

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Примењена механика и аутоматско управљање
Предмет: Механика флуида
Број индекса 81/2011

Јанко Митић

**Анализа могућности увођења
когенерацијских постројења у школе
уз употребу
софтверског пакета "RETScreen"**

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану

1. Проф. Др Слободан Савић – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

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,
- размотри могућност конкретне примене когенерационих постројења у школама Републике Србије на примеру основне школе "Димитрије Туцовић" у Краљеву, и
- објасни употребу софтверског пакета "RETScreen" и његову улогу у прорачуну економске исплативости и могућности уградње когенерационог постројења.

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:

Предмет овог завршног рада је утврђивање могућности уградње когенерацијског постројења у школе у Републици Србији на примеру основне школе "Димитрије Туцовић" у Краљеву, као и могућност повећања досадашњег занемарљиво малог учешћа когенерације у производњи електричне и топлотне енергије. Основни циљ јесте постизање веће енергетске ефикасности као и уштеда у економском смислу. У циљу целокупне анализе оваквог проблема, у првом делу рада је објашњен појам когенерације, дате су могућности њене примене, избор најоптималнијих постројења као и мане и предности које ова постројења пружају. У наставку рада је приказана употреба софтверског пакета "RETScreen" који за свој циљ има утврђивање економске исплативости и могућност увођења једног оваквог постројења.

Кључне речи: когенерација, енергетска ефикасност, топлотна енергија, електрична енергија, уштеда, RETScreen.

Abstract:

The object of this study is to evaluate possibility of implementation of cogeneration plant in schools in Serbia using example of elementary school "Dimitrije Tucović" in Kraljevo, it is also including possibility to rise today's negligible small part of cogeneration in production of electrical and heat energy in Serbia. Main point of this work is to achieve greater energy efficiency and increase of economical savings. To start analysis of this kind of problem, in first part of this study it is necessary to explain meaning of cogeneration, possibility of its application, choice of best cogeneration plants with its bad and good sites that this plants provides. In next part of this work there will be explanation of usage of software package RETScreen which will, as its main purpose, determinate economical side of such project and possibility of its implementation.

Keywords: cogeneration, energy efficiency, heat energy, electrical energy, savings, RETScreen.

САДРЖАЈ:

1.Увод	5
2.Когенерација	6
2.1 Когенерацијска постројења	7
2.2 Подела когенерацијских постојења	9
2.3 Поступци конверзије енергије у процесу когенерације	10
2.3.1 Гасне турбине	10
2.3.2 Парне турбине	12
2.3.3 Мотори са унутрашњим сагоревањем	14
2.3.3.1 Дизел мотори са унутрашњим сагоревањем	15
2.3.3.2 Ото мотори са унутрашњим сагоревањем	15
3. Предности когенерације	16
4. Недостаци когенерације	18
5. Економичност когенерације	19
6. Анализа могућности уградње когенерацијског постројења	20
6.1 Представљање идеје и објекта над којим се врши пројекат	20
6.2 Анализа могућности уградње когенерацијског постројења уз помоћ софтверског пакета „RETScreen“	20
6.2.1 Почетна страна (информације о пројекту)	21
6.2.2 Мрежа и оптерећење	23
6.2.2.1 Пројекат грејања	23
6.2.2.2 Електро енергетски пројекат	24
6.2.3 Енергетски модел	26
6.2.4 Анализа трошкова	29
6.2.5 Анализа емисије штетних гасова	30
6.2.6 Финансијска анализа исплативости	31
7. Закључак	33
8. ЛИТЕРАТУРА	34

1.Увод

Све што нас окружује представља свет који се заснива на коришћењу енергије. Енергију можемо поделити на: хемијску, топлотну, механичку, светлосну, електричну и нуклеарну. Приликом претварања енергије из једног облика у други можемо разликовати обновљиве и необновљиве изворе енергије.

Под појмом необновљивих извора енергије се подразумевају сви потенцијални носиоци неког вида енергије који су једном створени али се за сада не могу обновити. Такви носиоци енергије су фосилна горива: угаљ, нафта и деривати нафте, природни гас, као и фиисиона (нуклеарна горива) горива [1].

Основни проблеми приликом употребе необновљивих извора енергије јесу у њиховој количини, распрострањености и загађењу животне средине. Други проблем на који се наилази приликом употребе фосилних горива јесте управо утицај отпадних материја, које се ослобађају приликом сагоревања, на загађење човекове животне средине. Главни узрок глобалног загревања је ефекат стаклене баште који се ствара приликом сагоревања фосилних горива као последица емисије угљен диоксида, сумпорних и азотних једињења.

Обновљиви извори енергије представљају природан вид енергије који се обнавља у потпуности или делимино, и можемо их пронаћи свуда око нас у природи. Њиховом применом још увек није могуће тотално искључити необновљиве изворе енергије али је могуће у великој мери умањити емисију штетних гасова који утичу на појачање ефекта стаклене баште.

Основни видови енергије који се у данашњици користе за нормално функционисање света су, пре свега, електрична енергија а потом и топлотна. Овакви видови енергије се даљим технолошким поступцима, применом претварача, преводе у друге видове енергије. Велики проценат електричне и топлотне енергије се у данашње време добија из необновљивих извора енергије.

Једно од највећих тренутних техничких питања у свету јесте како наћи адекватни вид обновљивих извора енергије који могу заменити необновљиве. Сведоци смо константног поскупљења електричне енергије изазваног све мањим залихама фосилних горива. Највећи део електричне енергије производи се у термоелектранама, где се 10% - 15% те енергије испусти у виду гасова, а чак 45% - 60 % у виду расхладне воде, што доводи до потребе повећања енергетске ефикасности. Когенерација представља један од могућих начина на који се то може постићи.

2. Когенерација

Основу процеса когенерације чини јединствен термодинамички процес комбиноване производње топлотне и електричне енергије уз коришћење само једног погонског горива[2].

Приликом производње електричне енергије конвенционалним системима за производњу остварује се фактор искоришћења горива од 30% до 40%, што представља изузетно малу енергетску ефикасност јер је само трећина укупног потенцијала горива претвара у корисну енергију. Неискоришћени енергетски потенцијал, који износи скоро 70% се, у виду сувишне топлотне енергије, ослобађа без конкретне употребе и искоришћења.

Употребом когенеративног постројења отпадна топлотна енергија, испољена у виду водене паре и топле воде која се ослободила приликом примарног процеса генерисања електричне енергије, налази примену у потребама технолошких процеса или за грејање простора, чиме се подиже енергетска ефикасност примарног горива која сада достиже степен искоришћења од чак 85%.

Когенеративни систем обично представља комбинацију постројења као што су: гасни мотор, парна или гасна турбина, генератор електричне енергије, измењивач топлоте и генератор паре. За различите пројектне задатке, технолошке процесе, односе произведене топлоте и електричне енергије, користе се различите комбинације наведених делова система.

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 [2].

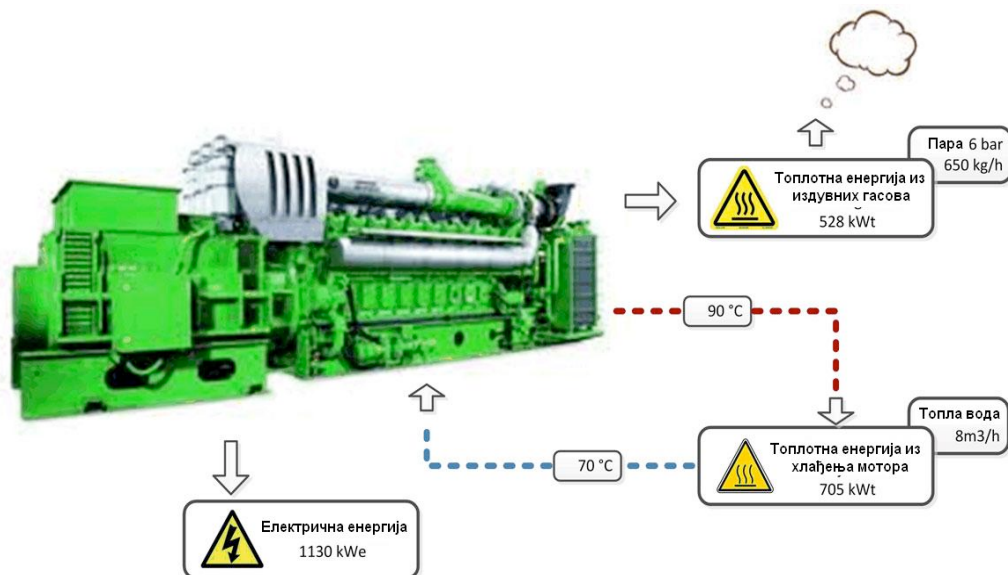
Најниже цене произведеног киловат часа електричне и топлотне енергије постижу се када се систем што више оптерети у што дужем временском интервалу. Када фактор оптерећења система тежи 100% укупног оптерећења, постиже се и до 90% степена искоришћења примарног горива.

Когенеративна постројања налазе изузетно широку примену, како у индустрији, тако и у домаћинствима. Неки од конкретних објеката где се она могу употребити су:

- Индустрија:
 - Прехрамбена индустрија,
 - Грађевинска индустрија,
 - Индустрија папира,
 - Хемојска и фармацеутска индустрија,
 - Пиваре;
- Објекти:
 - Болнице,
 - Хотели и ресторани,
 - Стамбене зграде,
 - Школе,
 - Спортски центри.

2.1 Когенерацијска постројења

Когенерацијско постројење (слика 1.) представља скуп елемената повезаних у целину ради реализовња когенерацијског процеса.



Слика 1. Пример изгледа когенерацијског постројења

Свако когенерецијско постројење, без обзира на различите карактеристике, састоји се од основних елемената као што су:

- Мотор као генератор електричне и топлотне енергије, може се заснивати на различитим типовима технологија:
 - Мотор са унутрашњим сагоревањем (Otto или Diesel),
 - Гасна турбина са рекуперацијом топлоте,
 - Гасно-парне турбине,
 - Противпритисна парна турбина,
 - Гасне микротурбине,
 - Стирлинг машине,
 - Гориве ћелије,
 - Парни мотори,
 - Кондензациона парна турбина са одузимањем паре, и
 - Друге различите комбинације технологија;
- Електрични генератор (синхрони, асинхрони);
- Систем за рекуперацију топлоте (котлови-утилизатори);
- Систем управљања.

2.2 Подела когенерацијских постојења

1. Према Директиви ЕУ (2004/8/ЕС) о примени когенерације, когенерацијска постројења се деле на четири категорије:

- 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.

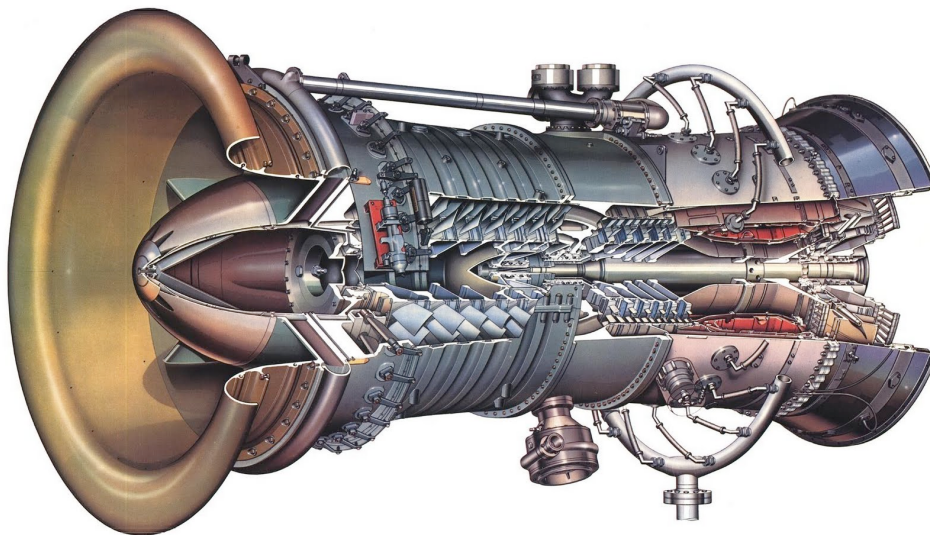
2. Когенерацијска постројења се према својој снази деле на:

- Когенерацијска постројења инсталиране снаге до 1 MW, прикључена на дистрибутивну мрежу:
 - а) Мини когенерација (од 50 kW до 1 MW),
 - б) Микро когенерација (до 50 kW)
- Когенерацијска постројења инсталиране снаге веће од 1 MW, прикључене на преносну или дистрибутивну мрежу:
 - а) Средња когенерација (од 1 MW до 25 MW),
 - б) Велика когенерација (25 MW и више)
- Индивидуална когенерацијска постројења која нису прикључена на преносну или дистрибутивну мрежу.

2.3 Поступци конверзије енергије у процесу когенерације

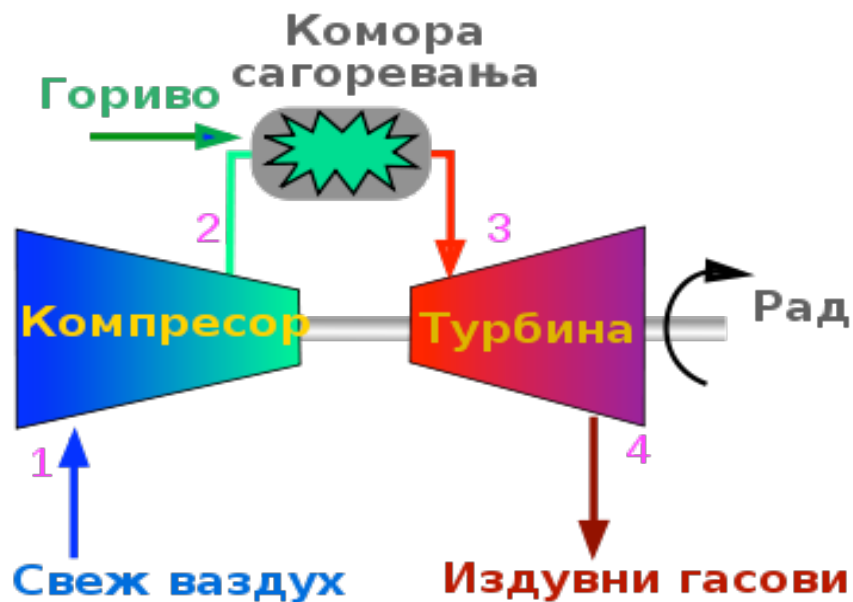
2.3.1 Гасне турбине

Гасна турбина (слика 2.) је ротациона машина коју покреће енергија тока гаса произведеног сагоревањем горива. На предњем крају, гасна турбина има компресор а на задњем турбину, док су коморе за сагоревање између компресора и турбине [3].



Слика 2. *Изглед гасне турбине*

Гасна турбина ради на принципу термодинамичког циклуса познатог као Брајтонов циклус (слика 3.). У овом циклусу, атмосферски ваздух се компримује - сабија, загрева у коморама за сагоревање, затим пролази експанзију у турбини, где захваљујући додатној енергији ослобођеној из сагорелог горива ослобађа више снаге него што је потребно за покретање компресора, односно за први део циклуса – компресију [3].

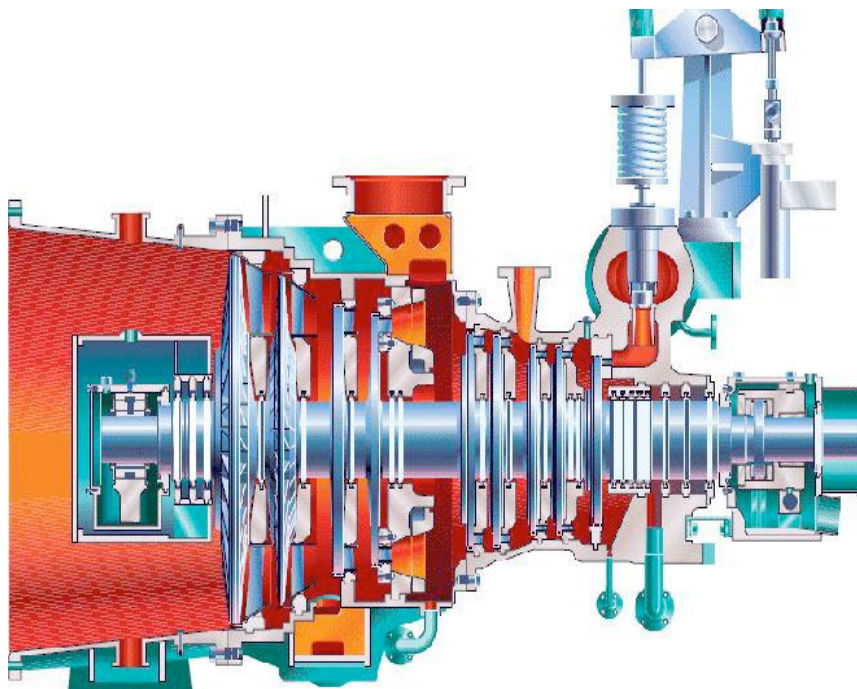


Слика 3. *Принцип рада циклус који се одвија унутар гасне турбине*

Издувни гасови гасне турбине имају врло високе температуре, 450°C - 5500°C , а код најновијих модела и преко 6500°C . Тако високе температуре допуштају утилизациону употребу издувних гасова - у утилизационим котловима за производњу водене паре, која се даље користи за погон парне турбине. Овај систем - комбинација гасне и утилизационе парне турбине врло често се примењује, чиме се повећава економичност постројења [4].

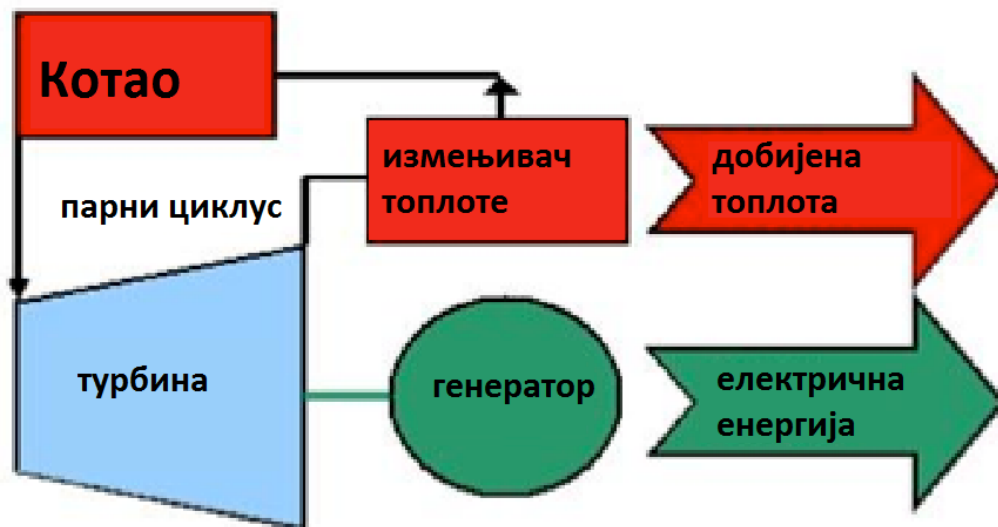
2.3.2 Парне турбине

Приликом рада, парне турбине (слика 4.) као свој извор струјне енергије користе ложиште котловског постројења. Топлота, која се произведе у ложишту, претвара воду у водену пару. Водена пара која се добије у овом процесу садржи висок притисак и температуру, због чега се доводи до парне турбине где врши механички рад, а затим се даље, са смањеном енергијом, користи у технолошким процесима. На овај начин се пара из парне турбине, у улози когенерацијске технологије, може искористити за потребе процеса у индустрији или се може преко измењивача топлоте користити за потребе грејања објеката.



Слика 4. Изглед парне турбине

Рад парне турбине заснива се на Ранкинеовом циклусу (слика 5.). У овом циклусу вода се помоћу грејача загрева и достиже жељену температуру. Пара се из котла преводи до турбине која служи за покретање генератора, који производи електричну енергију. Након што се експандирана пара у кондензатору кондензује, уз помоћ напојне пумпе повећава јој се притисак. Након овога, преко преко пумпе водена пара се поново шаље у котао где се циклус затвара. У кондензатору се као медијум за хлађење обично користе вода или ваздух, али део топлоте који се доведе кондензатору увек остаје неискоришћен.



Слика 5. Принцип рада парне турбине у когенерацијском постројењу

2.3.3 Мотори са унутрашњим сагоревањем

Мотори са унутрашњим сагоревањем који се користе у когенерацијским постојењима представљају топлотне клипне моторе код којих се топлота претвара у механички рад. Принцип њиховог рада аналоган је принципу рада бензинских и дизел мотора који се налазе у аутомобилима. Систем са клипним мотором по свом концепту сличан је систему са гасном турбином али, генерално, постоје битније разлике. Енергетска ефикасност већа је код клипних мотора, али само коришћење топлоте знатно је сложеније јер се она налази на нижој температури, расута између издувних гасова и система за хлађење мотора.

У току свог рада СУС мотор обавља четири основна процеса:

1. усисавање
2. сабијање(компресију)
3. сагоревање, односно ширење(експанзија) и
4. издувавање

Уколико се ова четири процеса обављају у четири разлчита такта (два обртаја коленастог вратила) ради се о чеворотактним моторима, а уколико се процес усисавања и сабијања обављају у једном такту, а сагоревања и издувавања у другом, реч је о двотактним моторима [4].

Мотори са унутрашњим сагоревањем, у зависности од тога како долази до паљења примарног горива, могу се сврстатит у две групе и то на ото и на дизел моторе.

2.3.3.1 Дизел мотори са унутрашњим сагоревањем

Дизел мотори представљају моторе са унутрашњим сагоревањем који немају спољни извор паљења примарног горива. Углавном су четворотактне машине са директним убризгавањем. Као примарно гориво дизел мотори могу користити лож уље, мазут и природни гас. Мотор заправо функционише у двојном моду горива, обзиром да мала количина уља за ложење (приближно 5% уноса топлоте) мора да се убризгава са гасом, да би се обезбедило паљење.

Код дизел система (мотора) ваздух се уводи у цилиндар и сабија на већи притисак (од 25 до 40 bar), па се при крају компресије постиже температура паљења горива (од 720 до 1000 K) које се у том тренутку убризгава у цилиндар. Због самопаљења горива настаје нагло сагоревање и скок притиска (од 60 до 100 bar), па се при експанзији у следећем такту (преко притиска на чело клипа) добија рад. У дизел моторима најчешће се користе разне врсте течних дизел горива. Ова горива се посебном пумпом високог притиска (од 350 до 500 bar) кроз fine брызгалке убризгавају у цилиндар, тако да настане фина магла која брзо плане. Сагоревање се делимично одвија при константној запремини, а касније прелази у сагоревање при константном притиску. Ефикасност им је од 35-45 % а излазни опсег је до 15 MW [5].

2.3.3.2 Ото мотори са унутрашњим сагоревањем

Ото мотори са унутрашњим сагоревањем, такође, могу користити издувне гасове у сврху прикупљања топлоте. Ефикасност је нижа него код дизел мотора, од 27% до 35%, а излазни опсег ограничен на максималних 2 MW.

Смеша за сагоревање (горива и ваздуха), код ото мотора, остварује се изван цилиндра мотора, у посебном уређају - карбуратору. Ова смеша се кроз усисни вентил уводи у цилиндар и помоћу клипа сабија (од 7 до 11 bar). Сабијена смеша у цилиндру пали се електричном варницом, па у цилиндру порасте притисак (25 до 40 bar) и у следећем такту се остварује рад, притиском ове смеше на чело клипа, који се даље преко клипног механизма преноси на коленасто вратило. Код ото мотора користе се течна и гасовита горива. Као гасовита горива најчешће се користе: течан гас под притиском, природни гас, метан, водоник и др. Најчешће су у примени следећа течна горива: бензин, бензен, алкохол (метанол) и др. Течна горива се у карбуратору

претварају у фину маглу, па се затим у цилиндру претварају у гасовито (парно) стање, због загревања од унутрашњих зидова цилиндра и компресије смеше горива и ваздуха. Сагоревање код ото система се одиграва приближно при константној запремини [5].

3. Предности когенерације

Задовољење све већих енергетских потреба у будућности, уз моралан однос према животној средини као и располагање природним ресурсима са циљем привредног развитка 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 услове/захтеве [7].

Примена когенерационих система се првенствено разматра због њихове високе енергетске ефикасности и са 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 са енергетске тачке гледишта тако и са 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 [6].

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 већу 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 произилазе мања емисија штетних материја, мања количина отпадне топлоте и мања емисија буке,
- релативна улагања у односу на позитивне карактеристике и исплативост за неколико година,
- кратак 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.

Когенерација као дистрибутивни извор енергије има значајан учинак због више позитивних фактора:

- мањи губици у мрежи;
- смањење загушења у преносу;
- повећање квалитета напона;
- повећање поузданости снабдевања електричном енергијом.

4. Недостаци когенерације

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 [8].

5. Економичност когенерације

Висока енергетска ефикасност когенрационих процеса као и смањени штетни утицај на окружење повећавају интересовање и потребу увођења оваквих постројења. Већа енергетска ефикасност и смањена потрошња горива резултира мањом ценом произведене енергије што оправдава коришћење оваквих проеса у управљању енергијом.

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 испустних 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 карактеристика погонског агрегата, па стога представљају најзначајније погонске трошкове који могу достићи и до 80 % укупних трошкова [9].

Инсталирање когенерационих постројења има смисла и економично је само у случају када постоји потрошња свеукупне произведене топлоте из спрегнутог процеса. Анализа економичности когенерационог постројења почиње поређењем економичности производње топлотне и електричне енергије у когенерационом постројењу са 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 [7].

6. Анализа могућности уградње когенерацијског постројења

6.1 Представљање идеје и објекта над којим се врши пројекат

Оснвни циљ овог рада јесте испитивање могућности уградње когенерацијског постројења у школе широм Србије ради постизања веће енергетске ефикасности и заштите животне средине, због смањења емисије гасова приликом употребе оваквих постројења. На примеру основне школе „Димитрије Туцовић“ у Краљеву и уз помоћ софтверског пакета „RETScreen“ урађена је анализа изводљивости оваквог једног постројења[10].

6.2 Анализа могућности уградње когенерацијског постројења уз помоћ софтверског пакета „RETScreen“

„RETScreen“ је бесплатан софтверски пакет развијен од стране владе Канаде. Користи се за анализе пројеката везаних за чисту енергију и као свој крајњи циљ има утврђивање података на основу којих се може одлучити да ли је пројекат исплатив и одржив. Програм је реализован на платформи Microsoft®Excel-а и уз помоћ њега могуће је реализовати различите пројектне моделе као што су: испитивања когенерације, пројекте везане за енергетску ефикасност, употребу обновљивих извора енергије, грајање,хлађење и сл.

Сам програм је подељен у неколико корака анализе, у зависности од одабраног модела анализа. Приликом овог пројекта коришћен је модел 2. који се састоји од осам радних листова, а то су:

- почетна страна,
- мрежа и оптерећење,
- енергетски модел,
- анализа трошкова,
- анализа емисије,
- финансијска анализа,
- анализа ризика (није коришћено у овом пројекту),
- алати (није коришћено у овом пројекту).

У даљем делу рада биће објашњена употреба наведених радних листова ради утврђивања могућности увођења когенеративног постројења у основну школу „Димитрије Туцовић“.

6.2.1 Почетна страна (информације о пројекту)

На првом радном листу (слика 6.) налазе се опште информације о пројекту.

Project information		See project database
Project name	kogeneracija škole	
Project location	Kraljevo	
Prepared for	Fakultet inženjerskih nauka	
Prepared by	Janko Mitić	
Project type	Combined heating & power	
Grid type	Central-grid	
Analysis type	Method 2	
Heating value reference	Lower heating value (LHV)	
Show settings	☒	
Language - Langue	English - Anglais	
User manual	English - Anglais	
Currency	User-defined	
Symbol	RSD	
Units	Metric units	

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

Слика 6. Информације о пројекту (први радни лист)

У првом пољу за уношење података (слика 6.) потребно је унети име пројекта, затим се уноси локација на којој се врши извођење пројекта као и подаци који описују коме је намењен пројекат и ко га је изводио. Након ових података потребно је одабрати који тип пројекта се спроводи. У конкретном случају ради се о когенерацији (комбинованој производњи електричне и

Country - region

Province / State

Climate data location

Serbia

n/a

Kraljevo

Latitude

Longitude

Elevation

Heating design temperature

Cooling design temperature

Earth temperature amplitude

*N

*E

m

*C

*C

*C

43.6

20.7

217

-7.7

31.2

20.6

Source

Ground

Ground

NASA

	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	*C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	*C	*C-d	*C-d
Jan	0.7	81.4%	1.64	94.4	1.4	-2.0	536	0
Feb	1.6	74.2%	2.39	94.2	1.6	-0.4	459	0
Mar	5.7	69.1%	3.36	94.1	2.1	4.7	381	0
Apr	11.5	66.0%	4.11	93.9	1.8	10.0	195	45
May	16.6	68.5%	4.96	94.1	1.4	15.7	43	205
Jun	19.5	70.2%	5.63	94.1	1.2	19.5	0	285
Jul	21.6	68.2%	5.92	94.1	1.2	22.2	0	360
Aug	21.7	66.5%	5.26	94.2	1.2	22.2	0	363
Sep	17.0	72.7%	3.85	94.3	1.3	17.0	30	210
Oct	11.8	77.5%	2.64	94.5	1.5	11.1	192	56
Nov	5.3	79.9%	1.60	94.3	1.7	4.3	381	0
Dec	1.3	82.8%	1.32	94.4	1.5	-0.9	518	0
Annual	11.3	73.1%	3.56	94.2	1.5	10.3	2,736	1,523
Source	Ground	Ground	NASA	NASA	Ground	NASA	Ground	Ground
Measured at	m				10	0		

22

6.2.2 Мрежа и оптерећење

Овај радни лист састоји се из два дела:

- пројекат грејања
- електро енергетски пројекат

6.2.2.1 Пројекат грејања

У овом делу радног листа мрежа и оптерећење потребно је унети информације везане за грејање објекта (слика 8.): на колико зграда се промењује когенерација, колика је квадратура целог објекта, које се гориво користи, колико је топлотно оптерећење зграде и сл.

Heating project	Unit	
Base case heating system	Single building - space heating	
Heated floor area for building	m ²	2,691
Fuel type		Coal
Seasonal efficiency	%	70%
Heating load calculation		
Heating load for building	W/m ²	110.0
Domestic hot water heating base demand	%	5%
Total heating	MWh	625
Total peak heating load	kW	296.0
Fuel consumption - annual	t	99
Fuel rate	RSD/t	8000.000
Fuel cost	RSD	789,309
Proposed case energy efficiency measures		
End-use energy efficiency measures	%	5%
Net peak heating load	kW	281.2
Net heating	MWh	593

Слика 8. Пројекат грејања

Као енергнет користи се мрки угаљ чија је цена 8000 динара по тони. Потребне грејања санитарне воде нису веће од 5%, мера енергетске ефикасности такође је приближно 5%. Топлотно оптерећења објекта зависи од изолације објекта. Обзиром да школе спадају у слабо изоловане објекте, њихово топлотно оптерећење је приближно 110 W/m².

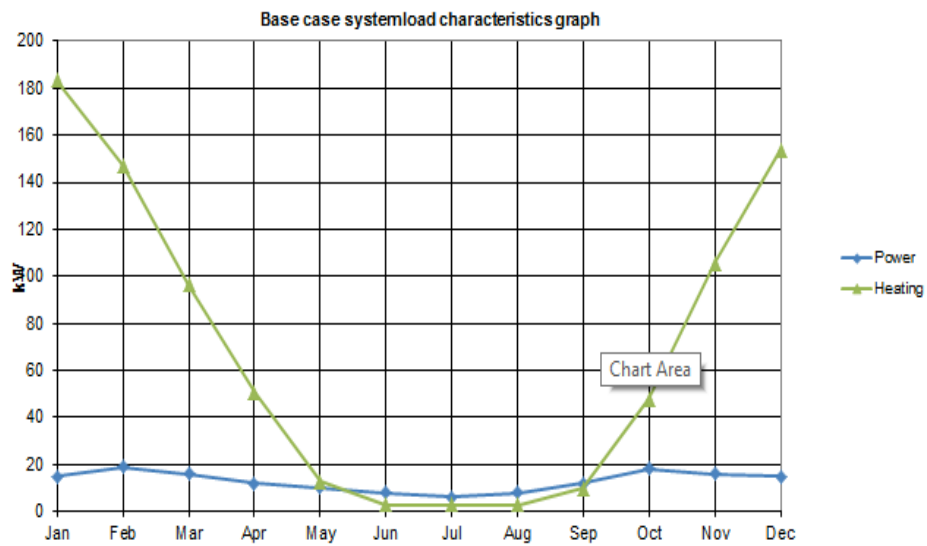
6.2.2.2 Електро енергетски пројекат

У овом делу радног листа мрежа и оптерећење потребно је унети информације везане за потрошњу електричне енергије. Потребно је унети снагу средњег оптерећења електричне мреже у KW (очитати са рачуна и поделити са бројем сати у месецу-слика 9.). Потребно је унети и цену струје по kWh, која у конкретном случају износи приближно 7 дин.

Power project		Unit	
Base case power system			
Grid type		Central-grid	
Base case load characteristics			
Month	Power gross average load kW	Power net average load kW	
January	15	15	
February	19	19	
March	16	16	
April	12	12	
May	10	10	
June	8	8	
July	6	6	
August	8	8	
September	12	12	
October	18	18	
November	16	16	
December	15	15	
System peak electricity load over max monthly average		10.0%	
Peak load - annual		21	21
Electricity	MWh	114	114
Electricity rate - base case	RSD/kWh	7.000	7.000
Total electricity cost	RSD	797.634	RSD 797,634

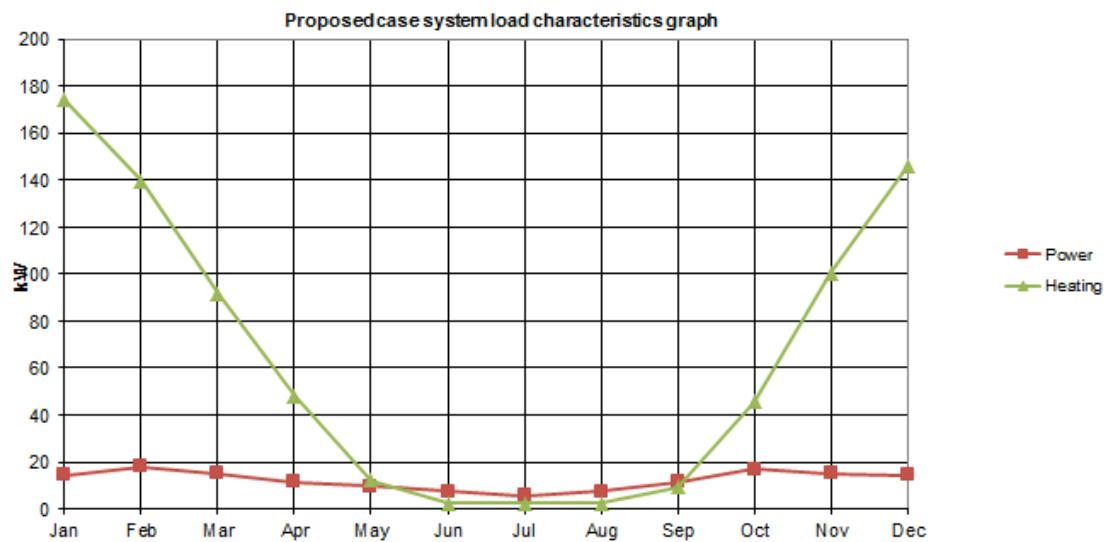
Слика 9. Електро енергетски пројекат

За прекорачени пик изнад максималне месечне вредности усваја се вредност од 10 %, односно 21 KW снаге. На основу унетих података добијен је график потрошене топлотне и електричне енергије на годишњем нивоу (слика 10.).



Слика 10. Потрошња топлотне и електричне енергије

Ако се усвоје као у овом примеру мере енергетске ефикасности од 5 %, предложен случај потрошње ће изгледати као на слици 11.



Слика 11. Предложени случај потрошње

Између овог и претходог графика уочава се велика сличност. Разлика је у томе што је овом случајем на основу предложених мера енергетске ефикасности од 5 % потрошња топлоте и струје нешто смањена, па ће кључне тачке графика бити ниже у правцу осе која показује потрошњу у KW [4].

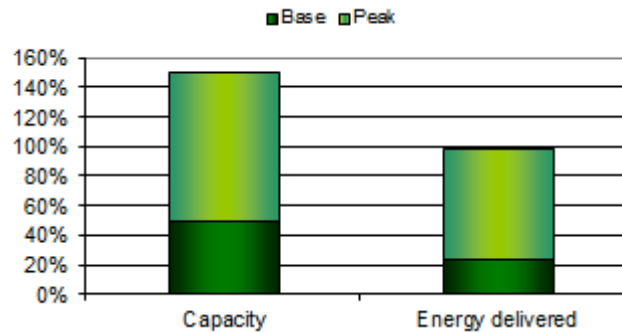
6.2.3 Енергетски модел

Подаци који се уносе на овом листу везани су за избор когенерационе технологије. На делу листа који се назива „Енергетски модел“ (слика 12.) налазе се подаци о капацитету машине, број радних сати машине, врста и цена примарног горива које користи та машина.

Proposed case power system			
System selection	Base load system		
Base load power system			
Technology	Reciprocating engine		
Availability	h	2,800	32.0%
Fuel selection method	Single fuel		
Fuel type	Natural gas - m ³		
Fuel rate	RSD/m ³	39.150	
Reciprocating engine			
Power capacity	kW	10	50.4%
Minimum capacity	%	50.0%	
Electricity delivered to load	MWh	26	23.8%
Electricity exported to grid	MWh	2	
Manufacturer			
Model			
Heat rate	kJ/kWh	12,000	
Heat recovery efficiency	%	47.0%	
Fuel required	GJ/h	0.1	
Heating capacity	kW	11.0	3.9%

Слика 12. Енергетски модул

За конкретне потребе користи се мали мотор снаге 10 Kw/h који, као примарно гориво, користи природан гас. У односу на радне дане у току месеца када је школа у функцији уноси се 2800 радних сати, тј. 32% времена. На овом радном листу може се видети и цена примарног горива као и снага и оптерећење које мотор задовољава. Принцип руковођења је задовољавање средњег оптерећења које износи 50,4 % укупног капацитета. Минимални капацитет којим мотор може да ради је 50 %. На основу ових података доставља се 23.8% електричне енергије из когенерацијског постројења. Капацитет оваквог система и његово искоришћење показани су на слици 13.



Слика 13. Капацитет електричне енергије и испоручена енергија

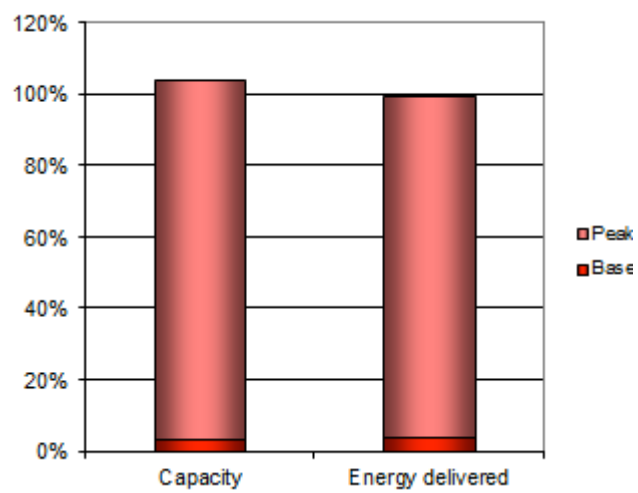
Максимални капацитет система може се прочитати са графика, при чему се види да он износи 150 %. Ту спада електрична енергија коју обезбеђује изабрани мотор, док осталих 100% потиче од електродистрибутивне мреже на коју је објекат прикључен. Треба нагласити да је мотор изабран тако да испуњава базни модел оптерећења, који износи око 50 % [4].

Други део радног листа - енергетски модел, везан је за топлотну енергију. Принцип је сличан као и код електричне енергије, а релевантни подаци приказани су на слици 14.

heating				
Base load heating system				
Technology		Reciprocating engine		
Capacity	kW		11.0	4.1%
Heating delivered	MWh		24	3.9%
Intermediate load heating system				
Technology		Not required		
Peak load heating system				
Technology		Boiler		
Fuel type		Natural gas - m³		
Fuel rate	RSD/m³		39.150	
Suggested capacity	kW		281.2	
Capacity	kW		282	100.3%
Heating delivered	MWh		569.0	95.9%
Manufacturer				See PDB
Model				
Seasonal efficiency	%			
Back-up heating system (optional)				
Technology				
Capacity	kW			

Слика 14. Топлотни модул

Укупан капацитет у погледу топлотне енергије који мотор задовољава износи 4.1 %, а испоручена топлота је 3.9 %. Ови подаци јасно су приказани на слици 15.



Слика 15. *Капацитет топлотне енергије и испоручена енергија*

6.2.4 Анализа трошкова

Анализа трошкова представља четврти радни лист на коме су приказани трошкови инсталације постројења, трошкови самог мотора, одржавања, замене делова. Најпре ће бити представљени почетни трошкови пројекта (слика 16.).

Initial costs (credits)	Unit	Quantity	Unit cost	Amount	Relative costs
Feasibility study					
Feasibility study	cost		RSD 100,000	RSD -	
Sub-total:				RSD -	0.0%
Development					
Development	cost		RSD 80,000	RSD -	
Sub-total:				RSD -	0.0%
Engineering					
Engineering	cost			RSD -	
Sub-total:				RSD -	0.0%
Power system					
Base load - Reciprocating engine	kW	10.00	RSD 224,200	RSD 2,242,000	
Peak load - Grid electricity	kW	20.00		RSD -	
Road construction	km			RSD -	
Transmission line	km			RSD -	
Substation	project			RSD -	
Energy efficiency measures	project			RSD -	
User-defined	cost			RSD -	
Sub-total:				RSD 2,242,000	100.0%
Heating system					
Base load - Reciprocating engine	kW	11.0		RSD -	
Peak load - Boiler	kW	282.0		RSD -	
Energy efficiency measures	project			RSD -	
User-defined	cost			RSD -	
Sub-total:				RSD -	0.0%
Balance of system & miscellaneous					
Spare parts	%			RSD -	
Transportation	project			RSD -	
Training & commissioning	p-d			RSD -	
User-defined	cost			RSD -	
Contingencies	%		RSD 2,242,000	RSD -	
Interest during construction			RSD 2,242,000	RSD -	
Sub-total:				RSD -	0.0%
Total initial costs				RSD 2,242,000	100.0%

Слика 16. Почетни трошкови

Прва ставка коју је потребно унети је управо везана за трошкове студија изводљивости-за ове потребе издвојено је 100 000 РСД. Студије изводљивости су јако битне јер се на тај начин утврђује могућност реализације оваквог пројекта. Што су студије изводљивости прецизније, цена је већа. Након ове ставке наилази се на поље које се односи на развој пројекта које подразумева модификације у виду повећања изолиције у објекту на коме се изводи пројекат, као и саме трошкове прикључка оваквог система. Цена мотора који је потребно инсталирати у систем представља највеће улагање у оваквом пројекту. У конкретном случају из базе података пронађена је цена мотора од 10 KW која износи 224.200,00 РСД. Смањењем снаге мотора повећава се његова цена по kW радне снаге. Зато се препоручује да захтеви објекта буду

такви да је потребна уградња постројења што веће снаге, како би пројекат когенерације био исплатив.

Поред почетних трошкова, постоје и трошкови за кредит, али у овом случају они нису битни јер оваква услуга није коришћена. На крају се долази до годишње уштеде (слика 17.) која износи 1.586.943,00 РСД.

Annual savings	Unit	Quantity	Unit cost	Amount
Fuel cost - base case				
Electricity	MWh	114	RSD 7,000.000	RSD 797,634
Coal	t	99	RSD 8,000.000	RSD 789,309
Sub-total:				RSD 1,586,943

Слика 17. Годишња уштеда

6.2.5 Анализа емисије штетних гасова

Осим повећања енергетске ефикасности битан фактор когенеративних процеса јесте редукција штетних гасова. Софтверски пакет „RETScreen“ у свом саставу садржи и део који се бави овом проблематиком (слика 18.).

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	344.8	41.7		303.1		303.1
Net annual GHG emission reduction	303	tCO ₂	is equivalent to	55.5	Cars & light trucks not used	

Слика 18. Анализа редукције гасова

У случају употребе конвекционалних технологија за овакав објекат је на основу потрошње електричне и топлотне енергије процењено да је емисија гасова 344.8 t. Коришћењем когенерацијских постројења та вредност се своди на 41.7 t, односно за 303,1 t је смањена. Ови подаци приказани су на слици 18.

6.2.6 Финансијска анализа исплативости

Поред заштите животне средине и очувања енергије један од кључних фактора анализирања могућности примене оваквих когенерацијских постројења је економски аспект, тј. финансијска исплативост и одрживост пројекта. На слици 19. се види да је планирани животни век оваког пројекта приближно 20 година. Да би овакав пројекат био реалан потребно је узети у обзир стопу инфлације која износи 8% као и промену цене горива, тј. раст цене од 2 %, што је емпиријски утврђено.

Financial parameters			
General			
Fuel cost escalation rate	%		2.0%
Inflation rate	%		8.0%
Discount rate	%		6.0%
Project life	yr		20

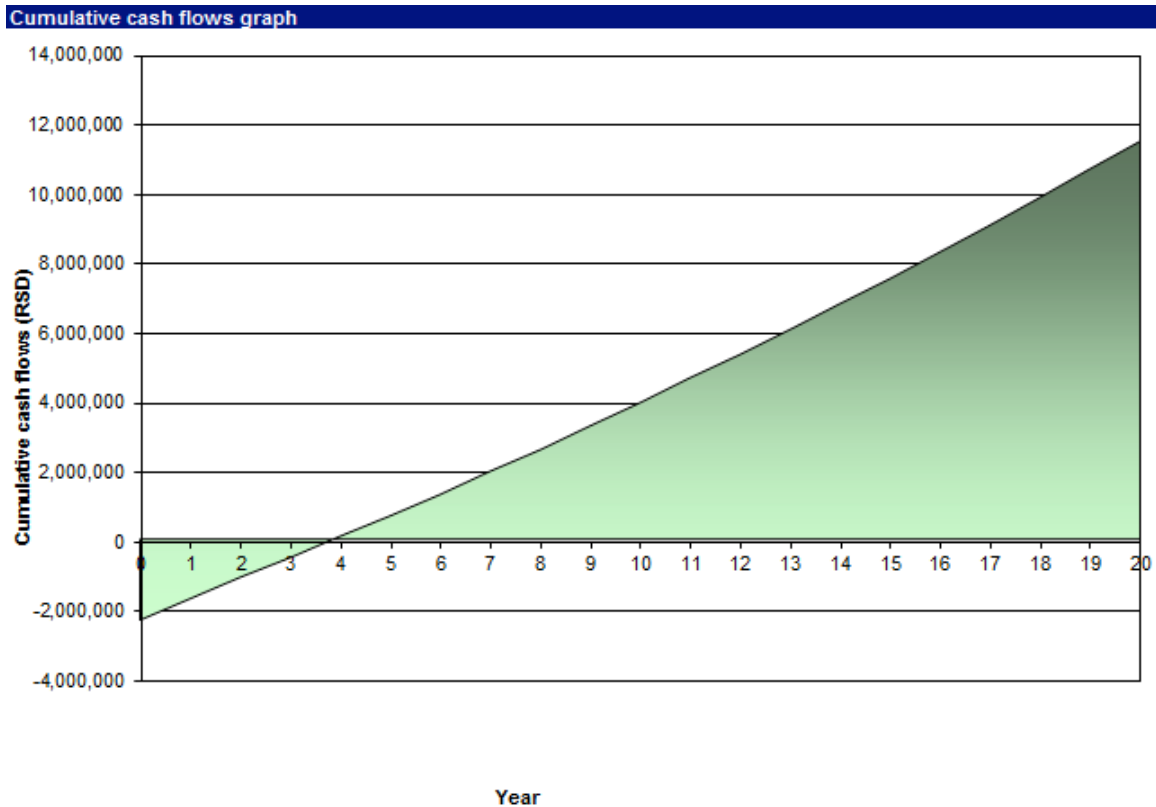
Слика 19. Финансијски параметри

Укупни почетни капитал потребан за уградњу когенерационог постројења, годишњи трошкови горива и одржавања, као и ток новца за сваку годину појединачно, а у укупном интервалу од 20 година представљени су на слици 20.

Project costs and savings/income summary				Yearly cash flows			
Initial costs				Year #	Pre-tax RSD	After-tax RSD	Cumulative RSD
Power system	100.0%	RSD	2,242,000	0	-2,242,000	-2,242,000	-2,242,000
Heating system	0.0%	RSD	0	1	568,593	568,593	-1,673,407
				2	579,608	579,608	-1,093,799
				3	590,844	590,844	-502,956
				4	602,304	602,304	99,348
				5	613,994	613,994	713,342
				6	625,917	625,917	1,339,259
				7	638,079	638,079	1,977,338
Balance of system & misc.	0.0%	RSD	0	8	650,484	650,484	2,627,823
Total initial costs	100.0%	RSD	2,242,000	9	663,138	663,138	3,290,960
Annual costs and debt payments				10	676,044	676,044	3,967,004
O&M		RSD	0	11	689,208	689,208	4,656,212
Fuel cost - proposed case		RSD	1,046,972	12	702,636	702,636	5,358,848
				13	716,332	716,332	6,075,181
Total annual costs		RSD	1,046,972	14	730,302	730,302	6,805,483
Periodic costs (credits)				15	744,552	744,552	7,550,035
				16	759,087	759,087	8,309,122
				17	773,912	773,912	9,083,034
				18	789,034	789,034	9,872,068
				19	804,458	804,458	10,676,526
				20	820,191	820,191	11,496,716
Annual savings and income							
Fuel cost - base case		RSD	1,586,943				
Electricity export income		RSD	17,822				
Total annual savings and income		RSD	1,604,765				

Слика 20. Цена пројекта и његова исплативост

Сви подаци који се налазе на слици 20. могу се представити дијаграмом приказаним на слици 21. који даје бољи увид у укупну инвестицију, време отплате и уштеду која се добија оваквим видом постројења.



Слика 21. График тока новца

Са графика (слика 21.) се може видети да је почетна сума новца који је потребно уложити 2.242.600,00 динара. Период отплате уложеног новца је нешто мањи од четири године, после овог периода постиже се уштеда која би за период од 20 година износила скоро 11.496.716 динара, што је готово 5 пута више од уложених средстава.

7. Закључак

Све што нас окружује представља свет који се заснива на коришћењу енергије. Конвенционални системи који су најраспрострањенији, лагано застаревају и њихова енергетска ефикасност може бити унапређена само новим технолошким постројењима као што су когенерацијска.

Након извођења студија случаја и разматрања могућности увођења когенерацијског постројења у основну школу "Димитрије Туцовић" долази се до закључка да су финансијска улагања у почетку значајна. Повратак ових инвестиција одвија се у релативно кратком временском периоду, након чега се оне вишеструко исплате. Обзиром на број школа које се налазе у Републици Србији, применом оваквих технолошких постројења дошло би се до знатне уштеде енергије на глобалном нивоу земље што би допринело, како економском развоју, тако и очувању животне средине.

Софтверски пакет "RETScreen" омогућио је потпуни увид у значај и могућност уградње оваквих система, како у економском, тако и у еколошком смислу.

Уз подизање свести код људи на индивидуалном нивоу да енергија није бесплатна и да се уз мало улагања може постићи знатна уштеда без губитка комфора, могу се постићи и неки виши циљеви очувања енергије на глобалном нивоу. Самим тим ће се смањити емисија гасова који стварају ефекат стаклене баште и створити реални предуслови за очување наше планете Земље.

8. ЛИТЕРАТУРА

[1] www.cnti.info/energija/page2.html

[2] www.esco.rs/kogeneracija.html

[3] <http://www.paluba.info/smf/index.php?topic=9845.0>

[4] 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.

[5] 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.

[6] Месаровић, М., Ђаловић, М., Когенерација у Србији – зашто се оклева?, Електро – привреда,

[7] Јанићијевић, Н., Анализа когенерационих потенцијала применом базе података комуналних депонија и постројења за третман отпадних вода, Мастер рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2011.

[8] Крстић, Ж., Истраживање могућности увођења когенерације и повећање енергетске ефикасности затвореног базена Спортског центра Парк у Крагујевцу, Завршни рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013.

[9] Национални извештај о когенерацији, Потенцијал когенерације у Србији, Министарство просвете, науке и технолошког развоја, Београд, 2007.

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