу, горива су материје које сагоревањем ослобађају топлоту. У ужем смислу, горива су материјали који сагоревају да би произвели топлоту. Осим тога, горива треба да испуне и следеће захтеве:

- да производе велику количину топлоте за кратко време,
- да се налазе у природи у довољним количинама,
- да у природном стању не садржи велике количине негоривих материја,
- да могу лако и јефтино да се допреме до корисника,
- да не мењају битно својства и да су безбедна током експлоатације.

4.2 Чврста горива

Најважније чврсто гориво је угаљ. Сматра се да је процес настајања угља започео пре много милиона година у мочварним подручјима када је органска материја биљног порекла доспела испод површине воде. У недостатку ваздуха прво се почиње стварати тресет. Повећањем притиска и температуре (тектонске промене, вулканска активност) процес угљенисања током времена напредује уз смањење удела влаге и лако испарљивих састојака.

У зависности од подручја настанка и геолошке старости угљени се могу поделити у четири основне групе: лигнит, мрки угаљ, камени угаљ и антрацит.

Тресет је нешто између дрвета и угља, настаје у воденој средини, у дубини од 7 – 8 метара, пре употребе се суши. Његова топлотна моћ је око 10.000 kJ/kg.

Лигнит је најмлађа врста угља, жуте, тамно смеђе боје, има 50% воде у себи. Налазишта: Костолац, Колубарски и Косовски басен. Представља и једну врсту мрког угља. Топлотне моћи око 18.000 kJ/kg.

Мрки угаљ – проценат воде се смањује до 25% код ове врсте. Позната два басена код нас су Сенско – Ресавски и Алексиначки. Постоји у два облика, тврд и мек. Код тврдог нису очувани биљни остаци, док код меког јесу и он је земљасте и тресетасте структуре. Топлотне моћи 23.000 kJ/kg.

Камени угаљ – проценат воде се смањује, код ове врсте је од 4 – 10%. Представља најстарију врсту угља. Код нас га има у Ибарском и Тимочком басену. Топлотне моћи 33.000 kJ/kg – 35.00 kJ/kg.

Подела према садржају испарљивих супстанци:

- пламени – 40% сагорљивих супстанци, користи се као гориво у пламеним пећима,
- гасни – 32-35% сагорљивих супстанци, користи се за производњу светлећег гаса, у гасарама,
- масни – за производњу металуршког кокса, 18-28% сагорљивих супстанци,
- посни – као гориво у котловима и пећима, 10-18% сагорљивих супстанци,
- антрацит – најстарија врста каменог угља, користи се као гориво у котловима и пећима, од 4-10% сагорљивих супстанци. Богат је угљеником, топлотна моћ 35.500 kJ/kg.

У табели 4. дате су карактеристике према којима се могу класификовати угљеви.

	Вода	Доња топлотна моћ	Испарљиви састојци	Укупно угљеника
	%	kJ/kg	%	%
Лигнит	35-75	6700-19250	53-62	60-67
Мрки угаљ	10-40	18850-26800	45-53	67-77
Камени угаљ	3-10	23900-35400	10-50	77-92
Антрацит	<3	<35400	<10	>91

Табела 4. Класификација угљева

Осим угља користе се још од чврстих фосилних горива уљни шкриљци чији је главни састојак органска материја слична нафти. Органска материја заробљена је у кречњачкој структури која представља баласт, тако да је топлотна моћ уљних шкриљаца знатно нижа од нафтне.

Дрво је изузетно значајан и племенит материјал, који има примену у многим областима људске делатности, те га је као таквог најмање исплативо спаљивати. То је најчистије и најбезбедније гориво које данас постоји, посебно у односу на нафтне деривате и нуклеарно гориво, али је и гориво са малим садржајем азота и сумпора. Енергија на бази дрвета је доминантан извор енергије за преко две милијарде људи у свету, посебно за домаћинства у земљама у развоју.

Дрво током сагоревања пролази кроз 3 фазе:

1. Исушивање: све до температуре од око 220°C нестаје још увек присутна вода у дрвету. Што је дрво влажније, биће потребна и већа енергија да би се дрво исушило,
2. Пиролиза: између 220 °C и 270 °C,
3. Гасификација и сагоревање: Почев од 500 °C стартује финална оксидација производа намењених за сагоревање уз ослобађање топлоте.

Да би схватили колика је тачно топлотна моћ дрвета, може се сматрати да отприлике 3 kg дрвета дају исту количину топлоте као 1 kg лож-уља. Биомаса је веома хетероген и хемијски комплексан материјал. Разумевање њене природне разноликости и опсега хемијских састава је кључно за инжењере који су везани за истраживања или развоје технологија које користе биомасу као ресурс. Дрво се генерално дели на две категорије меко (четинари) и тврдо дрво (лишћари). Постоје значајне разлике у структури меког и тврдог дрвета, које у многоме дефинишу њихово понашање током сагоревања или неког термохемијског третмана.

Хемијски састав дрвета варира у зависности од врсте, међутим генерално се може рећи да целулоза, хемицелулозе и лигнин генерално чине 95 до 98% од хемијског састава дрвета. Три горе наведене компоненте понашају се различито током процеса термичке разградње и сагоревања, што је такође битан фактор који има утицаја на концепцију система за сагоревање оваквих горива.

Топлотна моћ дрвета зависи од садржаја влаге и приближна је топлотној моћи лигнита, топлотна моћ сувог дрвета иде и до 17 MJ/kg. Садржај влаге може да иде и до 60%, али је у том случају веома тешко обезбедити стабилно сагоревање. Дрво у односу на суву масу садржи око 80% горивих испарљивих материја, које у ствари представљају мешавину разних угљоводоника, угљен монооксида, угљен диоксида и др. То је и основни разлог због којег је биомаса интересантно гориво за гасификацију или неку другу врсту термохемијског третмана.

Пепео дрвета је нарочито богат калцијумом, који прерачунат на СаО чини 50 до 75% од његове укупне количине. Количина калијума креће се од 10 до 30%, док је садржај магнезијума 5 до 10%. Остатак углавном чине гвожђе, алуминијум и натријум. Натријумови и калијумови оксиди дефинишу ниску тачку топљења пепела, што код великих ложишта ствара предуслове за појаву зашљакивања. Међутим, важно је нагласити да после сагоревања дрвета остаје мали удео пепела (у односу на укупну масу) који се креће око 1 до 2%. Развој шумарства и дрвне индустрије условио је стварање великих количина дрвног отпада, који се посматрано са економског становишта мора искористити. Када се детаљније анализира настанак отпатка од тренутка када се дрво посече, па до његове финалне обраде, долази се до податка да у примарној преради дрвета на отпад одлази 35-40%, од укупне масе дрвета, док се у финалној преради дрвета тај удео креће око 70%. Стога се као гориво још се може користити отпадни материјал дрвне индустрије (пиљевина, дрвни отпаци) или биомаса из пољопривреде.

4.3 Гасовита горива

Земни (природни) гас је најважније гасовито гориво. Он је смеша лаких угљоводоника, воде и других гасова. Састав варира у зависности од налазишта у широким границама. Највећи је постотак метана (CH_4) који износи 50-100 %. Према тежим угљоводонцима састав обично може ићи до хексана (C_6H_{14}). Поред гасовитих угљоводоника у саставу се најчешће налазе и угљоводоници који су под околним условима у текућем стању. Такви састојци се обично још у току производње одвајају као гасни кондензат. Топлотна моћ природног гаса износи у зависности од састава 33-38 MJ/m³.

У поређењу с нафтом коришћење природног гаса је новијег датума. Због лакоће коришћења природног гаса из лежишта гаса (директно се из бушотине води на место употребе) његова производња се стално повећава. Каснији почетак интензивнијег коришћења земног гаса последица је проблема који су се појављивали с транспортом и складиштењем гаса. Данас су међутим технички проблеми великим делом решени. Изграђени су гасоводи који спајају земље и континенте те омогућују транспорт гаса на велике удаљености. С друге стране развијена је техника укапљивања гаса која омогућује морски транспорт великих волумена.

Природни гас спада у најчистије, најсигурније и најкорисније фосилно гориво. Сагорева без чађи и пепела, са малим емитовањем угљен-диоксида и сумпор-диоксида и због тога спада у најчистија горива. Међутим, и коришћењем природног гаса и његовим сагоревањем у атмосферу се ослобађа одређена количина штетних материја која такође доводи до загађења животне средине. Сагоревањем природног гаса ослобађа се приближно једна половина угљен-диоксида која се ослобађа спаљивањем угља. Угљен-диоксид проузрокује појачање ефекта стаклене баште и глобалног пораста температуре. Сумпор-диоксид се ослобађа спаљивањем угља и течних горива проузрокујући тако закишељење околине. Природни гас приликом сагоревања практично не производи сумпор-диоксид. Азотни оксиди се у већој мери ослобађају у атмосферу и животну средину него приликом сагоревања неких других енергената. Природном гасу се додаје одорант средство јаког, непријатног и карактеристичног мириса да би природни гас, који је без мириса, добио специфичан мирис како би се лакше открило цурење гаса из гасних инсталација, а сам процес додавања одоранта природном гасу зове се одоризација. Одорант сагорева заједно са природним гасом, а продукти сагоревања немају непријатан мирис. Уређај, којим се одорант убацује у струју гаса, назива се одоризатор. Осим земног гаса често се као гориво користе отпадни гасови из индустријских погона као нпр. коксни гас, и др. На крају, избор горива за конкретну намену укључује уравнотеживање бројних фактора, што укључује капитални трошак постројења, цену горива и трошкове погона и одржавања. У разматрање треба узети и вероватне будуће промене у гориву и ценовним политикама, као и у законодавству о заштити животне средине. Такође, треба оставити простора и за неочекивано.

4.4 Производња угља

Годишња производња чврстог горива, односно угља, у Србији је око 33 милиона тона, у чему је најдоминантнији сирови лигнит, који се највећим делом троши у термоелектранама за производњу електричне енергије. Укупно се овог енергента код нас производи око 32 милиона тона, колико се и потроши, па је то једина врста горива код које није потребан увоз. Ситуација је, међутим, сасвим супротна код квалитетнијег угља, јер се ових врста из иностранства набавља у количинама око 660 хиљада тона годишње, док укупна потрошња достиже скоро 2 милиона тона. Од тога се мрког угља код нас добија око 500 хиљада тона из рудника са подземном експлоатацијом, "Рембас", "Боговина", "Јасеновац", "Соко", "Штавал" и "Лубница", као и из "Ибарских рудника" са око 50 хиљада тона.

Због значаја подземне експлоатације за снабдевање индустријске и широке потрошње, мада се она битним делом обезбеђује и сушењем лигнита у количинама од преко два милиона тона годишње, забрињава стални пад производње квалитетног угља последњих година. Нешто слично бележи се и у Европи, али је код нас далеко израженији с обзиром на то да смо 1970. године производили 1,87 милиона тона, а 2003. свега око 540 хиљада тона. Слично је било и 2002. године, док се 1999. године произвело нешто више, односно скоро 580 хиљада тона.

Интересантно је да угаљ увек има купце, а поготово онај из подземне експлоатације, због његове константне несташице на тржишту, што се надокнађује увозом. Лани су, иначе, увек недовољне количине овог квалитетнијег енергента распоређене тако да је, од укупно продатих око 454 хиљада тона, трговинска мрежа добила највише, односно преко 140 хиљада тона. Следе термоелектране са 110,8 хиљада тона, па топлане са 87,6 хиљада тона, индустрија са скоро 60 хиљада тона, док је домаћинствима испоручено око 55 хиљада тона.

За разлику од угља из подземне експлоатације, код оног са површинских копова бележи се углавном устаљена равнотежа понуде и тражње, уколико се изузме стална несташица сушеног лигнита на тржишту широке потрошње. Њега чак није лако

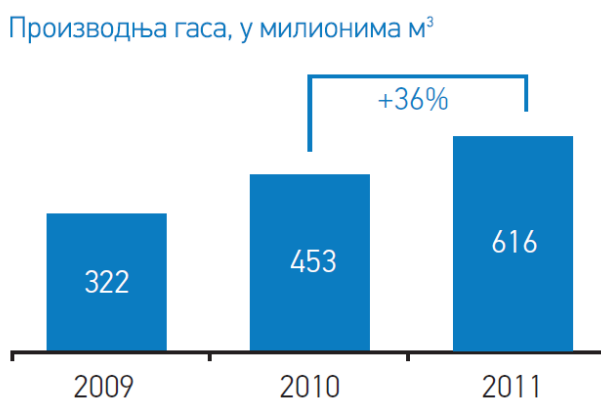
надоместити ни увозом, јер је тај домаћи енергент најповољнији за грејање домаћинстава у нашим условима. У наредном периоду до 2010. године прогнозира се, међутим, раст тражње од око 20% ради повећања потрошње струје у Србији. Због тога је неопходно обезбедити више чврстог горива, пре свега, са површинских копова, поготово што то из подземних није могуће постићи у битнијим количинама.

4.5 Производња гаса

Природни гас уз угаљ и остала чврста горива, једини је примарни облик енергије који се може непосредно употребљавати. Сви остали облици енергије (сирова нафта, водена снага, нуклеарно гориво и сл.) морају се трансформисати у погодније облике (деривате нафте, електрична енергија, водена пара или врела вода). То захтева градњу постројења за енергетске трансформације, уз одређене губитке и велике инвестиције. Због тога је оправдано настојање да се што више природног гаса непосредно употребљава.

Непосредном употребом природног гаса може се у домаћинствима задовољити од 80-85% енергетских потреба (грејање просторија, кување, припрема топле воде). Употребом гаса у појединачним ложиштима за грејање, постиже се већа ефикасност него употребом вреле воде из топлана и котларница. У поређењу са централним топловодним системима, развођење природног гаса дистрибутивном мрежом има и других предности: мање инвестиције, јер није потребна изградња топлана и котларница; гасна мрежа је јефтинија од топловодне, која мора бити топлотно изолована и мора имати топлотни вод. Употреба природног гаса, уз остало, има и предност што се њиме минимално загађује околина. Природни гас не садржи загађиваче, па се његовим сагоревањем добија само угљен-диоксид и водена пара.

Природни гас се производи из око 95 бушотина. Најзначајнија гасна поља: Мокрин, Међа, Мартонош, Итебеј, Велебит, Меленци дубоко, Торда плитко. Дошло је до пораста производње гаса за 2011. годину и износи 616,4 милиона м³ што је за 36% више у односу на 2010. годину. На слици 13. табеларно је дата производња гаса у Србији по годинама.



Слика 13. Графички приказ производње гаса

4.6 Потрошња мазута

Потрошња мазута у Србији 2007. године износила је 490.000 t. По следећим категоријама:

- 243.000 t индустријске топлане,
- 134.000 t топлане,
- 113.000 t остало.

Потрошња мазута у 2008. години износила је 367.000 t. По следећим категоријама:

- 185.000 t индустријске топлане,
- 139.000 t топлане,
- 23.000 t остало.

После угља сагоревање мазута је највећи загађивач ваздуха. За сагоревање 1 kg мазута потребно је 3,19 kg кисеоника. 1 ha букове шуме произведе годишње просечно 4 t кисеоника. Ако једна топлана за сезону сагори 1.000 t мазута за то је потребно 3.190 t кисеоника. Ову количину кисеоника произведе 797,5 ha букове шуме за годину дана.

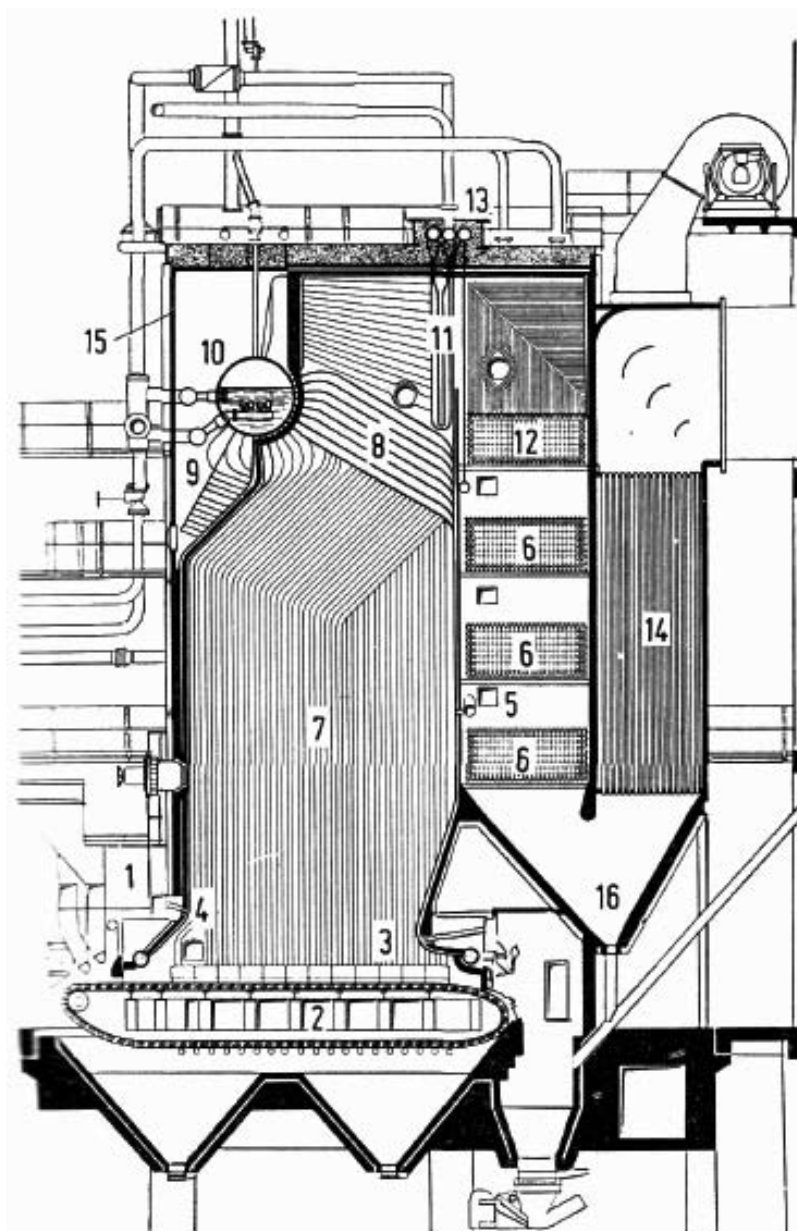
5. КОТЛОВСКА ПОСТРОЈЕЊА

За добијање топлотне енергије користе се котловска постројења, чија структура и принцип рада објашњен у наставку. Парни котлови састоје се по правилу од следећих основних склопова, делова и опреме:

- претварање хемијске енергије горива у топлотну енергију димних гасова,
- систем измењивача топлоте (део парног котла под притиском и загрејач ваздуха), односно огревне површине парног котла на којима се топлотна енергија димних гасова преноси на воду и водену пару; ови су измењивачи топлоте: загрејачи воде, испаривачи воде, прегрејачи паре и загрејачи ваздуха,
- помоћни уређаји у парном котлу: арматура парних котлова (фина и груба), носива челична конструкција, зид и изолација,
- постројење или уређаји изван парног котла: постројење или уређаји за довод горива до парног котла, постројење или уређаји за припрему воде, постројење или уређај и за напајање водом, постројење или уређаји за снабдевање ваздухом, постројење или уређаји за одвод и чишћење димних гасова, постројење или уређаји за одвод пепела и шљаке, постројење или уређаји инструментације, регулације и аутоматике.

5.1 Принцип рада парног котла

Генератор паре приказан на слици 14. изведен је с ложиштем за сагоревање горива у слоју. Угаљ се налази у бункеру (1); у ложишту је уграђена механичка равна решетка (2) с доводом ваздуха. У ложишту је уграђена и огревна површина испаривача (7), где се топлота измењује зрачењем. Други део огревне површине испаривача изведен је у облику снопа цеви (8), где се топлота измењује делимично зрачењем а делимично конвекцијом. Огревне површине прегрејача паре изведене су у два дела у облику цевног водоравног (12) и усправног (11) снопа цеви (цевне змије). Између обају делова уграђен је регулатор прегрејања паре (13). Загрејач воде изведен је од 3 снопа водоравно положених цевних змија (6). Иза загрејача воде у току струјања димних гасова смештен је цевни загрејач ваздуха (14). Димни гасови излазе након трећег вода из генератора паре у атмосферу односно у чистач димних гасова. Ложиште је изведено с предњим (4) и стражњим сводом (3) за осигурање правовременог паљења горива и правилног одвијања процеса сагоревања. Напојна вода улази у загрејач воде (6) генератора паре преко коморе (5). Из загрејача воде (6) загрејана вода улази преко водова у бубањ (10) који служи за одвајање воде и водене паре (природни опток). Из бубња на најнижем месту спушта се вода силазним цевима (9) у коморе смештене у ложишту, а узлазним цевима, које чине површину испаривача (7), мешавина воде и водене паре диже се природним успоном у бубањ, где се одвајају фазе воде и водене паре. У сабирнику и одвајачу пепела (16) делимично се одваја пепео (веће честице) из димних гасова. Челична конструкција и галерије генератора паре (15) изведене су од нормалних челичних профила.



Слика 14. Парни котао

6. ЗАГАЂИВАЊЕ АТМОСФЕРЕ

Загађеност ваздуха назива се аерозагађење. Под аерозагађењем подразумевамо присуство примеса (токсичних и нетоксичних) које су настале човековом активношћу, а доспеле су у атмосферу у виду гасова, паре, прашине, дима, магле или природних извора. Под загађеним ваздухом подразумева се ваздух загађен материјама штетним по здравље или опасним на други начин, без обзира на њихово агрегатно стање.

Главни узрок аерозагађења је производња енергије. Ваздух је у урбаним и индустријским центрима веома загађен. Извори загађења ваздуха могу бити природни или вештачки:

- котларнице и топлане,
- индивидуална ложишта,
- термоелектране,
- природне појаве,
- индустријски објекти,
- природне појаве,
- саобраћајна и транспортна средства.

Загађујуће материје према времену и начину настанка могу се поделити на:

- **Примарне загађујуће материје** су стаблине, не разлажу се и извор им је познат. То су на пример олово из издувних гасова, сумпор-диоксид из димњака, азотни оксиди из азотара или фабрика вештачких ђубрива и слично.
- **Секундарне загађујуће материје** настају фотохемијским и физикохемијским реакцијама, па им је састав мање познат. Многе новонастале компоненте и њихова дејства тешко је утврдити. Такве су, на примјер, киселе кише. Да би се могла утврдити количина неке загађујуће материје и њено штетно дејство, потребно је да се зна и у којим количинама она може да шкоди људском здрављу. Ово се дефинише појмом максималне дозвољене концентрације (МДК). То је она количина штетне материје која код човека свакодневно изложеног у дужем временском периоду, не изазива патолошке промене или обољења. Време излагања штетним материјама дефинише се појмом максимална дозвољена доза (МДД). Оно мора бити краће, ако су концентрације штетних материја веће.

Све штетне загађујуће материје се могу сврстати у две велике групе:

- типичне и
- специфичне загађујуће материје

Типичне загађујуће материје су они гасови који се јављају у свакој урбаној средини и у близини термо енергетских постројења, ако производи сагоревања фосилних горива. Такви су на пример сумпор-диоксид (SO_2) и сумпорна киселина H_2SO_4 . Сумпор-диоксид делује штетно на дисајне органе, изазива надражај на кашаљ, а веће концентрације надражују очи. Билке су посебно осетљиве на деловање сумпор-диоксида јер он делује на фотосинтезу разграђивањем хлорофила. Има особину дисперзије и ваздушним струјањем преноси се на велике просторе. То су веома агресивне материје које у виду гаса или водених капљица и киселих киша наносе огромне штете. Једно од најгорих врста загађења, које данас човек проузрокује, познато је под називом киселе кише. Ова појава се дешава када продукти сагоревања уђу у циклус кружења воде у природи. Последице киселих киша су сушење шума, нестанак живота у језерима, оштећење здравља и оштећење зграда. Постоје технологије којима се ова појава може сузбити. То су филтери на димњацима и пречистачи издувних гасова. У неким

земљама већ су предузете мере да се зауставе киселе кише. У другим још није озбиљно схваћен животни значај тих мера.

6.1 Азотни оксиди

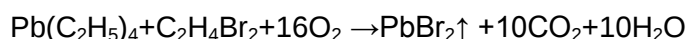
Азотни оксиди су азот(IV)-оксид (NO_2) и азот(II)-оксид (NO) се јављају као последица сагоревања фосилних горива у диму топлане, термоелектрана, производњи вештачких ђубрива, аутомобилским и авионским издувним гасовима, производњи азотне киселине и многим другим процесима. Сагоревањем се у највећем проценту јавља азот(II)-оксид, а ако производ везивања слободног азота из ваздуха или оксидације везаног азота из горива. Азот(II)-оксид, делимично у току хлађења, прелази у друге облике азотних оксида. Азотни оксиди негативно утичу на здравље људи. Посебно штетно дејство на органе за дисање, а могу бити узрочници малигних обољења.

6.2 Оксиди угљеника

Оксиди угљеника су угљен-моноксид (CO), угљен-диоксид (CO_2) и угљоводоници (CH_4) су производи сагоревања разних врста горива. Изузетно опасан по људско здравље је угљен-моноксид. Он настаје неуједначеним сагоревањем, затим у саобраћају код честих заустављања. Делује на централни нервни систем и процес дисања. Поред негативног утицаја на здравље, он утиче на климу планете Земље. Овај ефекат угљен-диоксида назива се ефекат стаклене баште. Захваљујући индустријализацији, сагоревање фосилних горива знатно је повећало количину угљен-диоксида у атмосфери, који задржава сунчеву топлоту и тиме загрева Земљу. Неки стручњаци предвиђају да ће се просечна температура Земље повећати. Ово ће изазвати топљење поларног леда, подизање нивоа мора и потапање приобалних области. Да би се спречило даље повећање процента угљен-диоксида, морају се пронаћи и користити други извори енергије који не загађују животну средину. На повећање концентрације угљен-диоксида у атмосфери утиче и неконтролисано крчење шума, посебно у Амазонији, која се сматра плућима планете Земље. Поред угљен-диоксида овакав ефекат имају и угљоводоници чија се концентрација последњих година повећала за 1%.

6.3 Једињења олова

Олово као специфичан загађивач потиче из различитих извора, а највише из бензина приликом сагоревања, хемијске индустрије боја и лакова или разлагањем разних пестицида и инсектицида. Тетраетилолово $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ је адитив који се бензину додаје као инхибитор паљења. Сагоревањем бензина са овом супстанцом ствара се талог Pb и PbO . Додатком адитива, диброметана ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$) и дихлоретана ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$), олово прелази у испарљива једињења опасна по здравље људи.



Оловом су посебно угрожена деца (штетни гасови лебде на висини од 100 до 120 cm), јер им је метаболизам интензивнији, а дисање дубље него код одраслих. Елиминација олова из организма одвија се споро и тешко. Вегетација поред пута такође је угрожена услед акумулације олова на растојањима од пута већим од 60 m. Последњих година ради се на дефинитивном извацавању тетраетилолова као адитива бензину, а све више се употребљава тзв. безоловни бензин.

7. ГОДИШЊА УШТЕДА ПРОЦЕСОМ КОГЕНЕРАЦИЈЕ У КОМУНАЛНОЈ ТОПЛАНИ У ЛОЗНИЦИ

Према уредби коју је донела Влада Србије 2009. године “О условима за стицање статуса повлашћеног произвођача електричне енергије и критеријумима за оцену испуњености тих услова” у држави су се створили услови да се могу градити електране за производњу електричне енергије мањег капацитета.

Статус повлашћеног произвођача могу да стекну произвођачи који:

- 1) у процесу производње електричне енергије користе обновљиве изворе енергије или сепарирану фракцију комуналног отпада,
- 2) производе електричну енергију у електранама, које се у смислу закона којим се уређује област енергетике сматрају малим електранама,
- 3) истовремено производе електричну и топлотну енергију, под условом да испуњавају критеријуме у погледу енергетске ефикасности.

Електрана, у смислу ове уредбе, јесте постројење за производњу електричне енергије или за комбиновану производњу, са једном или више производних јединица. Комбинована производња представља истовремену производњу електричне и топлотне енергије.

Укупни годишњи степен корисности у постројењима која истовремено производе електричну и топлотну енергију израчунава се као однос између укупне нето годишње производње енергије (електричне и топлотне) и укупне годишње утрошене примарне енергије у електрани за комбиновану производњу, а према формули:

$$\eta = \frac{E_{kop}}{E_{np}} \times 100\% \quad (1)$$

где су:

η - укупни годишњи степен корисности

$E_{kop}[MJ]$ - $3600 \times E \times T$ - укупна годишња нето произведена енергија (електрична и топлотна);

$E[MWh]$ - нето годишња производња електричне енергије електране;

3600 - однос енергетских вредности [W] и [J]

$T[MJ]$ - нето годишња производња топлотне енергије електране (уколико постоји);

$E_{np}[MJ]$ - укупна годишња утрошена примарна енергија електране.

Као репрезентативан пример овакве електране (топлане) узет је пример нове топлане у оквиру ЈКП Топлане Лозница која треба да се изгради у току 2012. године [5]. На основу захтева из пројектног задатка усвојен је когенерацијски модул произвођача *Cummins QSK 60G* са следећим техничким подацима:

Електрични излаз	(+/-3%)	kW	1160	39,0%
Топлотни излаз	(+/-7%)	kW	1442	48,5%
Топлотни добитак од уља и расхладне течности	(+/-7%)	kW	718	24,1%
Топлотни добитак од издувних гасова	(+/-7%)	kW	724	24,3%
Масени утросак горива		kg/hr	238	
Запремински утросак горива		nm ³ /hr	308	
Ваздух потребан за сагоревање		nm ³ /hr	5750	

Ваздух потребан у простору (укључујући и сагоревање)	nm ³ /hr	40100	
Количина издувних гасова	nm ³ /hr	6059	

На основу усвојеног когенерацијског модула може се израчунати укупни степен корисности постројења.

Годишњи рад когенератора је 4000 сати, према пројектном задатку. Годишња производња топлотне енергије је:

$$T = 1.442MW \times 4000h \times 3600s = 20764800[MJ]$$

Годишња производња електричне енергије је:

Потрошња котларнице је:

E_{kot} - Инсталирана снага $\times$ коефицијент истовремености (MW)

$$E_{kot} = 0.6MW \times 0,6 = 0,36[MW]$$

при чему се добија

$$E = (1.160MW - 0.36MW) \times 4000h \times 3600s = 11520000[MJ]$$

Годишња утрошена примарна енергија је:

$$E_{np} = 308m^3 / h \times 34.15MJ / m^3 \times 4000h = 42072800[MJ]$$

Укупни годишњи степен корисности је:

$$\eta = \frac{20764800 + 11520000}{42072800} \times 100\% = 76.74\%$$

што задовољава захтеве Уредбе о условима за стицање статуса повлашћеног произвођача електричне енергије и критеријумима за оцену испуњености тих услова.

Даље се може закључити да је годишњи степен корисности, ако је продукт топлане само топлотна енергија, око 49 %. Може се видети да когенеративно постројење у овом случају има већу искоришћеност за 37%. Према томе, когенеративно постројење у општем случају је енергетски ефикасније од 35 до 45 %.

Годишња емисија CO_2 у когенеративном постројењу у Лозници према грубој процени је нешто преко 3300 кг за годину дана. Ако се узме у обзир да је годишња емисија CO_2 из термоелектрана у Србији од 35 до 40 милиона тона може се рећи да су когенеративна постројења врло ефикасна и врло мало оптерећују животну средину.

Избегнута емисија CO_2 има и своју тржишну вредност. Према усвојеној шеми трговине емисијама у Европској Унији, тржишна вредност емисија се кретала од 5 до 30 € по тони избегнуте емисије CO_2 . Имајући у виду могуће финансијске ефекте остварене избегавањем емисија CO_2 могуће је утврдити вредност која би била остварена повећањем енергетске ефикасности применом когенерације.

8. ЗАКЉУЧАК

Савремени когенерациони системи постижу ефикасност и до 90%. Когенерација користи отпадну топлоту, која увек настаје приликом добијања електричне енергије, чиме се спречава њено испуштање у атмосферу. Приликом конвенционалних начина добијања електричне енергије, готово две трећине енергетског улаза се губи на овај начин.

Когенерација може да искористи већину те (иначе изгубљене) топлотне енергије, чиме се добија знатно боља искоришћеност горива и значајне уштеде, што све резултира у енергетској уштеди од 20 до 40%. Сви извори загађења природне средине могу се искористити као енергенти. Онда се такве материје не би сливале у реке, одлазиле у атмосферу и загађивале човекову средину, већ се у енергетским централама претварају у енергију.

Овакав начин добијања електричне енергије је три до четири пута ефикаснији, профитабилнији и еколошки чистији од производње у термоелектранама и топланама. Нарочито се исплати коришћење овако произведене енергије у индустрији.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.znanje.org/i/i25/05iv02/05iv020524fll/zavrsono02.htm>
- [2] Драган Марковић, Процесна и енергетска ефикасност, Универзитет Сингидунум, Београд, 2010.
- [3] Миланка Васић, Когенерација – ефикасније до енергије, Грађевинско-архитектонски факултет у Нишу, 2009.
- [4] <http://www.esco.rs/kogeneracija.html>
- [5] Топлана Лозница – проширење котларнице, Термогама, Крагујевац, 2011.