

ЕКОЛОГИЈА И АЛТЕРНАТИВНИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ

Катедра за инжењерство за енергетику
Факултет за производњу и менаџмент Требиње

ВЕЛИНКА ТОМИЋ
vtomic2020@gmail.com

ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА

1.

1. Геотермална енергија, основни појмови и дефиниције
2. Топлотна енергија Земље
3. Геотермални извори
4. Системи за експлоатацију (директно и индиректно коришћење)
5. Типови геотермалних електрана
6. Топлотне пумпе (Geothermal Heat Pumps - GHP)
7. Предности геотермалне енергије
8. Утицај на животну средину



Основни појмови и дефиниције

► Појам ГЕОТЕРМАЛНА

geo (земља) + therme (топлота)

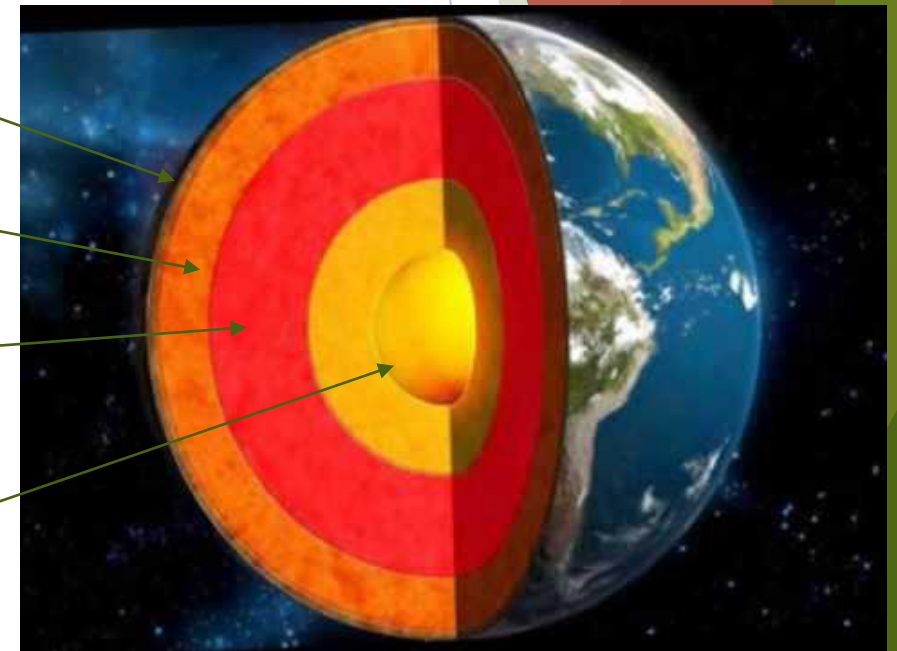
- Она енергија која се може добити из Земљине унутрашњости и користити у енергетске сврхе.
- Настаје у Земљиној кори распадањем радиоактивних елемената, хемијским реакцијама или трењем при помјерању тектонских плоча.
- Геотермална енергија: и обновљива и фосилна енергија, јер настаје полаганим природним распадом радиоактивних елемената (уран, торија и калија-40) који се налазе у Земљиној унутрашњости.
- Снага кондукционог топотног тока из Земљине унутрашњости $42 \cdot 10^{12}$ W:
 - Земљине кора, 2 % укупне запремине Земље, богата радиоактивним изотопима, $8 \cdot 10^{12}$ W снага кондукционог топотног тока
 - Омотач, 82 % запремине Земље, $32,3 \cdot 10^{12}$ W снага кондукционог топотног тока,
- Земљино језгро, 16% Земљине запремине, $1,7 \cdot 10^{12}$ W снага кондукционог топотног тока, не садржи радиоактивне изотопе

Континентална кора
(дебљина 30÷70 км)

Чврсти (крути) омотач
(дебљина око 2900 км)

Спољашње течно
Језгро (дебљина око 2200
км)

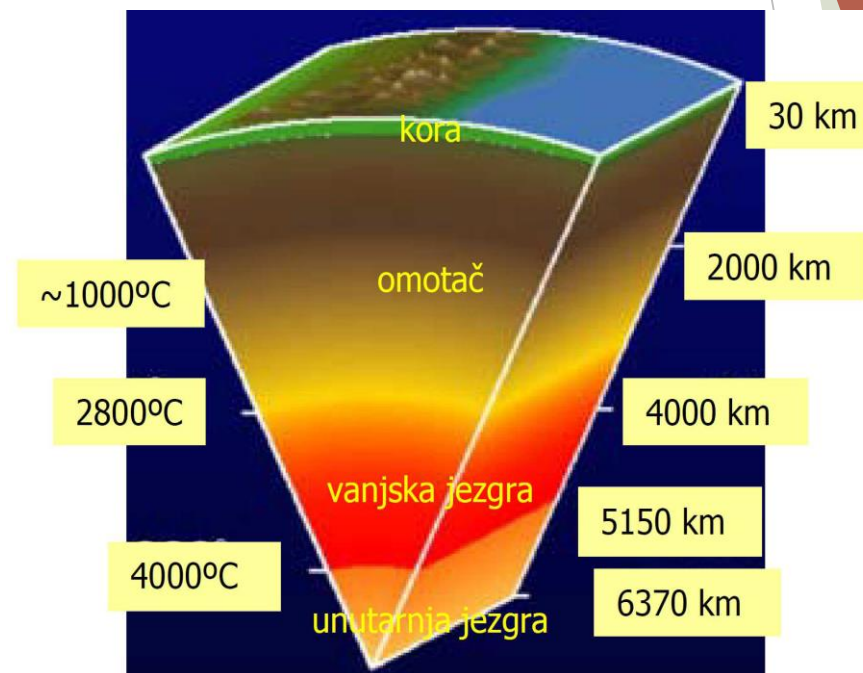
Унутрашње чврсто језгро
(дебљина око 1300 км)



Земљина унутрашњост

Топлотна енергија Земље

- ▶ Укупна топлотна енергија Земље се процјењује на $12,6 \cdot 10^{24}$ MJ.
- ▶ Земљина кора садржи $5,4 \cdot 10^{21}$ MJ топлотне енергије.
- ▶ Иако је топлотни капацитет Земље огroman, само један врло мален дио се може економично искористити,
- ▶ Ако се рачуна и са енергијом нагомиланом у врућим сухим стијенама, са аспекта енергетских потреба човјечанства, топлота садржана у Земљиној унутрашњости се може сматрати готово неограниченим извором енергије.
- ▶ На основу хемијских прорачуна процјењује се да температура у средишту Земље достиже 4000°C , а на дубини 35-40 km износи $600\div 1000^{\circ}\text{C}$.
- ▶ Са повећањем дубине, температура расте просјечно за 1°C на сваких 30 m, а у подручјима млађе вулканске активности - сваких 5-10 m.



Промјена температуре у Земљи

Геотермални извори

- ▶ Термална енергија настаје као резултат постепеног и природног распадања радиоактивних елемената који се налазе у сувим стијенама Земљине коре (уран, ториј и калиј - 40).
- ▶ Кад вода у унутрашњости земље дође у додир са врућим стијенама, она се брзо угрије на температуру од неколико стотина °C.
- ▶ Код непропусних стијена загријана вода остаје затворена. Појавиће се приликом земљотреса или кроз вјештачки створену бушотину.
- ▶ Код пропусних стијена угријана вода се појављује на површини као врућа или кључала вода или као пара (гејзири).
- ▶ Гејзири могу да буду веома спектакуларни а неки су избацивали воду на висину од 500 метара, већина је мање снажна.
- ▶ Понекад се ерупције гејзира дешавају у радовним интервалима, али сунајчешће повремене.
- ▶ Гејзири се налазе углавном на вулканско активним подручјима (Исланд, Нови Зеланд, Чиле, Национални парк Јелоустон у САД).



Гејзир

Геотермални извори

➤ Према степену истражености лежишта, познавању хемијских и физичких својстава флуида, воде или паре:

- Утврђене (које могу исплативо да и оне које не могу исплативо да се искоришћавају познатим техничким рјешењима)
- Потенцијалне.

➤ Према врсти лежишта, начину напајања:

- Са природним улазом и излазом (врело или извор воде)
- Са природним улазом и вјештачким излазом воде кроз бушотину
- Са вјештачким и улазом и излазом воде.

➤ Према температури геотермалног флуида:

- Нискотемпературни извори
(горња граница између $90-150^{\circ}\text{C}$)
- Средњетемпературни
од 90 до 225°C)
- Високотемпературни
(доња граница између 150 и 225°C).



Начини коришћења геотермалне енергије

ДВИЈЕ ГРУПЕ ГЕОТЕРМАЛНИХ ЕНЕРГЕТСКИХ ИЗВОРА

- ▶ геотермална енергија воде
- ▶ геотермална енергија земље.

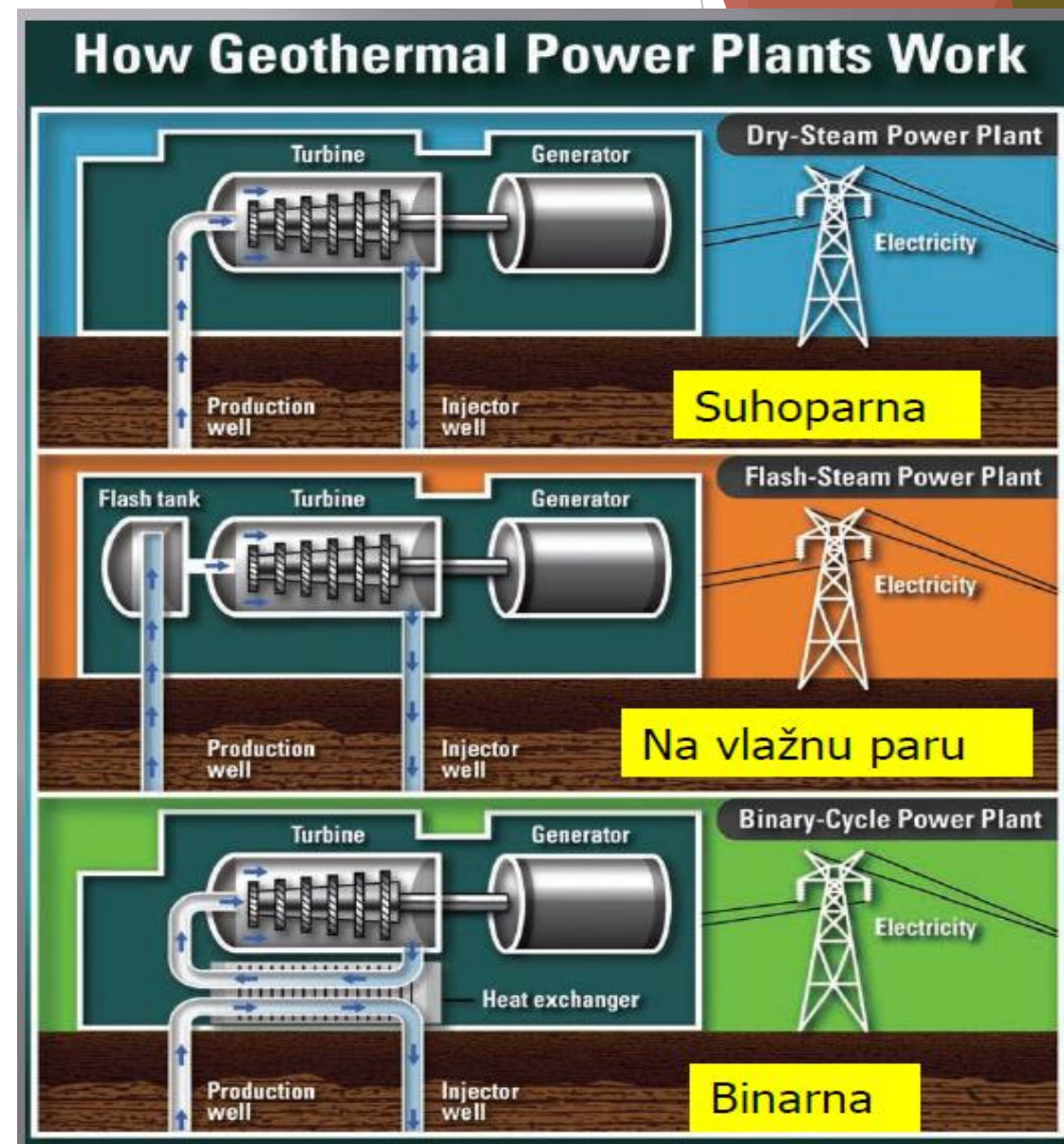
1. Индиректно коришћење геотермалне енергије воде

2. Директно коришћење геотермалне енергије воде

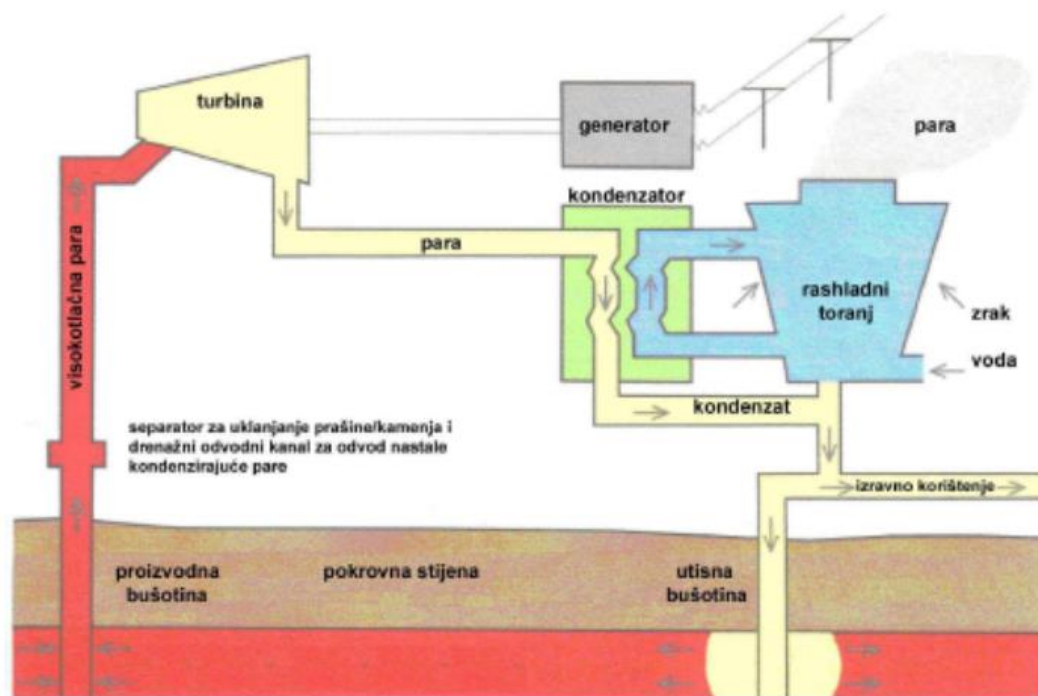
Температура медијума (флуида) у геотермалном лежишту	Врста флуида у резервоару	Примјена	Технологија
Високо температурно налазиште Темп. геотерм. воде >150 °C	Вода или пара	Производња електричне енергије	- Парна турбина - Комбиновани процес (парна турбина и бинарни процес) - Директно коришћење флуида - Размјенивач топлоте - Топлотна пумпа
Средње температурно налазиште Темп. геотерм. воде од 90 до 225 °C	Вода	Производња електричне енергије	- Бинарни процес - Директно коришћење флуида - Размјенивач топлоте - Топлотна пумпа
Ниско температурно налазиште Темп. геотерм. воде <90, < 150	Вода	Директно коришћење	- Директно коришћење топлоте - Размјенивач топлоте - Топлотна пумпа

Типови геотермалних електрана

- ▶ Електране које користе суву пару (**Dry Steam**)
- ▶ Електране које користе врелу воду (**Flash Steam**)
- ▶ Електране које користе бинарне мјешавине (**Binary Cycle**)

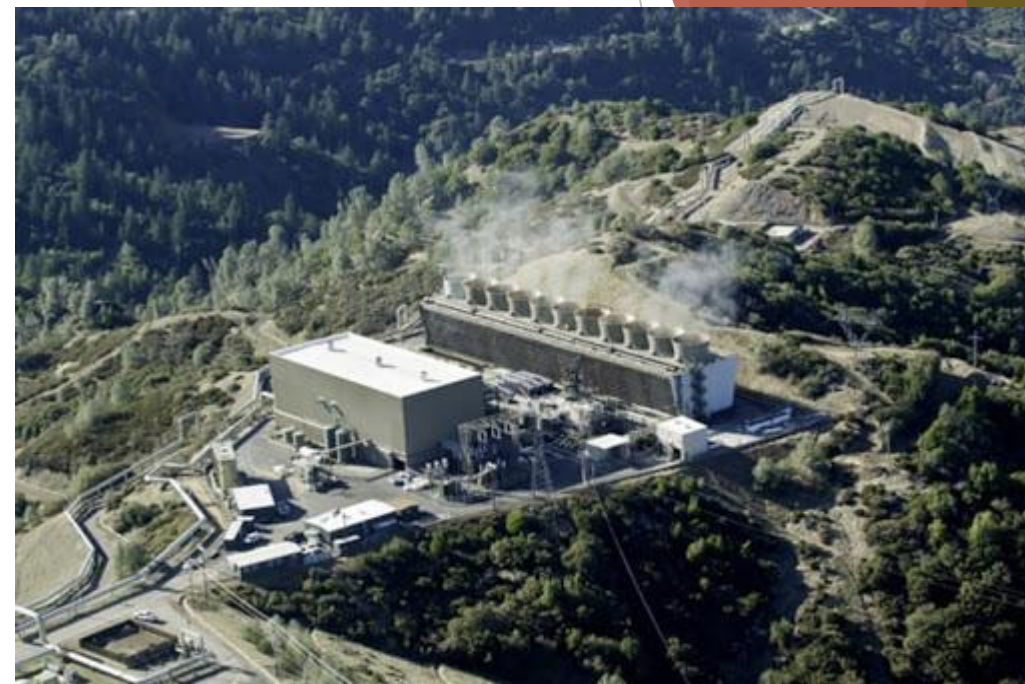


Електране које користе суву пару



Принцип суве паре (Dry steam)

- Најједноставнији, најстарији принцип и најјефтинији принцип генерисања електричне енергије из геотермалних извора
- Користи се искључиво врућа пара, $>235\text{ }^{\circ}\text{C}$ за директно покретање турбина генератора. Сува пара експандира у турбини обављајући корисни механички рад за погон електричног генератора.
- Након обављене експанзије пара се кондензује у кондензатору, а настали кондензат може се користити у расхладном систему електране и враћа (утискује) назад у лежиште, надокнађујући воду и одржавајући притисак лежишта.

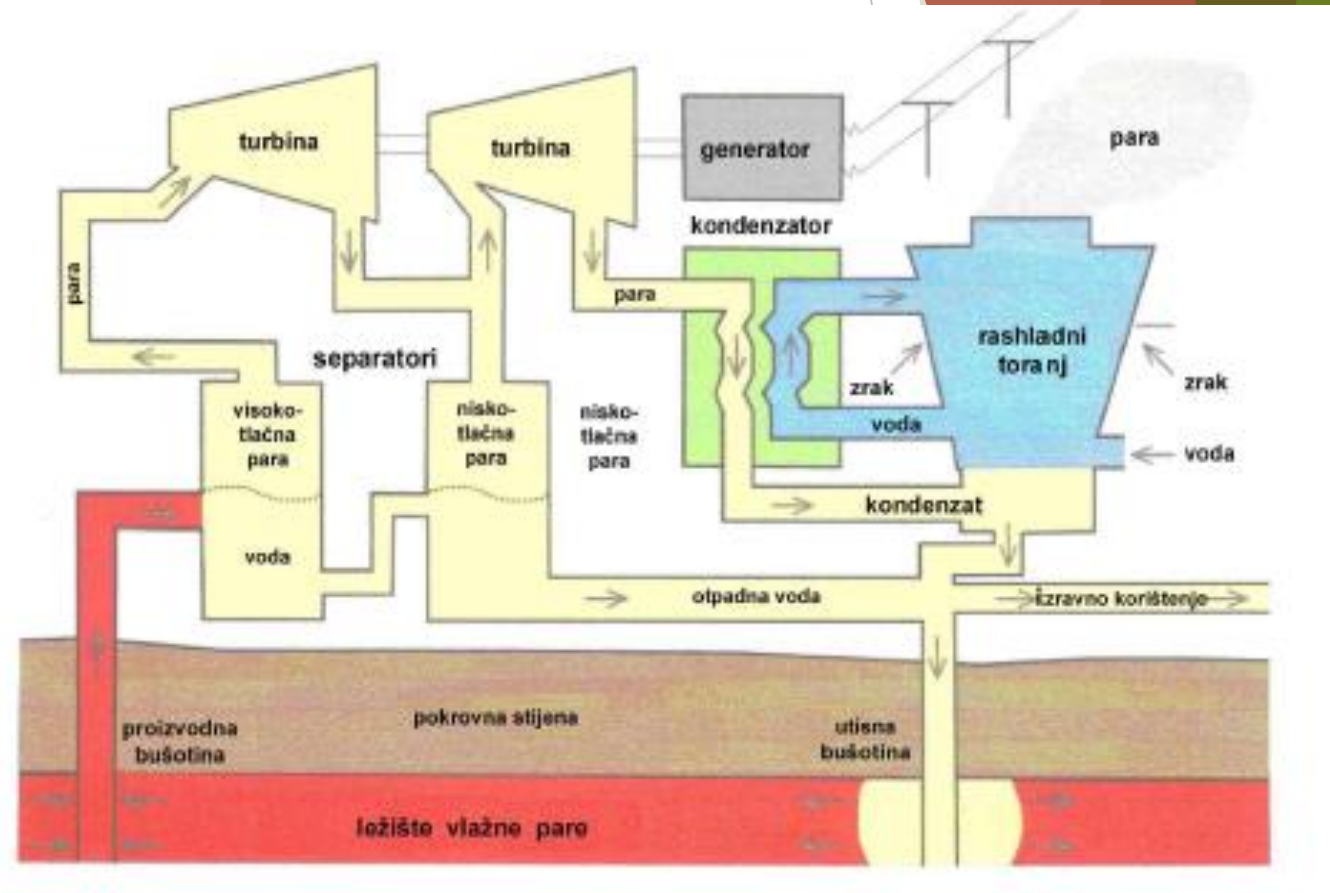


The Geysers

- Највећа цјелина геотермалних електрана које користе суву пару у Сјеверној Калифорнији.
- Производи електричну енергију од 1960 године.
- 22 геотермалне електране, преко 350 бушотина.
- 1517 MW инсталисана снага просјечна годишња производња 955 MW (63%).

Електране које користе отпарак (врелу воду)

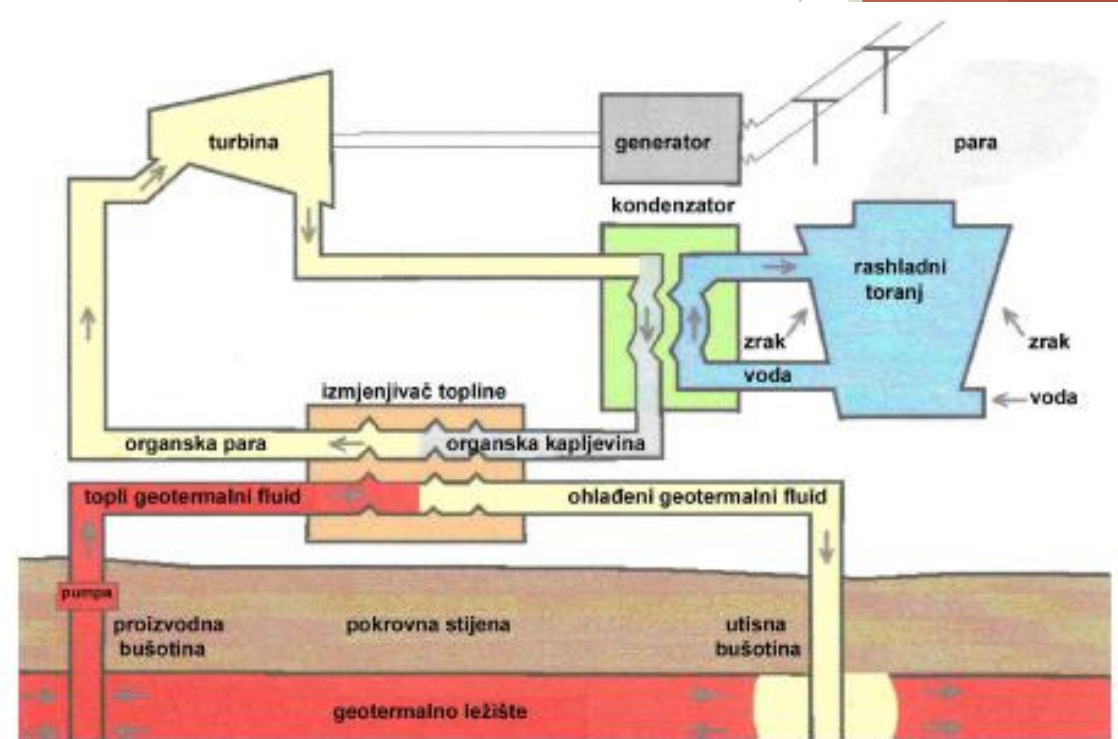
- Користи се врућа вода из геотермалних резервоара која је под великим притиском и на температурама изнад 180°C .
- Једностепени и двостепени циклус
- Вода пролази кроз сепаратор чврстих честица.
- Пумпањем воде из тих резервоара према електрани на површини смањује се притисак, па се врућа вода претвара у пару и покреће турбине.
- Вода која се није претворила у пару враћа се назад у резервоар због поновне употребе.
- Већина модерних геотермалних електрана користи овај принцип рада.



Flash принцип (Flash steam) двостепени циклус

Електране које користе бинарне мјешавине

- ▶ Средње и нискотемпературна геотермална лежишта (температура између 100 и 150 °C), се користе за производњу електричне енергије у бинарним геотермалним електранама са Органским Ранкинеовим Циклусом.
- ▶ Код бинарног постројења, геотермални флуид пролази кроз измјењивач топлоте, гдје се његова топлота преноси на **бинарни флуид** с ниском тачком кључања.
- ▶ Загријавањем бинарни флуид прелази у пару која даље експандира у турбини. Пара након експанзије се одводи у кондензатор, а настали кондензат се помоћу циркулационе пумпе враћа поново у измјењивач топлоте.
- ▶ За разлику од електрана са сувом паром и испаравањем у овом случају геотермални флуид не долази у контакт са елементима турбине.
- ▶ Радни (бинарни) флуид за геотермалне електране: амонијак, угљен диоксид, фреон R-12, фреон R-22 и фреон R-32.
- ▶ Нема емисије штетних гасова у атмосферу.



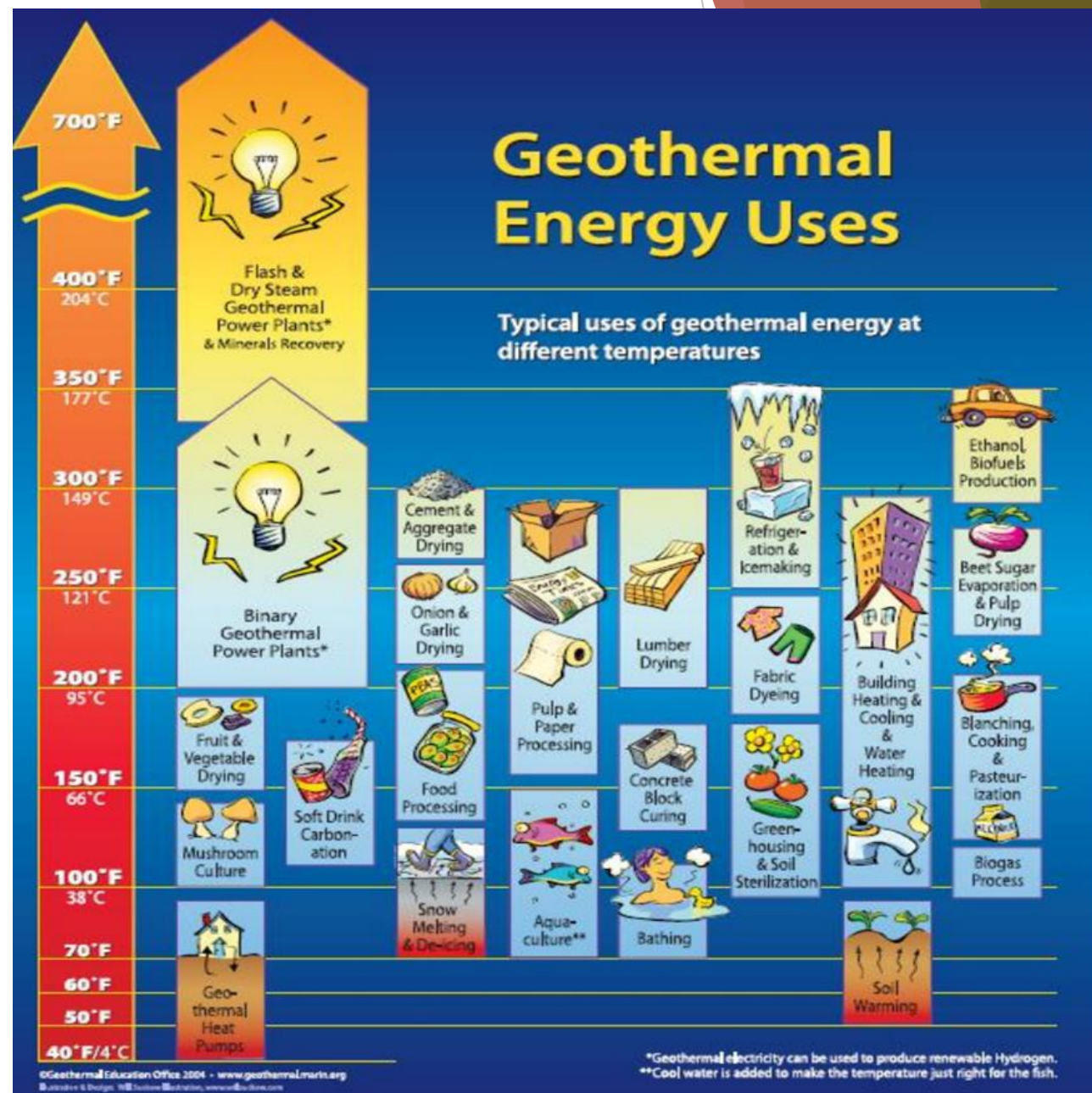
Директна употреба геотермалног потенцијала

- Коришћење геотермалне енергије као топлоте без даљег претварања у друге облике енергије.
- Директна употреба топлотне енергије из геотермалних ресурса се може подијелити у три групе:

1. Приватна и комерцијална употреба: гријање простора, хлађење простора, топлинске пумпе; коришћење воде као топле или хладне, купање, љековите сврхе (балнеологија), пливање, отапање снијега и леда, управљање отпадом и биоконверзија (нпр. добијање метана, етанола и других хемијских спојева)

2. Пољопривреда, сточарство, узгој риба, гријање стакленика, третман пољопривредних производа као сушење, ферментација, управљање отпадом.

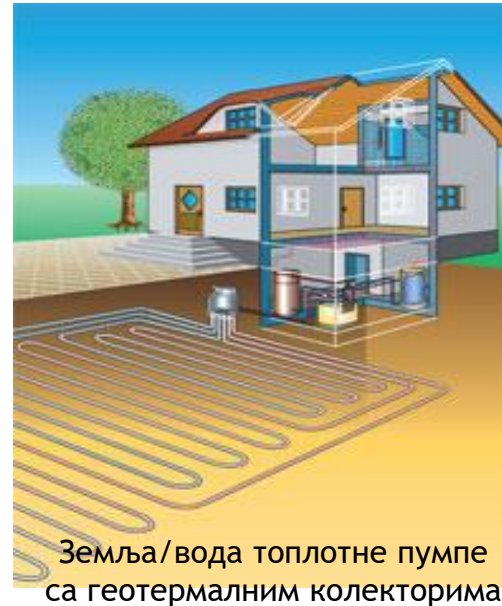
3. Индустријска употреба: обрада папира и дрвета, у процесима производње злата, сребра и других минерала, обрада отпадних вода.



Топлотне пумпе (Geothermal Heat Pumps - GHP)

Основни системи геотермалних пумпи

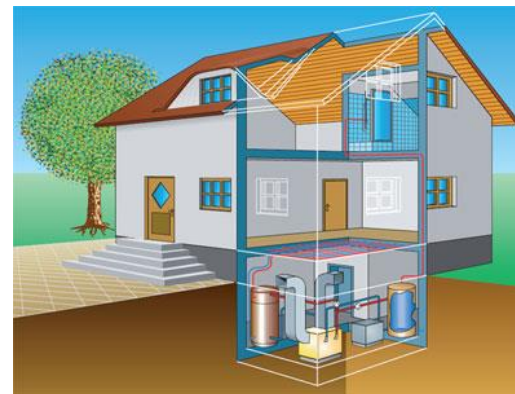
- ▶ Расхладни уређај који од околине одузима топлоту и предаје је на вишим температурама систему за гријање.
- ▶ GTP системи најчешће служе за потребе гријања, или за гријање/хлађење.
- ▶ Топлотне пумпе могу бити у распону од 5 kW до снага већих и од 150 MW.
- ▶ За 1 kWh уложене ел. енергије добија се око 3-4 kWh топлотне енергије.
- ▶ Основни типови система геотермалних топлотних пумпи могу се разврстати у двије групе:
 - GTP системе са отвореним и
 - GTP системе са затвореним кругом, који могу имати различито изведене подсистеме
- ▶ У односу на извор топлоте разликујемо три типа топлотних пумпи:
 - Земља/вода топлотне пумпе
 - Вода/вода топлотне пумпе
 - Ваздух/вода топлотне пумпе.



Земља/вода топлотне пумпе
са геотермалним колекторима



Вода вода топлотна пумпа са усисним и
испусним бунаром



Ваздух/вода топлотна пумпа

Предности геотермалне енергије

- ▶ Главна предност: производња је независна од годишњих доба и доба дана.
- ▶ Недостаци овог обновљивог ресурса су следећи:
 - Не користе се на мјесту где се налазе термални флуиди.
 - Врло високи иницијални трошкови (опитне бушотине).
 - Поврат иницијалних трошкова инсталације може бити од 2 до чак 20 година!
 - Геотермално гријање није у потпуности 100% чисти облик гријања због топлотних пумпи које за погон користе електричну енергију, а та електрична енергија се производи из еколошки неприхватљивог угља, па се ипак у атмосферу ослобађа одређена количина гасова стаклене баште.

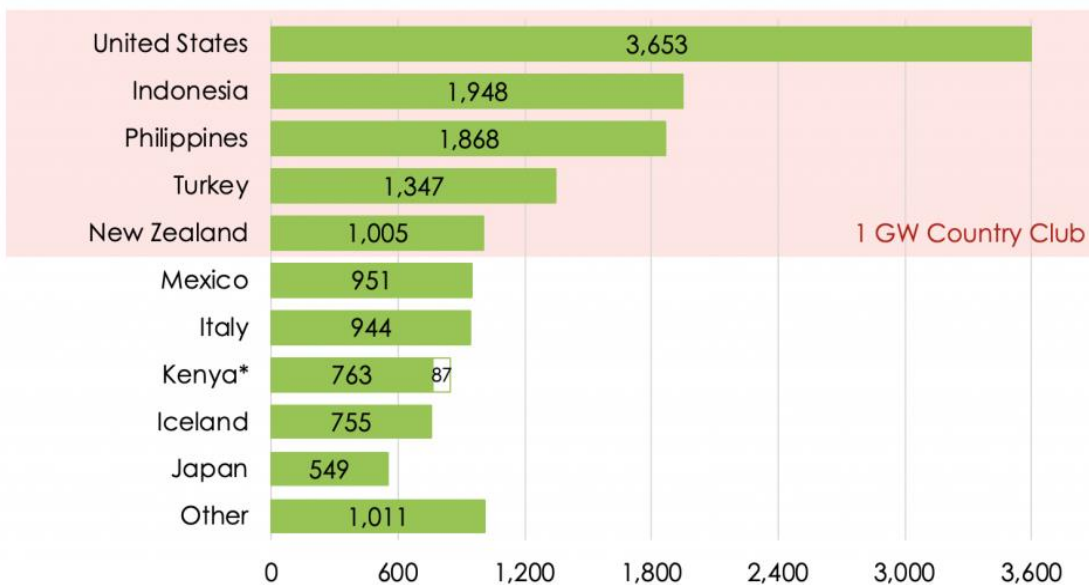


First Geothermal Power Plant, 1904, Larderello, Italy

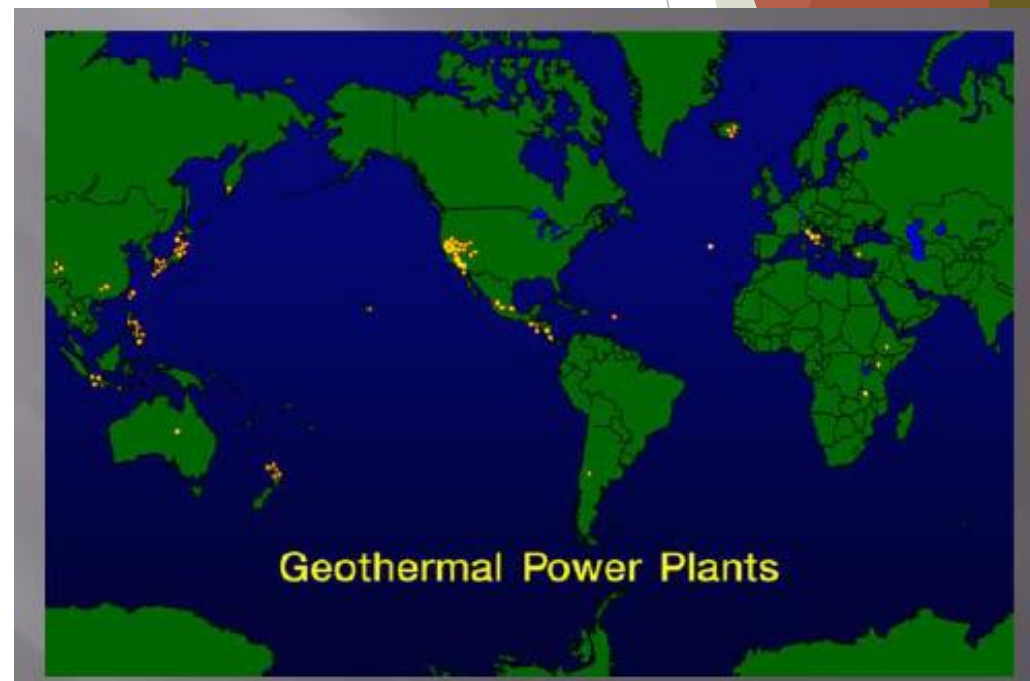
Локације геотермалних електрана у свијету

TOP 10 GEOTHERMAL COUNTRIES

INSTALLED CAPACITY - MW (JULY 2019) – 14,900 MW IN TOTAL



* Kenya – Olkaria V Unit 1 online, Unit 2 in commissioning - Source: TGE Research (2019), GEA (2016), IGA (2015)



<https://www.thinkgeoenergy.com/global-geothermal-capacity-reaches-14900-mw-new-top10-ranking/>

Геотермални потенцијал Републике Српске

- У Републици Српској геотермална енергија налази примјену у бањском туризму, спортскорекреационим објектима и веома ријетко код загријавања стамбених зграда.
- Температуре на локацијама у Босанском Шамцу (85 °C), и око Сарајева (58 °C) су прениске за покретање производње електричне енергије.
- Мали број изведених истражних бушотина

Naziv banje	Temperatura, °C	Izdašnost, l/sec	
		samoizliv	crpljenje
Dvorovi, Bijeljina	73	7,5	
Vilina Vlas, Višegrad	31		13
Vrućica, Teslić	38	24	
Toplice (Šeher), Banja Luka	30		28
Laktaši	30	13	22
Kulaši, Prnjavor	30		12

Утицај на животну средину

- ▶ Геотермална постројења за производњу електричне енергије због своје ниже учинковитости емитују у простор велики дио топлоте
- ▶ Бука - Током бушења, производног тестирања, изградње и рада
- ▶ Слијегање терена - појава клизишта и покретање земљаних маса
- ▶ Микропотреси
- ▶ Коришћење земљишта
- ▶ Утицај на флору и фауну
- ▶ Утицај на изглед терена

