

Факултет инжењерских наука у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Примењена механика и аутоматско управљање

Предмет: Механика флуида

Број индекса: 69/2010

Жељко С. Крстић

**Истраживање могућности увођења когенерације и
повећање енергетске ефикасности затвореног базена
Спортског центра Парк у Крагујевцу**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Слободан Савић – ментор

Датум одбране: 23. 09. 2013.

2. _____

Оцена: _____

3. _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба:

- да се упозна са термином когенерације, њеном применом, предностима и манама,
- да објасни конверзије когенерационих постројења применом парних и гасних турбина као и употребом нових технологија,
- да истражи могућности увођења когенерације у циљу повећања енергетске ефикасности затвореног базена СЦ Парк у Крагујевцу и
- коришћењем програмског пакета RETScreen дође до најприхватљивијег и енергетски најефикаснијег решења.

Препоручена литература:

[1] http://www.retscreen.net/ang/g_combine.php.

[2] Вуловић, А., Јовановић, Н., Савић, С., Гордић, Д., Неке могућности повећања енергетске ефикасности затвореног базена спортског центра Парк у Крагујевцу, 7. Национална конференција о квалитету живота, Фестивал квалитета 2012, Крагујевац, 2012, 7-9. јун, pp. Б 73-Б 76.

[3] Вуловић, А., Јовановић, Н., Савић, С., Гордић, Д., Шуштершич, В., Увођење система тригенерације у циљу уштеде енергије, Трактори и погонске машине, Vol. 17, No. 4, pp. 102-110.

РЕЗИМЕ

У раду је истраживана могућност увођења когенерације у циљу повећања енергетске ефикасности затвреног базена спортског центра Парк у Крагујевцу. Готово увек трошкови загревања просторија и воде код оваквих објеката, посебно у зимском периоду, превазилазе зараду па се зато дотирају из градских буџета. Такво стање је веома неисплативо и као такво, дугорочно није одрживо.

У првом делу овог завршног рада дате су напомене о самој когенерацији и показани различити начини функционисања когенерације у зависности од когенеративног система. У другом делу приказано је прорачунско решење које је добијено коришћењем програма RETScreen.

Кључне речи: енергија, когенерација, ефикасност, RETScreen.

ABSTRACT

This paper investigates the possibility to implement a cogeneration system in order to increase energy efficiency of the indoor swimming pool at the Sports Centre Park in Kragujevac. The costs of heating the water and the facilities exceed the income, especially in wintertime; therefore they are most commonly subsidized from the city budget. This is highly unprofitable, and as such unsustainable as a longterm condition.

The first part of the paper introduces cogeneration and explains different ways to implement cogeneration depending on the cogeneration system. The second part of the paper presents numerical solutions obtained using RETScreen software.

Key words: energy, cogeneration, efficiency, RETScreen.

САДРЖАЈ

1. УВОД	6
2. КОГЕНЕРАЦИЈА	7
2.1 Предности и препреке когенерације	10
2.1.1 Предности когенерације	10
2.1.2 Препреке за когенерацију	12
2.2 Когенерација у Србији	13
2.3 Когенерацијска постројења	14
3. ТУРБИНЕ	16
3.1 Гасне турбине	17
3.1.1 Компресор	18
3.1.2 Комора за сагоревање	19
3.1.3 Турбина	20
3.1.4 Предности и недостаци	21
3.2 Парне турбине	21
3.3 Мотори са унутрашњим сагоревањем	22
3.3.1 Когенерациона постројења са комбинованим циклусима	23
3.4 Нове технологије	24
3.4.1 Стерлингови мотори	24
3.4.2 Микротурбине	25
3.4.3 Гориве ћелије	26
4. СОФТВЕРСКИ ПАКЕТ RETScreen	27
4.1 Радни лист (Start)	28
4.2 Радни лист (Load & Network)	29
4.3 Радни лист (Energy model)	31

4.4 Емисиона анализа (<i>Emission Analysis</i>)	33
4.5 Финансијска анализа (<i>Financial Analysis</i>)	34
5. ЗАКЉУЧАК	37
6. ЛИТЕРАТУРА	38

1. УВОД

Енергетска криза последњих година узима велики замах и она се огледа у климатским променама и не тако далеком нестанку фосилних горива што резултира поскупљењем енергената на тржишту. Као одговор овом проблему, дошло је до промена у енергетској политици чиме се тежи проналажењу алтернативних извора енергије и побољшању ефикасности постојећих решења. Поводом тога Европска унија (ЕУ) је донела низ закона којима подстиче прелазак на енергију са малом емисијом CO_2 , односно поставља обавезујући циљ од 20% удела обновљивих извора енергије (соларна енергија, биомаса, енергија ветра итд.) до 2020 године.

У савременом свету непрекидно расте потрошња енергије. При томе потрошња електричне енергије расте брже од потрошње других облика енергије, будући да је она веома погодна за коришћење, јер се може претворити у сваки други облик енергије. Растућу потрошњу електричне енергије задовољава њена производња трансформацијом механичке енергије воде (хидроелектране), експанзијом паре или гаса произведених сагоревањем фосилних горива (термоелектране), или фисијом нуклеарног горива (нуклеарне електроане). Како је у структури извора електричне енергије у свету доминантно учешће термоелектрана на фосилна и друга горива, укупна ефикасност трансформације примарне енергије у електричну енергију је врло мала. С друге стране, производња топлотне енергије за грејање и технолошке потребе обавља се у котловима на угаљ, течна или гасовита горива уз губитке од 10 – 20% у зависности од врсте горива и капацитета котлова. Когенерацијом се у једном постројењу истовремено добијају и електрична и топлотна енергија, па су укупни губици примарне енергије садржане у гориву мањи него када се њихова производња обавља у одвојеним постројењима.

Принцип когенерације је познат прилично дуго. Још почетком двадесетог века когенерациона постројења су снабдевала топлотом и стужом домаћинства и фабрике. Предности когенерацијских постројења у односу на класична постројења са одвојеним снабдевањем електричне и толотне енергије видљиве су ако се упореде губици који настају при производњи енергије у оба система.

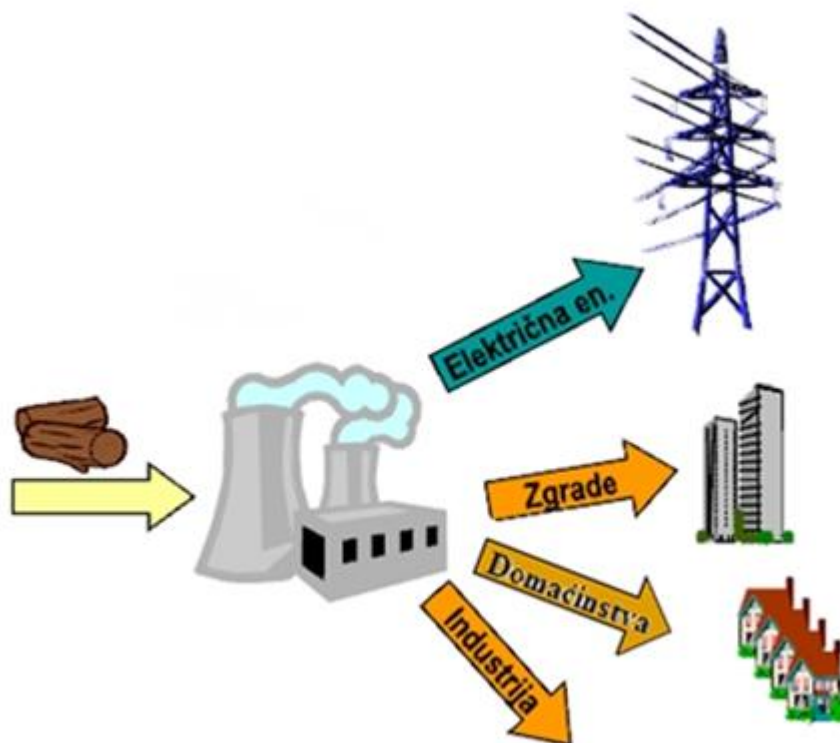
Когенерација (често се користи и израз комбинована производња топлотне и електричне енергије на енглеском Combined Heat and Power, CHP) представља производњу електричне енергије са истовременим коришћењем отпадне топлоте. Притом се топлотна енергија може користити у разним процесима као што су процеси грејања и хлађења.

2. КОГЕНЕРАЦИЈА

Когенерација се може дефинисати као процес коришћења примарне енергије горива за производњу два корисна енергетска облика: топлотне енергије и корисног рада. Добијени корисни рад користи се најчешће за производњу електричне енергије, док се произведена топлотна енергија користити у технолошким процесима, процесима грејања или хлађења.

Когенерација је такође производња електричне енергије из отпадне топлоте било ког термичког процеса. Процес се одвија са максималним искоришћењем хемијске енергије горива, тј. смањењем губитака, али је предуслов за то велики број радних сати током године.

У литератури се когенерација често означава и као ЦХП процес (скраћеница од Combined Heat and Power - комбиновање топлоте и снаге).

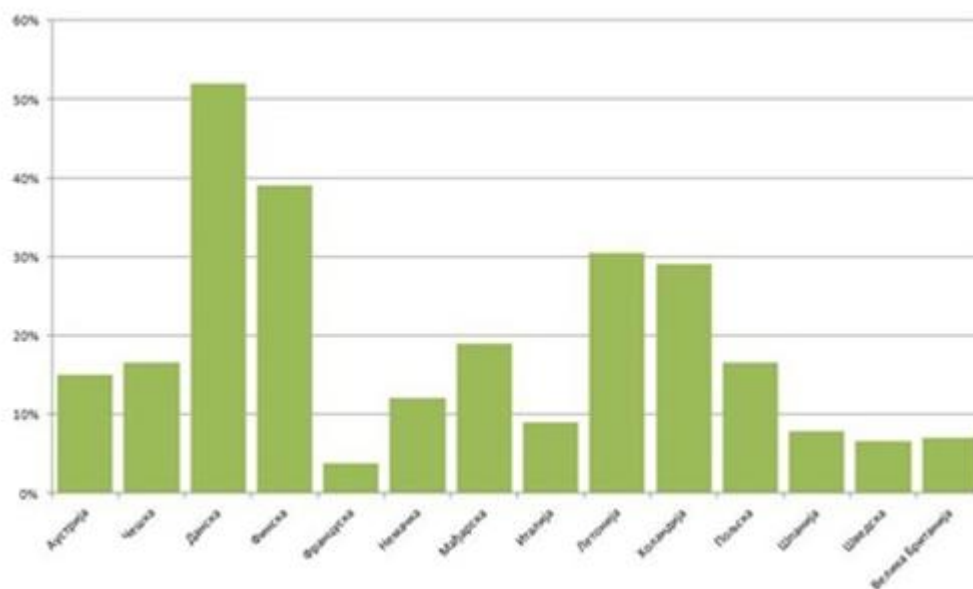


Слика 1. Когенерацијски процес

На слици 1, илустровано је како ради когенерацијски процес. Као гориво је употребљено дрво, а као резултат ЦХП процеса је електрична енергија и топлотна енергија која се примењује у индустрији или за грејање зграда и домаћинстава.

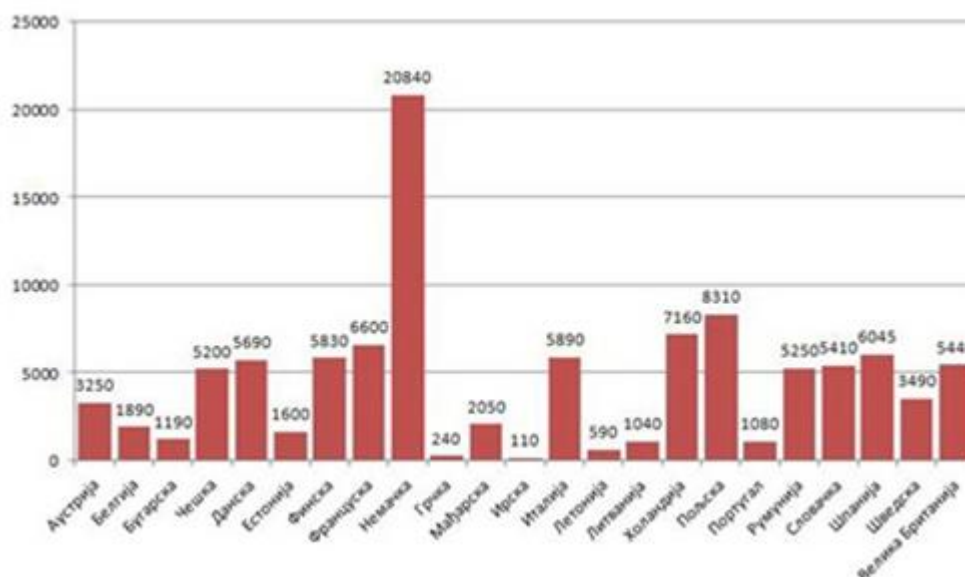
Когенерација не мора бити заступљена само у неком индустријском постројењу, већ се може извести и у домаћинству или као нека мања производна јединица. Код овог случаја когенерације, гориво се не троши само за грејање, већ се део енергије горива користи и за производњу електричне енергије. Та електрична енергија се користи за потребе домаћинства али, уколико се потребе домаћинства подмирују са мањом енергијом него што је произведена, тај вишак енергије се уз допуштање надлежних може продати или вратити у мрежу. На овај начин би већина домаћинстава били мале електроцентрале.

Овакав вид когенерације је и био циљ ЕУ која је донела цео један пакет закона, како би подстакла земље чланица да што више користе овакав начин стварања енергије. Неке земље чланице ЕУ су прихватиле ово и у њима је удео когенеративних постројења у енергетском сектору веома велики (Данска 51%, Холандија 29%, Финска 39%, Летонија 30%), док је у неким државама то мали удео (Француска, Грчка, Ирска).



Слика 2. Удео когенерације у укупној производњи електричне енергије у неким земљама Европске уније

Према подацима из 2008. године од укупне произведене електричне енергије, само око 10% је произведено из когенеративних постројења. Само у неколико земаља (Данска, Финска, Естонија и Аустрија) постоји значајнији удео когенеративних постројења у производњи снаге и то између 30% и 50% од укупне произведене снаге (слика 2). Свака од ових земаља је имала сопствени приступ за решавање проблема производње, али свим земљама са успешним ЦХП тржиштима, заједничка је Влада политика која је фокусирана на снабдевање електричном и топлотном енергијом. На слици 3 приказани су инсталирани капацитети за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије у неким земљама ЕУ.



Слика 3. Инсталирани капацитети [MW] у земљама ЕУ

Немачка је земља са највише инсталираних капацитета у ЕУ, али у укупном уделу произведене електричне енергије то чини негде око 12%. Удео когенерације у укупној производњи електричне енергије у појединим земљама ЕУ приказан је на слици 3.

2.1. ПРЕДНОСТИ И ПРЕПРЕКЕ КОГЕНЕРАЦИЈЕ

2.1.1 Предности когенерације

Задовољавање све већих енергетских потреба у будућности, уз моралан однос према околини као и располагање природним ресурсима с циљем привредног развоја и цивилизацијског напретка, изискује градњу нових енергетских постројења, уз све строже захтеве за употребом енергије, рационализацију инвестицијских улагања и заштиту животне средине.

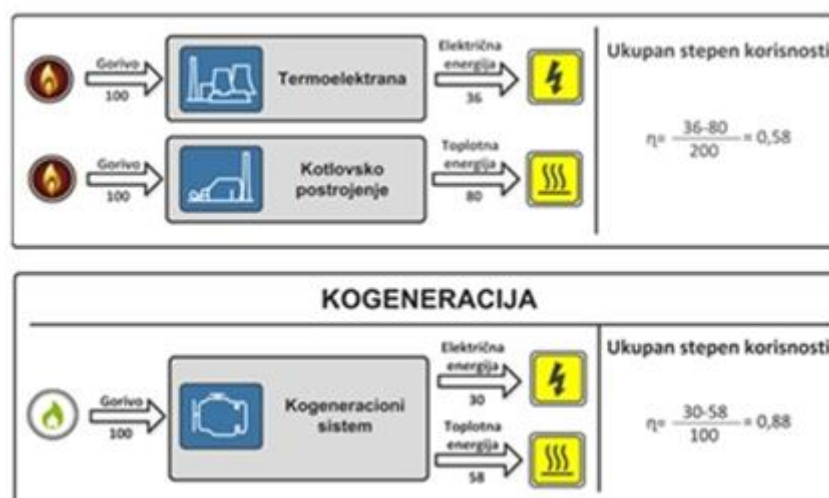
Тако је пред енергетичаре постављен задатак проналажења начина за производњу енергије уз највишу могућу енергетску ефикасност, користећи најновије расположиве технологије и еколошки прихватљива горива на крајње рационалан начин. Когенеративни процеси су управо таква технологија која испуњава све набрајане услове.

Примена когенерацијских система се првенствено разматра због њихове високе енергетске ефикасности, али и због еколошких и економских предности. Укупни степен ефикасности ових постројења (топлотна ефикасност) у неким случајевима износи и преко 90%, па се може констатовати да, у односу на остале системе, когенерација представља најефикаснији облик претварања енергије, како са енергетске тачке гледишта, тако и са аспекта заштите животне средине. Когенерацијском производњом смањује се утицај на околину по свим аспектима, а посебно се смањује емисија CO и CO₂.

Најзначајније предности когенерацијске производње у односу на одвојену производњу електричне енергије у класичној електрани и топлоте у котловима показује 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 средину, јер из високе енергетске ефикасности мање потрошње примарног енергента произлазе мања емисија штетних материја, мања количина отпадне топлоте и нижи ниво буке,
- релативно мала улагања у односу на позитивне карактеристике и исплативост за неколико година,
- кратак рок изградње због пакетне варијанте агрегата и претходно фабричких склопљених елемената, и
- једноставнији пут добијања разних дозвола, нарочито за случај индустријских погона или неког јавног објекта.

Предности когенерацијских система, у односу на класичне системе с одвојеним снабдевањем електричном и топлотном енергијом, видљиве су ако се међусобно упореде губици који настају при производњи енергије у оба посматрана система. Такво поређење когенерацијске и одвојене производње енергије, са становишта степена корисности, дато је на слици 4. Степен корисности термоелектране, која производи само електричну енергију, за 100 горивних јединица, је 36%. Степен корисности котловског постројења, које даје топлотну енергију, такође за 100 горивних јединица, је 80%. Збиром ова два степена корисности, за 200 горивних јединица, колико је потребно сваком од ових постројења, добија се 58%. С друге стране, код когенерације се од 100 горивних јединица на електричну енергију одваја 30% а на топлотну 58%. То је мање него што термоелектрана и котловско постројење дају посебно, при чему је укупан степен корисности 88%. То је зато што се код когенерације уталожило само 100 горивних јединица. Треба истаћи да је овакав степен корисности когенерацијског постројења само у режиму рада при којем се уталожи сва топлотна енергија произведена у систему.



Слика 4. Поређење когенерације и одвојене производње енергије

Основна предност когенерације је повећана ефикасност у односу на електране које служе само за производњу електричне енергије или индустријске системе који служе само за производњу паре или топле воде за техничке процесе.

Когенерација има значајну улогу као дистрибуирани извор енергије због позитивних учинака, као што су: мањи губици у мрежи, смањење загушења у преносу, повећање квалитета напона и повећање поузданости снабдевања електричном енергијом. Уз све наведено, смањен је и штетан утицај на околину.

2.1.2 Препреке за когенерацију

Иако постоји велики потенцијал за когенерацијску производњу, препреке су и даље присутне. Најзначајније су:

- изостанак јасно дефинисаног и једноставног поступка прикључења на мрежу, као и грађевинско-техничке процедуре изградње когенерацијског постројења,
- неповољан однос цена електричне енергије и горива који подстиче коришћење електричне енергије,
- непостојање утврђивања и поступка стицања права продаје као и износа откупне цене за вишак електричне енергије,
- недовољна заинтересованост и разумевање финансијских институција за финансирање пројеката и когенерације,
- изостанак специјалног образовања и оспособљавања стручњака за услуге консултовања о енергетској ефикасности, због које је слабо разумевање примене когенерације у погледу задовољавања корисних термичких потреба,
- информисање и едукација потенцијалних корисника,
- спора динамика доношења и имплементација закона а посебно непостојање специфичног законског акта за когенерацију у којем би се целокупна проблематика могла системски дефинисати.

2.2. КОГЕНЕРАЦИЈА У СРБИЈИ

Примена когенерације у Србији могла би 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 у Србији.

Недавно је из Министарства рударства потекла иницијатива да се испитују могућности когенерације, што би Србији могло да донесе значајне количине електричне енергије. Овај процес могао би да буде применљив и у термоелектранама и у топланама, наравно уз ревитализацију постројења. Тренутно се приликом производње електричне енергије ствара топлотна енергија, али се она не искоришћава, већ се предаје у околину, што, између осталог, ствара и еколошку штету због загревања.

Међутим, према прорачунима на основу производње термоелектрана у 2006. години, када би се применила когенерација на постојеће термоелектране на угаљ, произведена топлота у Србији би практично била утростручена, што би, осим могућности да се прошири број корисника централног грејања, донело и приличне уштеде.

Инсталисана снага свих постојећих система даљинског грејања у Србији приближно је 5.971 MWh, а за њихов петомесечни рад по 12 сати дневно и са пуном снагом потребно је 10.650 GWh. Следи да би „отпадна“ топлота термоелектрана била довољна скоро за утростручавање капацитета система даљинских грејања у Србији.

Треба напоменути много извеснију могућност покретања когенерације у топланама. Наиме, према истом прорачуну, прелазак система топлана даљинског грејања на когенерационе режиме донео би повећање инсталисане електричне снаге између 2 и 3,4 GW. Србији тренутно недостају две електране по 700 MW, односно 1,4 GW, што значи да би примена когенерације на постојеће топлане у 45 српских градова омогућила добијање више енергије него што ће у наредним годинама бити потребно.

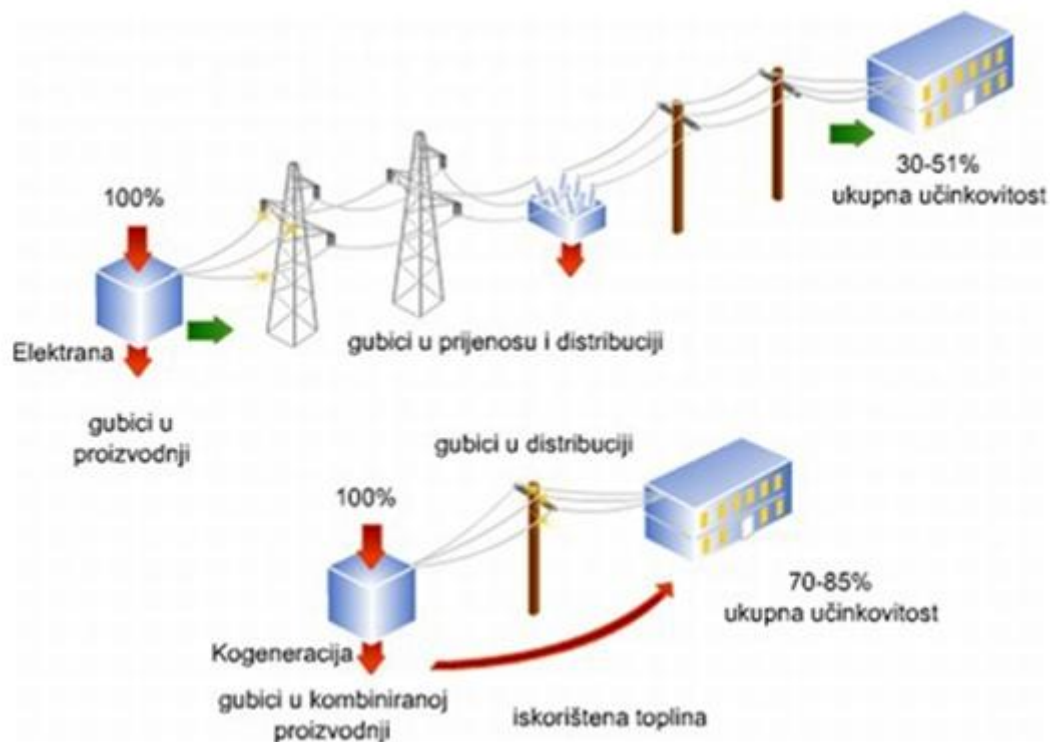
2.3. КОГЕНЕРАЦИЈСКА ПОСТРОЈЕЊА

Когенерацијска постројења су постројења у којима се одвија процес когенерације. Код когенерацијских постројења користе се директни и индиректни поступци конверзије хемијске енергије у електричну и топлотну енергију.

За директне поступке се користе: парне и гасне турбине, мотори са унутрашњим сагоревањем (Ото, Дизел мотори). За ову врсту поступка користе се и разне врсте горивих ћелија.

Према инсталисаној снази когенерациона постројења се деле на:

- 1) когенерацијска постројења инсталисане снаге искључиво до 1MW, прикључена на дистрибутивну мрежу: микро когенерација (до 50 KW) и мини когенерација (од 50 KW до 1 MW),
- 2) когенерацијска постројења инсталисане снаге већ од 1MW, прикључене на преносну или дистрибутивну мрежу: средња когенерација (од 1 MW до 25 MW) и велика когенерација (25 MW и више),
- 3) индивидуална когенерацијска постројења која нису прикључена на преносну или дистрибутивну мрежу.

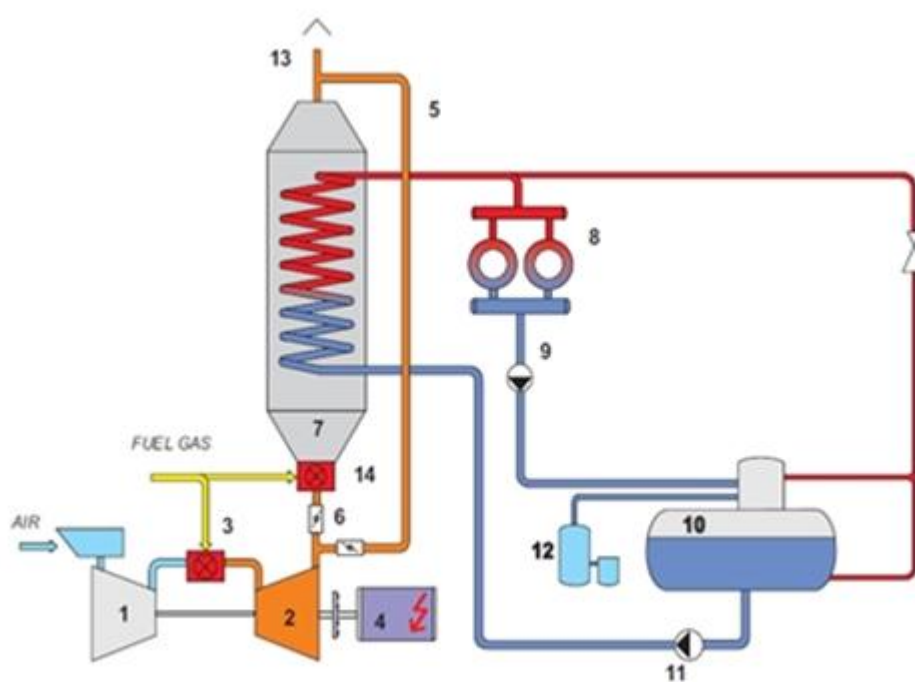


Слика 5. Губици у преносу и дистрибуцији

За индиректно претварање користе се:

- мотори с унутрашњим сагоревањем,
- гасне турбине,
- парне турбине.

Постројења са гасним турбинама, као главном погонском машином у когенеративном циклусу, постижу највећи степен ефикасности и имају највећи степен искоришћења и то до 90% од укупне енергије. Дакле, овај систем максимизира степен енергетске ефикасности кроз истовремену производњу снаге и топлотне енергије. Типична шема једног когенеративног постројења на бази гасне турбине са искоришћењем отпадне топлотне енергије приказана је на слици 6.



Слика 6. Шема гасне турбине са когенерацијом

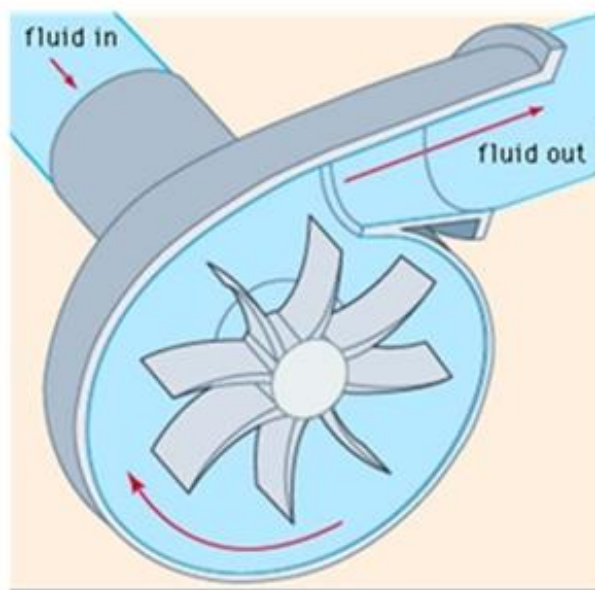
Ваздух (air) долази у компресор (1) и ту му се повећава радни притисак, затим одлази у комору за сагоревање (3) у којој се врши сагоревање горива (fuel gas). Турбина (2) користи продукте сагоревања тако што кинетичку енергију претвара у механичку енергију вратила, које погони електрични генератор (4).

Помоћу регулационих вентила (6) одређује се однос произведе снеге и топлоте. Вау-пас издувни канал (5) заједно са димњаком (13) одводи издувне гасове. Котао за издувне гасове (7) служи да би загрејао воду која долази из напојног резервоара (10).

Вода се припрема (12), а до котла, где се греје, долази помоћу напојне пумпе (11). Када вода изађе из котла, предаје топлоту потрошачима (8). Да би се вода вратила у резервоар потребна је још једна пумпа (9). Уколико је потребно да температура у котлу буде већа, постоји горионик за додатно ложење (14).

3. ТУРБИНЕ

Турбина (лат. *turbo* - вртлог, вихор) је ротациона машина која претвара кинетичку енергију радног флуида у механички рад. Ово претварање врши се у лопатицама ротора. Радни флуид (гас или течност) под дејством кинетичке енергије удара у лопатице ротора и окреће их (слика 7).



Слика 7. Принцип рада турбине

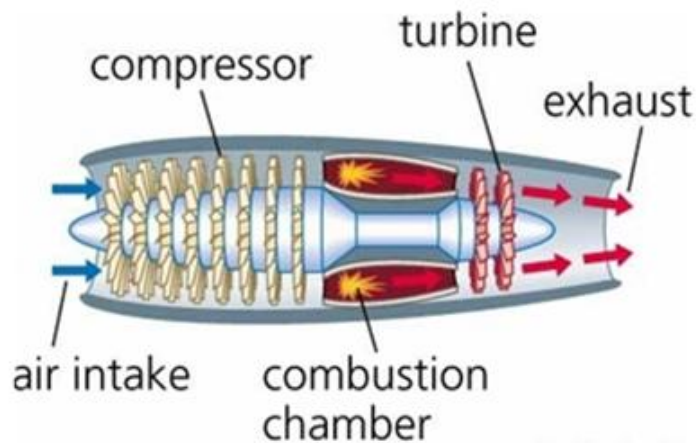
Ротор је везан за вратило, па ротор окреће и вратило, које погони неку другу машину (најчешће електрични генератор). Основне предности турбина су континуалан и сигуран рад, веома дуг експлоатациони век и масовна примена у свим областима привреде. Оне се користе за производњу електричне енергије, у свим електранама (хидро, електро, нуклеарним). Турбине су део свакодневнице, има их у аутомобилима, авионима, термо-енергетским постојењима итд.

Турбине могу да се поделе на хидрауличне и топлотне. Код хидрауличних радни флуид је течност, која се у техничкој примени сматра нестишљивим флуидом. То значи да се радна температура и густина течности, од улаза до излаза хидрауличне машине, мало мењају.

Код топлотних турбина, кроз усмерне органе протиче стишљиви флуид, пара или гас. За разлику од нестишљивих флида, стишљиви мењају своју густину и радну температуру док пролазе кроз турбину. Топлотне турбине, у зависности од врсте гасовитог радног флуида чија се струјна енергија претвара у механичку, деле се на парне и гасне.

3.1. ГАСНЕ ТУРБИНЕ

Гасне турбине (слика 8) претварају у механички рад струјну енергију гасовитих продуката сагоревања течног или гасовитог горива у компримованом ваздуху. Извори струјне енергије за гасну турбину су тзв. коморе за сагоревање (combustion chambers), у које се помоћу високопритисних турбокомпресора (compressor) убацује компримован ваздух и убризгава гориво. У коморама за сагоревање распршено гориво сагорева у компримованом ваздуху, услед чега притисак и температура продуката сагоревања нагло расту. Гасовити продукти сагоревања се, затим, уводе у турбину (turbine) у којој се струјни рад гасовитих продуката сагоревања претвара у механички рад. Део произведеног механичког рада користи се за погон високопритисног турбокомпресора који је спрегнут са гасном турбином и снабдева је компримованим ваздухом, а део рада се користи за погон електрогенератора, или пропелера.



Слика 8. Шема гасне турбине

Разлози рационалног односа према енергији условавају да се гасовити продукти сагоревања, након изласка из гасне турбине, користе за предгревање свежег ваздуха који се високопритисним турбокомпресором убацује у коморе за сагоревање, или, као извор топлоте, за даљу употребу.

Опсег снага гасних турбина је велики; од неколико KW - такозване микротурбине, па све до неколико стотина MW (као турбине које се користе у електранама). Гасне турбине раде на фреквенцијама од 50 или 60 Hz.

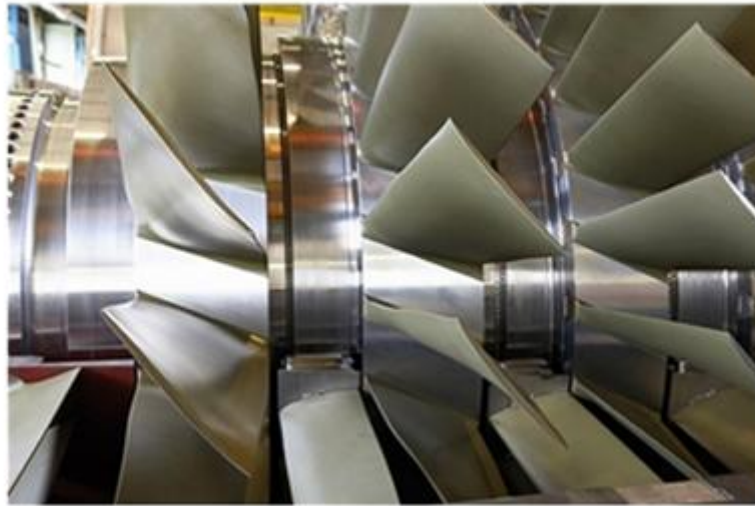
Историјски развој гасне турбине започео је Џоном Барбером (John Barber). Он је у Енглеској 1791. године први патентирао гасну турбину. Међутим, због технолошких проблема, никада није направљен ефикасан прототип. Прво приближавање новијем схватању гасне турбине дао је Штолце својим патентом 1872. године. Међутим, неуспех овог патента се приписује неефикасности аксијалног компресора. Сер Френк Витл патентирао је своју турбину 1930. године, за млазни погон летелице, засновану на радовима ранијих истраживача (први успешан тест његове турбине изведен је 1937. године). Раул Патерас патентирао је 1934. године машину са слободним клиповима - генератор гаса за гасну турбину (верзија са спољним сагоревањем). Прва гасна турбина на свету за погон генератора електричне струје произведена је 1939. године у Brown Boveri компанији, Нојшател, Швајцарска. Од тада гасне турбине стално налазе нове примене у различитим областима.

Све чешће се гасна турбина користи као погонска машина на локомотивама, аутобусима, аутомобилима, мотоциклима, хеликоптерима, бродовима, за погон електричних генератора, код авионског мотора итд. Разлог за све шири домен примене гасне турбине је њен однос снага/маса - мале димензије, а велика излазна снага је њена главна компаративна предност пред клипним моторима. Иако нису толико добре у одзиву на промену радног режима и нису ефикасне као клипни мотори, турбине се све више уграђују у моторна возила, а посебно возила хидбридног (комбинованог) погона.

Термодинамички циклус по коме ради постројење у коме дејствује гасна турбина назива се Џуловим (Joyle) циклусом.

3.1.1 Компресор

Компресор (слика 9) је сачињен од неколико редова ротирајућих лопатица и неколико редова непокретних лопатица које усмеравају ваздух у следећи ред ротирајућих лопатица, слика 8. Први ред ротирајућих лопатица убрзава ваздух који, прелазећи преко њихових иваца, одлази ка првом реду непокретних лопатица. Ваздух преко првог реда непокретних лопатица прелази и иде право на други ред ротирајућих лопатица, и тако даље, кроз остале делове компресора. Сваки део компресора има свој ротирајући и статични део.

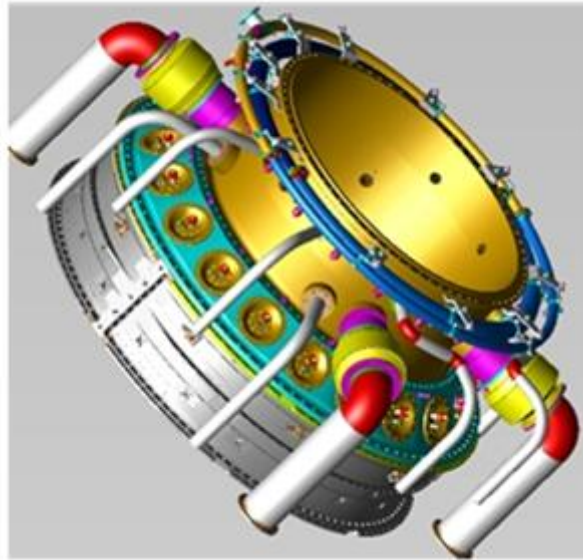


Слика 9. Компресор гасне турбине

3.1.2 Коморе за сагоревање

У коморама за сагоревање (слика 10) сагорева мешавина горива и ваздуха а продукти сагоревања се прослеђују турбини на температури која је у опсегу одређена дизајном. Гориво се убризгава на горњем крају горионика, а дизне за гориво могу бити једноставнијег типа (испоручују само гасовито или само течено гориво), или могу бити дизајниране тако да могу да пропуштају гасовито или течено гориво у различито време. Док су неке од гасних турбина ”двострука по питању горива”, оне могу да сагоревају мешавину гасног и течног горива. Температуре пламена око 600°C нису ретки у моторима авиона високих перформанси.

Ваздух за хлађење обара ове температуре на вредности које лопатице турбине могу да издрже. Ваздух који се користи за спаљивање горива назива се примарни ваздух а ваздух за хлађење секундарни (контролише се и усмерава се помоћу отвора који су на коморама за сагоревање).



Слика 10. Комора за сагоревање гасне турбине

3.1.3 Турбина

Кинетичка енергија гасова која улази у турбину се претвара у механичку снагу вратила, која се затим користи за погон компресора и осталих система (преко зупчаника, каишева...). Данас се ове турбине углавном аксијалног типа. Неки произвођачи, међутим, користе и радијални тип турбина. Радијална турбина је јефтинија, једноставнија и лакша за производњу од турбине са аксијалним протоком. У случајевима у којима се турбина користи код тенкова или у електранама, издувни гасови се не користе већ се избацују кроз издувне цеви. Уколико се гасне турбине користе у когенеративним постројењима, издувни гасови пролазе кроз неку врсту размењивача топлоте да би предали топлоту у неке друге сврхе или да загреје ваздух пре него што поново уђе у компресор.

Овде нису узети у обзир остали делови, као нпр. лежајеви, систем подмазивања, унутрашња структура турбине, структура лопатице итд. Ове области постају главни инжењерски проблеми услед високих температура, притисака и велике брзине обртања унутар турбине. Међутим, основни принцип који је овде описан, важи за све гасне турбине.

3.1.4 Предности и недостаци

Још увек су мање гасне турбине скупље од клипних мотора. Серијска производња клипних мотора појефтиније моторе упркос великом броју делова, посебно покретних. Како се гасне турбине буду више примењивале, тако ће њихова цена практично опадати.

Предности гасних турбина у односу на остале погонске машине су:

- веома висок однос снага/маса,
- мањи габарити у односу на остале погонске машине исте снаге,
- кретање у само једном правцу, са много мање вибрација,
- мање покретних делова,
- нижи радни притисак,
- већа радна брзина,
- нижа цена подмазивања и мања потрошња уља.

Осим набројаних предности, гасне турбине имају и одређене недостатке, у поређењу са осталим погонским машинама:

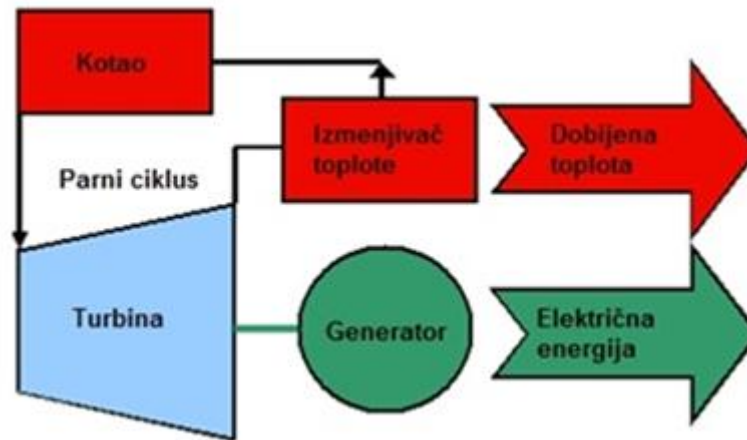
- висока цена,
- мањи коефицијент корисног дејства, посебно на нижим режимима рада и празном ходу,
- дуже време потребно за стартовање,
- слабији и спорији одзив на захтев за променом радног режима.

3.2. ПАРНЕ ТУРБИНЕ

Парна турбина припада групи топлотних мотора, попут мотора с унутрашњим сагоревањем, који претварају топлотну енергију у механички рад. Парне турбине се користе у комбинованим процесима у различитим комбинацијама, али по правилу уз гасне турбине и додатке за додатно ложење и проиводњу паре високог притиска. Резултат оваквог приступа је већа електроенергетска карактеристика и већа ефикасност целог постројења.

Оне увек раде у оквиру парног постројења, у коме улогу извора струјне енергије водене паре има ложиште котловског постројења. У ложишту се производи топлота која у котловском постројењу претвара воду у водену пару. Водена пара високе температуре и

притиска води се из котла у парну турбину, у којој врши механички рад, а затим даље, са смањеном струјном енергијом користи у технолошким процесима. У конвекционалним парним електранама високопритисна пара експандира у парној турбини и као нископритисна пара одлази у кондезатор. Када се парне турбине користе као когенерацијска технологија, пара се може користити директно за потребе процеса индустрије, или се може преко измањивача топлоте даље користити за потребе грејања објекта.



Слика 11. Принцип когенерације са парном турбином

Вода се загрева и испарава у котлу где, помоћу грејача достиже жељену температуру. Даље пара из котла иде у турбину која покреће генератор за производњу електричне енергије. У кондезатору се експандирана пара кондезује, одакле јој се даље повећава притисак помоћу пумпе за напојну воду. Након тога пара се, даље преко пумпе поново шаље у котлао где се циклус затвара. Као медијум за хлађење у кондезатору се обично користе вода или ваздух, чији део топлоте остаје неискоришћен.

3.3 МОТОРИ СА УНУТРАШЊИМ САГОРЕВАЊЕМ

Клипни мотори који се користе у когенерацију су мотори са унутрашњим сагоревањем и раде на истом принципу као и бензински и дизел мотори у аутомобилима. Иако је систем концептуално сличан гасној турбини, постоје битне разлике. Клипни мотори постижу већу енергетску ефикасност, али је теже коришћење топлотне енергије коју произведе, јер је она, углавном, на нижим температурама и расута између издувних гасова и система за хлађење мотора.

Постоје две врсте мотора, сврстане по начину паљења, а то су Ото и Дизел.

Мотори који немају спољни извор паљења горива (ДИЗЕЛ) користе се обично за велике когенерације, а углавном су четворотактне машине са директним убризгавањем, опремљене турбомерачем и међухладњацима. Дизел мотори могу да раде са лож уљем, мазутом и природним гасом. Мотор је, заправо, у двојном моду горива пошто мала количина уља за ложење (око 5% уноса топлоте) мора да се убризгава са гасом да би се осигурало паљење. Мотор може да ради са гасом само ако му је обезбеђено непрекидно снабдевање гасом.

Ефикасност им је од 35 – 45% а излазни опсег је до 15 MW. Расхладни системи су сложенији него код мотора који се пале преко варнице и температуре су ниже од 80 °C, чиме се ограничава излазна топлота. Нивои вишка излазног ваздуха су велики.

Мотори који се пале на варницу (ОТО) представљају деривате њихових еквивалентних дизел мотора. Они, такође, могу користити издувне гасове у сврху прикупљања топлоте. Ефикасност је нижа него код мотора који се пале на компресију, између 27 – 35%, а излазни опсег ограничен на максималних 2 MW. Нови мотори немају комору и оне се називају конвенционални. Мотори са преткомором имају ефикасност 44%. Степен корисности мотора који се пале на варницу износи 83% и мало је мањи него код дизел мотора. Они су погодни за мање једноставније инсталације, често где се топлота хлађења и издувних гасова каналише заједно са отпадном топлотом котла, обезбеђујући ниску или средњу температуру воде.

3.3.1 Когенерацијска постројења са комбинованим циклусима

Неки велики системи (излазна снага генерално већа од 3MW) користе комбинацију гасне турбине и парне турбине, где се врели издувни гасови из гасне турбине користе за производњу паре за парне турбине. Ово се назива комбиновани циклус.

Системи комбинованих циклуса гасне турбине (ЦЦГТ) су усвојени од стране јавних комуналних предузећа за залихе природног гаса у изобиљу о чему сведочи и чињеница да су веч изграђене електране снаге до 1800 MW.

У когенерационој примени ЦЦГТ, издувна или пропуштена пара из парне турбине се користи за даљи поступак или друге могућности грејања. Главна предност ЦЦГТ когенерације је њена већа укупна ефикасност у производњи електричне енергије, у поређењу са описаним алтернативама. Комбиновани циклуси са гасним турбинама су најчешћи случај, али, такође, могу бити пројектовани и за дизел моторе. Постоји најмање пет модела који се спроводе у свету.

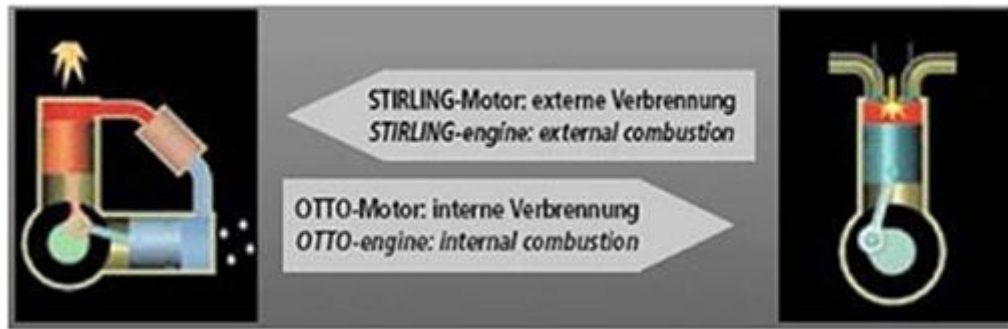
3.4 НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

3.4.1. Стерлингови мотори

Стерлингов мотор је уређај са екстремним сагоревањем и самим тим знатно се разликује од конвекцијалних постројења, где гориво сагорева унутар машине. Топлота се испоручује Стерлинговом мотору од спољњег извора, као што је гас који гори и чини да се радни флуид, попут хелијума, шири и изазива кретање једног од два клипа унутар цилиндра. Он се дефинише као радни клип. Други клип, познат као дислокатор, пребацује гас ка зони хлађења где се рекомпресује од стране радног клипа. Дислокатор, затим, преноси компресовани гас или ваздух ка топлом региону и циклус се наставља. Стерлингов мотор има најмање покретних делова у односу на конвекционалне моторе и машина је без вентила, полуга, убризгивача горива или система за паљење помоћу варнице. Зато је мирнији и тиши од стандардног мотора а та карактеристика је резултат континуалног сагоревања горива. Стерлингови мотори захтевају мање одржавање а емисија честица, азотних оксида и несагоривих угљоводоника су ниске. Ефикасност ових машина је потенцијално већа него код машина са унутрашњим сагоревањем или гасних турбина.

Постоји више од 60 година искуства са овом технологијом, а новина је њена употреба за котлове микрогенерације. За ову врсту горива постоји потреба за малим моторима са капацитетом између 0.2 kW и 4 kW. Гасне турбине, па чак и гасни мотори су неодговарајући за ову величину (иако је тренутно најмањи мотор који се пали на варницу од 3 kW), док Стерлингов мотор нуди добру алтернативу.

Предности овог типа мотора су: мање покретних делова са ниским трењем, нема потребе за додатним котловима, нема унутрашње коморе за сагоревање, висока теоретска ефикасност и погодности за масовну производњу. Екстремно сагоревање омогућава веома чисте издувне гасове и даје могућност контроле електричног излаза мотора смањењем температуре топле стране. Дакле, постоји могућност варирања производње струје, без обзира на ниво потребне топлоте.



Слика 12. Стерлингов мотор

Постоје Стерлингови мотори мањег капацитета у развоју или на тржишту. Електрична ефикасност још увек није веома висока и у распону је од 10% (350 W мотор), 12,5% (800 W мотор) до 25% (3000 W мотор) али би требало да је могуће да се дизајнирају са најмање 25% електричне ефикасности и укупне ефикасности од 90%.

3.4.2. Микротурбине

Системи мањи од 1MW су били економични до сада, али и то почиње да се мења. Произвођачи развијају све мање системе и данас постоји микротурбина од 25 kW. У принципу, микротурбине могу стварати електричну енергију било где у распону од 25 kW до 200 kW. Микротурбине су мале електране са високо брзинским агрегатом који укључује у себи турбину, компресор, генератор и то све на једном вратилу и електро опрему која пружа могућност да се струја достави мрежи. Микротурбине имају само један покретни део, користе ваздушне лежајеве и не треба им уље за подмазивање. Оне се, првенствено, напајају природним гасом, али могу да раде и на дизел и бензин или друга слична високоенергетска фосилна горива. Истраживање о коришћењу био гаса је у току.

Микротурбине су све мање од конвенционалних клипних мотора, при чему су и трошкови набавке и трошкови одржавања мањи. Постоје еколошке предности, укључујући ниску емисију NO од 10 – 25 ppm или ниже.

Микротурбине се могу користити као дистрибуциони ресурс за произвођаче и потрошаче енергије, укључујући индустријске, комерцијалне и у будућности, кориснике електричне енергије у домаћинствима. Примена микротурбина:

- традиционалана когенерација,
- производња коришћењем биогорива,
- енергијска подршка,
- даљинско напајање

3.4.3. Гориве ћелије

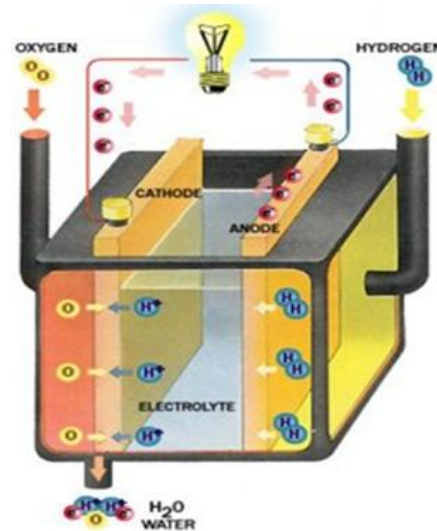
Гориве ћелије претварају хемијску енергију водоника и кисеоника директно у струју без сагоревања и механичког рада, као што је случај са турбинама и моторима. У горивим ћелијама, гориво и ваздух се непрекидно дотурају до ћелије. Све гориве ћелије су зановане на оксидацији водоника. Водоник, који се користи као гориво, може бити добијен из различитих извора, укључујући природан гас, пропан, угаљ и обновљиве изворе енергије, односно, путем електролизе, ветра и соларне енергије.

Једина типична ћелија испоручује струју напона до 1 V. Како би добили довољно енергије гориве ћелије се пакују у слоге, где је један слог састављен од неколико ћелија повезаних у низ. Чак и ако користи природан гас као извор водоника, емисије су занемарљиве: 0,045 NO ppm, 2 ppm CO, 4 ppm HC.

Гориве ћелије нуде комбинацију преформанси и заштите животне средине:

- њихова ефикасност није угрожена малим величинама и оне раде високо ефикасно при ниским оптерећењима,
- имају мање покретних делова и нису осетљиве на хабања настала из потребе да се експлозивно сагоревање конвертује у механичку енергију,
- имају поуздан рад и ретке интервале сервисирања, што битно утиче на смањивање трошкова одржавања.

Последњих година дошло је до развоја великог броја различитих горивих ћелија. Свака врста је карактеристична на свој начин, у зависности од радне температуре, расположиве топлоте, толеранције на топлотно окружење, итд... Оне су, такође, у почетним фазама развоја, а неке још нису изашле из лабораторија. Неким се чак приближава комерцијални пробој. Ове технологије ће, претпоставља се, тек заживети и бити покривене адекватном литературом.



Слика 13. Гориве ћелије

4. СОФТВЕРСКИ ПАКЕТ RETScreen

RETScreen је алат који корисницима помаже при доношењу одлука везаних за проблем побољшавања енергетске ефикасности ситема. Односи се, се пре свега, на чисту енергију. Језгро алата се састоји од интегрисаног и стандардизованог софтвера који се бави анализама чисте енергије и може бити употребљаван у широком спектру, како би се проценила производња енергије, трошкови животног циклуса пројекта и репродукција емисија стаклене баште. Свака технологија програмских модела је развијена унутар Microsoft®Excel фајла. Сваки фајл састоји се од низа радних листова који имају заједнички изглед и прате стандардни приступ за све RETScreen моделе. Осим софтвера, овај алат садржи још и: базе података временских прилика и трошкова, online упуство, пројекат студије случаја и обуку.

Осам радних листова (Start, Energy Model, Load & Network Design (Load & Network), Equipment Selection, Cost Analysis, Greenhouse Gas Emission Reduction Analysis (GHG Analysis), Financial Summary, Sensitivity and Risk Analysis (Sensitivity) и Tools) су дати у CHP Excel фајлу.

У даљем делу рада биће више речи о сваком радном листу посебно и то за случај конкретног, у раду разматраног проблема.

4.1. Радни лист (Start)

На слици 14. приказан је радни лист (Start) програма RetScreen у који се уносе основни подаци пројекта: име пројекта, локација пројекта, тип пројекта, тип електро – дистрибутивне мреже, валута.

Project information		See project database
Project name	Zatvoreni bazen	
Project location	Kragujevac	
Prepared for		
Prepared by		
Project type	Combined heating & power	
Grid type	Central-grid & internal load	
Analysis type	Method 2	
Heating value reference	Lower heating value (LHV)	
Show settings	☒	
Language - Langue	English - Anglais	
User manual	English - Anglais	
Currency	Euro	
Units	Metric units	

Site reference conditions		Select climate data location
Climate data location	Kraljevo	
Show data	☐	

Слика 14. Радни лист (Start)

Што се тиче локације пројекта, RetScreen као програм нема могућност да изабере Крагујевац као локацију, него је узета најближа могућа а то је Краљево. Познато је да се клима у ова два града не разликује значајно, па је овакав избор могућ и оправдан.

4.2. Радни лист (*Load & Network*)

Он се односи на тренутне услове и стање објеката за који се врши оптимизација (затворени базен спортског центра Парк у Крагујевцу). Састоји се из грејања и електро – енергетског пројекта.

Што се пројекта грејања тиче, ту се уносе подаци о томе колико зграда има, колика је површина грејног простора, врста и цена горива итд. (слика 15).

RETScreen Load & Network Design - Combined heating & power project		
Heating project	Unit	
Base case heating system	Single building - space heating	
Heated floor area for building	m ²	3,072
Fuel type	Natural gas - m ³	
Seasonal efficiency	%	65%
Heating load calculation		
Heating load for building	W/m ²	120.0
Domestic hot water heating base demand	%	50%
Total heating	MWh	1,349
Total peak heating load	kW	368.6
Fuel consumption - annual	m ³	219,880
Fuel rate	€/m ³	0.300
Fuel cost	€	65,964
Proposed case energy efficiency measures		
End-use energy efficiency measures	%	5%
Net peak heating load	kW	350.2
Net heating	MWh	1,281

Слика 15. Пројекат грејања

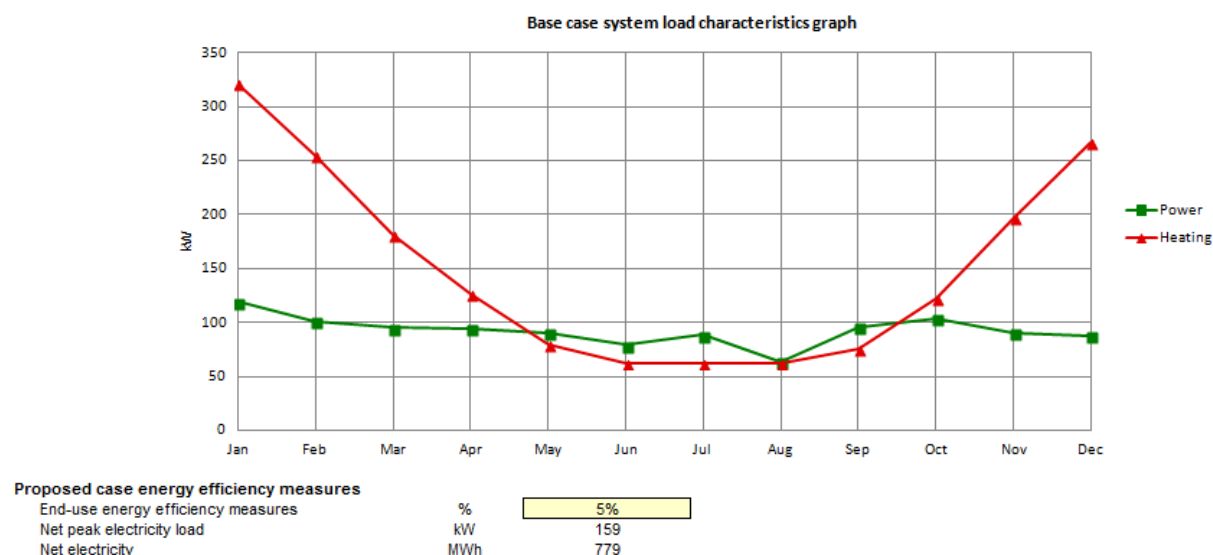
Објекат у коме се налази затворени базен у Крагујевцу у саставу је Спортског центра Парк и има површину која се греје 3072 m². Почео је са радом крајем децембра 2011. године. За загревање користи природни гас, чија је цена 0.3 €/m³. Због поједностављења прорачуна сва потребна топлотна енергија (енергија за загревање воде базена, санитарне воде, као и енергија потребна за радијаторско и подно грејање) сведена је на топлотно оптерећење по јединици површине. Тренутно се ова енергија добија из два извора: из електрине енергије централне мреже и коришћењем природног гаса. Прорачун се односи на период од годину дана за који се може добити права слика о потрошњи енергије.

Код овакве врсте објекта, са доста стаклених површина, топлотно оптерећење износи 120 W/m². Мера енергетске ефикасности износи 5% .

Power project		Unit	
Base case power system			
Grid type		Central-grid & internal load	
Base case load characteristics			
	Power gross average load	Power net average load	Heating average load
Month	kW	kW	kW
January	119	119	322
February	101	101	255
March	95	95	181
April	95	95	126
May	90	90	79
June	79	79	62
July	88	88	62
August	63	63	62
September	96	96	75
October	104	104	122
November	90	90	197
December	88	88	267
System peak electricity load over max monthly average		40.0%	
Peak load - annual		167	369
Electricity	MWh	820	820
Electricity rate - base case	€/kWh	0.052	0.052
Total electricity cost		€ 42.658	€ 42.658

Слика 16. Пројекат електричне енергије

На слици 16. приказана је табела са унетим подацима просечне потрошње струје по месецима. Из табеле се види још и да је прекорачени пик 167, а да је просечно прекорачење 40%. На основу рачуна добијених од запослених у Спортском центру (приказано у табели), прорачунато је да утрошену електричну енергију плаћају по цени од 0.052 €/kWh.



Слика 17. Потрошња електричне и топлотне енергије током године

На слици 17. приказани су резултати потрошње енергије током целе године. Зеленом бојом приказана је потрошња електричне енергије по месецима а црвеном бојом потрошња топлотне енергије. Мера енергетске ефикасности је 5%.

На основу ове слике може да се закључи да је већа потрошња топлотне енергије зими, што је и нормално, јер је време хладније, температуре су ниже и троши се много енергије на загревање већ поменутих, просторија, воде итд.

Што се тиче потрошње електричне енергије, она варира од 60 kW до 120 kW што се, такође, види на основу горњег графика.

4.3. Радни лист (*Energy model*)

У овај радни лист се уносе подаци о:

- технолигији когенерације која се примењује,
- гориву,
- капацитету когенерационе јединице,
- финансијској стопи за продају електричне енергије.

RETScreen Energy Model - Combined heating & power project

Proposed case power system			
System selection	Base load system		
Base load power system			
Technology	Reciprocating engine		
Availability	h	8,000	91.3%
Fuel selection method	Single fuel		
Fuel type	Natural gas - m³		
Fuel rate	€/m³	0.300	
Reciprocating engine			
Power capacity	kW	80	50.4%
Minimum capacity	%	50.0%	
Electricity delivered to load	MWh	624	80.0%
Electricity exported to grid	MWh	16	
Manufacturer			
Model			
Heat rate	kJ/kWh	12,000	
Heat recovery efficiency	%	47.0%	
Fuel required	GJ/h	1.0	
Heating capacity	kW	87.7	25.1%

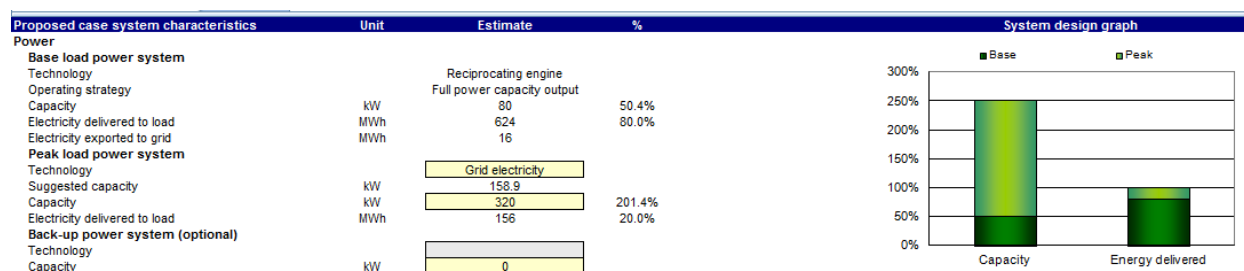
Слика 18. Препоручени инсталирани систем

Изабран је клипни мотор снаге 80 kW и он има ефикасност прикупљања отпадне топлоте 47%. Мотор задовољава 80% потребе за електричном енергијом. Минимални капацитет мотора износи 50%. Количина електричне енергије која се доставља базену износи 624 MWh а 16 MWh се извози мрежи. Могуће је мењати тип мотора у зависности од количине снаге и ефикасности која је потребна.

Operating strategy - base load power system								
Fuel rate - base case heating system	€/MWh	48.90						
Electricity rate - base case	€/MWh	52.00						
Fuel rate - proposed case power system	€/MWh	31.79						
Electricity export rate	€/MWh	52.00						
Electricity rate - proposed case	€/MWh	52.00						
			Electricity delivered to load MWh	Electricity exported to grid MWh	Remaining electricity required MWh	Heat recovered MWh	Remaining heat required MWh	Power system fuel MWh
Operating strategy								Operating profit (loss) €
Full power capacity output			624	16	156	626	655	2,133
Power load following			624	0	156	626	655	2,079
Heating load following			571	0	208	626	655	1,904
								Efficiency %
								59.4%
								60.1%
								62.9%
Select operating strategy			Full power capacity output					

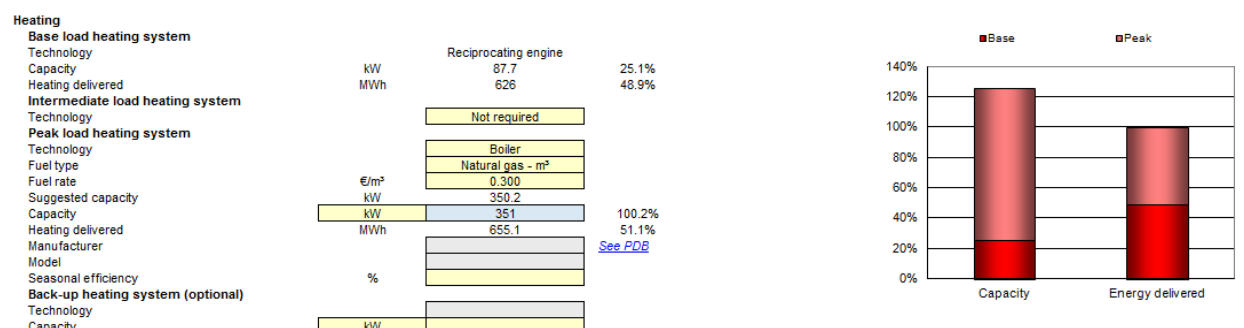
Слика 19. Упоредни приказ цене електричне енергије и електричне енергије која се извози у мрежу

Слика 19. даје упоредни приказ цене електричне енергије и електричне енергије која се продаје мрежи.



Слика 20. Карактеристике препорученог система снага

Слика 20. показује да мотор задовољава 50% капацитета и испоручује 80 % електричне енергије.



Слика 21. Карактеристике препорученог система грајња

Искоришћење капацитета мотора и количина достављене топлоте приказани су на слици 21. Са графика се јасно види да је искоришћеност 25% а количина достављене топлоте 50%.

4.4. Емисиона анализа (*Emission Analysis*)

Base case electricity system (Baseline)				
Country - region	Fuel type	GHG emission factor (excl. T&D) tCO ₂ /MWh	T&D losses %	GHG emission factor tCO ₂ /MWh
Serbia	All types	0.529		0.529
☐ Baseline changes during project life				
Base case system GHG summary (Baseline)				
Fuel type	Fuel mix %	Fuel consumption MWh	GHG emission factor tCO ₂ /MWh	GHG emission tCO ₂
Natural gas	71.3%	2,075	0.197	409.8
Electricity	28.7%	837	0.529	442.4
Total	100.0%	2,912	0.293	852.3
Proposed case system GHG summary (Combined heating & power project)				
Fuel type	Fuel mix %	Fuel consumption MWh	GHG emission factor tCO ₂ /MWh	GHG emission tCO ₂
Natural gas	93.2%	2,133	0.197	421.3
Electricity	6.8%	156	0.529	82.3
Total	100.0%	2,289	0.220	503.6
Electricity exported to grid	MWh	16	T&D losses	
		0	0.529	0.0
			Total	503.6

Слика 22. Емисиона анализа

За Републику Србију важи GHG емисиони фактор чија је вредност, коју избацује сам програм 0.529 tCO₂/MWh, из чега произилази да се при сваком произведеном MWh енергије емитује 0.529 еквивалентне tCO₂. Овај податак дат је на слици 22.

GHG emission reduction summary					
	Base case GHG emission tCO ₂	Proposed case GHG emission tCO ₂	Gross annual GHG emission reduction tCO ₂	GHG credits transaction fee %	Net annual GHG emission reduction tCO ₂
Combined heating & power project	852.3	503.6	348.7		348.7
Net annual GHG emission reduction	349	tCO ₂	is equivalent to	63.9	Cars & light trucks not used

Слика 23. Укупна редукција емисије CO₂ пројекта

На слици 23. приказана је укупна годишња емисија CO₂ гаса овог пројекта и износи 348.7 tCO₂.

4.5. Финансијска анализа (*Financial Analysis*)

Project costs and savings/income summary			
Initial costs			
Feasibility study	5.3%	€	5,000
Development	2.6%	€	2,500
Engineering	1.1%	€	1,000
Power system	91.0%	€	86,400
Heating system	0.0%	€	0
Balance of system & misc.	0.0%	€	0
Total initial costs	100.0%	€	94,900
Annual costs and debt payments			
O&M		€	0
Fuel cost - proposed case		€	75,905
Total annual costs		€	75,905
Periodic costs (credits)			
Annual savings and income			
Fuel cost - base case		€	108,622
Electricity export income		€	851
Total annual savings and income		€	109,473

Слика 24. Анализа трошкова

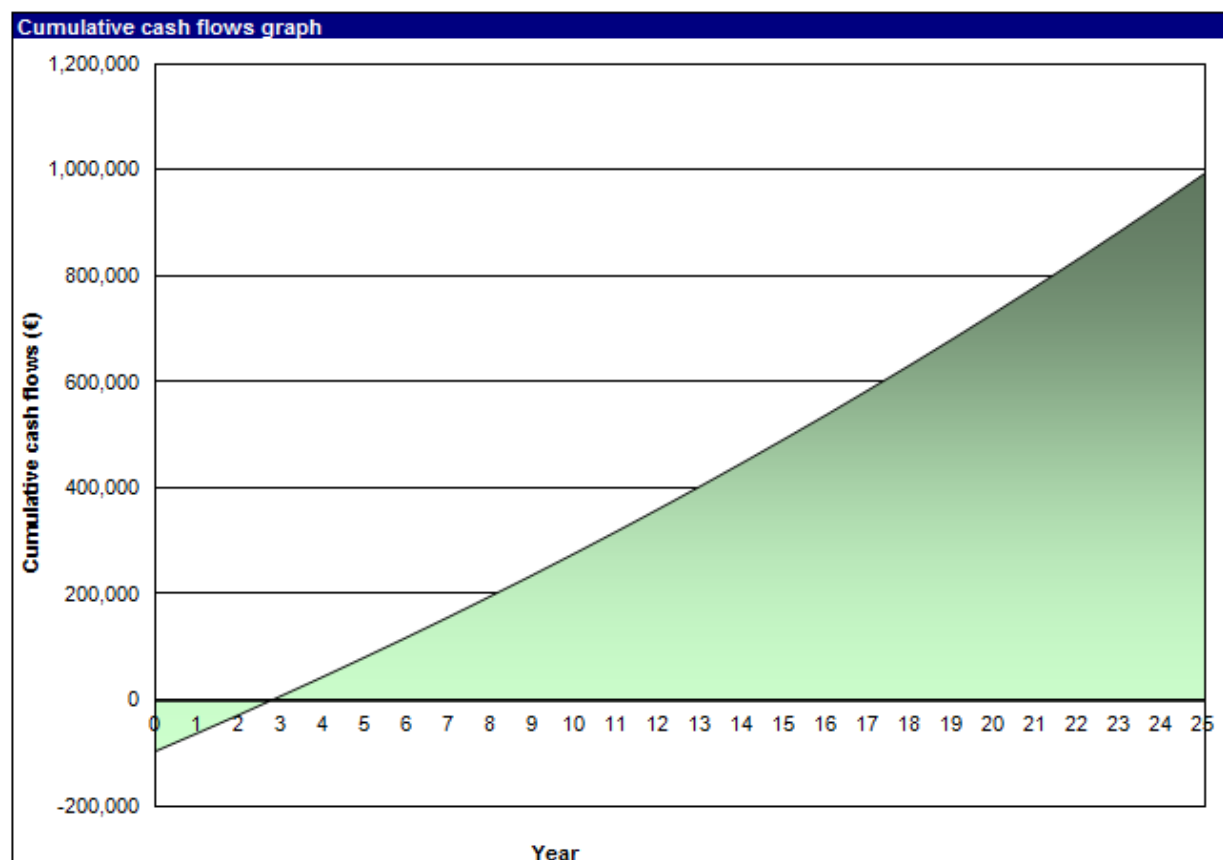
На слици 24. се могу очитати укупни трошкови пројекта. Почетни трошкови пројекта износе 94 900 €, укупни расходи 75 905 € а приходи 109 473 €.

Годишњи ток новца приказан је на слици 25.

Yearly cash flows			
Year	Pre-tax	After-tax	Cumulative
#	€	€	€
0	-94,900	-94,900	-94,900
1	34,222	34,222	-60,678
2	34,890	34,890	-25,788
3	35,570	35,570	9,782
4	36,265	36,265	46,047
5	36,973	36,973	83,020
6	37,696	37,696	120,716
7	38,433	38,433	159,149
8	39,184	39,184	198,333
9	39,951	39,951	238,283
10	40,733	40,733	279,016
11	41,530	41,530	320,547
12	42,344	42,344	362,891
13	43,174	43,174	406,065
14	44,020	44,020	450,085
15	44,884	44,884	494,969
16	45,764	45,764	540,733
17	46,663	46,663	587,396
18	47,579	47,579	634,975
19	48,514	48,514	683,489
20	49,467	49,467	732,955
21	50,439	50,439	783,395
22	51,431	51,431	834,826
23	52,443	52,443	887,268
24	53,474	53,474	940,742
25	54,527	54,527	995,269

Слика 25. Годишњи ток новца

На основу свега приложеног до сада, приказан је график отплате (слика 26.). На основу овог графика видимо да је период отплате пројекта око 2 године што, са финансијске тачке гледишта, представља прилично добар резултат.



Слика 26. График отплате

5. ЗАКЉУЧАК

Когенерација је секвенцијално коришћење примарне енергије горива за производњу два корисна енергетска облика: топлотне енергије и механичког рада. Когенерација је врло успешан начин за остварење уштеде примарних облика енергије и као таква доприноси заштити животне средине.

Оно што когенерацију разликује од других процеса добијања енергије је велика искоришћеност енергената која у неким случајевима прелази и 90%.

Главни вид енергије који се добија когенерацијом је електрична енергија а секундарни вид енергије је топлотна енергија.

За конкретан случај који је разматран у овом завршном раду, а тиче се затвореног базена у Крагујевцу, електрична енергија би се користила као и до сада а вишак би се продавао електродистрибуцији по субвенционисаној цени. Топлотна енергија би се користила, пре свега, за грејање санитарне воде као и за подно и радијаторско грејање. На грејање санитарне воде затвореног базена Спортског центра Парк у Крагујевцу одлази велики део утрошене енергије па би само разлика у начину грејања довела до значајне уштеде.

Резултати добијени из практичног дела овог завршног рада показују да би уградња адекватног когенерационог постројења на разматрани објектат знатно допринела повећању нивоа енергетске ефикасности.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] http://www.retscreen.net/ang/g_combine.php.

[2] Вуловић, А., Јовановић, Н., Савић, С., Гордић, Д., Неке могућности повећања енергетске ефикасности затвореног базена спортског центра Парк у Крагујевцу, 7. Национална конференција о квалитету живота, Фестивал квалитета 2012, Крагујевац, 2012, 7-9. јун, pp. Б 73-Б 76.

[3] Вуловић, А., Јовановић, Н., Савић, С., Гордић, Д., Шуштершич, В., Увођење система тригенерације у циљу уштеде енергије, Трактори и погонске машине, Vol. 17, No. 4, pp. 102-110.

[4] Bojić, M.: Termodinamika, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2011.

[5] Martin Pehnt, Martin Cames, Corinna Fischer, Barbara Praetorius, Lambert Schneider, Katja Schumacher, Jan-Peter Voß:” Mikro Cogenertion” Berlin 2002.g.

[6] <http://en.wikipedia.org/wiki/Cogeneration>

[7] Петровић, М. и др., Анализа примене гасних турбина и гасних мотора за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије у топлани „Церак“ у Београду - елаборат, Београд, 2004.

[8] Martin Pehnt, Martin Cames, Corinna Fischer, Barbara Praetorius, Lambert Schneider, Katja Schumacher, Jan-Peter Voß:” Mikro Cogenertion” Berlin 2002.g.

[9] D.Zukic1 A.Stone2 R.Cox3, Mala kogenerativna postrojenja kao ekonomski opravdana, energetski efikasna a ekološki prihvatljiva tehnologija.

