

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Енергетика и процесна техника
Предмет: Пренос снаге флуидом
Број индекса: 125/2011

Никола М. Алексић

**ПРИМЕНА МЕХАНИЗМА ЧИСТОГ РАЗВОЈА (СДМ) НА ПРИМЕРУ
ПРОИЗВОДЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ И ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ
ГЕОТЕРМАЛНИХ ИЗВОРА**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Вања Шуштершич, ванр. проф. - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- да преглед литературе и досадашњих истраживања,
- да приказ механизма чистог развоја,
- размотри могућност примене на примеру геотермалне енергије,
- размотри могућност складиштења CO₂,
- да пример прорачуна емисије CO₂.

Коришћена литература:

- [1] Вања Шуштершич, Милун Бабић, ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА – енергија природних и вештачких извора топле воде, Крагујевац, 2009.
- [2] *** San Jacinto Geothermal Project in Nicaragua, CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM – PDD), Version 02 – in effect as of: 1 July 2004.
- [3] *** Упутство за подносиоце пројеката у Србији, ПРИПРЕМА ПРОЈЕКТА У ОКВИРУ МЕХАНИЗМА ЧИСТОГ РАЗВОЈА, Август 2007.

У Крагујевцу, 2015.

Ментор:
Др Вања Шуштершич, ванр. проф.

Резиме:

У уводном делу овог завршног рада, приказан је значај обновљивих извора енергије. Даље је, дат приказ механизма чистог развоја (CDM) у области геотермалне енергије, као и приказ CDM пројеката за различите облике добијања енергије из обновљивих извора енергије. Такође су приказане и главне земље домаћини CDM пројеката и пројекти према технологији примене у овим земљама. Дати су примери реализованих пројеката из области геотермалне енергије и приказано је смањење емисије CO₂ које је остварено помоћу ових пројеката. Затим, су размотрене могућности складиштења CO₂ и дат је пример земаља у којима се врши складиштење CO₂ током неколико година. На крају је приказан пример прорачуна емисије CO₂ који се емитује из геотермалних електрана, са посебним освртом на прорачуне параметара смањења емисије геотермалне електране која се налази у San Jacinto, земља Папуа Нова Гвинеја. На основу овог прорачуна, може да се одреди укупно смањење емисије CO₂, уопштено за геотермалне електране и горе наведену електрану.

Кључне речи:

Угљен диоксид (CO₂), Геотермална енергија, Механизам чистог развоја (CDM)

Abstract:

In the introductory part of this study, we present the importance of renewable sources of energy. Further on, there is an analysis of clean development mechanism (CDM) in the field of geothermal energy, as well as the presentation of CDM projects in different methods of obtaining energy out of renewable sources of energy. We also present the main host countries for CDM projects and projects according to the technology of application in these countries. There are also examples of realized projects in the field of geothermal energy and the presentation of reducing CO₂ emission accomplished by these projects. Further, we considered the possibilities of CO₂ storage and we provided the examples of the countries where this kind of storage has been performed for several years. At the end we presented the example of a calculation of CO₂ emission from geothermal power plants with a special review of the calculation of parameters of reducing emissions of a geothermal power plant located in San Jacinto, Papua New Guinea. According to this calculation, we can determine the overall reduction of CO₂ emission, in general for geothermal power plants and the above mentioned power plant.

Key words:

Carbon dioxide (CO₂), Geothermal energy, Clean development mechanism (CDM)

Садржај

1.0.	КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ – ЕФЕКАТ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ	3
1.1.	Узроци климатских промена	3
2.0.	МЕЂУНАРОДНА ПРАВНА РЕГУЛАТИВА	4
2.1.	Кјото протокол – историјат	4
2.2.	Кјото протокол – смернице	5
2.3.	Обавезе земаља потписница Кјото протокола	5
2.3.1.	Међународна трговина емисијама	6
2.3.2.	Заједничка реализација	6
2.3.3.	Механизам чистог развоја	6
2.3.4.	Сертификовано смањење емисија	6
2.4.	Трговина емисијама	7
2.5.	Земља која није у Анексу I – Србија	7
3.0.	ПРОЈЕКТИ CDM	8
3.1.	CDM на нивоу пројекта	8
3.2.	Примери пројекта CDM	10
4.0.	ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА	16
4.1.1.	Хидрогеотермална енергија	16
4.1.2.	Петрогеотермална енергија	16
4.1.3.	Магмотермална енергија	17
4.2.	Геотермални извори	17
4.3.	Предности геотермалне енергије	18
4.4.	Недостаци геотермалне енергије	18
4.5.	Коришћење геотермалне енергије	18
4.6.	Геотермални ресурси Србије	19
5.0.	ПРИМЕНА ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ - ИСТОРИЈАТ	20
6.0.	НАЧИН ПРИМЕНЕ И КОРИШЋЕЊА ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ	22
6.1.	Примена геотермалне енергије у производњи електричне енергије	22
6.1.1.	Добијање електричне енергије коришћењем суве паре	23
6.1.2.	Добијање електричне енергије принципом брзог испаравања	23
6.1.3.	Добијање електричне енергије бинарним циклусом	24
6.1.4.	Нова решења за добијање електричне енергије из геотермалних извора	24
6.2.	Директна примена геотермалне енергије	25
6.2.1.	Примена геотермалне енергије у пољопривреди	25
6.2.2.	Системи грејања стакленика и пластеника	26
7.0.	ЕКСПЛОАТАЦИОНЕ ТЕХНИКЕ КОРИШЋЕЊА ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ	27
7.1.	Економски и еколошки аспект експлоатације геотермалне енергије	27
7.1.1.	Економски показатељи експлоатације геотермалног система	27
7.1.2.	Утицај на животну средину	29

8.0.	ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ CDM ПРОЈЕКТА ИЗ ОБЛАСТИ ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ	33
8.1.	Lihir Island (Papua New Guinea)	33
8.2.	San Jacinto (Nicaragua)	35
8.3.	Kenya.....	38
9.0.	ОДГОВОРНО КОРИШЋЕЊЕ ФОСИЛНИХ ГОРИВА – СКЛАДИШТЕЊЕ CO ₂	39
9.1.	Климатске промене и потребе за складиштењем CO ₂	39
9.2.	Каптирање (хватање) и складиштење CO ₂	40
9.3.	Развој технологије KSU у свету	41
9.4.	Пример прорачуна емисије CO ₂ која се емитује из геотермалних електрана.....	42
10.0.	ЗАКЉУЧАК.....	48
11.0.	ЛИТЕРАТУРА.....	49

1.0. КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ – ЕФЕКАТ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ

Ефекат стаклене баште изазван деловањем човека, током двадесетог и двадесет првог века, постао је озбиљна претња планети Земљи. Са растом популације, убрзаном индустријализацијом и трошењем природних ресурса, емисија гасова са ефектом стаклене баште се стално повећавала. Од половине педесетих година двадесетог века до данас, емитовање гасова стаклене баште у атмосферу је много брже, него што их Земља може уклонити.

Гасови који стварају ефекат стаклене баште су, пре свега, водена пара (H_2O), угљен-диоксид (CO_2), метан (CH_4), азотни-оксиди (N_2O) и тропосферски озон (O_3). Ови гасови пропуштају Сунчеву енергију на Земљу у виду светлости, а она се задржава у атмосфери као инфрацрвена топлота. Овај феномен одржава планету довољно топло, што осигурава нормално одвијање физиолошких функција свих живих организама. Сваки поремећај у равнотежи гасова стаклене баште, било у смислу њиховог одсуства или претераног присуства, било као појаве неких нових гасова (хлороугљоводоника и халона – CFCs), доводи до снижавања температуре наше планете или стварања изолационог ефекта, што у оба случаја доводи до нестајања живота [1].

1.1. Узроци климатских промена

Шведски хемичар Свенте Аррхенуис је 1896.године предвидео да би се спаљивањем одговарајуће количине фосилног горива удвостручила концентрација CO_2 у атмосфери, а глобална температура би се повећала за $5,5^\circ\text{C}$.

Иако није најмоћнији гас стаклене баште, CO_2 је основни покретач ефекта стаклене баште. Главни узрок климатских промена је неограничено сагоревање фосилних горива (угља, нафте и природног гаса), јер се управо њиховом применом ослобађа CO_2 .

Никола Тесла је рекао: *„Енергија, то је кључни проблем будућности – питање живота и смрти. Садашњи извори енергије су непоуздани и трују нашу планету. Можда преживимо то тровање, али доћи ће дан када ће ти извори енергије пресушити.“*

Коришћењем необновљивих извора енергије слој гасова стаклене баште око Земље је све већи, тако да је Земља све топлија. Сагоревање фосилних горива је довело до критичног загађивања животне средине. Разлог што то радимо, је да задовољимо нашу потребу за енергијом.

Заменом конвенционалне класичне енергије добијене сагоревањем фосилних горива и све већим коришћењем неконвенционалних обновљивих извора енергије решавају се горући проблеми људског опстанка. Обновљиви извори енергије су енергетски ресурси за производњу електричне или топлотне енергије тј. за сваки користан рад, а чије се резерве стално или периодично обнављају. Сам назив обновљиви, заснива се на чињеници да се енергија троши у износу који не премашује брзину којом се ствара у природи [1].

2.0. МЕЂУНАРОДНА ПРАВНА РЕГУЛАТИВА

Прва конференција Уједињених Нација (UN) на којој се по први пут уопште у свету говорило о новим и обновљивим изворима енергије одржана је у Најробију 1981.године. Према дефиницији усвојеној у Најробију у обновљиве изворе енергије спадају:

- Сунчева енергија,
- Биомаса,
- Дрво и дрвени угаљ,
- Геотермална енергија,
- Енергија плиме и осеке,
- Енергија морских таласа,
- Термални градијент мора,
- Енергија ветра,
- Хидроенергија.

Заинтересованост за тематику обновљивих извора енергије, даље је водило ка решавању растућег проблема климатских промена тј.решавању ефекта глобалног загревања и стаклене баште. Ефекат глобалног загревања први је пут неформално разматран на Конференцији UN о животној средини и развоју (UNCED), познатој као Самит о Земљи, одржаној у Рио де Жанеиру 1992.године. То је довело до израде Оквирне конвенције о климатским променама, (UN Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). Ради се о споразуму који има за циљ да се у атмосфери постигне стабилизација концентрације гасова који стварају ефекат стаклене баште, на нивоу који је довољно низак да се спречи опасан антропогени утицај на климатски систем.

Тај споразум није био правно обавезујући, али је садржао одредбе за даље протоколе који би утврдили обавезујуће границе емисија за државе које ратификују тај споразум.Кјото споразум је договорен 1997.године [1][2].

2.1. Кјото протокол – историјат

На основу Оквирне конвенције о климатским променама UN (UNFCCC) договорен је Кјото протокол 11.децембра 1997.године и отворен је за потписивање. Циљ доношења Протокола је смањивање емисије CO₂ и других гасова који изазивају ефекат стаклене баште.Сматра се да је Протокол коначно ступио на снагу 16.фебруара 2005.године када га је ратификовала Русија. До сада га је ратификовало преко 170 држава, које чине 61% загађивача.

За ступање протокола на снагу било је потребно да га ратификује најмање 55 држава и да те државе чине најмање 55% загађивача.

САД и неке мање државе одбиле су да ратификују Протокол.

Србија је потписала Кјото протокол 24.септембра 2007. године.

На острву Блаи у Индонезији од 3.до 15. децембра 2007. године одржана је Конференција UN о будућности Кјото протокола [3].

2.2. Кјото протокол – смернице

- Кјото протокол подстиче истраживање, развој и употребу, нових и обновљивих видова енергије,
- подстиче развој технологија за контролу емисије CO₂ и развој еколошки здравих технологија,
- промовише одрживе облике пољопривреде у светлу насталих климатских промена,
- ограничава емисију гасова стаклене баште коју не предвиђа Монреалски протокол.

Најважнији успех овог протокола је било утврђивање обавезе ограничења и смањивања емисије шест гасова који стварају ефекат стаклене баште: угљен-диоксида (CO₂), метана (CH₄), азотног оксида (N₂O), флуоро-угљоводоника (HFC_s), перфлуоро-угљоводоника (PFC_s) и сумпор-хексафлуорида (SF₆).

Монреалски протокол је споразум донесен 1987.године, којим се земље потписнице обавезују на смањење употребе фреона за 50%. Ревизијама 1990.године у Лондону и 1992. године у Копенхагену је затражено да се до 2000. године потпуно избаце из употребе: фреони, халони и други халогени угљеноводоници [3].

2.3. Обавезе земаља потписница Кјото протокола

Владе које су ратификовале Кјото протокол подељене су у две групе:

- индустријализоване земље (земље из Анекса I), које су прихватиле да смање своје емисије гасова и да достављају списак гасова који стварају ефекат стаклене баште сваке године,
- земље у развоју (земље које нису у Анексу I), које немају никакве обавезе смањења емисија гасова код себе, али могу да учествују у Механизму чистог развоја (Clean Development Mechanism).

Протокол је договорен за период од 2008. до 2012. године. У овом периоду државе потписнице из Анекса I колективно морају да смање своје емисије за 5% у односу на емисије из 1990. године. Држава потписница из Анекса I може да смањи емисије домаћим мерама или применом флексибилних механизма оквирно датих у Кјото протоколу. Ти флексибилни механизми су тржишни механизми који су разрађени како би се омогућило државама потписницама из Анекса I да постигну своја ограничења емисија на рентабилан начин и то:

- међународна трговина емисијама (International Emission Trading),
- заједничка реализација (Joint Implementation – JI),
- механизам чистог развоја (Clean Development Mechanism – CDM).

За земље у развоју потписнице Кјото протокола, међу којима је и Србија, Протокол није предвидео никакве нове обавезе у односу на оне које су предвиђене Конвенцијом (UNFCCC) тј. није предвидео обавезу квантификованог смањивања емисија гасова са ефектом стаклене баште, али остављена је могућност да свака од њих у било ком тренутку такву обавезу преузме, у складу са својим могућностима, укључивањем у Анекс I [3].

2.3.1. Међународна трговина емисијама

Одредбама Кјото протокола предвиђено је увођење механизма трговине емисијама. Тиме је омогућен изванредан степен флексибилности за индустријализоване земље и земље у транзицији, у погледу испуњавања њихових основних обавеза, које се односе, на квантификовано смањивање емисија гасова са ефектом стаклене баште [4].

2.3.2. Заједничка реализација

До 2008. године индустријски развијене земље имале су могућност да резултат смањења емисија гасова остварен кроз пројекте заједничке реализације на територији других земаља из Анекса Конвенције, припишу испуњавању једног дела својих преузетих обавеза [4].

2.3.3. Механизам чистог развоја

Механизам чистог развоја (CDM) омогућује индустријски развијеним земљама и другим земљама са листе из Анекса I Конвенције да изврше имплементацију пројеката којима се редукују емисије гасова са ефектом стаклене баште у земљама у развоју. При томе сертифицизоване износе редукције емисија, генерисане таквим пројектом, могу приписати испуњавању дела својих обавеза у погледу смањења емисија. Сертифицивани износ се одузима од квоте индустријске земље као инвеститора чистог развоја и додаје се квоти националних емисија земље у развоју, која је у CDM-у прималац чисте технологије. Тиме се земље у развоју практично задужује новим квотама емисија, које ће у будућности морати да смањује [4].

2.3.4. Сертифициковано смањење емисија

CDM омогућава развијеним земљама (чланицама Анекса I) да део својих обавеза на смањењу емисија гасова стаклене баште реализују у земљама у развоју које су приступиле Протоколу, али немају обавезу за смањењем у првом периоду (2008 - 2012. година). Развијене земље које инвестирају у пројекте који резултирају смањење емисије гасова стаклене баште добијају сертифициковано смањење емисије (CER - Certified Emission Reduction). То је износ смањења емисије гасова стаклене баште који настају реализацијом одређеног CDM пројекта. CER се додаје дозвољеном износу емисије земље инвеститора.

CER се издаје почевши од 2000.године, што значи да се смањење рачуна током тринаест година (од 2000 - 2013. године), за разлику од нпр. смањења емисије кроз заједничку реализацију (ЈИ) која се рачуна током 5 година (2008 - 2012. година). У овоме је велика предност CDM у односу на друга два механизма. Уз одређена ограничења CER може бити предмет трговања међу чланицама Анекса I Протокола. Износ CER-а се рачуна на следећи начин:

CER = емисија пре реализације пројекта – емисија након реализације пројекта

2.4. Трговина емисијама

Механизам трговине емисијама могу користити само земље које су на листи у Анексу I Конвенције(индустријске земље и земље у транзицији), на тај начин што део својих додељених количина емисија које могу емитовати у току обавезујућег периода, могу пренети другој земљи са листе из Анекса I Конвенције.

Да би се земљама чланицама Кјото протокола олакшало прихватање споразума и истовремено дао подстрек САД да му приступи, Протокол дозвољава коришћење и следећег „флексибилног механизма” -трговина емисијама CO₂.

Према споразуму, нације које емитују мање гасова стаклене баште од предвиђене квоте, могу да продају емисионе кредите земљама већим загађивачима.

Компанија која успешно редукује емисије у мери већој од тражене или није достигла емисије које су јој дозвољене, може да тргује емисионим кредитима са компанијама које нису успеле или нису у стању да остваре постављене захтеве. Овај концепт је са одређеним успехом примењен за смањење емисија узрочника смога и киселих киша [4].

2.5. Земља која није у Анексу I– Србија

Механизам CDM је створен да се правна лица из земаља из Анекса I подстакну да инвестирају у пројекте који доводе до смањења емисија гасова са ефектом стаклене баште, у земљама које нису у Анексу I. Како Србија није земља из Анекса I Кјото протокола, ово подразумева потенцијално повећање трансфера новца и модерније и еколошки чисте технологије. Ово би Србији омогућило:

- даљи развој трговине тржишта за пројекте из области енергетске ефикасности и обновљиве енергије,
- директне инвестиције у пројекте прихватљиве за животну средину,
- дапостане мање зависна од испоруке фосилних горива.

Пошто је Србија земља потписница која није у Анексу I Кјото протокола, српска правна лица имају прилику да привлаче инвестиције развијајући пројекте CDM [3][4].

3.0. ПРОЈЕКТИ CDM

3.1. CDM на нивоу пројекта

Са националног становишта, CDM нуди потенцијал да привуче значајне инвестиције и да постане важан испоручилац кредита за CO₂ на глобално тржиште, а у исто време унапреди услове за одрживи развој.

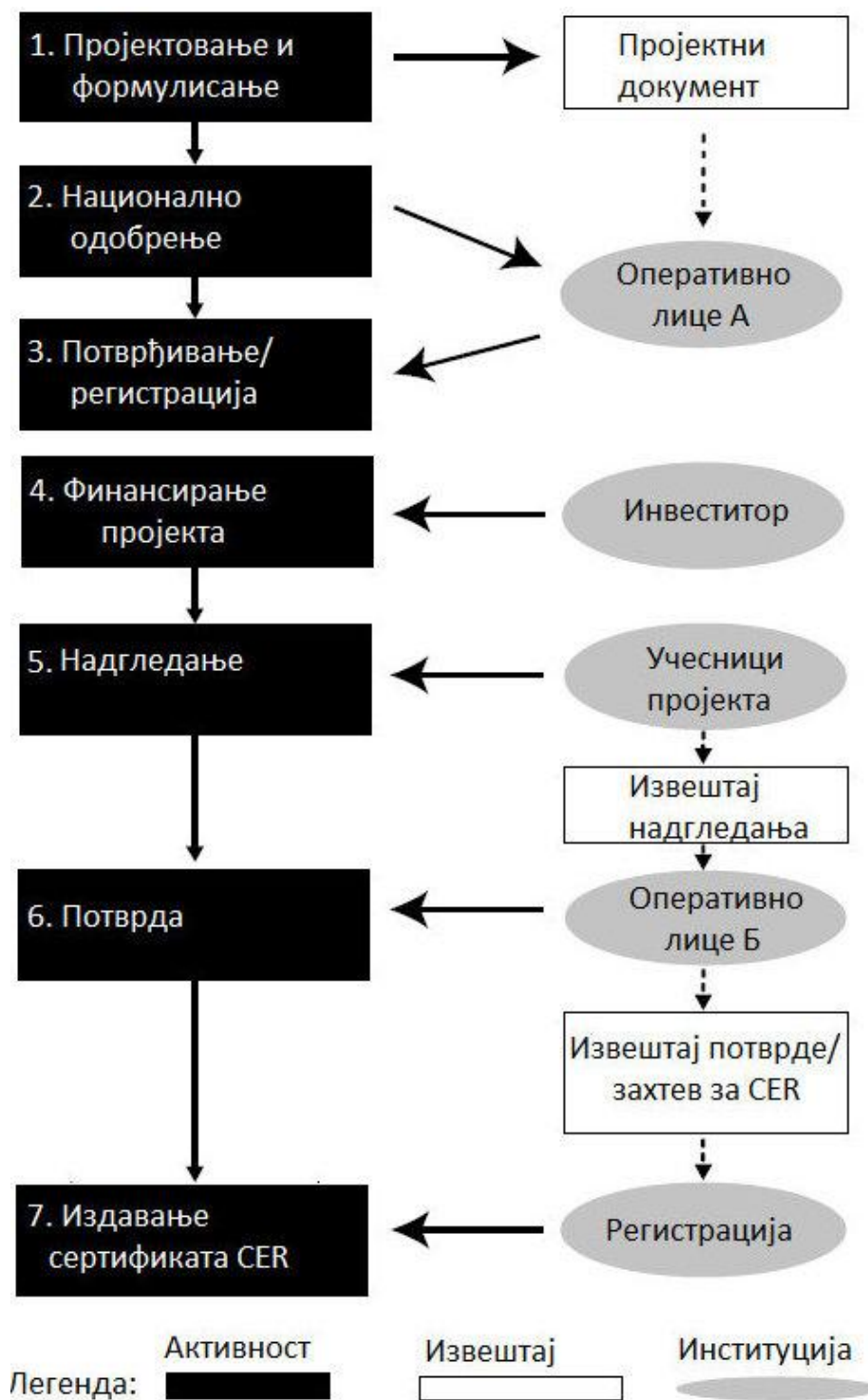
На нивоу локалних подносилаца пројеката, додавање компоненте CDM представља могућност додатних прихода за пројекте из области енергетске ефикасности и обновљиве енергије, које би иначе било тешко реализовати услед великих потреба за капиталом на самом почетку и других периода повраћаја инвестиције.

Да би се један пројекат квалификовао као CDM пројекат, он мора да испуњава услове свеукупног оквира Кјото протокола. Ово значи да земља домаћин мора да има ратификован Кјото протокол као земља потписница која није у Анексу I и да има основно Наименовано национално тело (Designated National Authority – DNA), које може да издаје одобрења земље домаћина за пројекте CDM на основу националних процедура. Пројекат такође мора да буде у складу са критеријумима одрживог развоја земље домаћина.

Национална фокусна тачка у Србији је Министарство за заштиту животне средине. То Министарство тренутно ради на успостављању DNA, националних процедура и практичне политике за процену доприноса пројеката CDM одрживом развоју. Када се овај посао заврши, те процедуре и критеријуми ће се објавити на одређеној Веб локацији. До тада се подносиоцима пројеката саветује да контактирају фокусну тачку за додатне смернице по овом питању.

Пре свега је потребно да пројектна активност доведе до смањења емисије гасова са ефектом стаклене баште и да та смањења емисије буду „додатна”. То значи да смањења емисије морају да буду додатна у односу на оно што би било постигнуто у „сценарију пословања по старом”. На подносиоцу пројекта је да докаже да та пројектна активност није пословање по старом и да тај пројекат не би био реализован без CDM-а [4].

На слици 1. је приказан алгоритам који показује како се одвија поступак пријаве пројекта CDM и издаје сертификат CER. Поступак се састоји од низа активности које су непоходне да се ураде, затим установа које те активности надгледају и потом дају извештаје.



Слика 1. Циклус CDM пројекта [5]

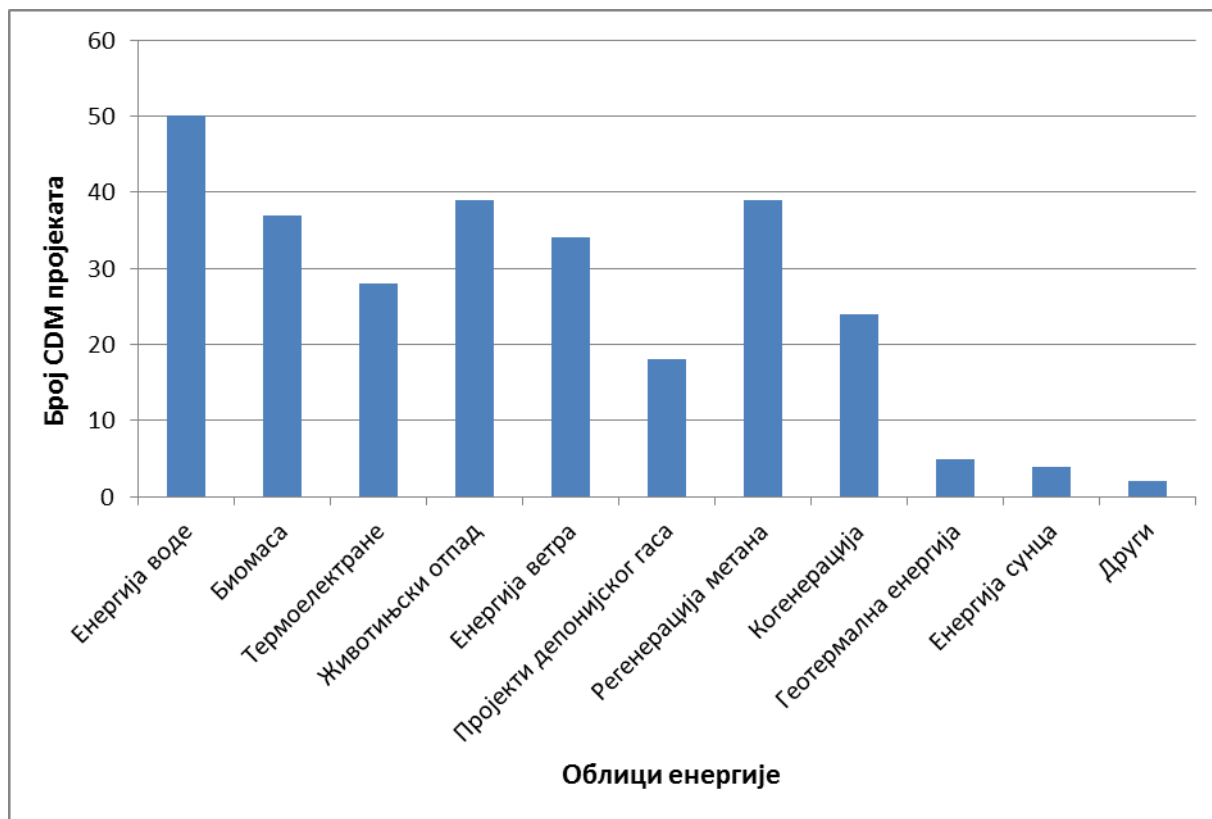
3.2. Примери пројекта CDM

Пројекти CDM могу да се разликују по својој природи и контексту:

- Инсталације базиране на изворима обновљиве енергије:
 - коришћење извора енергије ветра, таласа/плиме-осеке, соларне, хидро енергије, биомасе или геотермалне енергије ради производње електричне или топлотне енергије. Утаквим пројектима смањења емисије се постижу заменом електричне и/или топлотне енергије произведене сагоревањем фосилних горива и/или топлотом извора са нултом емисијом.
- Замена горива са горивима која имају мањи садржај угљеника:
 - ако се једно фосилно гориво замени другим горивом који има мањи садржај угљеника, ово би довело до смањења емисија. Пример може да буде прелазак са угља на гас за производњу електричне или топлотне енергије у станици за когенерацију топлотне енергије или у индустрији.
- Енергетска ефикасност на страни понуде енергетских система:
 - енергетика може да смањи емисију ако унапреди ефикасност производње енергије и дистрибуције смањивањем губитака у овим процесима. Смањење губитака електричне енергије у трансмисионој и дистрибутивној мрежи би довело до ниже потрошње фосилних горива по киловату испоручене електричне струје и тиме до нижих емисија.
- Енергетска ефикасност на страни потражње:
 - индустрија може да смањи емисије смањењем директне потрошње фосилних горива(угаљ, гас) или индиректно, свођењем употребе енергије на минимум. Ови пројекти би могли најбоље да се уклопе у тешкој индустрији (металуршка, индустрија цемента, стакла...).
- Пројекти когенерације топлотне и електричне енергије:
 - реализацијом пројекта когенерације, отпадна топлота из једне конвенционалне енергане би могла да се искористи за индустријске термичке процесе или испоруку топлотне енергије мрежи даљинског грејања. Ако се даљинско грејање базира на сагоревању угља, та топлотна енергија, која би иначе била неискоришћена може да смањи потрошњу угља, те тако смањи емисије.
- Хемијска индустрија:
 - у процесима производње азотне киселине/амонијак често се емитују отпадни гасови N_2O . Имајући у виду висок потенцијал емисије азотног оксида, уништавање или катализирање овог гаса даје велику количину сертификованих потврда.

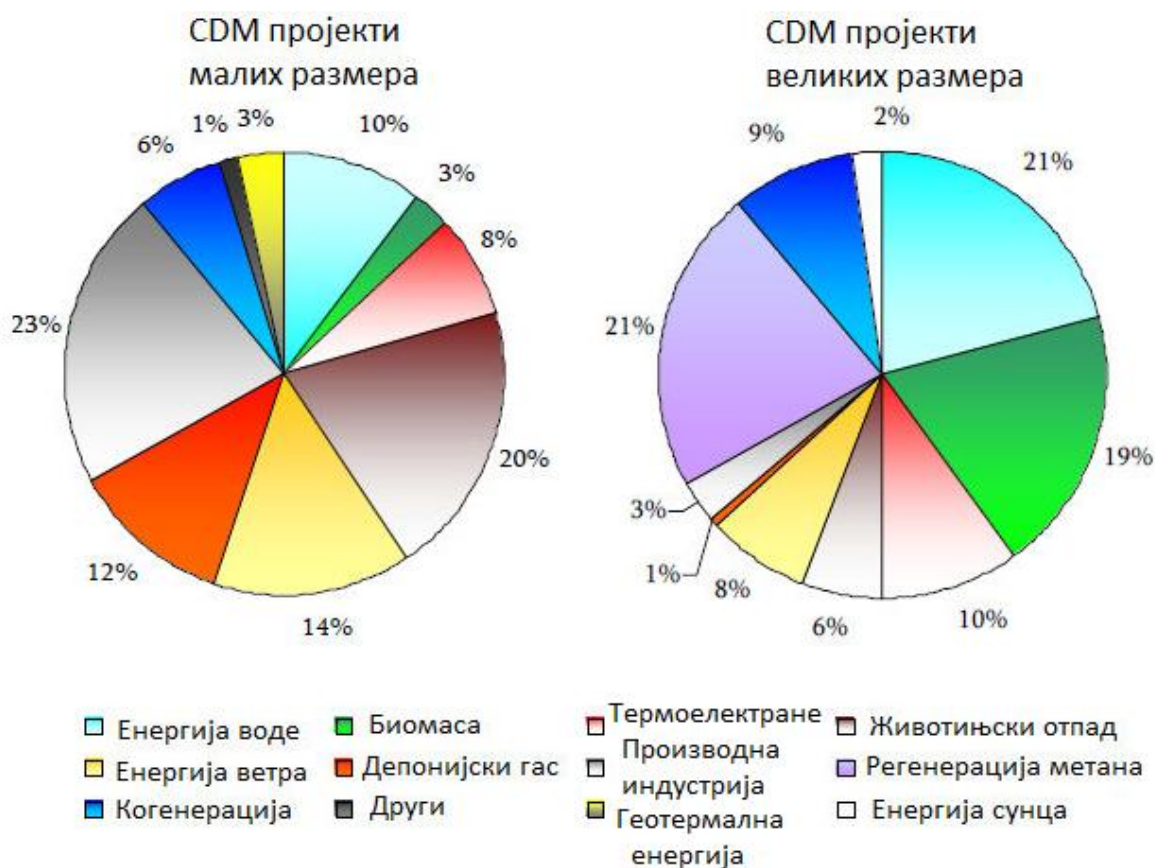
- Рударство и производња минерала:
 - метан се често емитује из наслага угља. Могао би да се користи за производњу електричне енергије, смањујући емисије испарења до којих би иначе долазило.
- Смањење емисија метана из постројења за обраду отпада:
 - када се комунални чврсти отпад одлаже на депоније, долази до генерисања метана услед анаеробних процеса распадања. Слична врста процеса се јавља у пречишћавању комуналне отпадне воде и отпадне воде из производње скроба/штирка. Ови токови метана би могли да се сакупљају како би се или спаљивали или користили за производњу топлотне/електричне енергије.
- Емисије испаривања горива:
 - ова категорија пројеката обухвата повраћај и искоришћавање гаса који се спаљује из нафтних бушотина и смањења емисија испарења из гасовода који цуре.
- Транспорт:
 - транспорт је одговоран за око 30 посто глобалних емисија са ефектом стаклене баште. Пројекти CDM-а се фокусирају на смањење потрошње дизела и бензина и коришћење горива, као што су биогаз, биоетанол или биодизел.
- Смањење емисија метана из биомасе:
 - у пољопривреди и дрвној индустрији, биомаса се често сматра отпадом и баца се на депоније где анаеробно распадање доводи до емисије метана. Емисије метана могу да се избегну сагоревањем биомасе ради производње топлотне и/или електричне енергије.
- Остале врсте пројеката:
 - су засађивање дрвећа(пошумљавање), смањење коришћења растварача и уништавање флуоро-угљоводоника (HFC) [4].

На слици 2. је приказан графикон са бројем CDM пројеката при различитим облицима добијања енергије из обновљивих извора енергије. Подаци су изети са сајта UNFCCC-а за месец новембар 2006. године.



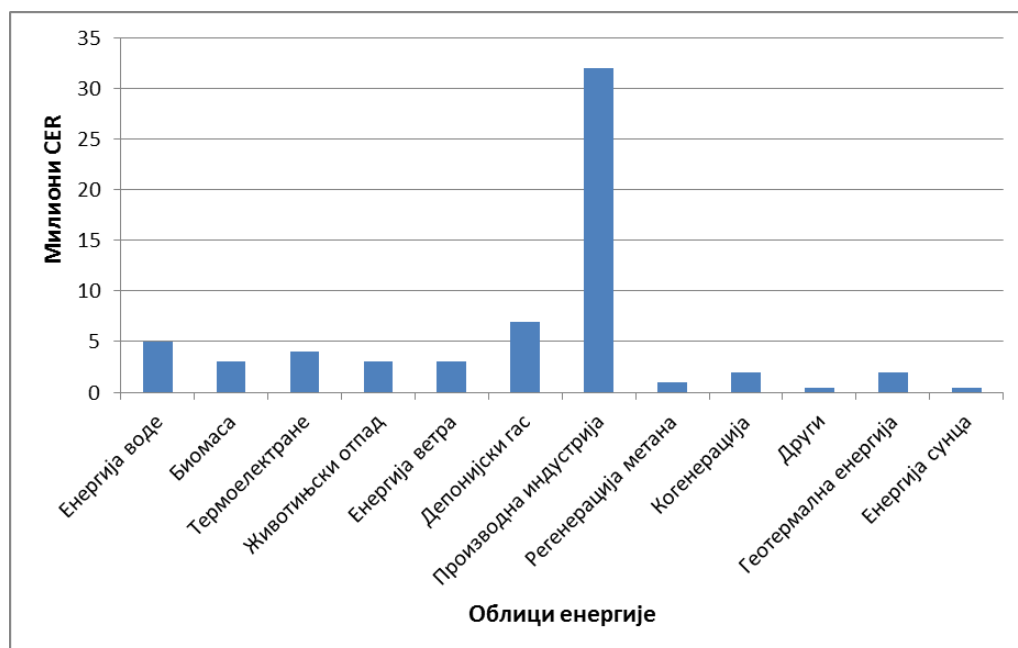
Слика 2. Број CDM пројеката [6]

Што се тиче величине сваког пројекта, пропис UNFCCC-а образлаже разлику између малих и великих пројеката. Међу такозваним пројектима са малим обимом могу се наћи сви пројекти CDM-а са снагом свог постројења до 15 MW, побољшање ефикасности како би се смањила потрошња енергије до 15 GWh годишње и другим активностима које би могле смањити емисију CO₂ до 15 kt годишње. Око 56% регистрованих пројеката спадају у групу великих пројеката. Подела на мале и велике пројекте CDM-а приказана је на слици 3.



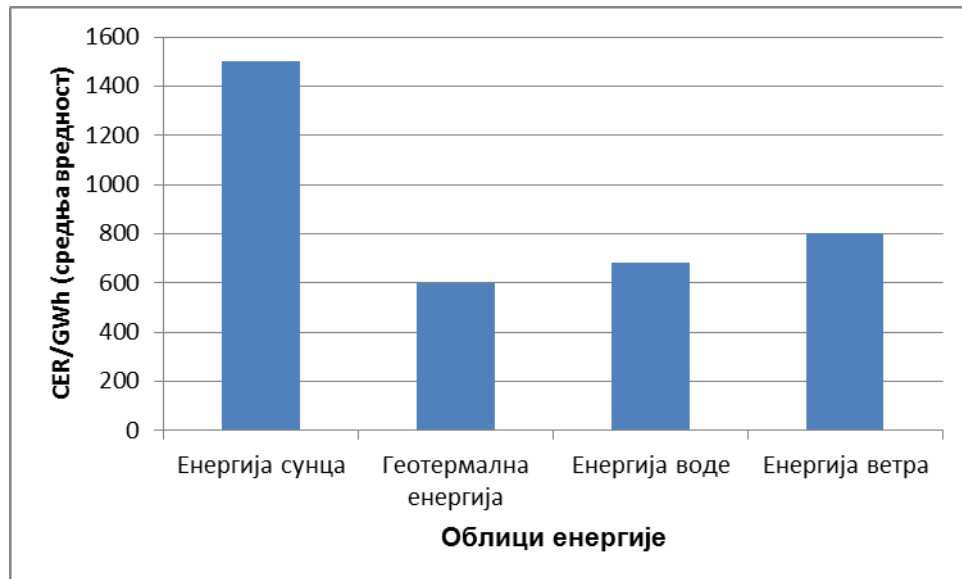
Слика 3. Приказ процента за сваку врсту пројекта и подела на мале и велике пројекте[6]

На слици 4. је приказан графикон који показује колики је број CER-ова издато годишње за различите облике добијања енергије из обновљивих извора енергије.



Слика 4. Укупно годишње издатих CERs[6]

На слици 5. приказана је средња вредност CER/GWh за различите облике добијања енергије из обновљивих извора енергије.



Слика 5. Производња CER/GWh за различите облике извора енергије[6]

Почетни инвестициони трошкови, као и сви економско - технички услови од кључног су значаја за један CDMпројекат (табела 1.).

Табела 1. Трошкови и карактеристике постројења за различите облике производње енергије [6]

		Енергија воде	Енергија ветра	Енергија сунца	Геотермална енергија
Инвестициони трошкови	\$/KW	2300	1400	6880	3930
Фактор капацитета	h/y	4000	2500	2000	7800
Радни век постројења	Y	50	25	25	30

У табели 2. се може видети да су земље домаћини CDMпројеката поред Индије и Бразила, углавном земље Азије и земље Јужне и Централне Америке.

Табела 2. Главне земље домаћини CDM-а и одговарајући број пројеката[6]

Земља	Број пројеката	Земља	Број пројеката
Индија	112	Хондурас	10
Бразил	72	Филипини	7
Мексико	32	С. Кореја	7
Кина	25	Аргентина	6
Чиле	14	Еквадор	6
Малезија	12	Индонезија	5

У табели 3. приказане су главне земље домаћини CDM-а и пројекти према технологији примене. Може се запазити да геотермална енергија нема ни један пројекат у овим земљама [6].

Табела 3. Подела CDM пројеката у складу са технологијом примене[6]

	Бразил	Чиле	Кина	С. Кореја	Индија	Малезија	Мексико
Енергија воде	9		6	2	15		2
Биомаса	4	1			25	6	
Термоелектране	3		1		19	1	
Животињски отпад	18	2					15
Енергија ветра	2		15	1	13		1
Депонијски гас	4		1			1	2
Производна индустрија	3	1	4	1	22		
Регенерација метана		4			7		21
Когенерација	4	2			11	2	1
Геотермална енергија							
Енергија сунца				1	1		
Други			1				

4.0. ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА

Геотермална енергија представља топлотну енергију Земље.

Земља црпи топлоту из два своја извора. Први извор је ужарено земљино језгро-магма. Други извор је површински слој Земљине коре који се понаша двојако, као топлотни изолатор за дубље слојеве (стене, воду, угаљ, нафту), али и као огроман топлотни акумулатор. Преко лета се под дејством Сунчевог топлотног зрачења Земљина кора загреје, а преко зиме постепено одаје топлоту. Атмосферске падавине (снег, киша) му не сметају, јер делују као додатни топлотни изолатор.

Геотермална енергија, с обзиром на термодинамичка и хидролошка својства дели се на три облика:

- хидрогеотермалну,
- петрогеотермалну,
- магмогеотермалну [7].

4.1.1. Хидрогеотермална енергија

Хидрогеотермална енергија је топлотна енергија подземних вода изнад 10°C. Топлотне пумпе омогућавају да се ова наизглед недовољна температура подигне на вишу. Ово се односи на технологију са краја двадесетог века, али са савременом технологијом топлотне пумпе могу користити много ниже температуре (испод 0°C). Битно је да постоји довољан проток и да се вода не леди.

Хидрогеотермална енергија се првенствено користи за добијање топлотне енергије, јер недовољне температуре нису адекватне за производњу већих количина електричне енергије.

Посебан облик хидрогеотермалне енергије је топлотна и *механичка енергија усијане водене паре*, која под притиском избија из извора. Она би се турбином и електрогенератором могла користити за добијање електричне енергије (пored топлотне).

Топлотна енергија у Србији је највећи трошак за домаћинство (грејање просторија и воде), одмах после исхране. Домаћинства у Србији за загревање просторија и воде примарно користе чврста горива (дрва, пелет и угаљ), струју и гас, док хидрогеотермалну енергију могу користити једино они који плате за коришћење топле воде, која слободно извире из земље [8].

4.1.2. Петрогеотермална енергија

Петрогеотермална енергија је топлотна енергија сувих стена топлијих од 10°C. Лежишта воде и гасова под високим притиском налазе се на дубинама од 3 – 6 km. Вода је умерене температуре између 90 и 200°C и садржи метан. Захваљујући високим притисцима могуће је искористити механичку, топлотну и хемијску енергију, али је технологија још неисплатива [8].

4.1.3. Магмотермална енергија

Магмотермална енергија је топлотна енергија усијаног земљиног језгра. За коришћење топлотне енергије из оваквих извора ($700-1200^{\circ}\text{C}$) на великим дубинама (и преко 7km) потребна је сложена технологија. Реч је о скупом процесу, па за сада постоји тек неколико испитних постројења (САД, Велика Британија) [8].

4.2. Геотермални извори

Геотермални извори су извори геотермалне воде из подземних лежишта. Највећи број геотермалних извора је у подручјима која су геолошки још врло активна (вулкани и земљотреси).

Према степену истражености лежишта, односно познавању хемијских и физичких одлика воде/паре и могућностима за искоришћавање, геотермални извори се деле на:

- утврђене:
 - билансне (исплативе за коришћење до сада познатим технологијама),
 - ванбилансне (нису исплативи за коришћење до сада познатим технологијама),
- потенцијалне.

Подела према врсти геотермалних лежишта извршена је с обзиром на начин уласка воде/паре у лежиште и изласка из њега:

- са природним уласком и изласком (врело или извор воде),
- са природним улазом и вештачким излазом воде, кроз бушотину (артериски извор),
- са вештачким улазом и излазом воде (технолошки скуп процес).

Геотермални извори се класификују и према температури геотермалне воде/паре, односно њихових смеша:

- ниско температурни (с горњом границом температуре између 90°C и 150°C),
- средње температурни (у подручју температура од најмање 90°C до највише 225°C),
- високо температурни (са доњом границом температуре између 150°C и 225°C).

Велики део геотермалних извора има ниске температуре (испод 150°C) па се таква вода не користи за производњу електричне енергије већ само за грејање и наводњавање. Транспорт вруће воде/паре је скуп и оптерећен губицима енергије, па се геотермални извори углавном користе локално за грејање просторија и стакленика, а понегде и у индустрији [7].

4.3. Предности геотермалне енергије

Геотермална енергија као обновљив извор енергије има вишеструке предности у односу на необновљиве изворе засноване на фосилним горивима.

- геотермална енергија је еколошки чиста и сигурна за околину,
- смањује се коришћење фосилних горива и емисија штетних гасова,
- залихе геотермалне енергије су практично неисцрпне и зато се сматра константном енергијом,
- геотермалне електране заузимају мали простор,
- геотермалне електране граде се директно на извору енергије,
- геотермалне електране су врло поуздане (без еколошких акцената),
- геотермална енергија је поуздана јер не зависи од метеоролошких услова (киша, ветар, Сунце) - енергија из геотермалних извора може се производити 24 сата,
- геотермалне електране имају веома ниске трошкове производње (захтевају само енергију за покретање водених пумпи, коју иначе електрана производе сама за себе).

4.4. Недостаци геотермалне енергије

Основни недостатак коришћења геотермалне енергије је непостојање стриктне законске регулативе којом би се успоставила контрола „геотермалне индустрије“ (локације, емитовање гасова, заштита животне средине, надлежност):

- нема много локација прикладних за искоришћавање геотермалне енергије и изградњу геотермалних електрана,
- транспорт вруће воде је скуп и оптерећен губицима,
- гасови из геотермалних извора могу бити штетни када изађу на површину (угљен диоксид и водоник сулфид, а у траговима амонијак, водоник, азот, метан, радон и испарљиви метали бор, арсеник и жива),
- повећана појава земљотреса у регијама где се искоришћава геотермална енергија [7].

4.5. Коришћење геотермалне енергије

Геотермалну енергију је могуће користити за производњу електричне енергије, грејање насељених места, грејање стакленика. Грејање зграда и процес добијање струје су главни, али не и једини начини искоришћавања геотермалне енергије. Геотермална енергија се може користити и у друге сврхе: производња папира, пастеризација млека, сушење дрвета и вуне, наводњавање.

4.6. Геотермални ресурси Србије

Густина геотермалног топлотног тока на највећем делу територије Србије је већа од његове просечне вредности за континентални део Европе (60 MW/m^2).

Највећи геотермални потенцијал у Србији имају: Панонски басен, централни део јужне Србије и централна Србија (преко 100 MW/m^2).

Ако се узму у обзир огромне могућности експлоатације ових геотермалних ресурса, у стратегији развоја енергетике, геотермална енергија треба да добије и одговарајући третман равноправан са осталим енергентима.

Само у централној Србији постоји око 160 природних извора геотермалних вода са температурама од 15°C до 96°C (Сијеринска бања 72°C , Јошаничка бања 78°C , Врањска бања 96°C). Укупна издашност свих досад познатих природних геотермалних извора је око 4000 l/s . Акумулирана енергија у геотермалним налазиштима у Србији до дубине 3 km је еквивалентна топлотној енергији, која би се добила сагоревањем угља из свих налазишта у Србији.

Геотермална енергија у Србији се углавном користи на традиционалан начин, за лечење у бањама и спортско-рекреативне сврхе (коришћење минералних вода). Коришћење геотермалне енергије за грејање и друге енергетске сврхе је веома скромно и у почетној фази, у односу на потенцијал геотермалних ресурса [9].

5.0. ПРИМЕНА ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ - ИСТОРИЈАТ

Реч геотермални води порекло од грчких речи гео (Земља) и therme (топлота), што се у буквалном значењу преводи као топлота Земље.

Још су старе индијанске цивилизације пре више од 10000. година користиле геотермалне топле изворе (Paleo), а благодети „топлих” извора радо су користили стари Римљани и Кинези.



Слика 6. *Прво геотермално постројење, 1904, Lardarello, Италија [7]*

Почетак коришћења геотермалне енергије за генерисање електричне енергије везан је за италијанско место (Lardarello) 1904. године (Слика6.). Геотермалном енергијом покренута је мала турбина која је напајала 5 сијалица. Већ 1911. године почела је градња прве геотермалне електране која је завршена 1913. године, снага јој је била 250 KW. То је била једина геотермална електрана у свету готово пола века. Принцип рада ове електране био је веома једноставан: хладна вода упумпавала се на вруће гранитне стене које су се налазиле близу површине, а на површину је под високим притиском излазила врућа водена пара са температуром изнад 200°C. Затим се та пара користила за покретање турбине и генератора електричне струје.

Ресурси геотермалних вода, који се у свету последњих неколико година убрзано развијају и користе, највише су у експлоатацији у најнапреднијим земљама Европе и Америке. Најзначајнији резултати у коришћењу геотермалне енергије су остварени у САД-у, Јапану, Исланду, Француској, Италији и Мађарској. Искуства показују да је најрационалније равномерно коришћење геотермалних бушотина током целе године.

У Табели 4. је приказан списак 10 земаља које највише експлоатишу геотермалне ресурсе. На светском нивоу тих 10 земаља учествује са око 96% у производњи електричне енергије из геотермалне енергије, и са 71% у директном коришћењу геотермалних извора [7].

Табела 4. Приказ 10 земаља које највише користе геотермалну енергију[7]

Производња електричне енергије (2005 год.)		Директно коришћење (2005 год.)	
Земља	у електричним GWh	Земља	у топлотним GWh
САД	17911,00	Кина	12604,40
Филипини	9253,00	Шведска	10000,80
Мексико	6282,00	САД	8678,20
Индонезија	6085,00	Турска	6900,50
Италија	5340,00	Исланд	6806,10
Јапан	3467,00	Јапан	2861,60
Нови Зеланд	2227,00	Мађарска	2205,70
Исланд	1483,00	Италија	2098,50
Коста Рика	1145,00	Нови Зеланд	1968,50
Кенија	1088,00	Бразил	1839,70
Укупно 10 земаља	54834,00	Укупно 10 земаља	54124,50
Све остале	1952,00	Све остале	19978,70
Укупно на светском нивоу	56786,00	Укупно на светском нивоу	75942,90

*Извор: International Geothermal Energy Association

6.0. НАЧИН ПРИМЕНЕ И КОРИШЋЕЊА ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Искоришћавање геотермалне енергије зависи од температуре геотермалних извора. Високо температурни геотермални извори (преко 150°C) се користе за производњу електричне енергије, а ниско и средње температурни геотермални извори се користе, или директно, или се примењују топлотне пумпе (Табела 5.).

Табела 5. Приказ коришћења геотермалне енергије у функцији температуре радног флуида[7]

Начини примене	Температура
Топлотне пумпе	4 °C - 38 °C
Директна примена	38 °C - 150 °C
Производња електричне енергије	>150 °C

Исландски инжењер Ландал 1985.године је први предложио одговарајуће температуре за поједине процесе искоришћавања геотермалних вода. Тако је врућу воду из геотермалних извора „ниске” температуре од 4°C до 60°C првенствено определио за грејање простора употребом топлотних пумпи. Сувозасићену пару из геотермалних извора температура од 90°C до 150°C предвидео је за производњу електричне енергије употребом бинарног циклуса. Сувозасићену пару из геотермалних извора температура од 130°C до преко 180°C определио је за конвенционалну производњу електричне енергије.

У најкраћем, начини примене и коришћења геотермалне енергије су:

- производња електричне енергије,
- директна примена,
- топлотне пумпе [7].

6.1. Примена геотермалне енергије у производњи електричне енергије

Предности геотермалних електрана су вишеструке:

- смештене су изнад самог извора енергије,
- нема транспорта горива,
- нема отпада (ни одвожења ни складиштења као код чврстог горива),
- нису потребни цевоводи (као код електрана на гас),
- нису потребне саобраћајнице (као за транспорт течног горива),
- нема загађења вода,
- ниво емисије штетних гасова је низак.

Геотермалне паре и вреле воде не садрже веће концентрације штетних гасова, а ако их и садрже, онда се они користе за тржишну производњу (течно ђубриво на бази фосфора). Геотермалне електране емитују свега од 1% до 3% сумпорних компоненти, у односу електране које сагоревају угаљ или нафту, а свега 1% угљен диоксида у односу на термоелектране које сагоревају фосилна горива.

Према температури и притиску резервоара из којег користе енергију, постоје три врсте геотермалних електрана:

- постројења за добијање електричне енергије коришћењем суве паре,
- постројења за добијање електричне енергије која користе принцип брзог испаравања,
- постројења за добијање електричне енергије са бинарним циклусом.

6.1.1. Добијање електричне енергије коришћењем суве паре

Код ових електрана врела вода се тренутно претвара у пару када се ослободи притиска који влада у резервоару тј. при притиску који је нижи од притиска резервоара. Снага паре се користи за погон турбине, која покреће генератор. Након проласка кроз турбину пара се кондензује и вода се враћа у резервоар преко утисне бушотине да би се поново загрејала. Тако овај систем преставља један затворени циклус.

Ефикасност ових електрана је мала, свега 30%. На ефикасност утиче притисак некондензованих гасова угљендиоксида, који смањују ефикасност турбина, а њихово уклањање повећава трошкове производње.

Ове електране које раде на суву пару у опсегу од 35 MW до 120 MW широко су распрострањене у свету (САД, Италија, Индонезија, Јапан, Мексико). Највећи извор геотермалне енергије на свету са инсталираним капацитетом 1.100 MW налази се на пољу гејзера у Калифорнији.

6.1.2. Добијање електричне енергије принципом брзог испаравања

У питању су електране које користе резервоаре са сувом воденом паром или паром са веома мало воде. Пара из резервоара, након проласка кроз сепаратор (спречава оштећење турбине) крутих честица, директно улази у турбину генератора. То је такозвани „flash steam” - процес брзог испаравања. Температура геотермалног флуида је у распону од 150°C до 300°C.

Постоје два типа ових електрана: једностепене („single flash steam”) и двостепене („double flash steam”).

Технологија једностепеног циклуса брзог испаравања користи се када је хидро-термални извор у течном облику и то је најчешћи тип ових електрана. Флуид се убризгава у резервоар у коме влада знатно нижи притисак него у флуиду, што изазива брзо испаравање (flash), па пара покреће турбину која је везана за генератор. При раду ових постројења јавља се проблем испаравања геотермалног флуида унутар бушотине, па се у циљу спречавања испаравања бушотина држи под високим притиском [7].

6.1.3. Добијање електричне енергије бинарним циклусом

Електране које раде на бинарном систему користе врућу воду нижих температура (100°C - 150°C). Топлотна енергија геотермалне воде користи се за загревање других течности које имају ниже температуре кључања (изопентан, изобутан, течни угљендиоксид, раствор амонијака у води). Топла вода у размењивачима топлоте своју енергију предаје такозваном радном флуиду који прелази у пару и шири се. Пара покреће турбину и генератор.

Сматра се да ће електране које раде на бинарном циклусу у блиској будућности бити најзаступљеније, јер користе геотермалне изворенижих температура којих има највише у природи.

Електране које користе бинарни циклус раде у затвореном систему, нема емисије штетних гасова, након проласка кроз размењивач топлоте вода се враћа у резервоар, такав тип електране се налази на Новом Зеланду место Wairakei (слика 7) [7].



Слика 7. Постројење са бинарним циклусом Wairakei – Нови Зеланд [7]

6.1.4. Нова решења за добијање електричне енергије из геотермалних извора

Нови концепт коришћења геотермалне енергије је примена „hot dry rock” технологије. Бушењем два дубока бунара, у стени се прави вештачки геотермални резервоар у коме ће се вршити размена топлоте. Значи, формира се вештачки систем за размену топлоте хидрауличком или експозивном фрактуром („Fracturing”). Вода се под високим притиском упумпава у стене тј. у формирану резервоар, у коме се загрева на 200°C , а затим се пумпама доводи до постројења где се одвија процес претварања топлотне енергије у електричну.

6.2. Директна примена геотермалне енергије

Најчешћи облици директне употребе геотермалне енергије су:

- грејање и хлађење простора,
- у пољопривреди (за стакленике),
- у балнеологији (за грејање базена),
- у индустрији (за процесе сушења),
- у аквакултури (за грејање воде за узгој рибе).

Геотермална енергија се из бушотине преко пумпе директно или преко размењивача топлоте доводи до потрошача (за даље евентуално догревање користе се топлотне пумпе или котлови на класична горива).

Директно коришћење геотермалне енергије за грејање, увек се састоји од система са три основне компоненте: производна бушотина(за довод вруће воде на површину), механички систем(пумпа, размењивач топлоте, контролни елементи) и утисна бушотина(за прихват охлађеног геотермалног флуида) [7].

6.2.1. Примена геотермалне енергије у пољопривреди

Стакленици и пластеници се праве од различитих материјала (стакло, пластика, фиберглас, фолије) који искоришћавају део соларне енергије за подизање температуре (за загревање). То, нарочито ноћу (а и дању кад нема Сунца и зими), није довољно, па је непоходна употреба геотермалне енергије као додатног извора топлоте. Вода из геотермалних извора се користи не само за грејање ваздуха, већ и за грејање тлана коме се узгајају биљке.

Коришћењем геотермалне енергије у пољопривреди постижу се нижи трошкови производње и већи приноси, па је самим тим позитиван економски ефекат веома присутан. Геотермална енергија, по јединици произведене топлотне енергије, јефтинија је од других енергената, нарочито фосилних, чије је коришћење у стакленицима у току зиме нерентабилно. На слици 8. се налази приказ једног стакленика који користи геотермалну енергију за загревање(за производњу 10 kg парадајиза у току зиме потребно је 25 kg до 35 kg мазута).



Слика 8. Изглед једног стакленика који користи геотермалну енергију за загревање[7]

Постоје два начина повезивања бушотине и транспорта воде до стакленика/пластеника:

- директно спајање – код нискотемпературне (40°C) и ниско минерализоване воде, која се скупља у деаеризованом резервоару смештеном изнад тла, да би слободним падом текла до инсталација грејања,
- индиректно спајање – код нискоминерализоване воде, када се једноставни систем спаја са сложенијим системом загревања, који укључује топлотне пумпе, ради подизања температуре воде (код већих инвестиција).

6.2.2. Системи грејања стакленика и пластеника

Постоји неколико система чија примена зависи од узгајане културе или климатског подручја:

- систем за грејање земљишта и ваздуха – цеви за грејање се постављају на тло, па се на овај начин греје и тло и ваздух (овај систем одличан је за покривање свих топлотних потреба у подручјима са блажом климом, или основних потреба за топлотом у подручјима са умереном или оштром климом),
- систем за грејање ваздуха – користе се металне цеви или размењивачи топлоте који се постављају изнад површине земље, што омогућава брзу и прецизну регулацију грејања (недостатак овог система је смањење светлости, због употребе веће површине материјала потребног за грејање).
- Систем са вентилаторским провођењем топлоте – коришћењем вентилатора може се значајно повећати коефицијент преласка топлоте, чак и код система са нискотемпературним флуидима [7].

7.0. ЕКСПЛОАТАЦИОНЕ ТЕХНИКЕ КОРИШЋЕЊА ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Као што је већ речено, индустријска експлоатација врелих извора започела је 1818.године, када је играђено постројење за екстракцију борне киселине из врућих извора у подручју Lardarello у близини Siene (Италија). Данас у том подручју постоји 14 термоелектрана укупне снаге око 400 MW.

Најбогатија подручја геотермалном енергијом на нашој планети су у тзв.зони ватреног прстена који се простире по западном ободу јужне и северне Америке, источном ободу Азије, на острвима Океаније и источно од Новог Зеланда. Земља не оскудева за геотермалном активношћу, тј. енергијом, али нису сви извори енергије једноставни за коришћење. Развијене земље и земље у развоју користе геотермалну енергију. Укупно учешће геотермалне енергије за производњу струје и грејање (или сушење) је само 4%, али побољшавање у технологији примене ове енергије већ данас поједностављује њено коришћење, а самим тим то доноси и ниже трошкове, па и ниже цене крајњег производа.

Данас 21 земља има геотермалне електране. Четрдесет земаља користи изворе вреле воде и термалне бање, али те земље још нису развиле своје потенцијале геотермалних резервоара. У развијеним земљама, у којима је цена енергије реална (тржишна), геотермалне електране могу производити струју по истој цени као и конвенционалне електране.

Други видови коришћења геотермалне енергије су грејање стамбених и других објеката, улица, коловоза. Ови системи за грејање су ефикасни, економични и добра замена конвенционалним системаима грејања [7].

7.1. Економски и еколошки аспект експлоатације геотермалне енергије

7.1.1. Економски показатељи експлоатације геотермалног система

Цена производње геотермалне енергије састоји се од две важне компоненте: амортизације почетних капиталних инвестиционих улагања и оперативних трошкова одржавања приликом производног циклуса.

Почетни капитални инвестициони трошкови односе се на све трошкове везане за развој пројекта (најам, дозволе, истраживања, потврђивање резерви, развој пројекта, као и низ других трошкова изражених као условни трошкови).

Капитални трошкови геотермалних пројеката зависе од локације и специфичности лежишта, температуре у лежишту, дубине, састава воде и осталих фактора који имају највећи утицај на трошкове развоја геотермалних пројеката. Структура капитала инвеститора и финансијски услови (време задужења и каматна стопа), такође, имају велики утицај на крајњу цену произведене енергије, у виду плаћених камата за време градње и развоја, или трошкова због кашњења пројекта.

Оперативни трошкови и трошкови одржавања односе се на све трошкове неопходне за непрекидни погон енергана/електране при њеном нормалном раду, и

директно су зависни од локације и карактеристика лежишта (првенствено се мисли на дубину лежишта и хемијски састав воде).

Приликом реализације геотермалних пројеката неопходно је спровести низ узастопних развојних фаза које имају за циљ откривање и истраживање геотермалног ресурса, потврђивање капацитета лежишта за производњу енергије као и изградња електране и пратеће инфраструктуре. Ове поменуте фазе пројеката прате и одговарајући финансијски трошкови.

Искуства из ЕУ у последњих десет година указују да се почетна улагања у хидро-геотермалне системе (тзв. почетна инвестиција) крећу од 850 € по kWh за градњу грејних система, до 1000 € по kWh за комбиноване грејне системе. Почетне цене улагања у конвенционалне системе јако варирају, али су, генерално, мање код хидро-геотермалних система, и то два пута (за системе грејања), односно од 30% до 50% (за комбиноване системе грејања и хлађења).

Фаза истраживања ресурса има задатак да лоцира геотермално лежиште с потенцијалом неопходним за производњу топлотне и електричне енергије, која почиње низом истражних поступака и анализа на самом локалитету, ради бушења и опремања производних бушотина на геотермалном лежишту. Трошак истраживања ресурса може се поделити у следеће три истражне фазе:

- регионална испитивања,
- локална истраживања,
- истраживања у сврху вредновања лежишта.

Регионална испитивања подразумевају истраживања са подручја већих површина, како би се сузило и индентификовало подручје од посебног геотермалног значаја. Ова истраживања укључују регионалне геолошке студије, анализе доступних геофизичких података, геохемијска испитивања како би се утврдила одређена подручја за детаљнија истраживања.

Локална истраживања укључују у истраживања подручја мањих површина с циљем да се одреде локације за бушење прве истражне бушотине, а геофизичка истраживања и испитивања геотермалних градијената су најважнији поступци у овој фази испитивања. Узависности од карактеристика локације и других истражних захтева, геофизичка испитивања могу обухватити:

- гравиметријска испитивања,
- магнетска и магнетотелурска испитивања,
- сеизмичка испитивања,
- испитивања отпорности,

а која ће дати одговоре о распореду стена и вероватноћи открића геотермалног лежишта.

Бушење је најскупљи део истраживања, али и једини могући начин за потврђивање температура лежишта и производног капацитета ресурса конкретног геотермалног изворишта. Трошкови бушења нејвећим делом зависе од карактеристика

лежишта, а дубина лежишта је један од најважнијих параметара при прорачуну трошкова. Овај фактор, уз карактеристике стена, директно утиче на временско трајање бушења.

Трошкови бушења зависе од дужине рада постројења, а цене се могу кретати од 700000 € па све до 6300000 €, док се неке просечне вредности крећу од 1500000 € до 3500000 €. Током процеса бушења, прикупљају се различити подаци о лежишту, који могу знатно умањити трошкове при бушењу следећих бушотина на истој локацији и на тај начин повећати успешност бушења и стварања производних формација.

Даља процена лежишта усмерена је на **истраживања у сврхе вредновања лежишта**, ради одређивања најбољих локација за бушење производних бушотина с високим температурама и издашношћу. Бушотине избушене у овој фази се називају истражне бушотине и имају стопу успеха од 20% до 25%. Подаци прикупљени у овој фази, као што су температура, дубина, притисак и проток, дају непоходне смернице развоја надземног коришћења топлотне енергије лежишта.

Остали параметри који утичу на трошкове истраживања су: цене најма опреме, дужина истраживања, приступачност локалитету и топографија терена.

За разлику од почетне инвестиције цене одржавања су мање у току рада хидро-геотермалних система, и то 50% за комбиноване системе за грејање и хлађење.

Имајући у виду анализиране цене фосилних енергената на светском тржишту (од 2 c€/kWh до 4 c€/kWh), потребно време отплате улагања у градњу ових система креће се од 4 до 10 година [7].

7.1.2. Утицај на животну средину

Непосредно коришћење хидрогеотермалне енергије зависи од температуре и количине ресурса који се може добити, као и од потреба корисника. Еколошки квалитет и стерилност термалних вода омогућава њихову неисцрпну и широку употребу. Као што је раније речено, постоје велике могућности за коришћење геотермалних вода у следећим областима:

- балнеотерапија, спорт и рекреација,
- агрокултура (стакленици за производњу поврћа, воћа и цвећа),
- аквакултура (топловодни рибањаци),
- индустрија и технологија,
- флаширање вода за пиће,
- топлификација насеља.

Квалитативни и еколошки ефекти коришћења термалних вода односе се и на обогаћеност пољопривредних производа минералима, што је, истовремено, предуслов за остваривање постављених опште друштвених еколошких циљева у производњи здраве хране. Заливање усева термоминералном водом све је присутније у производњи хране која има високо енергетске захтеве. Квалитетна и здравствена храна је храна будућности.

У процесу производње геотермалне енергије, значајни утицај на животну околину, углавном, се осећа око високих температурних лежишта из којих се експлоатишу веће количине геотермалних вода. Овај утицај се, посебно, уочава током изградње објеката и процеса претварања геотермалне у електричну енергију и односи се на:

- емисију гасова и пара,
- емисију отпадне топлоте,
- висину буке.

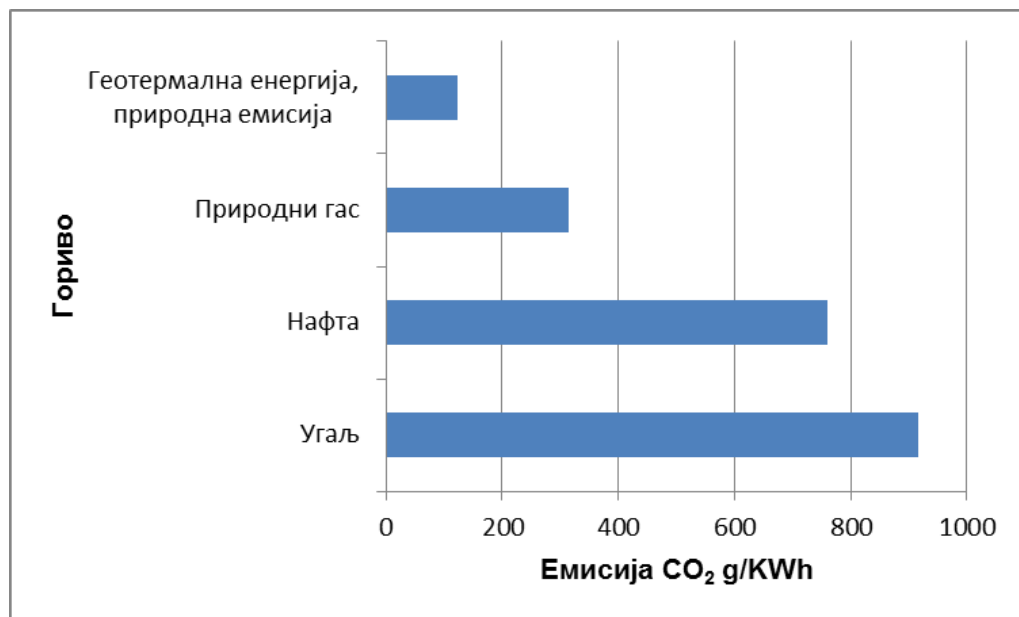
При директној експлоатацији топлоте су утицаји на околину готово индентични са утицајем који региструју при производњи електричне енергије. Степен утицаја на животну средину при коришћењу геотермалне енергије, пропорционалан је количини производње. Како је при директној употреби потребна мања производња флуида и топлоте, него при производњи електричне енергије, то је утицај на околину при директном коришћењу сразмерно мањи. У табели 6. је дат приказ постројења и одговарајућа потребна површина земљишта за то постројење.

Табела 6. Потребна површина земљишта за постројења за производњу електричне енергије[7]

Енергетски извор	Потребна површина земљишта (m ² /MW)
Геотермална енергија	400-3200
Нуклеарна енергија	2000-4000
Енергија из фосилних горива (угаљ)	7600

Изградња приступних путева и израда бушотина могу утицати на вегетацију и изглед околине. Подручје активности је релативно мало, јер се, обично, из једног места буши неколико бушотина, за шта је потребна површина земљишта до 2.500 m². Топлотна енергија се користи што је могуће ближе бушотинама, чиме се утиче на смањивање дужина потербних цевовода. У Табели 6. приказана је потребна површина земљишта за постројења за производњу електричне енергије код различитих енергетских извора.

Геотермални флуид, углавном, садржи гасове као што су нпр. CO₂, NH₄ и H₂S, а у малим количинама SO₂, као и лако испариви арсен и живу. Геотермално постројење има значајну еколошку предност у односу на постројења с фосилним горивима, јер нема емисије NO₂ и SO₂. Смањено емитовање азота и сумпора - смањује опасност од појаве киселих киша, а смањена емисија угљен диоксида - смањује могућност глобалних климатских промена. Количина емисије угљен диоксида зависи од карактеристика геотермалног флуида, као и од типа геотермалног постројења (табела 7.). На пример, бинарно постројење не емитује угљен диоксид, док постројења на суву пару и „flash steam” постројења за производњу електричне енергије емитују 0,09 kg CO₂/kWh произведене електричне енергије, што је девет пута мање у односу на постројења која раде на угаљ (слика 9.). Количина водоник-сулфида у геотермалном флуиду креће се у границама од 0,03 g/kWh до 6,4 g/kWh што не изазива појаву киселих киша.



Слика 9. Емисија CO₂ при производњи електричне енергије[7]

У табели 7. је приказана емисија гасова за различита постројења.

Табела 7. Емисија гасова из различитих постројења [7]

Постројење	CO ₂ (kg/MWh)	SO ₂ (kg/MWh)	NO ₂ (kg/MWh)	Честице (kg/MWh)
Постројење на угаљ	994	4,71	1,955	1,102
Постројење на мазут	758	5,44	1,814	нема података
Постројење на гас	550	0,0998	1,343	0,0635
„Flash steam” постројење	27,2	0,1588	0	0
Постројење на суву пару	40,3	0,000098	0,000458	занемарљив
Бинарно постројење	0	0	0	занемарљив
Просек за постројења у Америци	631,6	2,734	1,343	нема података

Бука је једна од негативних појава која прати процес коришћења геотермалне енергије. Она се појављује у току израде бушотина, и у току изградње постројења за претварање геотермалне енергије у електричну. У том периоду висина буке креће се од

45 dB до 120 dB, и није сталног карактера. У процесу производње висина буке креће се као и код већине постројења која користе моторне погоне.

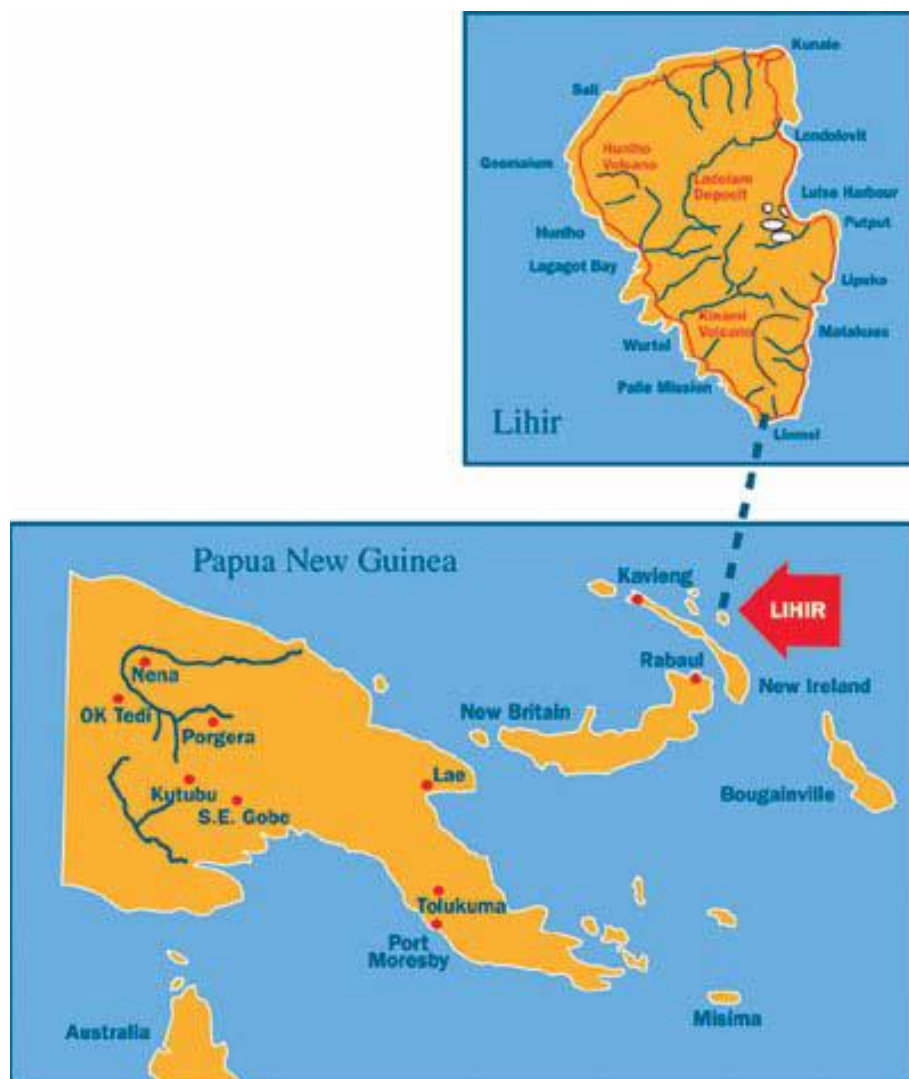
Утицај геотермалних вода на околину је у директној вези са њиховим хемијским саставом, садржајем растворених гасова, минерализацијом, температуром, рН вредношћу, као и са технолошким поступцима истраживања и коришћења геотермалног извора. У геотермалним водама су, обично, најзаступљенији натријум хлорид, калијум и калцијум, различити карбонати, сулфати, силикати, магнезијум, бром и јод [7].

8.0. ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ CDMПРОЈЕКТА ИЗ ОБЛАСТИ ГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ

У наредном одељку ће бити приказани примери реализованих пројеката из области геотермалне енергије, као и колике уштеде у емисији CO₂ су ови пројекти донели.

8.1. Lihir Island (Papua New Guinea)

Овај CDM пројекат обухватао је изградњу геотермалне електране на Острву Лихир (Папуа Нова Гвинеа - PNG) (слика 10.).



Слика 10. Локација и Мапа Острва Лихир [10]

Пројекат је почео изградњом пробне (пилот) геотермалне електране јачине 6 MW 2003.године. Ово постројење је служило као тест постројење који би потом допринело изградњи геотермалне електране са крајњим номиналним капацитетом од 55 MW (52,8 MW нето снага). Овај пројекат је реализован постепено, са почетним номиналним капацитетом од 33 MW (31,7 MW нето снага), да би се 2007. године развојем додатног капацитета од 22 MW (21,1 MW нето снага), пројекат сматрао реализованим. Принцип рада и истраживања су показала да електрана може да произведе 411 GWh годишње електричне енергије. Остварена уштеда емисије CO₂ на годишњем нивоу је 279 kt.

Процењена смањења емисије CO₂ у тонама за период од 10 година (2006 - 2016), као и приказ годишњег просека смањења CO₂ у тонама приказани су у табели 8 [10].

Табела 8. Смањење емисије CO₂ у посматраном периоду од 10 година [10]

Година	Смањена емисија CO ₂ (изражена у тонама)
2006	114687
2007	286537
2008	286537
2009	286537
2010	286537
2011	286537
2012	286537
2013	286537
2014	286537
2015	286537
2016	95512
Укупно смањена емисија CO₂ у тонама	2789037
Број година	10
Годишњи просек смањења емисије CO₂ у тонама	278904

8.2. San Jacinto (Nicaragua)

Други пример CDM пројекта је била изградња геотермалне електране у месту San Jacinto држава Никарагва (слика 11.).



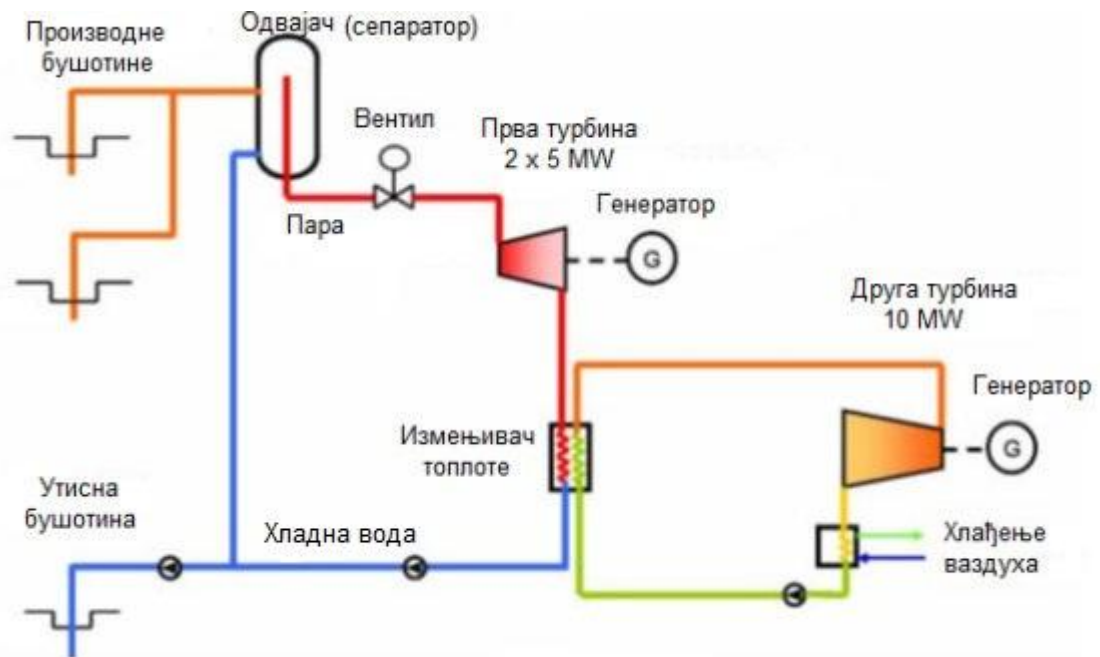
Слика 11. Локација места San Jacinto [11]

Пројекат је подразумевао изградњу геотермалне електране чија би снага износила 66 MWe.

Изградња геотермалне електранес одвијала у две фазе:

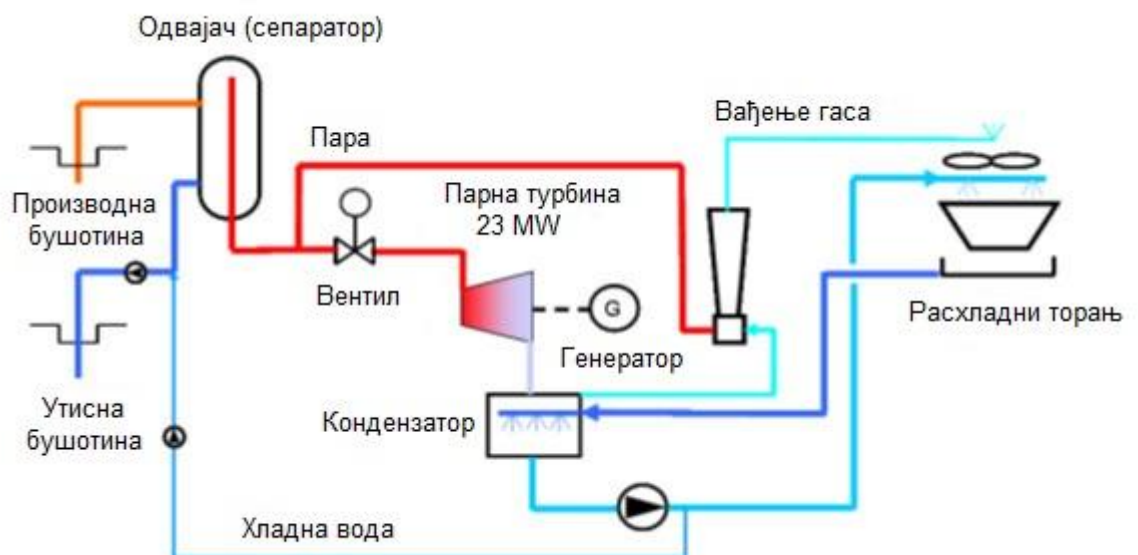
- Прва фаза је подразумевала инсталацију снаге 20 MWe чији је планиран рок завршетка био почетак 2006. године,
- Друга фаза је била проширивање капацитета за снагу од 46 MWe чији је рок завршетка био средина 2007. године.

У првој фази пројекта је инсталирано постројење у коме се врела вода или/и пара извлачи из производне бушотине и допрема до одвајача (сепаратора), одакле се хладна вода враћа у утисну бушотину, а врела вода/пара иде ка турбини. Даље се врела вода/пара преко вентила регулише и доспева до парне турбине, која користи снагу паре за свој погон, а притом и покреће генератор. Потом се одводи у измењивач топлоте одакле један део иде ка другој турбини, а један део се враћа у утисну бушотину, пара покреће другу турбину која покреће генератор, затим следи хлађење ваздуха и повратак у измењивач топлоте (слика 12.).



Слика 12. Прва фаза пројекта[11]

У другој фази пројекта инсталирано је постројење у коме се врела вода и/или пара извлачи из производне бушотине и одводи до сепаратора, у коме се врши одвајање и хладна вода се враћа у утисну бушотину, а врела вода/пара једним делом иде у систем за вађење гаса, а други део се регулисањем вентила одводи до турбине, која покреће генератор, на изласку из турбине пара иде у кондензатор одакле један део иде у систем за вађење гаса, док други се враћа у утисну бушотину, а трећи део иде у расхладни торањ из кога се враћа хладна вода у кондензатор (слика 13.).



Слика 13. Друга фаза пројекта[11]

Процене су показале да електрана може да произведе 532 GWh електричне енергије годишње. Смањење емисије CO₂ на годишњем нивоу је износила преко 360 kt.

У Табели 9. приказана је уштеда емисије CO₂ у периоду од седам година, изражена у тонама [11].

Табела 9. Приказ остварене уштеде емисије CO₂ у периоду од седам година [11]

Година	Годишња процена смањења емисије CO ₂ у тонама
2005	47348
2006	108115
2007	361891
2008	361891
2009	361891
2010	361891
2011	361891
Укупно смањена емисија CO₂ у тонама	1964919
Број година	7
Годишњи просек смањења CO₂ у тонама	280703

8.3. Кенуа

У табели 10. су приказани пројекти реализовани у Кенији, какав је њихов статус и очекивани годишњи износ CERs.

Табела 10. Преглед CDM геотермалних пројеката у Кенији [12]

Име пројекта	Очекивани годишњи износ CERs	Статус пројекта
Olkaria II геотермална електрана	1496315	Регистрован
Olkaria III фаза 2 пројекат проширења геотермалне електране	177600	Регистрован
Longonot фаза 1 геотермална енергија	660000	Дизајн документ пројекта фаза развоја
140 MW Olkaria I јединице 4 и 5 геотермални пројекат	669000	Дизајн документ пројекта фаза развоја
140 MW Olkaria IV геотермални пројекат	669000	Дизајн документ пројекта фаза развоја
78 MW Olkaria врело геотермални пројекат	400000	Дизајн документ пројекта фаза развоја

Табела 11. приказује трошкове инвестирања у пројекат Olkaria II, као и приходе које ће овај пројекат остварити.

Табела 11. Анализа пројекта Olkaria II геотермална експанзија [12]

Трошкови и приходи	Вредност
Трошкови опреме и постројења (почетни трошкови улагања изражени у милионима US \$)	120
Животни век пројекта (година)	25
Цена електричне енергије (US cent/kwh)	5,829
Очекивани износ извоза електричне енергије (GWh/годишње)	276
Продаја електричне енергије (у милионима US \$)	16,01
Трошкови годишње (у милионима US \$)	1,51
Пројекат IRR (Internal Rate of Return – интерна стопа повратка) (%)	8,0

На основу претпостављеног годишњег CER од 149632 tCO₂, по цени од 10 US \$ за један CER, годишњи приход ће бити око 1,5 милиона US \$ годишње. То је отприлике једнако годишњим трошковима пројекта. То значи да CDM пројекти могу остварити повраћај трошкова уложених у пројекат [12].

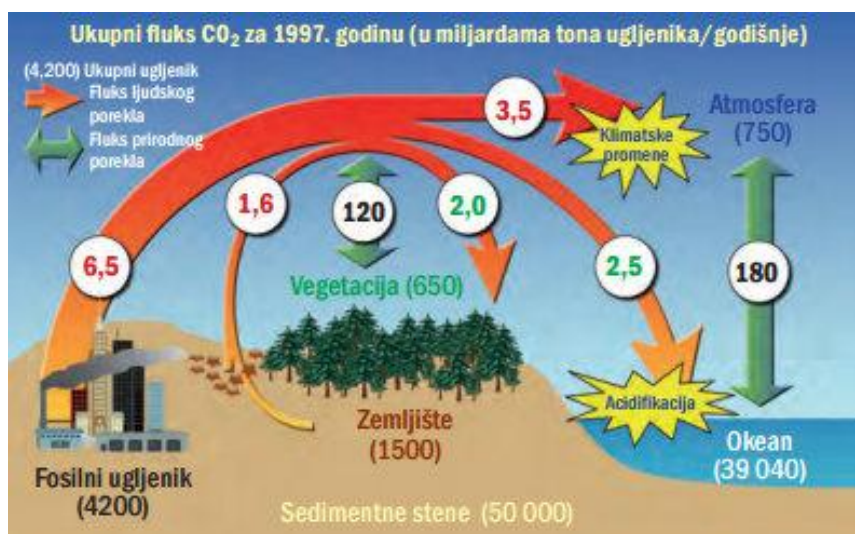
9.0. ОДГОВОРНО КОРИШЋЕЊЕ ФОСИЛНИХ ГОРИВА – СКЛАДИШТЕЊЕ CO_2

9.1. Климатске промене и потребе за складиштењем CO_2

Услед емитовања превелике количине CO_2 у атмосферу, прихваћена је чињеница да човек својим активностима омета циклус кружења угљеника на планети. До индустријске револуције овај циклус који обухвата природну размену угљеника између:

- геосфере,
- биосфере,
- хидросфере,
- атмосфере,

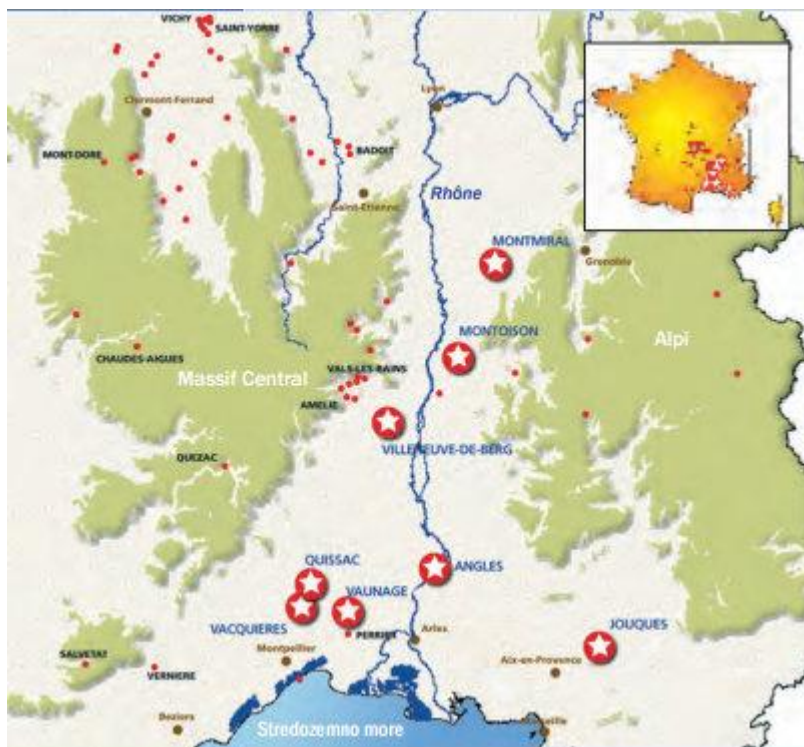
одржавао је низак садржај CO_2 у атмосфери (око 280 ppm – 0,028%). У последњих 250 година долази се до потребе за коришћењем све већих количина фосилних горива (угаљ, нафта и гас), за производњу електричне енергије, грејање, индустрију и саобраћај, што доводи до повећања CO_2 који се испушта у атмосферу (слика 14.).



Слика 14. Глобална емисија CO_2 изазвана човековим активностима износи до 30 милијарди тона (Gt) годишње, што одговара 8,1 Gt угљеника: 6,5 Gt услед сагоревања фосилних горива и 1,6 Gt због уништавања шума и пољопривредне производње[13]

Окополовине овог вишка CO_2 , настао човековим дејством, поново апсорбује вегетација или се разграђује у океанима, што изазива ацидификацију и штетне ефекте на морски биљни и животињски свет. Остатак се акумулира у атмосферу и изазива климатске промене, пошто CO_2 спада у гасове стаклене баште. Потребно је спречити даљи пораст концентрације CO_2 у атмосфери, са садашњих 387 ppm (чији је пораст од 38% у односу на вредност пре појаве индустрије) на критични ниво од 450 ppm уредним деценијама.

Једна од опција је креирање затвореног круга у систему производње енергије, помоћу кога би се угљеник који је изворно извађен из земље (у облику гаса, нафте и угља) поново вратио у земљу у облику CO_2 . Занимљиво је да подземно складиштење CO_2 није људски изум, него у потпуности природна појава, која се огледа у лежиштима CO_2 која постоје хиљадама и милионима година. Такав пример је у југоисточној Француској, а састојао се од осам природних лежишта CO_2 , која су откривена током нафтних истраживања 1960. године (слика 15.). Оваква открића су доказ да геолошке формације могу складиштити CO_2 ефикасно и сигурно током изузетно дугог временског периода [13][14].

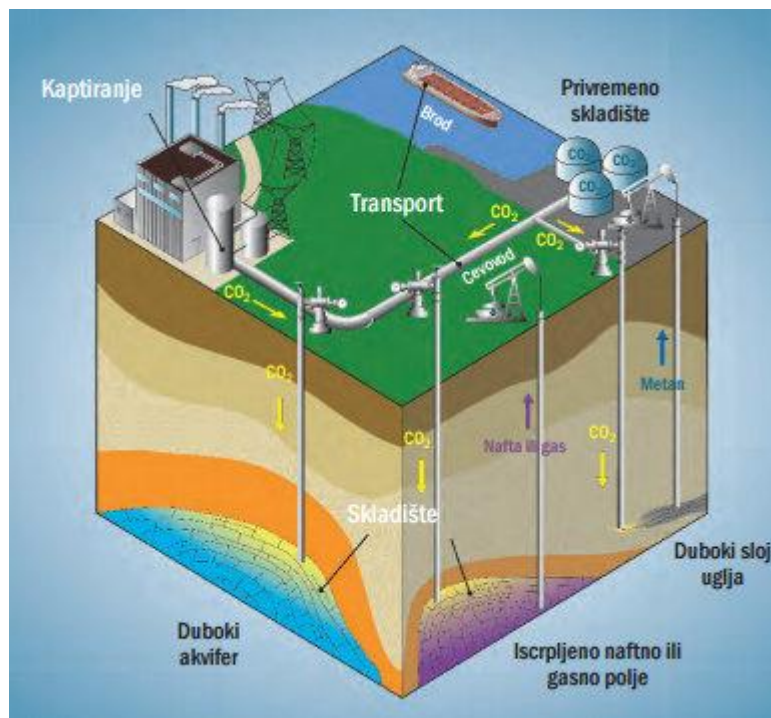


Слика 15. Мапа природних лежишта CO_2 у Француској[13]

9.2. Каптирање (хватање) и складиштење CO_2

У оквиру мера које хитно треба применити како би се ублажиле климатске промене и ацидификација океана, каптирање и складиштење угљеника (KSU) може одиграти важну улогу, јер би могли допринети смањењу испуштања CO_2 од 33%, што јепотребно спровести до 2050. године.

KSU представља каптирање CO_2 у електранама које за погонско гориво користе угаљ или гас и у индустријским постројењима (челичане, цементаре, рафинерије...), затим транспорт цевоводом или бродом до подземног складишта и на крају утискивање кроз бушотину у одговарајућу геолошку формацију погодну за дугорочно складиштење (слика 16.).



Слика 16. У електранама се CO_2 захвата одвајањем од осталих гасова. Тада се компримује и транспортује кроз цевовод или бродом до локације у којој се складишти: дубоке слане аквифере, исцрпљена нафтна или гасна поља, или дубоке слојеве угља [13]

Са порастом светске популације је повећана потреба за енергијом у земљама у развоју, као и недостатак обновљивих извора енергије, краткорочно није могуће избећи константну употребу фосилних горива. Међутим, уз KSU човечанство би могло напредовати тако да не угрожава животну средину [13][15].

9.3. Развој технологије KSU у свету

Велики број истраживачких програма KSU спроводи се у Европи, САД, Канади, Аустралији и Јапану од 1990. године. Много о овој технологији се сазнало на пројектима у којима је CO_2 утискивануземљу током неколико година:

- Sleipner у Норвешкој (око 1 Mt годишње од 1996. године),
- Weyburn у Канади (око 1,8 Mt годишње од 2000. године),
- In Salah у Алжиру (око 1 Mt годишње од 2004. године).

Одличан пример је Посебан извештај о каптирању и складиштењу угљеника (IPCC- 2005. године), који описује тренутно стање знања и препреке које треба савладати како би се омогућила широка примена ове технологије. Велика техничка стручност постоји и свет сада прелази у фазу примене. У Европи је циљ да се покрене и води чак 12 пројеката, како би се омогућио комерцијални развој до 2020. године. У ту сврху је у јануару 2008. године Европска комисија издала Климатско - енергетски пакет, којим се предлаже Директива о геолошком складиштењу CO_2 и друге мере које би развиле употребу KSU [14][16].

9.4. Пример прорачуна емисије CO₂ која се емитује из геотермалних електрана

У овом поглављу биће описана процедура прорачуна емисије CO₂ на примеру CDM пројекта геотермалне електране у месту San Jacinto описаног у поглављу 8.2.

Емисиони фактор оперативне маргине се рачуна као [11]:

$$EF_{OM, главни, y} = \frac{\sum_{i,j} F_{i,j,y} \cdot COEF_{i,j}}{\sum_j GEN_{j,y}} \quad (1)$$

где је:

- $EF_{OM, главни, y}$ - емисиони фактор оперативне маргине,
- $F_{i,j,y}$ - количина горива (маса или запремина),
- i - потрошња од стране релевантних извора i у години y ,
- j - извори напајања који испоручују струју мрежи,
- $COEF_{i,j}$ - коефицијент емисије CO₂,
- $GEN_{i,j}$ - струја (MWh) достављена мрежи.

Емисиони коефицијент CO₂ добија се из једначине:

$$COEF_i = NCV_i \cdot EF_{CO_2} \cdot OXID_i \quad (2)$$

где је:

- NCV_i - нето топлотна вредност јединице горива,
- $OXID_i$ - фактор горива CO₂ оксидације,
- EF_{CO_2} - емисија CO₂ по јединици енергије горива.

Емисија ослобађања CO₂ и метана из произведене паре дата је једначином:

$$PES_y = (\omega_{Главни, CO_2} + \omega_{Главни, CH_4} \cdot GWP_{CH_4}) \cdot M_{S,y} \quad (3)$$

где је:

- PES_y - емисија ослобађања CO₂ и метана из производне паре у току године,
- $\omega_{Главни, CO_2}$ и $\omega_{Главни, CH_4}$ - просечне масе фракција CO₂ и метана у производној пари,
- GWP_{CH_4} - глобални потенцијал загревања услед емисије метана,
- $M_{S,y}$ - количина произведене паре у току године.

У наредном делу биће приказани примери прорачуна емисије ослобађања CO_2 за постројењеу месту SanJacinto, у зависности од инсталиране снаге (10, 20 и 66 MW респективно) у првој, другој и периоду од треће до седме године[11]:

$$\text{PES}_1 = 10 \text{ MW} \cdot 8\,059 \text{ MWh/y/MW} \cdot 0,1665 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 13\,418 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

$$\text{PES}_2 = 20 \text{ MW} \cdot 8\,059 \text{ MWh/y/MW} \cdot 0,0833 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 13\,418 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

$$\text{PES}_{3-7} = 66 \text{ MW} \cdot 8\,059 \text{ MWh/y/MW} \cdot 0,0736 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 39\,167 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

(* 8 059 хје период рада електране у току године)

Емисије из сагоревања фосилних горива које се односе на рад геотермалне електране рачуна се као:

$$\text{PEEF}_y = \sum_i F_{i,y} \cdot \text{COEF}_i \quad (4)$$

где је:

- PEEF_y - емисије из сагоревања фосилних горива које се односе на рад геотермалне електране изражене у тонама CO_2 ,
- $F_{i,y}$ - потрошња горива,
- COEF_i - коефицијент емисије CO_2 .

Пројектована емисија се рачуна на следећи начин:

$$\text{PE}_y = \text{PES}_y + \text{PEEF}_y \quad (5)$$

где је:

- PE_y -пројектована емисија (tCO_2) у току године,
- PEEF_y - (емисија CO_2 из фосилних горива), сагоревање се очекује да буде нула, зато што геотермална електрана не користи фосилна горива,
- PES_y - емисија ослобађања CO_2 и метана из произведене паре у току године.

Табела 12.Прорачун смањења емисије CO₂ у периоду од седам година за CDM пројекат геотермалне електране у месту San Jacinto [11]

Година	Процена смањења основне емисије (tCO ₂)	Процена смањења пројектоване емисије (tCO ₂)	Цурење (tCO ₂)	Процена смањења емисије (tCO ₂)
2005	60766	13418	0	47348
2006	121533	13418	0	108115
2007	401058	39167	0	361891
2008	401058	39167	0	361891
2009	401058	39167	0	361891
2010	401058	39167	0	361891
2011	401058	39167	0	361891
Укупно	2187589	222670	0	1964919

Пример прорачуна пројектоване емисије за геотермалну електрану у месту San Jacinto, на основу процене смањења пројектоване емисије (табела 12.) за период од прве две и наредних пет година дат је доњим једначинама:

$$PE_{1-2} = 13\,418 \text{ tCO}_2/\text{y} + 0 \text{ tCO}_2/\text{y} = 13\,418 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

$$PE_{3-7} = 39\,167 \text{ tCO}_2/\text{y} + 0 \text{ tCO}_2/\text{y} = 39\,167 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

Основна емисија смањења CO₂ на годишњем нивоу дата је једначином [11]:

$$BE_y = EG_y \cdot EF_y (6)$$

где је:

- BE_y - основна емисија у години (tCO₂),
- EG_y -годишња остварена електрична енергија из пројекта (MWh/y),
- EF_y - емисиони фактор у току године (tCO₂/MWh).

Табела 13. Фактори емисије CO₂ за геотермалну електрану у месту San Jacinto [11]

	Произведено MWh (просек за три године)	Тона CO ₂ (просек за три године)	Емисиони фактор (tCO ₂ /MWh) (просек за три године)
Оперативна маргина	5609419	4807057	0,857
Изградна маргина	1376891	896792	0,651
Основна емисија	6986310	5702494	0,754

Примери смањења основне емисије CO₂ за геотермалну електрану у месту San Jacinto, уз помоћ израчунатих параметара (табела 13.) може се извршити прорачун на годишњем и петогодишњем нивоу који је дат следећим једначинама:

$$BE_1 = 80\,592 \text{ MWh/y} \cdot 0,754 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 60\,766 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

$$BE_2 = 161\,184 \text{ MWh/y} \cdot 0,754 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 121\,533 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

$$BE_{3-7} = 531\,907 \text{ MWh/y} \cdot 0,754 \text{ tCO}_2/\text{MWh} = 401\,058 \text{ tCO}_2 \text{ годишње}$$

Емисиони фактор се рачуна по формули:

$$EF_y = (\omega_{OM} \cdot EF_{OM,y}) + (\omega_{BM} \cdot EF_{BM,y}) \quad (7)$$

где је:

- $EF_{OM,y}$ - израчунати вредносни фактор оперативне маргине,
- $EF_{BM,y}$ - израчунати вредносни фактор изградне маргине,
- ω_{OM} - тежина израчунате оперативне маргине, која је обично 0,5,
- ω_{BM} - тежина израчунате изградне маргине, која је обично 0,5,
- $\omega_{OM} + \omega_{BM} = 1$.

Прорачун емисионог фактора за геотермалну електрану може се израчунати из датих вредности емисионих фактора оперативне и изградне маргине (табела 13.), у периоду од прве до седме године је дат доњом једначином:

$$EF_{1-7} = (0,50 \cdot 0,857 \text{ tCO}_2/\text{MWh}) + (0,50 \cdot 0,651 \text{ tCO}_2/\text{MWh}) = 0,754 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$$

Емисиони фактор оперативне маргине се рачуна као [11]:

$$EF_{OM,y} (\text{tCO}_2 / \text{MWh}) = \frac{\sum_{i,j} F_{i,j,y} \cdot COEF_{i,j}}{\sum_j GEN_{j,y}} \quad (8)$$

где је:

- $F_{i,j,y}$ - количина горива i у (GJ) коју користи извор напајања j у години y ,
- $COEF_{i,j,y}$ - коефицијент CO₂ из горива i (tCO₂/GJ),
- $GEN_{j,y}$ - струја y (MWh) достављена мрежи извора напајања j .

Приказано кроз пример за период од седам година вредносни фактор оперативне маргине за случај већ поменуте геотермалне електране, са параметрима у табели 13. прорачун би изгледао:

$$EF_OM_{1-7} = 4\,807\,057 \text{ tCO}_2 / 5\,609\,419 \text{ MWh} = 0,857 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$$

Израчунати вредносни фактор изградне маргине је дат једначином (9):

$$EF_BM_y (\text{tCO}_2 / \text{MWh}) = \frac{\sum_{i,m} Fi,m,y \cdot COEFi,m}{\sum_m GENm,y} \quad (9)$$

Пример прорачуна емисионог фактора изградне маргине у периоду од прве до седме године за геотермалну електрану у месту San Jacinto, помоћу параметра изградне маргине (табела 13.), рачуна се следећом једначином:

$$EF_BM_{1-7} = 896\,792 \text{ tCO}_2 / 1\,376\,891 \text{ MWh} = 0,651 \text{ tCO}_2 / \text{MWh}$$

Укупно смањење емисије ER_y пројектне активности током сваке године y је разлика између основне емисије (BE_y у tCO_2) и цурења, дато је једначином (10):

$$ER_y = BE_y - \text{Цурење} \quad (10)$$

Пример прорачуна укупног смањења емисије за прву, другу и период од пет година за постројње геотермалне електране у месту San Jacinto, параметри приказани табелом 12. приказан је следећим једначинама [11]:

$$ER_1 = 60\,766 \text{ tCO}_2/y - 0 \text{ tCO}_2/y = 60\,766 \text{ tCO}_2/y$$

$$ER_2 = 121\,532 \text{ tCO}_2/y - 0 \text{ tCO}_2/y = 121\,532 \text{ tCO}_2/y$$

$$ER_{3-7} = 401\,058 \text{ tCO}_2/y - 0 \text{ tCO}_2/y = 401\,058 \text{ tCO}_2/y$$

За овај пример се очекује да је цурење 0.

Укупно смањење емисије када је присутно цурење односно пројектована емисија рачуна се следећим изразом:

$$ER_y = BE_y - PE_y \quad (11)$$

где је:

- **ER**-смањење емисије (tCO₂),
- **BE**-основна емисија (tCO₂),
- **PE**-пројектована емисија (tCO₂).

Примери смањења емисије CO₂ за периоде прве, друге и период од треће до седме године, чији параметри емисија се налазе у (табели 12.), за пример геотермалне електране у месту San Jacinto дат је доњим једначинама [11]:

$$ER_1 = 60\,766 \text{ tCO}_2/\text{y} - 13\,418 \text{ tCO}_2/\text{y} = 47\,348 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

$$ER_2 = 121\,532 \text{ tCO}_2/\text{y} - 13\,418 \text{ tCO}_2/\text{y} = 108\,115 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

$$ER_{3-7} = 401\,058 \text{ tCO}_2/\text{y} - 39\,167 \text{ tCO}_2/\text{y} = 361\,891 \text{ tCO}_2/\text{y}$$

10.0. ЗАКЉУЧАК

Због све већих потреба за енергијом, ситуација у којој се тренутно налази планета Земља, као и климатске промене које утичу на глобално загревање, натерале су нас да на што бржи начин поправимо свој однос према природи.

Конвенционални начин производње електричне и топлотне енергије има негативне последице на животну средину у виду емисије гасова стаклене баште (угљен диоксид, метан, азот субоксид, хлорофлуороугљоводоници), тако да коришћење обновљивих извора енергије представља једини прихватљив избор. Један од начина добијања електричне и топлотне енергије коришћењем обновљивих извора, представљају геотермалне електране.

CDM кроз пројекте за различите облике добијања енергије из обновљивих извора енергије, остварује смањење емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште, што је у овом раду приказано смањењем емисије CO₂, на примеру геотермалних електрана, а са друге стране представља могућност додатног прихода. У будућности ћесе свакао све више тежити ка оваквим и сличним пројектима.

11.0. ЛИТЕРАТУРА

- [1] http://www.meteo.noa.gr/BalkanClimate/leaflets_pdf/leaflet_Yugoslavian.pdf, (приступљено 25.06.2015.)
- [2] <http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/RO/V%20semestar/Energetika%20i%20odrzivi%20razvoj/Predavanja/Predavanje5.pdf> (приступљено 28.06.2015.)
- [3] <https://www.chem.bg.ac.rs/~grzetic/predavanja/Osnovi%20hemije%20atmosfera%20i%20zagadjivaci%20vazduha/GLOBALNO%20ZAGREVANJE%20I%20KJOTO%20PROTOKOL.pdf> (приступљено 01.07.2015.)
- [4] *** Упутство за подносиоце пројеката у Србији, ПРИПРЕМА ПРОЈЕКТА У ОКВИРУ МЕХАНИЗМА ЧИСТОГ РАЗВОЈА, Август 2007.
- [5] Myung – Kyoong Lee, Jorgen Fenhan, Kirsten Halsnaes, Romeo Pacudan, Anne Olhoff, CDM Information and Guidebook, Secon edition, June 2004.
- [6] Daniele Agosto, Paola Bombarda, Francesca Gostinelli, Analysis of registered CDM projects: potential removal of evidenced bottlenecks.
- [7] Вања Шуштершич, Милун Бабић, ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА – енергија природних и вештачких извора топле воде, Крагујевац, 2009.
- [8] <http://zeitgeistsrbija.org/forum/45-nauka-i-tehnologija/3004-geotermalna-energija> (приступљено 10.07.2015)
- [9] Владимир Јанковић, Геотермална енергија: Како искористити скривени потенцијал Србије, Београд, 2009.
- [10] *** CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM - PDD), Version 02 – in effect as of: 1 July 2004.
- [11] *** San Jacinto Geothermal Project in Nicaragua, CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM – PDD), Version 02 – in effect as of: 1 July 2004.
- [12] Pius W. Kollikho, CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM (CDM) DEVELOPMENT IN KENYA – GEOTHERMAL CONTRIBUTION, Kenya, 2011.
- [13] http://www.co2geonet.com/UserFiles/file/Rowena/CO2Serbian_protected.pdf (приступљено 15.07. 2015.)
- [14] <http://www.ageserbia.com/aktivnosti/co2/> (приступљено 20.07. 2015.)
- [15] https://sr.wikipedia.org/wiki/Geolo%C5%A1ko_skladi%C5%A1tenje_ugljen-dioksida (приступљено 18.07. 2015.)
- [16] <http://www.ekapija.com/website/sr/page/1082339/Geolo%C5%A1ko-skladi%C5%A1tenje-CO2-Korak-ka-re%C5%A1avanju-klimatskih-promena> (приступљено 17.07. 2015.)