

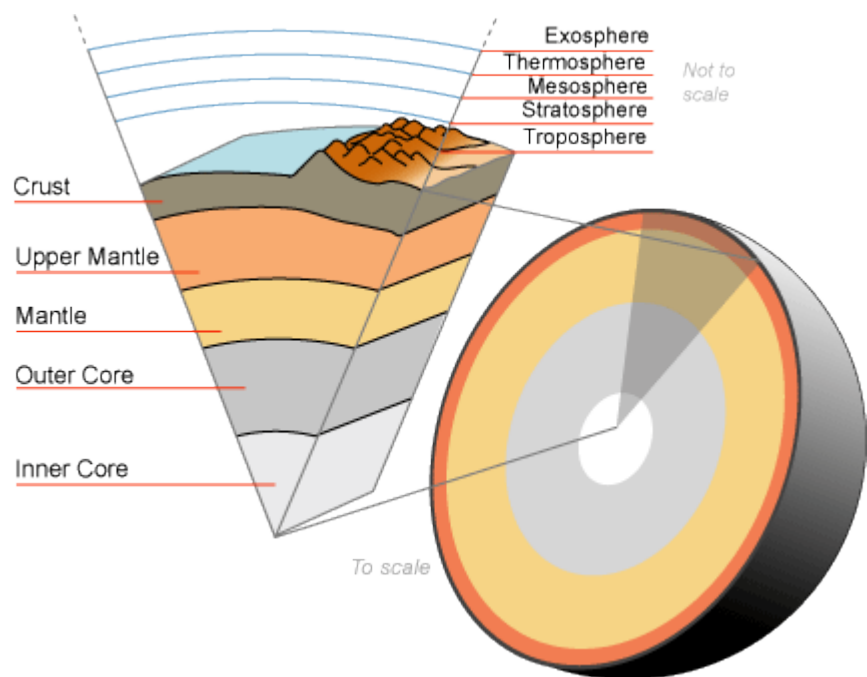
GEOTERMALNA ENERGIJA

Reč geotermalno vodi poreklo od dve grčke reči geo (zemlja) i therme (toplota) i znači toplota zemlje, pa se prema tome toplotna energija Zemlje naziva još i geotermalna energija. Toplota u unutrašnjosti Zemlje rezultat je formiranja planeta iz prašine i gasova pre više od četiri milijarde godina, a radioaktivno raspadanje elemenata u stenama kontinuirano regeneriše tu toplotu, pa je prema tome **geotermalna energija** obnovljivi izvor energije. Osnovni medij koji prenosi toplotu iz unutrašnjosti na površinu je voda ili para, a ta komponenta obnavlja se tako da se voda od kiša probija duboko po raspučinama i tamo se onda zagrejava i cirkuliše natrag prema površini, gde se pojavljuje u obliku gejzira i vrućih izvora.

Spoljnja kruta kora Zemlje duboka je od pet do 50 kilometara i sastavljena je od stena. Materije iz unutrašnjeg sloja neprestano izlaze na površinu kroz vulkanske otvore i pukotine na dnu okeana. Ispod kore nalazi se omotač i on se proteže do dubine od 2900 kilometara, a sačinjen je od spojeva bogatih gvožđem i magnezijumom. Ispod svega toga nalaze se dva sloja jezgra – tekući sloj i čvrsti sloj u samom jezgru planete. Poluprečnik Zemlje je otprilike 6378 kilometara, i niko zapravo

ne zna šta se tačno nalazi u unutrašnjosti, sve navedeno su zapravo naučne pretpostavke izgleda unutrašnjosti planeta. Te pretpostavke temelje se na eksperimentima u uslovima visokog pritiska i velikih temperatura.

Spuštanjem kroz spoljnji sloj Zemlje, tj. koru temperatura raste otprilike 17 °C do 30 °C po kilometru dubine (50 – 87 °F po milji dubine). Ispod kore nalazi se omotač koji je sastavljen od delimično rastopljenih stena i temperatura tog omotača je između 650 i 1250 °C (1200 – 2280 °F). U samom jezgru Zemlje temperature bi po nekim procenama



Zemlja ima nekoliko slojeva. Osnovni slojevi su spoljnja čvrsta kora (Crust), tekući omotač – plašt (Mantle), spoljnja tekuća jezgra (Outer Core) i unutrašnja čvrsta jezgra (Inner Core).

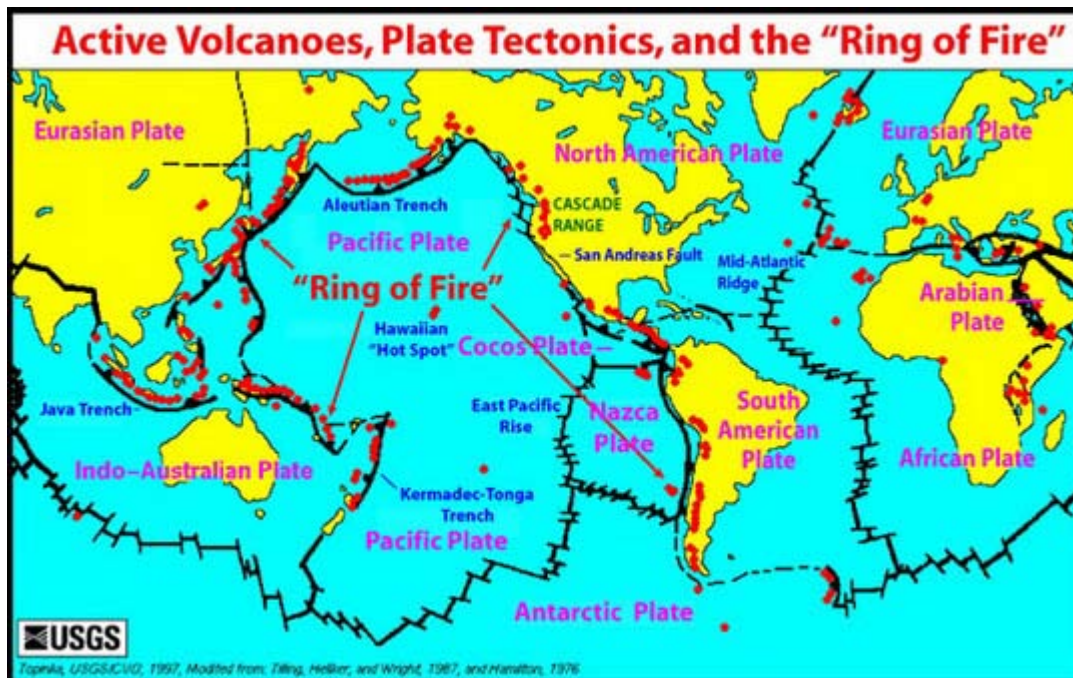
mogle biti između 4000 i 7000 °C (7200 – 12600 °F). Budući da toplota uvek prelazi sa toplijih delova na hladnije, toplota iz unutrašnjosti Zemlje prenosi se prema površini i taj prenos toplote glavni je pokretač tektonskih ploča.

Na mestima gde se spajaju tektonske ploče može doći do propuštanja magme u gornje slojeve i ta magma se tada hladi i stvara novi sloj zemljine kore. Kad magma dođe do površine može stvoriti vulkane, ali većinom ostaje ispod površine te stvara ogromne bazene i tu se počinje hladiti, a taj proces traje od 5000 godina do milion godina. Područja ispod kojih se nalaze ovakvi bazeni magme imaju visok temperaturni gradijent, tj. temperatura raste vrlo brzo povećanjem dubine i takva područja izuzetno su pogodna za iskorištavanje geotermalne energije.

Potencijal geotermalne energije je ogroman, ima je 50000 puta više od sve energije koja se može dobiti iz nafte i gasa širom sveta. Geotermalni resursi nalaze se u širokom spektru dubina, od plitkih površinskih do više kilometara dubokih rezervoara vruće vode i pare koja se može dovesti na površinu i iskoristiti. U prirodi se **geotermalna energija** najčešće pojavljuje u formi vulkana, izvora vruće vode i gejzira. U nekim zemljama se **geotermalna energija** koristi već vekovima u obliku termi odnosno rekreaciono-lekovitog kupanja. No razvoj nauke nije se ograničio samo na područje lekovitog iskorišćavanja geotermalne energije već je iskorišćavanje geotermalne energije usmerio i prema procesu dobivanja električne energije te grejanju domaćinstva i industrijskih postrojenja.

Grejanje zgrada i iskorišćavanje geotermalne energije u procesu dobijanja struje, glavni su ali ne i jedini načini iskorišćavanja te energije. Geotermalna energija takođe se može iskoristiti i u druge svrhe kao što su na primer u proizvodnji papira, pasterizaciji mleka, plivačkim bazenima, u procesu sušenja drveta i vune, planskom stočarstvu, te za mnoge druge svrhe.

Glavni nedostatak prilikom iskorišćavanja geotermalne energije je da nema puno mesta na svetu koja su izuzetno pogodna za eksploataciju. Najpogodnija su područja na ivicama tektonskih ploča, tj. područja velike vulkanske i tektonske aktivnosti. Sledeća slika prikazuje tektonsku kartu sveta i područja pogodna za iskorišćavanje geotermalne energije.



Zemlja je podeljena na tektonske ploče koje se svo vreme kreću i sudaraju i time stvaraju mesta pogodna za iskorišćavanje geotermalne energije. Najpogodnija područja za iskorišćavanje te energije nalaze se na takozvanom Vatrenom prstenu (Ring of Fire).

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Jedan od najzanimljivijih oblika iskorišćavanja geotermalne energije je proizvodnja električne energije. Tu se koriste vruća voda i para iz Zemlje za pokretanje generatora, pa prema tome nema spaljivanja fosilnih goriva i kao rezultat toga nema niti štetnih emisija gasova u atmosferu, ispušta se samo vodena para. Dodatna prednost je u tome što se takve elektrane mogu implementirati u najrazličitijim okruženjima, od farma, osetljivih pustinjskih površina pa sve do šumsko-rekreacionih područja.

Počeci korišćenja toplote Zemlje za generisanje električne energije vežu se uz malo italijansko mesto Larderello i 1904 godinu Tamo je te godine započelo eksperimentisanje s tim oblikom proizvodnje električne energije, kada je para upotrebljena za pokretanje male turbine koja je napajala pet sijalica, a taj se eksperiment smatra prvom upotrebom geotermalne energije za proizvodnju električne energije.

Tamo je 1911 počela izgradnja prve geotermalne elektrane koja je završena 1913 i nazivna snaga joj je bila 250 kW. To je bila jedina geotermalna elektrana u svetu za gotovo pola veka.

Princip rada je jednostavan: hladna voda upumpava se na vruće granitne stene koje se nalaze blizu površine, a napolju izlazi vruća para na iznad 200 °C i pod visokim pritiskom i ta para onda pokreće generatore. Iako su sva postrojenja u Larderello-u

uništena u drugom svetskom ratu, postrojenja su ponovo izgrađena i proširena te se koriste još i danas.

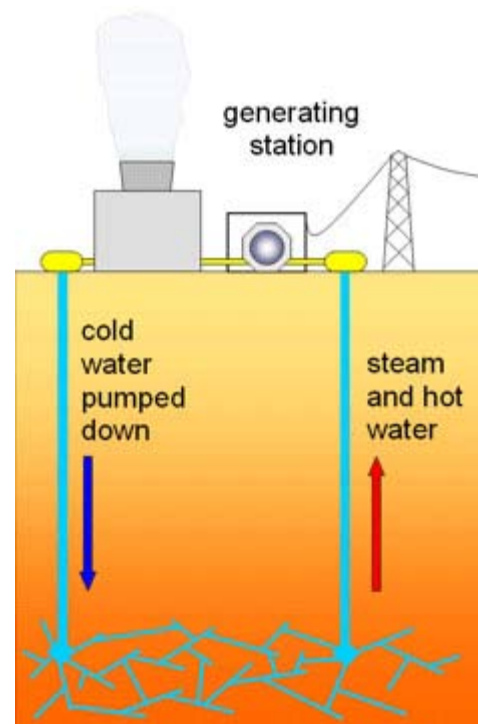
To postrojenje i danas električnom energijom napaja oko milion domaćinstava tj. proizvede se gotovo 5000 GWh godišnje, što je oko 10% ukupne svetske proizvodnje struje iz geotermalnih izvora. Iako je geotermalna energija obnovljivi izvor energije, pritisak pare se u Landerello-u smanjio za 30% od 1950.

Trenutno se koriste tri osnovna tipa geotermalnih elektrana:

Princip suhe pare (Dry steam) – koristi se izuzetno vruća para, tipično iznad 235 °C (445 °F). Ta para se koristi za direktno pokretanje turbina generatora. Ovo je najjednostavniji i najstariji princip i još uvek se koristi jer je to daleko najjeftiniji princip generisanja električne energije iz geotermalnih izvora. Spomenuta prva geotermalna elektrana na svetu u Landerello-u koristila je taj princip. Trenutno se najveća elektrana koja koristi „Dry steam“ princip nalazi u severnoj Kaliforniji i zove se The Geysers, a proizvodi električnu energiju još od 1960 godine. Količina proizvedene električne energije iz tog postrojenja još uvek je dovoljna za snabdevanje grada veličine San Francisco-a.

Flash princip (Flash steam) – koristi se vruća voda iz geotermalnih rezervoara koja je pod velikim pritiskom i na temperaturama iznad 182 °C (360 °F). Pumpanjem vode iz tih rezervoara prema elektrani na površini smanjuje se pritisak pa se vruća voda pretvara u paru i pokreće turbine. Voda koja se nije pretvorila u paru vraća se natrag u rezervoar zbog ponovne upotrebe. Većina modernih geotermalnih elektrana koristi ovaj princip rada.

Binarni princip (Binary cycle) – Voda koja se koristi od binarnog principa je hladnija od vode koja se koristi kod ostalih principa generisanja električne energije iz geotermalnih izvora. Kod binarnog principa vruća voda se koristi za grejanje tečnosti koja ima znatno nižu temperaturu tačke ključanja od vode, a ta tečnost isparava na temperaturi vruće vode i pokreće turbine generatora. Prednost tog principa je veća efikasnost postupka, a i dostupnost potrebnih geotermalnih rezervoara je puno veća nego kod ostalih postupaka.



Slika prikazuje pojednostavljeni princip generisanja električne energije iz geotermalnih izvora. Vruća para i voda koriste se za pokretanje turbina generatora, a iskorišćena voda i kondenzovana para vraćaju se natrag u izvor.

Dodatna prednost je potpuna zatvorenost sistema budući da se upotrebljena voda vraća natrag u rezervoar pa je gubitak toplote smanjen, a gotovo da i nema gubitka vode. Većina planiranih novih geotermalnih elektrana koristiti će ovaj princip.

Princip koji će se koristiti kod izgradnje nove elektrane zavisi od vrste geotermalnog izvora energije, tj. od temperature, dubine i kvaliteta vode i pare u odabranoj regiji. U svim slučajevima kondenzovana para i ostaci geotermalne tečnosti vraćaju se natrag u bušotinu i time se povećava izdržljivost geotermalnog izvora.

KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE U DRUGE SVRHE

Drugi zanimljivi oblik iskorišćavanje geotermalne energije je grejanje. Najveći geotermalni sistem koji služi za grejanje nalazi se na Islandu, odnosno u njegovom glavnom gradu Reykjavik-u u kojem gotovo sve zgrade koriste geotermalnu energiju, te se čak 89% islandskih domaćinstava greje na taj način. Iako je Island uverljivo najveći iskoristilac geotermalne energije po glavi stanovništva sa spomenutih 89% svih islandskih domaćinstava koja se greju na taj način, nije usamljen na području iskorišćavanja geotermalne energije. Geotermalna energija se uveliko iskorišćava i u područjima Novog Zelanda, Japana, Italije, Filipina te i nekih delova SAD-a kao što je San Bernardino u Kaliforniji te u glavnom gradu Idaho-a Boise-u.



Jedan od izvora vruće vode na Islandu podoban za iskorišćavanje geotermalne energije. Island je država koja najviše koristi svoj prirodni položaj za iskorištavanje geotermalne energije.

Geotermalna energija koristi se i u poljoprivredi za povećanje prinosa. Voda iz geotermalnih rezervoara koristi se za grejanje staklenika za proizvodnju cvijeća i povrća. Pod grejanje staklenika ne uzima se u obzir samo grejanje vazduha, već se greje i tlo na kojem rastu biljke. Vekovima se ovo koristi u centralnoj Italiji, a Mađarska trenutno pokriva 80% energetskih potreba staklenika geotermalnom energijom.

Toplotne pumpe su još jedna od upotreba geotermalne energije. Toplotne pumpe troše električnu energiju za cirkulaciju geotermalne tečnosti, a ta tečnost kasnije se koristi za

grejanje, hlađenje, kuvanje i pripremu tople vode i na taj način znatno se smanjuje potreba za električnom energijom.

Postoji još vrlo širok spektar upotrebe geotermalne energije, ali nema potrebe sve detaljno objašnjavati. Neke od tih upotreba su uzgajanje riba, razne vrste industrijske upotrebe, balneologija - upotreba za rekreaciju i lečilišta (terme -banje), i slično.

ZAKLJUČAK

Budući da je procenjena totalna količina geotermalne energije koja bi se mogla iskoristiti znatno veća nego sveukupna količina energetskih izvora baziranih na nafti, uglju i gasu zajedno trebalo bi geotermalnoj energiji svakako predati veću važnost. Naročito ako se uzme u obzir da je reč o jeftinom, obnovljivom izvoru energiju koji je usto i ekološki prihvatljiv. Budući da geotermalna energija nije svuda lako dostupna, trebalo bi iskoristiti barem mesta na kojima je ta energija lako dostupna (ivice tektonskih ploča) i tako barem malo smanjiti pritisak na fosilna goriva i time pomoći Zemlji da se oporavi od štetnih gasova zelene bašte.

Manji deo te energije generiše se iz ljuske zemlje, odnosno zemljinog spoljnog sloja raspadom radioaktivnih elemenata koji se nalaze u svom kamenju (stenama). Kako se spuštamo dublje u Zemljinu unutrašnjost tako otprilike svakih 36 metara temperatura poraste za jedan °C. U prirodi se ta energija najčešće pojavljuje u formi vulkana, izvora vruće vode i gejzira, odnosno na područjima gde se toplota koncentriše blizu površine zemlje. Geotermalna energija se u nekim zemljama iskorišćavala hiljadama godina u formi vrela, odnosno rekreacijsko-
lekovitog kupanja te su već u prošlosti bili dobro poznati pozitivni terapeutsko-zdravstveni učinci izvora vruće vode odnosno banja.



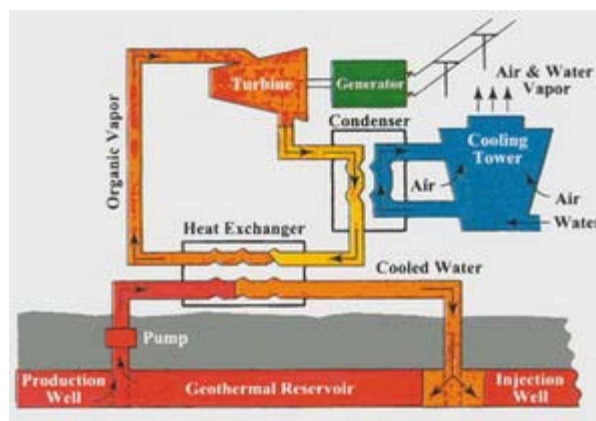
Jedan od mnogih gejzira na Islandu.

No razvoj nauke nije se ograničio samo na područje lekovitog iskorišćavanja geotermalne energije već je iskorišćavanje geotermalne energije usmerio i ka procesu dobivanja struje te grejanju domaćinstva i industrijskih postrojenja. Grejanje zgrada i iskorišćavanje geotermalne energije u procesu dobivanja struje, glavni su ali ne i jedini načini iskorišćavanja geotermalne energije. Geotermalna energija takođe se može iskoristiti i u druge svrhe kao što je npr. u proizvodnja papira, pasterizacija mleka, u plivačkim bazenima, u procesu sušenja drveta i vune, planskom stočarstvu, te za mnoge druge svrhe.

Glavna prednost geotermalne energije je u činjenici da se radi o obnovljivom izvoru energije, odnosno toplota unutrašnjosti zemlje neprestano izvire iz zemljine unutrašnjosti, a glavni nedostatak u činjenici da su najpodobnija područja za iskorišćavanje geotermalne energije u područjima izražene vulkanske aktivnosti što znači da rasprostranjenost podobnih područja nije velika. Prednost takvih izvora energije je takođe i u činjenici što geotermalne elektrane nemaju gotovo nikakav negativan uticaj na okolinu i uspešno se daju implementirati u najrazličitijim okruženjima, od farma, osetljivih pustinjskih površina pa sve do šumsko-rekreacionih područja, a reč je i o prilično jeftinom izvoru energije. Također valja istaknuti i činjenicu da geotermalna voda sadrži mnoštvo minerala i različitih ostalih hemijskih elemenata što ima izražene zdravstvene i terapijske učinke naročito na razne vrste kožnih bolesti. Prva geotermalna elektrana izgrađena je davne 2004. godine u Italiji, u mestu Larderello, davne 1904. godine, a nakon toga izgrađena je i geotermalna elektrana u Wairekei, na Novom Zelandu. Najveći geotermalni sistem koji služi za centralno grijanje nalazi se na Islandu, odnosno u njegovom glavnom gradu Reykjaviku u kojem gotovo sve zgrade koriste toplotu geotermalne energije, te se čak 89 % islandskih kdomaćinstava greje na taj način.

PRINCIPI RADA

Prvo je naravno potrebno ekstrahovati **geotermalnu energiju** iz pare, vruće vode, odnosno iz vrućih kamenih slojeva zemljine unutrašnjosti. Uspeh tog procesa zavisi od toga koliko će se voda zagrejati, a što zavisi od toga koliko je vruće kamenje bilo u startu te od toga koliko vode isumpamo prema tom kamenju. Nakon toga se voda pumpa, odnosno ispušta kroz tzv. injection well (odnosno otvor za ubrizgavanje), te na taj način prolazi kroz pukotine vrućih slojeva zemljine unutrašnjosti te se zatim kroz tzv. „recovery well“ (odnosno povratni otvor) vraća nazad na površinu pod velikim pritiskom te se pritom pretvara u paru kada dođe do površine.



Princip upotrebe geotermalne energije za proizvodnju električne energije.

Tako dobijenu paru potrebno je odvojiti od slane vode što se obično odvija u centralnom postrojenju za odvajanje. Kada proces odvajanje slane vode od pare bude dovršen para se provodi do tzv. heat exchagera (odnosno izmenjivača toplote) koji se nalaze u unutrašnjosti elektrane. Kada se para sprovede do izmenjivača toplote moguće ju je sprovesti do parnih turbina gde se može generisati u struju, a istovremeno se kroz

ispustne ventile oslobađa neiskorištena energija. U izmenjivačima toplote para se pod pritiskom hladi u kondenzate da bi se nakon toga toplota transferisala u hladnu vodu u kondenzacijskim izmenjivačima toplote. Tako dobijena hladna voda pumpa se se iz izvora u skladišne rezervoare iz kojih se sprovodi u izmenjivače toplote gde se vodi podiže temperatura za 85-90 stepeni Celzijusa. Tako zagrejana voda prolazi kroz deaeratore te se ključanjem vode odvaja oslobođeni kiseonik i ostali gasovi koji bi mogli uzrokovati koroziju nakon što se zagreju te je zbog toga potrebno rashladiti vodu na 82-85 stepena Celzijusa.

Dakle u suštini se radi o procesu zagrevanja vode, te njenom pretvaranju u paru koja se kasnije može koristiti bilo na način da se pomoću turbogeneratorske struje ili da ista prolazeći kroz izmenjivače toplote greje vodu stvarajući tako potrebnu toplotu za grejanje domaćinstva i industrijskih postrojenja. Iako je Island uverljivo najveći iskorišćavač geotermalne energije sa spomenutih 89% svih islandskih domaćinstava koja se greju na taj način, nije usamljen na području iskorišćavanja geotermalne energije.

Budući da je procenjena totalna količina geotermalne energije koja bi se mogla iskoristiti veća nego sveukupna količina energetske izvora baziranih na uglju, zemnom gasu i nuklearnoj energiji zajedno trebalo bi geotermalnoj energiji svakako pridati veću važnost. Naročito ako se uzme u obzir da je reč o jeftinom, obnovljivom izvoru energije koji je usto i ekološki prihvatljiv