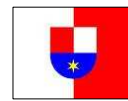


GEOTERMALNA ENERGIJA

ENergy Efficiency and
Renewables–SUPporting Policies
in Local level for Energy



Energetska efikasnost i
obnovljivi izvori energije –
potpora kreiranju energetske
politike na lokalnoj razini



Čakovec, 03.12.2010.
Energetski institut Hrvoje Požar

Program

- Što je geotermalna energija?
- Potencijal geotermalne energije
- Tehnologije za iskorištavanje geotermalne energije
- Geotermalna energija u Međimurskoj županiji
- Primjeri iskorištavanja geotermalne energije u regiji

Što je geotermalna energija?

GEO (grč. Zemlja)

+

THERME (grč. toplina)

- Toplinska energija unutar Zemlje
- U užem smislu – onaj dio energije iz dubina Zemlje koji u obliku vrućeg ili toplog geotermalnog medija/fluida (vode ili pare) dolazi do površine Zemlje i prikladan je za iskorištavanje u izvornom obliku ili za pretvorbu u druge oblike (električnu energiju, toplinu u toplinarskim sustavima i sl.)



3

Što je geotermalna energija?

U prirodi se geotermalna energija najčešće pojavljuje u obliku

- gejzira
- vulkana
- vrućih izvora



4

Što je geotermalna energija?

- Geotermalna energija je **toplinska energija** koja se stvara Zemljinoj kori

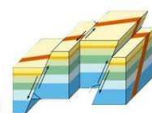
- polaganim raspadanjem radioaktivnih elemenata



- egzotermnim kemijskim reakcijama u Zemljinoj kori (npr. oksidacija sulfida, kristalizacija, skrtnjavanje rastopljenih stijena)



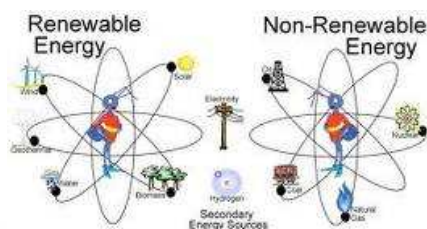
- trenjem pri kretanju tektonskih masa



5

Što je geotermalna energija?

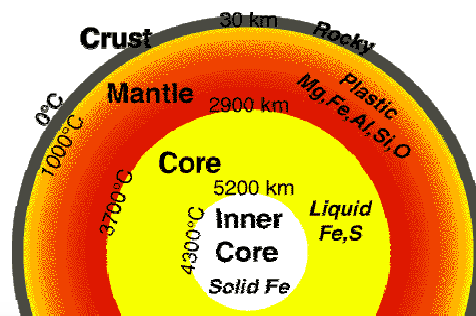
- Količina takve energije je tako velika da se može smatrati skoro neiscrpnom
- Toplina u unutrašnjosti Zemlje rezultat je formiranja planeta iz prašine i plinova prije više od 4 milijarde godina, a radioaktivno raspadanje elemenata u stijenama kontinuirano regenerira tu toplinu pa se prema tome geotermalna energija može smatrati **obnovljivim izvorom energije**



6

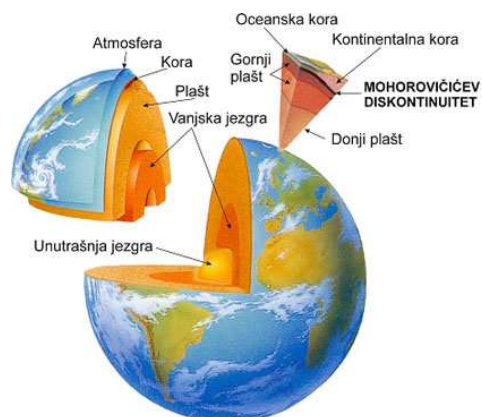
Gdje nastaje geotermalna energija?

- Toplina u unutrašnjosti Zemlje može dosezati više od 4.000°C
- Prosječna temperatura Zemlje iznosi 1.000°C
- Samo 1/1.000 Zemljine mase ima temperaturu manju od 100°C



7

Gdje nastaje geotermalna energija?



Litosfera –
kora + gornji
dio plašta

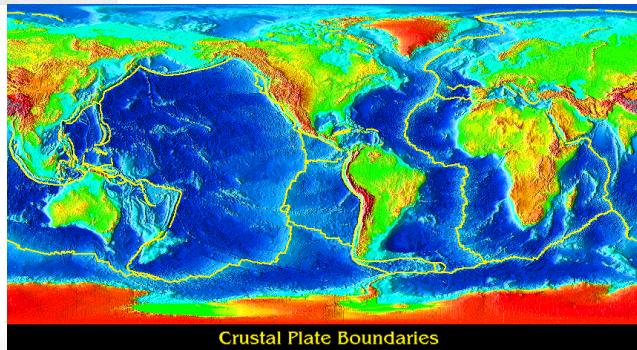
- Toplina se kreće iz unutrašnjosti Zemlje prema njezinoj površini, a kora nas izolira od topline iz unutrašnjosti

8

Gdje nastaje geotermalna energija?

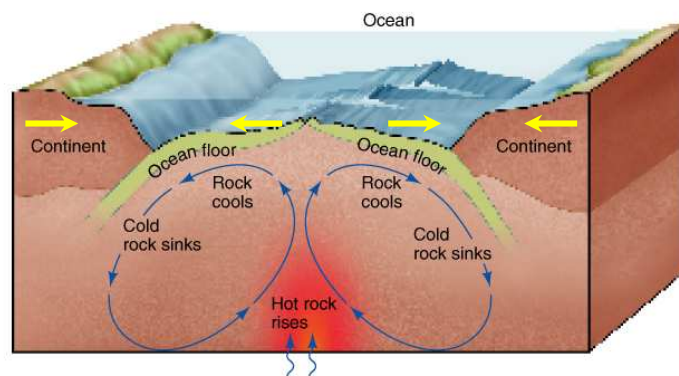


- Zemljina kora je raspucana na velike litosferne ploče koje se kreću po žitkoj astenosferi (srednjem plaštu)



9

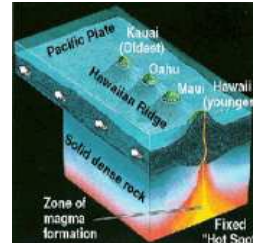
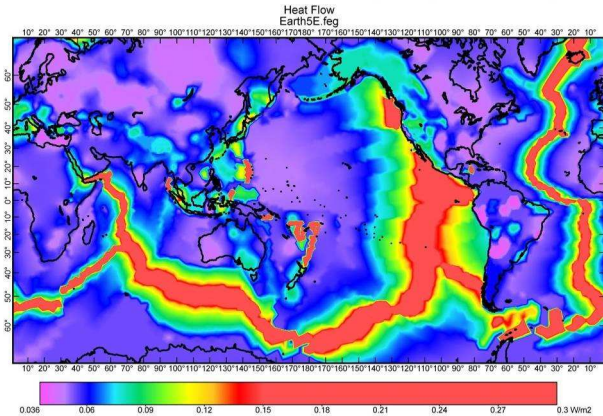
Gdje nastaje geotermalna energija?



- Kretanje litosfernih ploča je potpomognuto konvekcijskim strujanjem žitkog srednjeg plašta (astenosfere)
- Ploče se međusobno sudaraju ili podvlače jedna pod drugu

10

Gdje nastaje geotermalna energija?

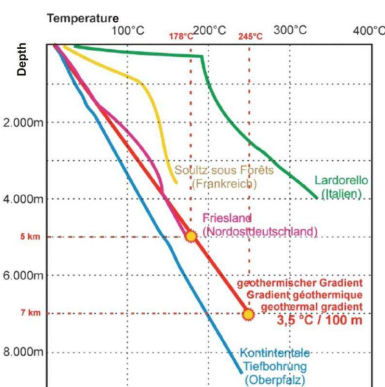


- Na granicama između litosfernih ploča se oslobađa velika količina topline iz Zemljine unutrašnjosti
- Na pločama postoje i lokalizirana mjesta izbijanja Zemljine topline na površinu tzv. vruće točke (Hawaii, Galapagos)

11

Geotermalni gradijent

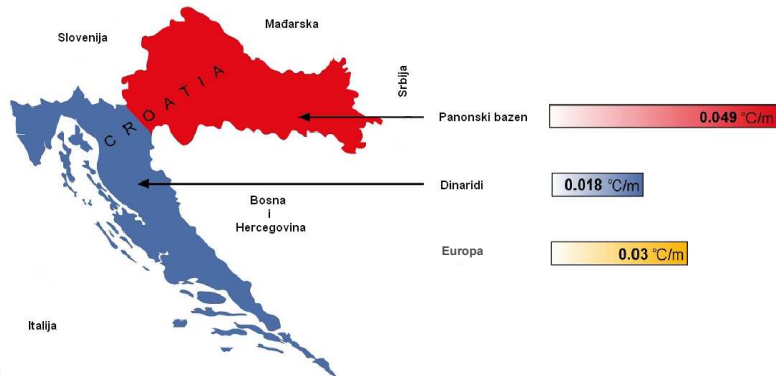
- Temperatura se povećava idući od površine prema jezgri za oko 3°C na 100 m dubine
- Stopa promjene temperature s dubinom naziva se geotermalni gradijent (°C/km)
- Geotermalni gradijent može značajno varirati od lokacije do lokacije
- Anomalije geotermalnog gradijenta su neovisne o površinskoj temperaturi i općenito su ovisni o lokalnoj geološkoj građi



12

Geotermalni gradijent Hrvatske

- Hrvatska ima veći geotermalni gradijent od prosjeka Europe
- Najveći toplinski kapacitet postoji u Panonskom bazenu gdje geotermalni gradijent iznosi $0,049^{\circ}\text{C}/\text{m}$, dok europski prosjek iznosi $0,03^{\circ}\text{C}/\text{m}$



13

Geotermalni resursi

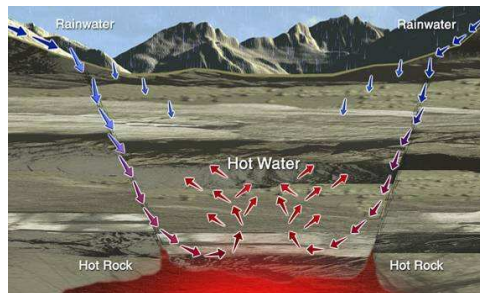
- Geotermalni resursi - geotermalne vode (vruće vode i pare) koje se nalaze u podzemnim ležištima, a mogu se dovesti na površinu i iskoristiti
- Voda/para je osnovni medij koji prenosi geotermalnu energiju iz unutrašnjosti na površinu
- Podzemna ležišta postoje u širokom rasponu dubina - od plitkih/površinskih do više kilometara dubokih



14

Geotermalni resursi

- Voda s površine Zemlje cirkulira u podzemlje kroz pukotine u stijenama gdje se zagrijava i cirkulira natrag prema površini, gdje se pojavljuje u obliku gejzira i vrućih izvora



- Geotermalne voda mogu nastati kondenzacijom plinova otopljenih u magmi (rijetko)

15

Geotermalni resursi

- Geotermalni resursi se klasificiraju prema nekoliko kriterija:
 - Prema stupnju istraženosti i "dokazanosti" izvora
 - Prema vrsti geotermalnih ležišta
 - Prema temperaturi ležišnog fluida



16

- Prema stupnju istraženosti ležišta, stupnju poznavanja kemijskog sastava, fizikalnih svojstava, rezerve mineralne i geotermalne vode se dijele na:
 - **Dokazane rezerve** mineralne i geotermalne vode
 - bilančne rezerve - dokazane rezerve mineralne i geotermalne vode koje se, ovisno o kemijskim i fizikalnim svojstvima te ležišnim uvjetima, mogu rentabilno koristiti poznatom tehnikom i tehnologijom eksploatacije
 - izvanbilančne rezerve - dokazane rezerve mineralne i geotermalne vode koje se poznatom tehnikom i tehnologijom ne mogu eksploatirati ili se ne mogu rentabilno eksploatirati.
 - **Vjerojatne rezerve** mineralne i geotermalne vode

- Prema vrsti geotermalna se ležišta dijele na:
 - **Ležišta vruće vode** karakterizirana su tekućom vodom
 - **Ležišta suhe vodene pare** se vrlo rijetko nalaze, ali se najjednostavnije i najjeftinije koriste
 - **Vruće i suhe stijene** se nalaze na većim dubinama, u njima je akumulirana toplinska energija; iskorištavanje ovog resursa danas još nije ekonomski isplativo
 - **Ležišta tople vode pod visokim tlakom** nalaze se na velikim dubinama, umjerene su temperature i sadrže otopljeni metan; zbog vrlo visokog tlaka moguće je iz ovih resursa iskorištavati mehaničku, toplinsku i kemijsku energiju (otopljeni metan); s današnjom tehnologijom nije moguće ekonomski isplativo iskorištavati ove izvore

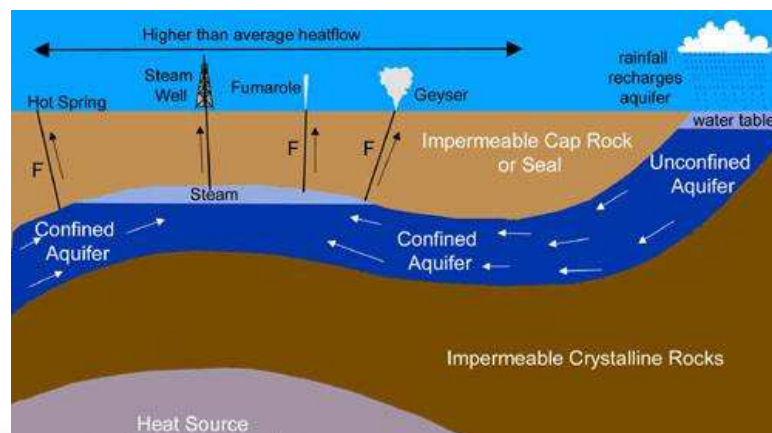
Geotermalni resursi

- Najčešće korištena klasifikacija geotermalnih resursa je bazirana na temperaturi geotermalne vode koja služi kao prijenosnik topline s vrućih stijena do površine:

°C	Muffler i Cataldi (1978)	Hochstein (1990)	Benderitter and Cormy (1990)	Haenel i dr.
Nisko temperaturni resursi	< 90	<125	<100	< 150
Srednje temperaturni resursi	90 - 150	125 - 225	100 - 200	-
Visoko temperaturni resursi	> 150	>225	>200	150

Geotermalni resursi

Voda ili vodena para zarobljena u propusnim i poroznim stijenama između slojeva nepropusnih stijena, može tvoriti geotermalno ležište



Eksploatacija geotermalnog polja

- Ležišta geotermalnih voda se u Hrvatskoj obično nalaze na dubinama većim od 1.000 m – značajan financijski trošak kod eksploatacije (min. 10 mil. kn)

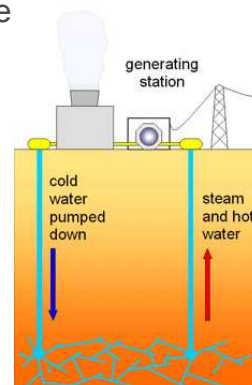


- Za potrebe eksploatacije geotermalnog polja potrebno je izbušiti najmanje 1 bušotinu
- Ta bušotina može poslužiti i kao istražna i kao proizvodna

21

Eksploatacija geotermalnog polja

- Najčešće se geotermalna ležišta koriste u zatvorenom sustavu – kroz proizvodnu bušotinu se termalna voda crpi na površinu gdje se njezina toplina iskorištava, a kroz utisnu bušotinu se vraća natrag u ležište
- Ovakav način iskorištavanja je dobar za okoliš, jer se površinske vode ne zagađuju GT vodama koje često mogu biti bogate različitim mineralima i plinovima u većim koncentracijama od onih dozvoljenih Pravilnikom o graničnim vrijednostima opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 94/08), a također se zadržava kapacitet vodenog tijela (ležišni tlak i nivo vode u bušotini)



22

Eksploatacija geotermalnog polja

Geotermalni toplotni sustav se sastoji od osnovnih dijelova:

- Bušotina ili izvor kroz koji medij dolazi na površinu, odnosno vraća u podzemlje
- Sustav pripreme grijaćeg medija (plinski separator, filtar), izmjenjivači topline i pripadajuća oprema
- Razvod grijaćeg medija – cjevovodi, armatura, akumulatori, pumpe, sekundarni izmjenjivači topline
- Utisna bušotina



23

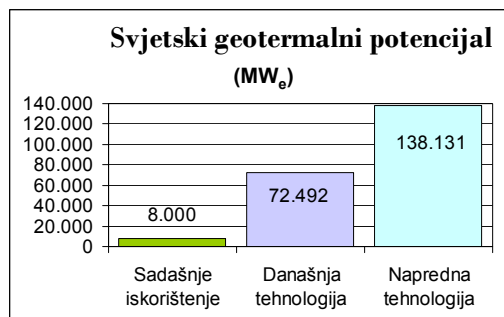
Što je to geotermalni potencijal?

- Geotermalni potencijal je količina energije koja se može iskoristiti iz geotermalnog oblika energije
- Potencijal geotermalne energije u svijetu je ogroman, ima je 50.000 puta više od sve energije koja se može dobiti iz nafte i plina širom svijeta
- Cjelokupna bi se geotermalna energija Zemlje (kao planeta) mogla procijeniti na $12,6 \times 10^{24}$ MJ, a kore na $5,4 \times 10^{21}$ MJ
- Svjetski je geotermalni potencijal je golem, gotovo 35 milijardi puta veći nego što iznose današnje potrebe za energijom

24

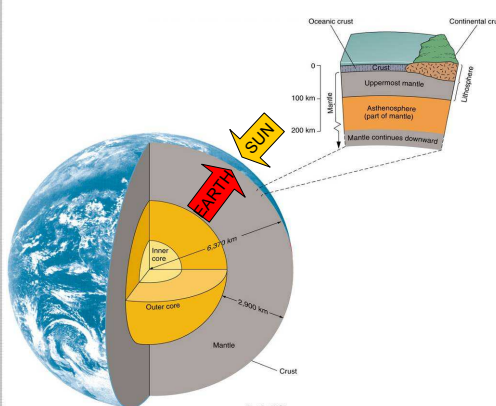
Što je to geotermalni potencijal?

- Manji dio geotermalnog potencijala može se učinkovito iskorištavati (svega do dubine od 5.000 m)
- Energija koja se trenutno koristi – $17,6 \times 10^{10}$ MJ za električnu energiju i $19,0 \times 10^{10}$ MJ za toplinsku energiju



Što je to geotermalni potencijal?

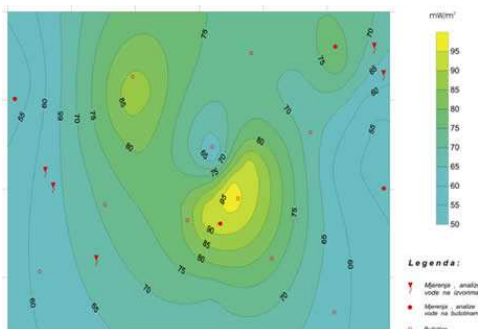
- Toplinski tok je količina topline prenesena u jedinici vremena, a predstavlja uloženu snagu (W)
- U svijetu se procjenjuje na 42 TW



- 8 TW potječe iz Zemljine kore (koja čini samo 2% ukupnog volumena Zemlje, ali je bogata radioaktivnim izotopima)
- 32,3 TW iz plašta (82% volumena Zemlje)
- 1,7 TW iz jezgre (čini 16% volumena Zemlje)

Što je to geotermalni potencijal?

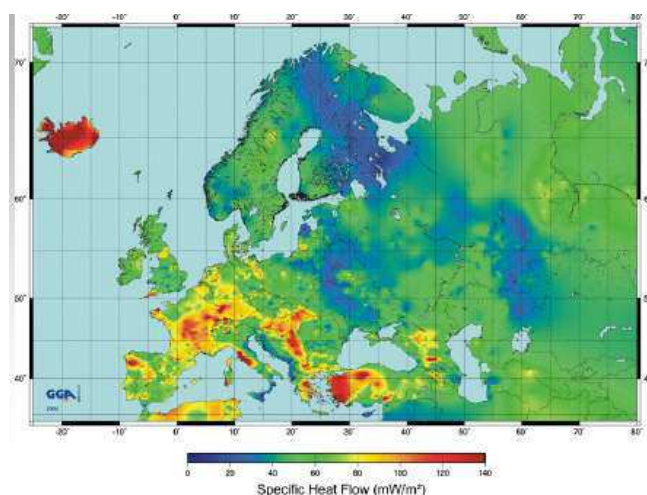
- Količina topline mjerena toplinskim tokom nije nužno ista na svim dijelovima tijela, npr. na nekim dijelovima ulazi, a na drugima izlazi iz tijela



- Toplinski tok koji prolazi kroz jedinicu površine označava se kao gustoća toplinskog toka (intenzitet radijacije) izražena u mW/m^2 – Geotermalna karta RH u izradi (HGI)

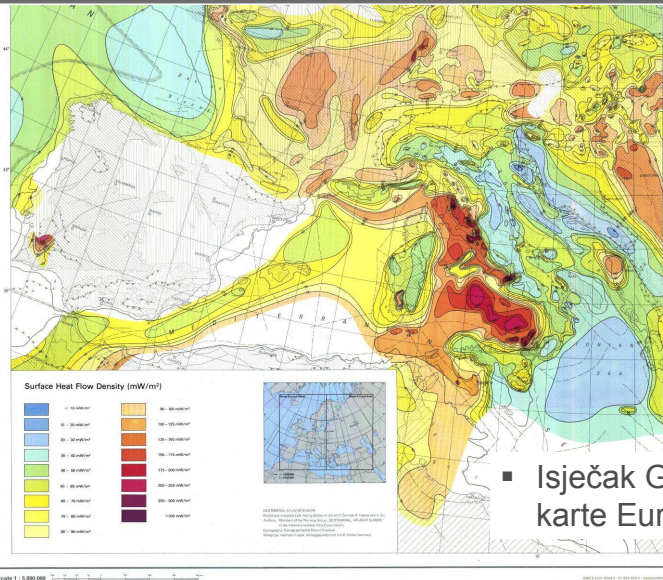
27

Što je to geotermalni potencijal?



28

Što je to geotermalni potencijal?



- Isječak Geotermalne karte Europe (mW/m²)

29

Što je to geotermalni potencijal?

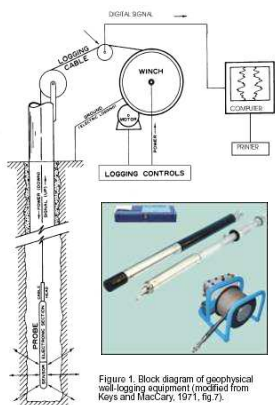
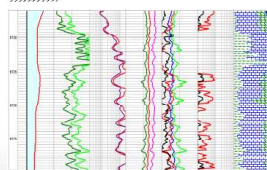


Figure 1. Block diagram of geophysical well-logging equipment (modified from Keys and MacCary, 1971, fig. 7).

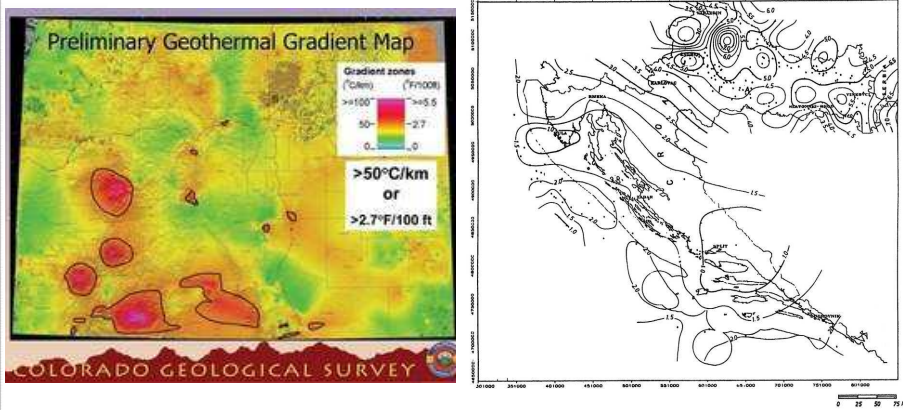


- Mjerenje toplinskog toka je proces koji zahtijeva mjerenja na terenu i laboratorijske analize
- Karotažna oprema se koristi za mjerenja u bušotinama (temperature, električne otpornosti, spontanog potencijala i prirodne radioaktivnosti)
- Podaci o temperaturnim gradijentima i toplinskoj provodljivosti izračunatoj iz prosječne gustoće stijena omogućavaju procjenu toplinskog toka odnosno uvid u potencijal geotermalnih resursa

30

Što je to geotermalni potencijal?

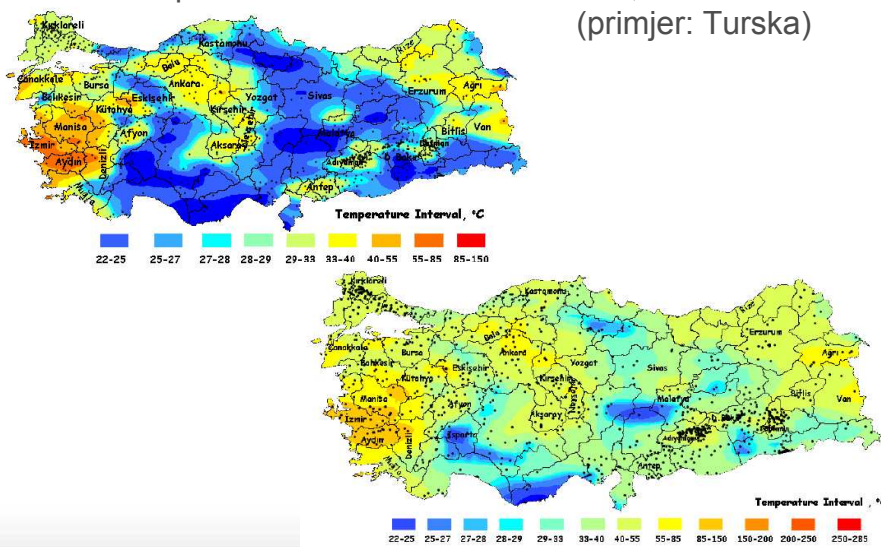
- Može se prikazati na karti geotermalnih gradijenata (primjer: država Colorado, SAD; Hrvatska)



31

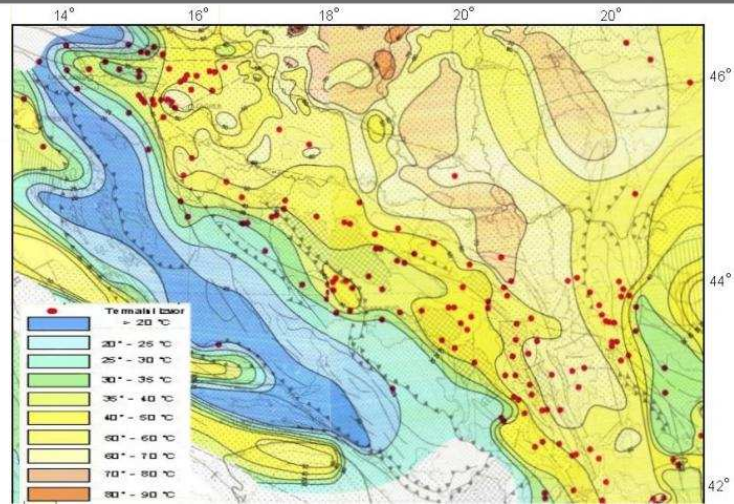
Što je to geotermalni potencijal?

- Karta temperatura na dubinama od 500 m, 1.000 m itd. (primjer: Turska)



32

Što je to geotermalni potencijal?

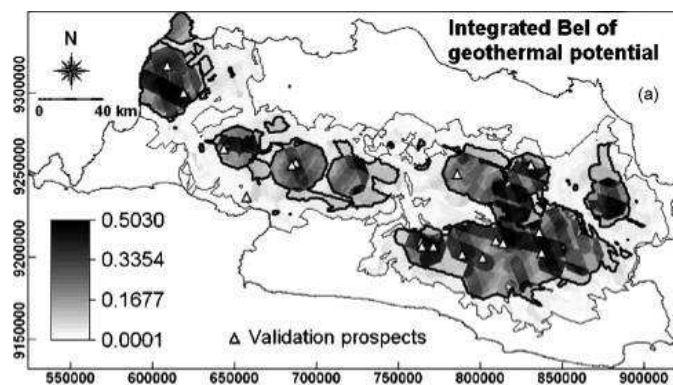


- Karta temperatura na dubinama od 1.000 m (primjer: Hrvatska)

33

Što je to geotermalni potencijal?

- Skup podataka obrađenih sofisticiranim statističkim metodama i različitim vrstama modeliranja (primjer: Java)



34

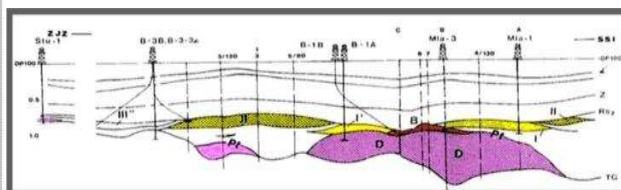
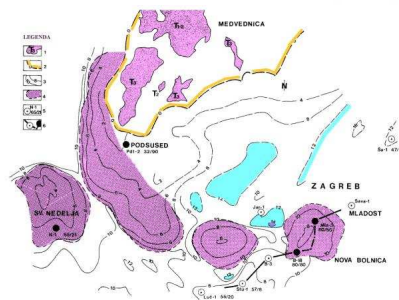
Podaci potrebni za procjenu geotermalnog potencijala

Podaci potrebni za izradu ovakvih karata uključuju:

- geološke karte, tektonski podaci
- karakteristike stijena (prosječne vrijednosti toplinske vodljivosti i toplinskog kapaciteta, mogućnost postojanja vodonosnika s geotermalnom vodom)
- podatke iz prirodnih geotermalnih pojava
- prosječni geotermalni gradijent
- podatke iz postojećih bušotina (temperatura i kemijska svojstva fluida)
- geofizičke podatke (karotažna mjerenja, elektromagnetske metode, geoelektrične, gravimetrijske, seizmičke metode)

35

Podaci potrebni za procjenu geotermalnog potencijala

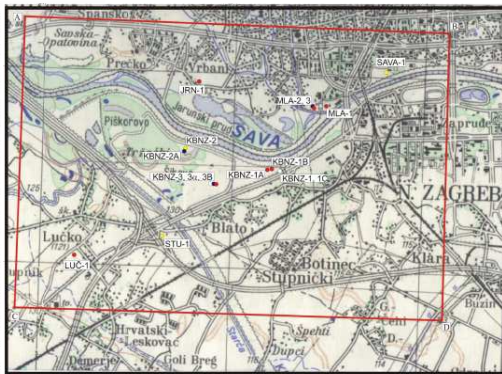


36

Podaci potrebni za procjenu geotermalnog potencijala

Primjer: Geotermalno polje Zagreb

- Površina 54 km², temperatura vode 80°C na dubini nešto manje od 1.000 m



- Provedeni su brojni istraživački radovi: geološko kartiranje, 14 dubokih bušotina, 589 gravimetrijskih mjerenja, 389 magnetometrijskih mjerenja, snimljeno 20 geoelektričnih sondi, 70 seizmičkih profila

LEGENDA:
 Proizvodna buš. ●
 Utisna buš. ●
 Mjerna buš. ●
 Likvidirana buš. ○

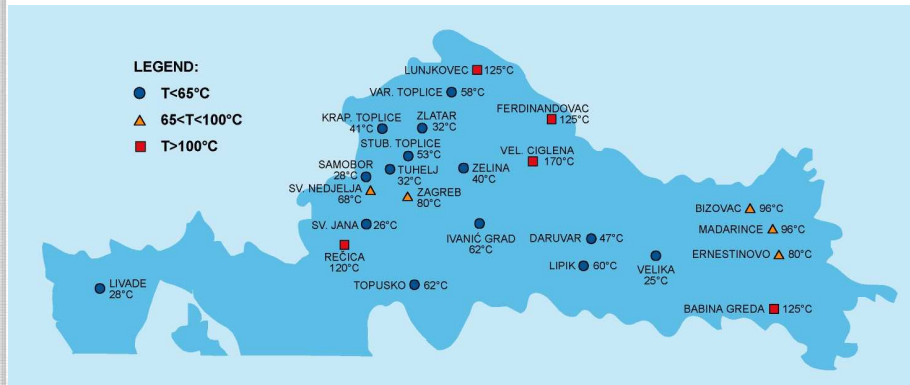
Geotermalni potencijal Hrvatske

- Ukupni geotermalni (toplinski/električni) potencijal otkrivenih ležišta u Hrvatskoj iznosi



Geotermalni potencijal Hrvatske

- Duga tradicija korištenja geotermalne energije Hrvatskoj uglavnom u balneološke svrhe (toplice)
- Toplinski kapacitet hrvatskih toplica iznosi 77 MW_t (426 TJ)
- Ukupni instalirani toplinski kapacitet na 18 lokacija (16 toplica, grijanje 2 objekta) – 37 MW_t (124 TJ)



39

Korištenje geotermalne energije

- Najvažniji način iskorištavanja geotermalne energije je **proizvodnja električne energije** iz visoko temperaturnih geotermalnih izvora (>150°C).



40

Korištenje geotermalne energije

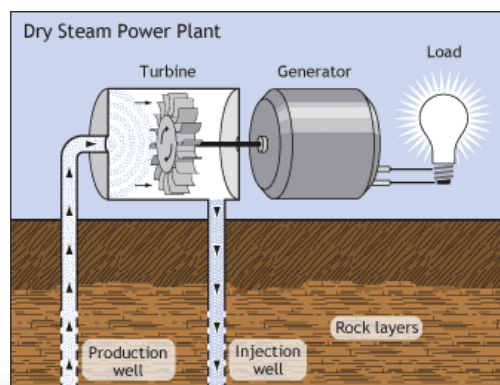
- Rad geotermalnih elektrana temelji se na pretvaranju toplinske energije geotermalnog medija/fluida u kinetičku energiju okretanja turbine, a zatim i u električnu energiju
- Geotermalne elektrane rade na tri osnovna principa:
 - ✓ Princip suhe pare (*Dry steam*)
 - ✓ Princip separiranja pare (*Flash steam*)
 - ✓ Binarni princip (*Binary cycle*)



41

Korištenje geotermalne energije

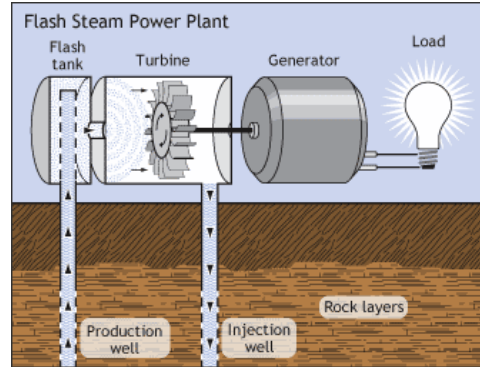
- Elektrana na suhu paru (visoko temperaturni izvori) koristi direktno geotermalni resurs – vruća para
- Para se koristi za direktno pokretanje turbina generatora
- Najjeftiniji i najjednostavniji princip



42

Korištenje geotermalne energije

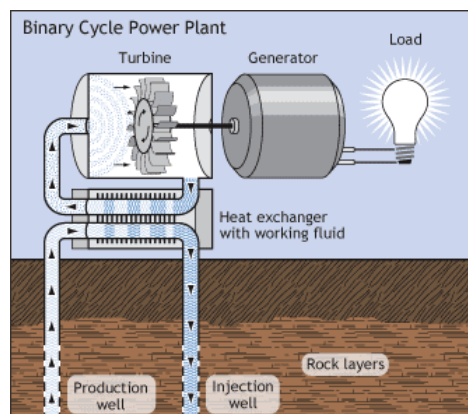
- Princip separiranja pare – *flash* proces (visoko temperaturni izvori) - većina modernih geotermalnih elektrana
- Koristi se voda iz rezervoara pod velikim pritiskom i na temperaturi iznad 182°C. Pumpanjem vode iz tih rezervoara prema površini smanjuje se tlak, a voda se pretvara u vodenu paru koja pokreće turbine. Voda koja se nije pretvorila u paru vraća se u rezervoar zbog ponovne upotrebe.



43

Korištenje geotermalne energije

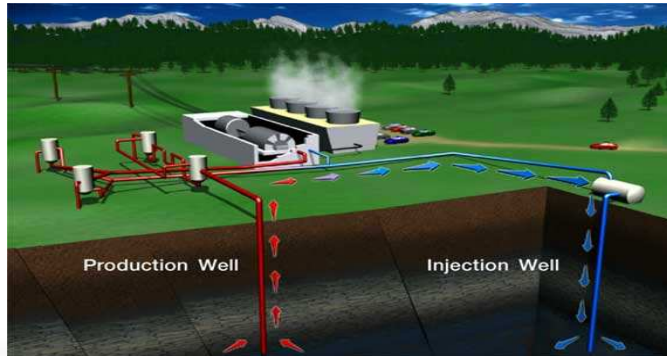
- Binarni princip (visoko temperaturni i srednje temperaturni izvori) - većina planiranih geotermalnih elektrana
- Vruća voda se koristi za grijanje tekućine koja ima znatno nižu temperaturu vrelišta od vode, koja isparava na temperaturi vruće vode i pokreće turbine generatora
- Veća efikasnost postupka i dostupnost potrebnih geotermalnih resursa



44

Korištenje geotermalne energije

- Dodatna prednost binarnih elektrana je potpuna zatvorenost sustava budući da se upotrijebljena voda vraća natrag u rezervoar
- Gubitak topline je minimalan, gotovo da nema gubitka vode, nema štetnih emisija u zrak



45

Prednosti proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora

- Vrlo niska emisija ili bez emisije stakleničkih plinova
- Vezane uz domaće resurse - smanjenje ovisnosti o uvoznjoj energiji i geopolitičkim zbivanjima
- Nema korištenja goriva (skladištenje, transport, odlaganje, rudarenje)
- Vrlo kratko vrijeme godišnjeg remonta (radi više od 90% vremena u godini za razliku od 60-70% kod ugljenih ili nuklearnih elektrana)
- Minimalno korištenje prostora –zahtijeva samo 400 m² zemljišta po GW u periodu od 30 g

46

Nedostaci proizvodnje električne energije iz geotermalnih izvora

- Vrlo visoki troškovi pokretanja proizvodnje
- Nekonkurentna cijena električne energije proizvedene u geotermalnim elektranama
- Voda može biti korozivna i praćena opasnim plinovima (H₂S, amonijak)
- Izbijanje pare i vruće vode može biti bučno
- Vežano na pojedinu lokaciju
- Postoji samo ograničen broj visoko temperaturnih resursa koji su pogodni za proizvodnju električne energije

47

Korištenje geotermalne energije

Geotermalna voda, odnosno njezina toplina, danas se u svijetu većinom koristi **direktno**, bez pretvorbe u neki drugi oblik energije

- balneologija (toplice)
- grijanje i hlađenje prostora
- primjena u poljoprivredi (grijanje staklenika)
- primjena u akvakulturi (grijanje ribnjaka)
- industrijski procesi (sušenje papira, voća, povrća, ribe, drveta, vune, izlučivanje soli, destilacija vode, pasterizacija mlijeka...)
- otapanje snijega

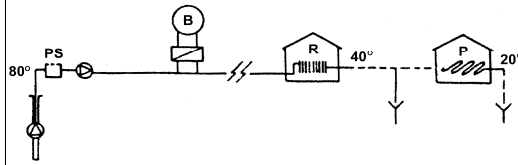


48

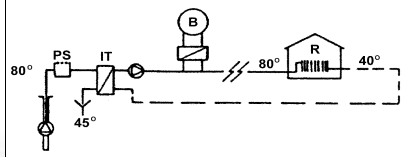
Korištenje geotermalne energije

- Direktno - u boiler, dalje u radijatore ili podno grijanje
- Indirektno - u izmjenjivač topline, pa u boiler, dalje u radijatore ili podno grijanje

Direktno korištenje



Indirektno korištenje



PS Plinski separator
 B Boiler
 R Grijanje radiatorima
 P Podno grijanje
 TP Toplinska pumpa
 IT Izmjenjivač topline

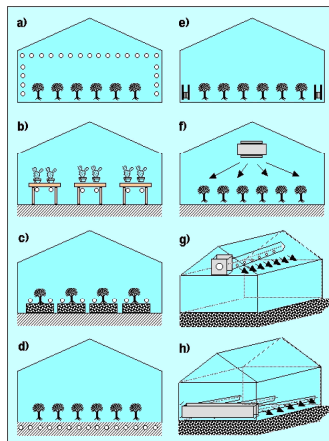
Korištenje geotermalne energije

Poljoprivreda – tipične temperature u staklenicima

Temperatura (°C)		Kultura uzgajana u stakleniku
Dnevna	Noćna	
Povrće		
18-29	16-18	Paprika
21-24	17-18	Rajčica
24-25	21	Krastavac
24	18	Zelena salata (hidroponski uzgoj)
Cvijeće		
16-17	17	Ruže
21-27	18-22	Biljke iz porodice mlječika (<i>Euphorbiaceae</i>)
16		Ljiljani
24	10	Karanfili
21-27 (max)		Biljke iz porodice <i>Geranium</i>
21 (min)	18 (min)	Fuksija

Klasifikacija strojarskih instalacija za geotermalno grijanje staklenika:

- a) zračni kanalni sustav
- b) grijanje na klupicama
- c) niskopozicionirane instalacije za kombinirano zračno grijanje i grijanje tla
- d) grijanje tla
- e) konvektorsko grijanje
- f) ventilokonvektorsko grijanje
- g) „jet-fan“ – visokopozicionirano kanalno grijanje
- h) niskopozicionirano kanalno grijanje



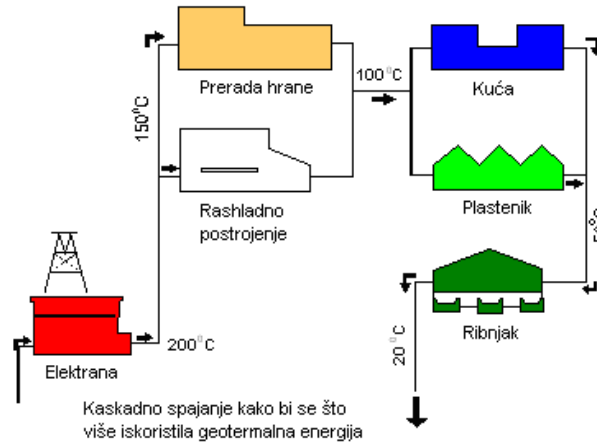
51

Zašto grijati staklenike geotermalnom energijom?

- lokacije na kojima se nalaze geotermalna nalazišta su često pogodna za ovakvu proizvodnju
- mogu se koristiti niskotemperaturni izvori
- staklenička/plastenička proizvodnja je najveći potrošač niskotemperaturne topline u poljoprivredi
- geotermalna energija zahtjeva relativno jednostavne toplinske instalacije te se na takve instalacije može jednostavno dodavati oprema za automatizaciju procesa
- ekonomska isplativost korištenja geotermalne energije za stakleničku/plasteničku proizvodnju
- strateški značaj lokalnih energetske izvora (dostupnih za proizvodnju hrane)

52

Najučinkovitije iskorištavanje geotermalne energije je
KASKADNO ISKORIŠTAVANJE

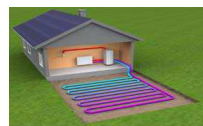


Toplinske pumpe su sustavi kojima se toplina tla, vode ili zraka može pretvoriti u korisnu toplinsku energiju. Sustav koncentrira prirodnu toplinu umjesto da se toplina proizvodi izgaranjem. Toplinska pumpa sadrži tri osnovna dijela:

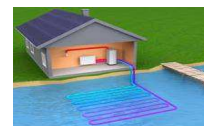
- Podzemni sustav cijevi (vertikalni ili horizontalni)
- Izmjenjivač topline
- Distribucijski sustav u objektu



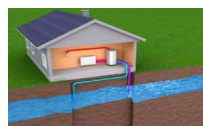
Stijene



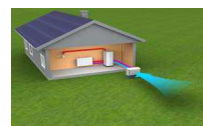
Tlo



Jezero



Podzemne vode



Okolišni zrak

Korištenje geotermalne energije

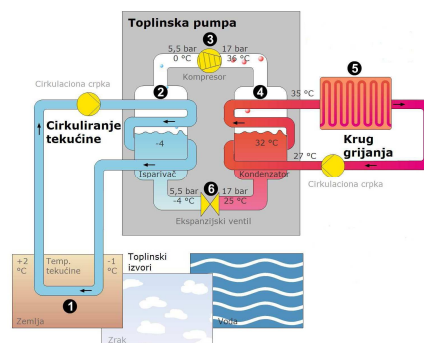
- Može se koristiti u malim razmjerima: obiteljske kuće, plastenici/staklenici, ribnjaci itd.
- Može se koristiti u velikim razmjerima: daljinsko grijanje, u pogonima za sušenje hrane, sušenje u drvenoj industriji i sušenje mineralnih sirovina (ruda)
- “Pumpanje topline” – promjena tlaka izazvana pumpom/kompresorom dovodi do porasta temperature radnog medija



55

Korištenje geotermalne energije

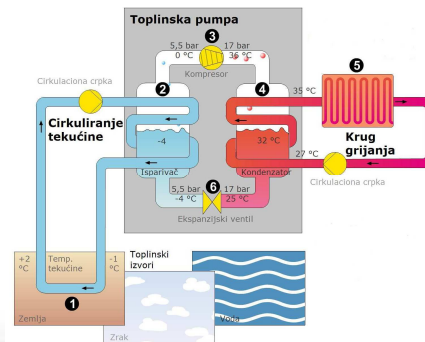
Toplinu tla/vode/zraka preuzima radni medij koji kruži kroz (podzemne) cijevi - moraju se koristiti isključivo plinovi sa svojstvima da na određenoj temperaturi, ovisno o tlaku, mogu biti u svim agregatnim stanjima, ne smiju reagirati niti s jednim spojem unutar sustava, mora biti neeksploziv, neotrovan i po mogućnosti što manje štetan za okoliš



56

Korištenje geotermalne energije

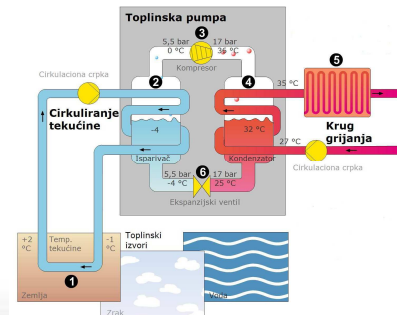
Zagrijan medij stiže u toplinsku pumpu gdje predaje toplinu drugom (plinovitom) mediju u isparivaču. Ovaj se zagrijava, raste mu tlak no kompresor ga stlačuje u tekuće stanje pri čemu se dodatno podiže temperatura (npr. s 3° do 7°C na 50° do 70°C). Ovako zagrijan medij odvodi se cijevima do izmjenjivača u velikom spremniku gdje toplinu predaje vodi (ili drugom mediju - npr. za cijevi podnog grijanja). Pritom se hladi i povratnim vodom vraća u toplinsku pumpu.



57

Korištenje geotermalne energije

No, kako je cijeli sustav pod tlakom koji u pojedinim koracima procesa doseže i 15 bara, ovaj ohlađeni medij protiskuje se kroz sapnicu (ekspanzijski ventil) nakon čega se širenjem naglo hladi (i do -3°C) i ulazi u isparivač. Zbog velike temperaturne razlike između medija zagrijanog toplinom tla (8° - 12°C) i ohlađenog plinovitog medija, u isparivaču toplina naglo prelazi na plinoviti medij i zagrijava ga npr. do +3°C pri čemu se u plinu podiže tlak. Nakon prisilnog stlačivanja u kompresoru temperatura dodatno raste do 50° ili 70°C, a tu toplinu medij predaje vodi u izmjenjivaču (kondenzatoru) u velikom spremniku. I tako stalno u krug.



58

Korištenje geotermalne energije

- Učinkovitost toplinskih pumpi se označava koeficijentom učinka (COP = 4 – za 1 kWh utrošene električne energije daje 4 kWh topline – više od bilo kojeg kotla!)
- Čitava instalacija grijanja na toplinske pumpe ne bi trebala koštati više od instalacije centralnog grijanja (Njemačka)
- U 33 zemlje
- Više od 1,5 milijuna jedinica instalirano u svijetu
- Godišnji porast od 20 do 30%

Korištenje geotermalne energije - rezime

Najčešće primjenjivane tehnologije za iskorištavanje geotermalne energije s obzirom na početnu temperaturu ležišta

Početna temperatura ležišta	Vrsta geotermalnog fluida	Najčešće primjene	Najčešće primijenjene tehnologije
visoka (>220°C)	voda ili para	<ul style="list-style-type: none"> • proizvodnja električne energije • direktna uporaba 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>flash</i> proces • kombi proces (<i>flash</i> i binarni proces) • izravna uporaba • izmjenjivači topline • toplinske pumpe
srednja (100–220°C)	voda	<ul style="list-style-type: none"> • proizvodnja električne energije • direktna uporaba 	<ul style="list-style-type: none"> • binarni proces • izravna uporaba • izmjenjivači topline • toplinske pumpe
niska (50–150°C)	voda	<ul style="list-style-type: none"> • direktna uporaba 	<ul style="list-style-type: none"> • direktna uporaba • izmjenjivači topline • toplinske pumpe

Četiri osnovna faktora koja utječu na donošenje odluke o korištenju geotermalne energije:

- 1) Dostupnost geotermalnih izvora
- 2) Karakteristike geotermalne bušotine i geotermalnog fluida
- 3) Lokalna gospodarska tradicija
- 4) Potencijalno tržište

- 24 zemlje proizvode električnu energiju iz geotermalnih izvora
- Proizvodi se ukupno 57 TWh/god
- Instalirano je 9 GW_e (Amerike 44%, Europa 12%)
- Prosječno rade s faktorom opterećenja od 73%
- Najveći proizvođači električne energije: SAD, Filipini, Meksiko, Indonezija, Italija
- 72 zemlje koriste geotermalnu energiju izravno
- Instalirano u svijetu 28 GW_t
- Svjetska potrošnja iznosi približno 273 GJ/g ili 76 TWh/god (čime se štedi 129 milijuna barela godišnje ili cca 19 milijuna tona sirove nafte)
- Najšira primjena za direktnu upotrebu – toplinske pumpe

Geotermalna energija u Međimurskoj županiji



- Osim u balneološke svrhe (i eventualne geotermalne toplinske pumpe o kojima podaci nisu dostupni) geotermalna energija se ne iskorištava u Međimurskoj županiji - ovisi o privatnim investitorima
- Tri načina iskorištavanja geotermalne energije:
 - energetska iskorištavanje (toplinska i električna energija)
 - balneologija (rekreativne i terapijske svrhe)
 - toplinske pumpe

63

Geotermalna energija u Međimurskoj županiji



- Cijela Međimurska županija je perspektivno područje za iskorištavanje geotermalne energije



- Preko 60 istražnih bušotina
- U Međimurskoj županiji utvrđeni su akviferi (vodonosnici) s energetska potencijalom (do dubina od preko 3.000 m)

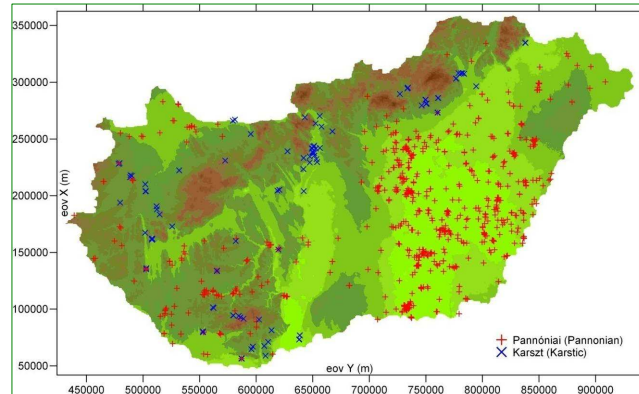
64

- Podaci (istraživanje nafte i plina) **su dostatni** za ozbiljnije definiranje određenog nivoa potencijala, koji nesumnjivo postoji, što očitno dosadašnjim elaboracijama nije postignuto. Za ta saznanja, neophodno je njihovo razumijevanje i odgovarajući pristup njihovog tumačenja, kojim je moguće otvoriti perspektive i definiranje postojećih ciljeva istraživanja na cijelom prostoru, ali i korištenja geotermalne energije na pojedinim postojećim bušotinama. Vrlo skupa **dodatna istraživanja i opremanje postojećih bušotina** treba temeljiti na višedisciplinarnoj analizi postojećih informacija, jer svako ponavljanje ili krivo razumijevanje donosi velike gubitke u svakom pogledu.

- Nositelj razvoja su LOKALNA ZAJEDNICA i zainteresirana poduzeća
- *Know-how* prema individualnim referencama i sredstvima
- Koncesije su u državnoj nadležnosti
- Potencijal primjene toplinskih pumpi jednak je potencijalu i u drugim hrvatskim županijama

Iskustva u regiji - Mađarska

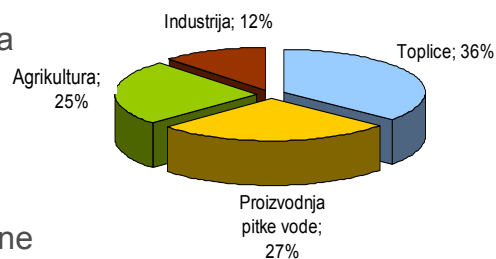
- Preko 1.200 geotermalnih izvora /bušotina
- Samo 5% s temp. većom od 90°C



67

Iskustva u regiji - Mađarska

- Najčešće korištenje geotermalne vode je u balneološke i terapijske svrhe
- Daljinsko grijanje i druge oblike grijanja prostora nalazimo na nekoliko mjesta (Szeged 2.000 stanova, Budimpešta 5.000 stanova – prilagođen stari sustav na naftu i plin)
- Vodeći poljoprivredni proizvođač iz geotermalne energije
- Oko 200 ha staklenika i plastenika te oko 1.000 ha privremeno pokrivenih plastičnih tunela
- Od ukupne potražnje za toplinom u hortikulturi od 9×10^{12} kJ/god., 72% topline potiče iz geotermalnih fluida



68

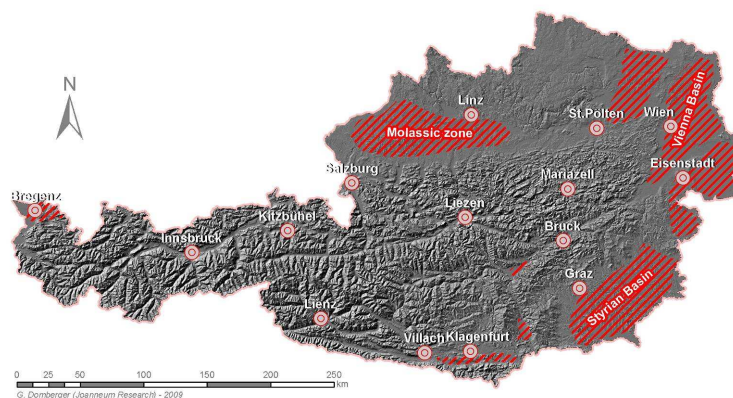
Iskustva u regiji - Slovenija

- Vlada subvencionira izravno korištenje geotermalne energije kroz različite projekte u koje je uključeno nekoliko vodećih agencija AURE (Agency for Efficient energy use and Renewable energy resources) i EKO (Ekološki razvojni fond Slovenije) koje raspisuju natječaje za regionalan ekološki razvoj i podupiru inicijativu za privatni kapital i „Javni fond za regionalni razvoj“
- Na 27 lokaliteta se direktno koristi geotermalna energija
- Najvažnija upotreba u balneologiji, ali postoje i mali sustavi grijanja

69

Iskustva u regiji - Austrija

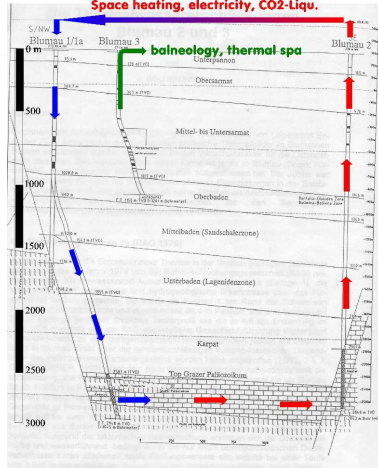
- Istraživanje geotermalne energije u Austriji je prilično proaktivno, ali je usmjerena uglavnom na eksploataciju termalne vode



70

Iskustva u regiji - Austrija

Utilisation of thermal water at the spa Bad Blumau Space heating, electricity, CO₂-Liqu.



- Instalirana dva manja binarna postrojenja za proizvodnju el. energije: Altheim i Blumau
- Altheim – temp. 105°C na dubini od 2.500 m; proizvodnja el. energije (500 kW neto) i centralno grijanje naselja od 5.000 stanovnika
- Blumau - najviša temperatura iz geotermalne vode u Austriji od 110°C na 2.500 m dubine; koristi se proizvodnju el. energije (180 kW neto) i za grijanje u spa objektu (grijanje prostora hotela i bazena)

71

Iskustva u regiji - Austrija



Toplice Blumau



Proizvodnja el. energije



Daljinsko grijanje



Proizvodnja CO₂

72

ZAHVALJUJEMO NA PAŽNJI !



Jointly for our common future



Dr.sc. Sanja Živković,
dipl.ing.geo.



Prostorno-planski aspekti korištenja OIE Geotermalna energija

ENergy Efficiency and
Renewables–SUPporting Policies
in Local level for EnergyY



Splitsko-dalmatinska županija



Grad Labin



Medimurska županija



Energetska učinkovitost i obnovljivi
izvori energije – potpora kreiranju
energetske politike na lokalnoj razini

Energetski institut Hrvoje Požar
Odjel za obnovljive izvore energije i energetske efikasnost

Jointly for our common future

- **Zakonodavni okvir**
- **Rudarsko-geološka studija MŽ**
- **Korištenje zemljišta**
- **Razvoj i ciljevi**

Razvojna strategija Republike Hrvatske

- Ostvarivanje rasta i razvoja gospodarstva, makroekonomska stabilnost, socijalna kohezija i održivi razvitak svih regija
- Bitan element je i razvoj energetskega sektora i njegov utjecaj na gospodarski i socijalni razvoj, zaštitu okoliša i korištenje prostora

Strategija energetskega razvitka Republike Hrvatske (NN 113/09)

- **Energetski sektor kao potpora za ostvarivanje rasta i razvoja gospodarstva, makroekonomske stabilnosti, socijalne kohezije i održivi razvitak svih regija**

Energetski sustav planiran i ostvaren prema kriterijima:

- Diktiran potrebama korisnika,
- **Raznolik i koristi različite raspoložive izvore i tehnologije ovisno o lokalnim uvjetima i mogućnostima,**
- Decentraliziran,
- Koristi raspoloživu energiju učinkovito,
- **Teži korištenju čistijih energenata i tehnologija u najvećoj mogućoj mjeri**
- Uklapanje nacionalnog energetskega sustava u regionalne, europske i svjetske trendove, tijekove i tržišta - **stvaranje uvjeta za tržišno gospodarenje energijom**

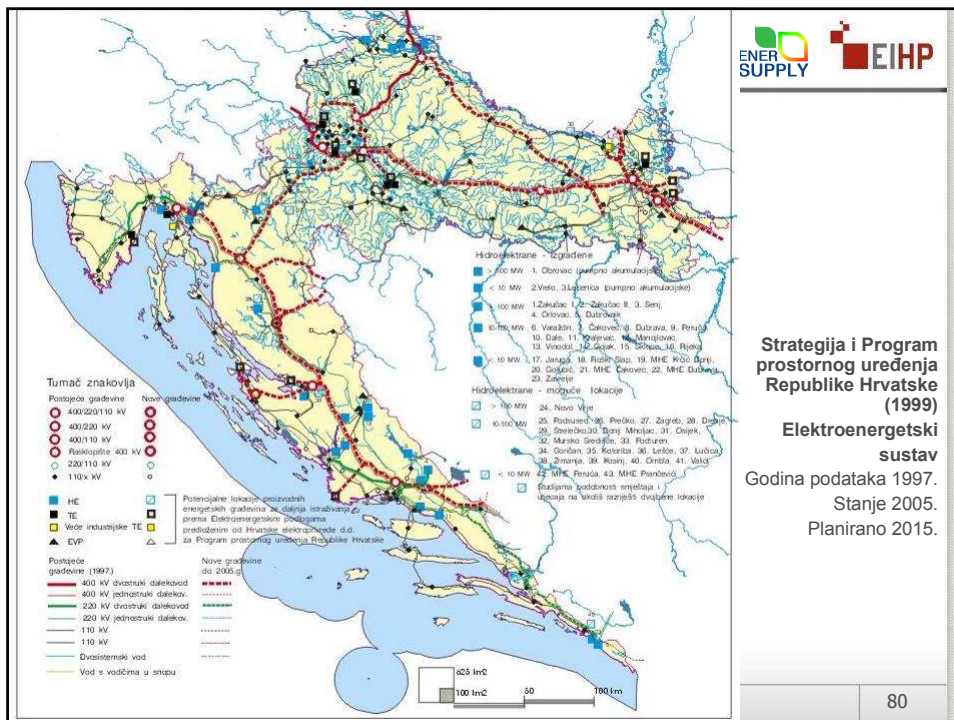
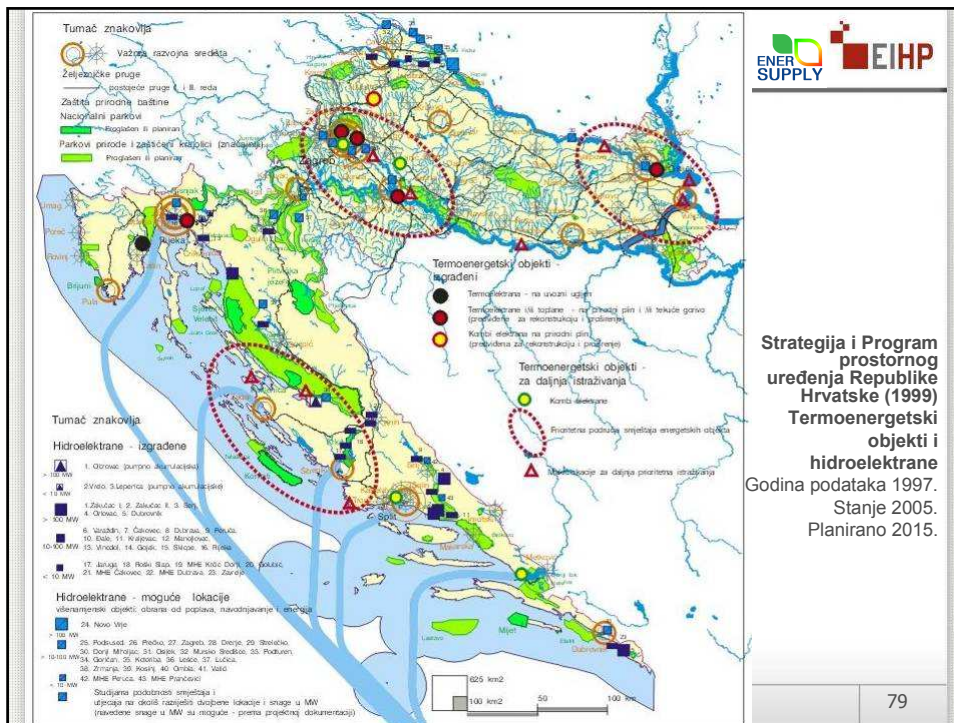
Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske (1997)

Ciljevi, smjernice i mjere energetskeg razvoja obzirom na prostorni raspored i uređenje:

- Dosljedno primjenjivati Kriterije za izbor lokacija termoelektrana i nuklearnih objekata u Republici Hrvatskoj (Uredba Vlade Republike Hrvatske),
- Istražiti s gospodarskog i ekološkog gledišta mogućnosti i opravdanost širenja plinske mreže u Republici Hrvatskoj,
- **Poticati i usmjeravati korištenje dopunskih energetskih izvora na županijskoj ili općinskoj razini,**
- **Osigurati odgovarajuće nadoknade lokalnoj zajednici na čijem se teritoriju objekti grade,**
- Otvoriti mogućnost sudjelovanja u razvitku energetike različitih vlasničkih subjekata te definirati potrebu za određenom pravnom regulativom koja bi uredila odnose među sudionicima energetskeg sustava,
- Primjenjivati najrelevantnije kriterije zaštite okoliša kod gradnje energetskih i prijenosnih sustava.

Program prostornog uređenja Republike Hrvatske (1999)

- **Korištenje drugih izvora energije i dopunska rješenja** s ciljem poboljšanja ukupnih bilanci i sigurnosti opskrbe, te štednji energije, a obuhvaća sustave postavljene u Nacionalnim programima za izgradnju malih postrojenja:
 - sustav malih hidroelektrana (MAHE),
 - Sunceva energija (SUEN),
 - bioenergija (BIOEN),
 - energija vjetra (ENWIND),
 - **geotermalna energija (GEOEN).**



Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama 7/2008

Osnovni dokument kojim se utvrđuje gospodarenje mineralnim sirovinama i planira rudarska gospodarska djelatnost na državnoj razini

- osnove za usmjeravanje i usklađivanje gospodarskih, tehničkih, znanstvenih, obrazovnih, organizacijskih i drugih mjera, te mjera provođenja međunarodnih obveza s ciljem gospodarenja mineralnim sirovinama.
- donosi Hrvatski sabor na prijedlog Vlade Republike Hrvatske
- JLRS dužne su u svojim razvojnim dokumentima osigurati provedbu Strategije gospodarenja mineralnim sirovinama.

- Odobrena eksploatacijska polja u Republici Hrvatskoj (23 vrste mineralnih sirovina): stanje na dan 31. prosinac 2009. godine - **4 geotermalna polja**

Zakon o rudarstvu (NN 75/09)

Energetske mineralne sirovine

- mineralne i geotermalne vode iz kojih se mogu pridobivati mineralne sirovine ili koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe
- izuzete su mineralne i geotermalne vode koje se koriste u ljekovite, balneološke i rekreativne svrhe ili kao voda za piće i druge namjene – primjenjuju se propisi o vodama

Rudarski objekti i postrojenja

- postrojenja za istraživanje i eksploataciju geotermalne vode kada se koristi u energetske svrhe
- objekti i postrojenja koji nisu direktno uključeni u tehnološki proces radova na istraživanju i eksploataciji geotermalne vode

Rudarsko-geološke studije

- Jedinice područne (regionalne) samouprave dužne su za svoja područja izraditi rudarsko-geološke studije koje moraju biti u skladu sa Strategijom gospodarenja mineralnim sirovinama i u svojim razvojnim dokumentima planirati potrebe i način opskrbe mineralnim sirovinama
- Planovi podjele područja županija/općina na zone eksploatacije

Odobrenje za istraživanje mineralnih sirovina - geotermalne energije

- izdaje ministarstvo nadležno za rudarstvo - MINGOPR
- ukoliko se istraživanje mineralnih sirovina obavlja u području zona sanitarne zaštite crpilišta voda za piće i/ili u području značajnom za vodni režim, izdaje ministarstvo nadležno za rudarstvo uz suglasnost ministarstva nadležnog za vodno gospodarstvo
- **na temelju javnog natječaja**
 - za ispitivanje s ciljem utvrđivanja postojanja, položaja i oblika ležišta mineralnih sirovina, kvalitetu i količinu, uvjete eksploatacije – elaborat o mineralnim rezervama u istražnom prostoru- državno povjerenstvo za utvrđivanje rezervi mineralnih sirovina pri MINGORP-u
 - za odobreni istražni prostor – registar istražnih prostora mineralnih sirovina – MINGOPR i Ured državne uprave u JLRS
 - novčana naknada za istraživanje mineralnih sirovina – prihod države i JLRS

Studija o utjecaju rudarskog zahvata na okoliš

- Stručno povjerenstvo o procjeni utjecaja rudarskog zahvata na okoliš pri MZOPUG

Lokacijska dozvola – MZOPUG

- Rudarski projekt za eksploataciju mineralnih sirovina – stručno tijelo pri MINGORPU

Rješavanje imovinsko pravnih odnosa

Koncesija za eksploataciju mineralnih sirovina - geotermalne energije

- izdaje ministarstvo nadležno za rudarstvo - MINGOPR
- eksploatacija: neposredno korištenje i transport cjevovodima
- stručno povjerenstvo izrađuje dokumentaciju za nadmetanje prema Zakonu o koncesiji i objavljuje u NN – kriterij najpovoljnijeg ponuditelja
- unutar eksploatacijskog polja – registar eksploatacijskih polja mineralnih sirovina
- ugovor o koncesiji – novčana naknada za koncesiju za eksploataciju mineralnih sirovina dio prohoda JLRS
- ovisno o vrsti djelatnosti, roku trajanja koncesije, poslovnom riziku i očekivanoj dobiti, opremljenosti i površini eksploatacijskog polja, na prijedlog ministarstva nadležnog za rudarstvo
- minimalna novčana naknada za pridobivenu količinu mineralne i geotermalne vode iz kojih se mogu pridobivati mineralne sirovine ili koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe iznosi 5,0% od tržišne vrijednosti pridobivene mineralne i geotermalne vode - utvrđena na temelju tehno-ekonomske ocjene iz Elaborata o rezervama mineralne i geotermalne vode na eksploatacijskom polju na kojem je ista pridobivena.

Zakon o prostornom uređenju i gradnji NN 67/07 i 38/09

Lokacijska dozvola

Građevinska dozvola

Građevinska dozvola za građenje rudarskog objekta i postrojenja

Uporabna dozvola za rudarski objekt i postrojenje

+ procedura za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača energije – poticajna cijena za otkup energije

Zakon o rudarstvu (NN 75/09)



- **Zakon o geološkim istraživanjima (Sl. 34/86 i NN 53/91)**
- **Pravilnik o istraživanju mineralnih sirovina (NN 125/98)**
- **Pravilnik o stručnoj osposobljenosti za obavljanje određenih poslova u rudarstvu (NN 9/00)**
- **Pravilnik o uvjetima i načinu polaganja stručnog ispita i ispitnom programu za samostalno obavljanje geoloških istraživanja (NN 14/88, 29/88 i 82/95)**
- **Zakon o jedinstvenom načinu utvrđivanja, evidentiranja i prikupljanja podataka o rezervama mineralnih sirovina i podzemnih voda i o bilanci tih rezervi (Sl. 53/77, 24/86 i NN 53/91)**
- **Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi (NN 48/92 i 60/92)**
- **Pravilnik o tehničkim normativima pri istraživanju i eksploataciji nafte, zemnih plinova i slojnih voda (SL43/79, 41/81, 15/82, NN 53/91)**
- **Pravilnik o bitnim tehničkim zahtjevima, sigurnosti i zaštiti pri istraživanju i eksploataciji tekućih i plinovitih ugljikovodika iz podmorja Republike Hrvatske (NN 36/04)**
- **Pravilnik o postupku utvrđivanja i ovjere rezervi mineralnih sirovina (NN 140/99)**

87

Zakon o rudarstvu (NN 75/09)



- **Pravilnik o eksploataciji mineralnih sirovina (NN 125/98)**
- **Pravilnik o sadržaju dugoročnog i godišnjeg programa, te sadržaju rudarskih projekata (NN 196/03 i 06/04)**
- **Pravilnik o postupku provjere rudarskih projekata (NN 140/99)**
- **Pravilnik o katastru istražnih prostora i eksploatacijskih polja, te o načinu vođenja evidencije, zbirke isprava i popisa rudarskih poduzeća i samostalnih poduzetnika kojima su izdana odobrenja za istraživanja ili eksploataciju mineralnih sirovina (NN 44/91)**
- **Uredba o novčanoj naknadi za istraživanje mineralnih sirovina (NN 158/09)**
- **Uredba o novčanoj naknadi za koncesiju za eksploataciju mineralnih sirovina (NN 158/09)**
- **Uredba o postupku i mjerilima za osnivanje prava služnosti na šumi i/ili šumskom zemljištu u vlasništvu Republike Hrvatske u svrhu eksploatacije mineralnih sirovina (NN 133/07)**
- **Odluka o kriterijima raspolaganja poljoprivrednim zemljištem u vlasništvu Republike Hrvatske u svrhu eksploatacije mineralnih sirovina, travanj 2005.g.**

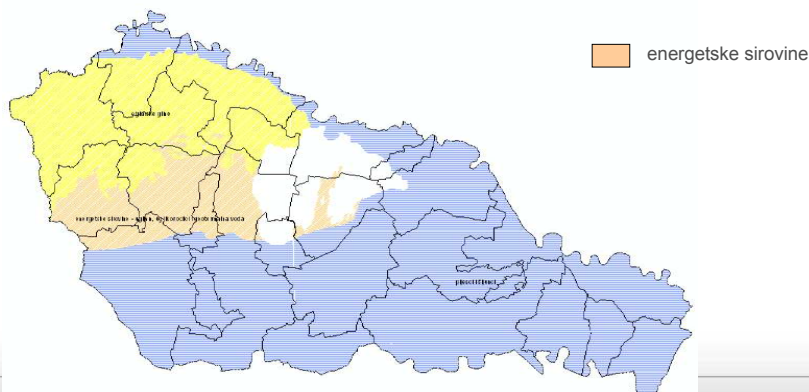
88

- Pojavljivanje mineralnih sirovina kao posljedice geološke građe Županije
- Katastar mineralnih sirovina
- Katastar eksploatacijskih polja
- Geološki potencijal
- **Ograničeni geološki potencijal – ograničenja s obzirom na dokumente PP**
- Rezerve i proizvodnja mineralnih sirovina
- Društveno-ekonomski značaj eksploatacije mineralnih sirovina
- Problemi vezani za eksploataciju
- Naknada JLS-u
- Utjecaj na okoliš
- Stavovi NVO
- Baza podataka i GIS projekt mineralnih sirovina

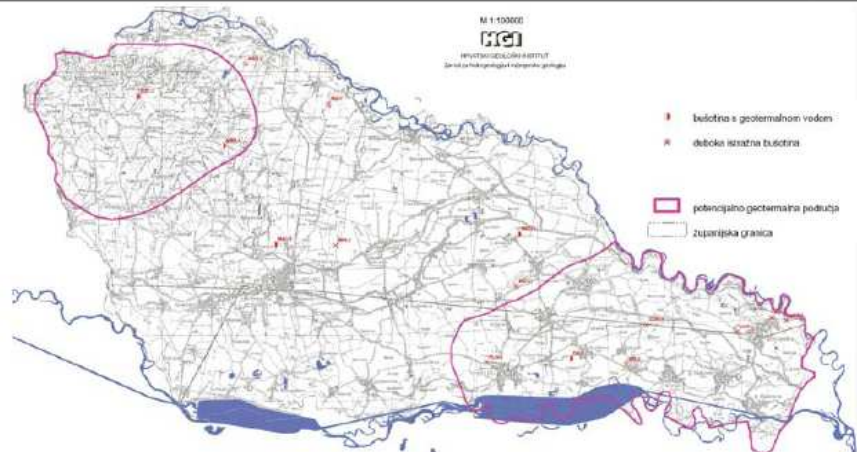
Karta geološke potencijalnosti

Ugljikovodici i geotermalna vode

- vrlo vrijedne mineralne sirovine
- istražuju se i eksploatiraju pomoću dubokih bušotina
- eksploatacijska polja imaju uglavnom mali utjecaj na okoliš
- visoka cijena istraživanja



Geotermalna nalazišta u Međimurskoj županiji



INA-Naftaplin: Studija kvantitativne, kvalitativne i ekonomske isplativosti proizvodnje energije iz geotermalnih izvora - **istraživanja nafte i plina**.

5 eksploatacijskih bušotina: Vučkovec (40°C), Zebanec, Vukanovec, 2 polja u Mihovljanu, 2 nove bušotine: Merhatovec 1 120°C, Lopatinec 1α.

Procjena energetskeg potencijala od 2,5 do 25 MW

91

Korištenje zemljišta



ograničenja:

- zone oko naselja i planiranih građevinskih - zaštitne zone (postojećih i planiranih) parkova prirode
- rezervati (strogi i posebni), zaštićeni krajolici (park šume, spomenici prirode, postojeći i planirani)
- agrarno vrijedno zemljište
- arheološke zone
- zone sanitarne zaštite izvorišnih voda
- binarna/flash postrojenja ne emitiraju paru evaporativna emitiraju manje količine pare
- vizualni utjecaji: rasvjeta bušotine noću, cjevovodi, para

binarno/flash postrojenje



postrojenje s evaporativnim hlađenjem

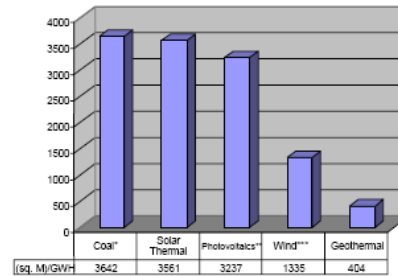


92

Korištenje zemljišta

korištenje:

- Nekoliko bušotina na prostoru od cca 2,5 ha
- Toplinska energija se koristi blizu izvora – mala duljina cjevovoda
- Geotermalna postrojenja: 0,4-3,2 ha/MW, nuklearna elektrana: 2-4 ha/MW, Fosilna goriva – 7,6 ha/MW
- Eksploatacijsko polje se može primarno koristiti u druge svrhe – poljoprivreda, turizam
- Uklapanje u okoliš



* Includes mining.
** Assumes central station photovoltaic project, not rooftop PV systems.
*** Land actually occupied by turbines and service roads.



93

Razvoj i ciljevi

Uobičajena primjena:

- geotermalna energija niske ili srednje entalpije:
 - Na lokaciji u kombinaciji s drugim dostupnim izvorima energije
 - Na lokacijama s visokim potrebama za toplinskom energijom - grijanje i/ili hlađenje
 - Prehrambena industrija – sušenje
 - Zagrijavanje staklenika u hladnijim klimama
 - Akvakultura u toplijim klimama
 - Površinske dizalice topline za grijanje i hlađenje

Inovativna primjena :

- Desalinizacija
- Adsorpcijsko hlađenje
- Primjena u industriji
- Otapanje snijega
- Odmrzavanje prometnica

94

Razvoj i ciljevi

Uvjeti za razvoj:

- Osiguravanje dugoročnih financijskih poticaja za prihvatljive tehnologije
 - Određivanje tehničkih parametara postrojenja prema EU normama – istraživanje, projektiranje, montaža
 - Pojednostavljenje administrativnih procedura
 - Posebni poticaju za inovativna postrojenja ili primjene
 - Smanjivanje prethodnih troškova razvoja projekata i poreza – naknada za istraživanje i eksploataciju
 - Korištenje u javnim projektima
 - Više aktivnosti na promociji proizvodnje toplinske energije
 - Obrazovanje stručnjaka širokog profila – arhitekata, prostornih planera, inženjera svih struka, instalatera
 - Pokretanje razvojnih i istraživačkih projekata
- **Dugoročan cilj do 2030.g. je sudjelovanje geotermalne energije s 5% u ukupnoj proizvodnji električne energije i 3,5% u ukupnoj proizvodnji toplinske energije**

95

ZAHVALJUJEMO NA PAŽNJI !



Jointly for our common future



Programme co-funded by the
EUROPEAN UNION



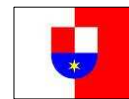
Margareta Zidar, dipl.ing.arh.

Aspekti zaštite okoliša korištenja OIE Geotermalna energija

ENergy Efficiency and
Renewables–SUPporting Policies
in Local level for EnergyY



Energetska efikasnost i
obnovljivi izvori energije –
potpora kreiranju energetske
politike na lokalnoj razini



Energetski institut Hrvoje Požar
Odjel za obnovljive izvore energije i energetska efikasnost

Program



- RH regulativa/Strateški dokumenti
- Pozitivni i negativni utjecaji na okoliš
- Smjernice vezano uz utjecaj na okoliš

- **Zakon o rudarstvu (NN 75/09)**
- Prema odredbi članka 3. rudno blago (mineralne sirovine) je dobro od interesa za RH, ima njezinu osobitu zaštitu i iskorištava se pod uvjetima i na način koji su propisani Zakonom. Rudno blago je u vlasništvu RH.
- Prema odredbama članka 5. mineralne sirovine uključuju i energetske mineralne sirovine:
 - Mineralne i geotermalne vode iz kojih se mogu pridobivati mineralne sirovine ili koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe, osim mineralnih i geotermalnih voda koje se koriste u ljekovite, balneološke i rekreativne svrhe ili kao voda za piće i druge namjene, na koje se primjenjuju propisi o vodama
 - ...
- Pri izvođenju radova nositelji odobrenja za istraživanje mineralnih sirovina i koncesionari dužni su poduzeti i mjere potrebne za zaštitu života i zdravlja ljudi te zaštitu imovine i okoliša prema važećim propisima

- **Strategija energetskega razvoja Republike Hrvatske (NN 130/09)**
- Udio obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji energije u 2020. godini iznositi će 20%
 - Udio električne energije iz obnovljivih izvora energije, uključivo velike hidroelektrane, u ukupnoj potrošnji električne energije će iznositi 35%
- Ciljevi Strategije u vezi s korištenjem geotermalne energije su:
 - Ekonomski opravdano iskorištavanje postojećih geotermalnih bušotina
 - Ekonomski povoljna razrada bušotina radi uporabe geotermalne energije
 - Iskorištavanje srednje-temperaturnih ležišta
 - Poticanje proizvodnje električne energije kod višenamjenskog korištenja geotermalne energije (razvoj gospodarskih zona uz korištenje otpadnom toplinom iz geotermalne elektrane)
- Dosljednom primjenom instrumenata zaštite okoliša (strateška procjena utjecaja plana i programa na okoliš, procjena utjecaja zahvata na okoliš, ocjena prihvatljivosti za prirodu), planirani zahvati u energetskega sektoru poštivat će načelo najmanjeg mogućeg utjecaja na biološku i krajobraznu raznolikost s posebnim naglaskom na zaštićena područja

- **Direktiva 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora**
- Udio obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji energije u 2020. godini iznositi će 20%
- Aerotermalna, geotermalna i hidrotermalna toplinska energija dobivena toplinskim crpkama uzima se u obzir za zadovoljavanje ciljeva pod uvjetom da konačna proizvedena energija znatno premašuje primarni unos energije potrebne za pogon toplinske crpke

- **Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07)**
- Ciljevi zaštite okoliša su:
 - Zaštita biljnog i životinjskog svijeta, biološke i krajobrazne raznolikosti te očuvanje ekološke stabilnosti
 - Zaštita i poboljšanje kakvoće pojedinih sastavnica okoliša
 - Zaštita i obnavljanje kulturnih i estetskih vrijednosti krajobraza
 - Racionalno korištenje energije i poticanje uporabe obnovljivih izvora energije
 - Održivo korištenje prirodnih dobara, bez većeg oštećivanja i ugrožavanja okoliša
 - ...
- Ciljevi zaštite okoliša se postižu primjenom načela zaštite okoliša i instrumenta zaštite okoliša
- Načela zaštite okoliša:
 - Načelo održivog razvitka
 - Načelo predostrožnosti
 - Načelo očuvanja vrijednosti prirodnih dobara, biološke raznolikosti i krajobraza
 - Načelo cjelovitog pristupa
 - ...
- Instrumenti zaštite okoliša:
 - Strateška procjena utjecaja plana i programa na okoliš
 - Procjena utjecaja zahvata na okoliš
 - Prostorni planovi
 - ...

- **Uredba o strateškoj procjeni utjecaja plana i programa na okoliš (NN 64/08)**
- Postupak kojim se procjenjuju vjerojatno značajniji utjecaji na okoliš koji mogu nastati provedbom plana ili programa
- Strateška procjena se obvezno provodi za:
 - Plan i program, isključujući njihove izmjene i/ili dopune, koji se donosi na državnoj i područnoj (regionalnoj) razini iz područja: poljoprivrede, šumarstva, ribarstva, energetike, industrije, rudarstva, prometa, telekomunikacija, turizma, gospodarenja otpadom i gospodarenja vodama
 - Za prostorni plan županije i Prostorni plan Grada Zagreba, isključujući njihove izmjene i/ili dopune
- **Uredba o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 64/08, 67/09)**
- Procjenom utjecaja zahvata na okoliš prepoznaje se, opisuje i ocjenjuje utjecaj zahvata na okoliš tako da se utvrđuje mogući izravni i neizravni utjecaj zahvata na: tlo, vodu, more, zrak, šumu, klimu, ljude, biljni i životinjski svijet, krajobraz, materijalnu imovinu, kulturnu baštinu, uzimajući u obzir njihove međuodnose
- Definirani zahvati za koje se provodi procjena utjecaja zahvata na okoliš
 - Eksploatacija mineralnih sirovina:
 - Mineralne i geotermalne vode iz kojih se mogu dobivati mineralne sirovine ili koristiti akumulirana toplina u energetske svrhe

- **Zakon o zaštiti prirode (NN 70/05, 139/08)**
- Ciljevi zaštite prirode su:
 - Očuvati i obnoviti postojeću biološku i krajobraznu raznolikost u stanju prirodne ravnoteže i usklađenih odnosa s ljudskim djelovanjem
 - Osigurati sustav zaštite prirodnih vrijednosti radi njihova trajnoga očuvanja
 - Osigurati održivo korištenje prirodnih dobara bez bitnog oštećivanja dijelova prirode i uz što manje narušavanja ravnoteže njezinih sastavnica
 - Spriječiti štetne zahvate ljudi i poremećaje u prirodi kao posljedice tehnološkog razvoja i obavljanja djelatnosti
- ...
- Zaštićene prirodne vrijednosti su:
 - Zaštićena područja
 - Zaštićene svojte
 - Zaštićeni minerali, sigovine i fosili
- Uređuje Ocjenu prihvatljivosti plana, programa ili zahvata za ekološku mrežu

- **Uredba o proglašenju ekološke mreže (NN 109/07)**
- Ekološka mreža je sustav međusobno povezanih ili prostorno bliskih ekološki značajnih područja, koja uravnoteženom biogeografskom raspoređenošću značajno pridonose očuvanju prirodne ravnoteže i biološke raznolikosti. Njezini dijelovi povezuju se prirodnim ili umjetnim ekološkim koridorima
- Područja ekološke mreže u Hrvatskoj, sukladno ekološkoj mreži Europske unije NATURA 2000, podijeljena su na međunarodno važna područja za ptice te područja važna za ostale divlje svojte i stanišne tipove
- Ekološka mreža RH obuhvaća 47% kopnenog i 39% morskog teritorija RH
- **Pravilnik o ocjeni prihvatljivosti plana, programa i zahvata za ekološku mrežu (NN 118/09)**
- Ocjena je obvezna za plan, program i za zahvat koji sam ili s drugim planovima, programima ili zahvatima može imati značajan utjecaj na ciljeve očuvanja i cjelovitost područja ekološke mreže

- Mogućnost korištenja geotermalne energije:
 - Izravno korištenje toplinske energije
 - Proizvodnja električne energije
 - Ovisi o radnoj temperaturi geotermalnog fluida

- **Emisije plinova**
- Geotermalni fluidi sadrže otopljene plinove – sadržaj ovisi o geokemijskim značajkama ležišta, tlaku, temperaturi
- Najčešće su to ugljični dioksid, dušik, sumporovodik te manje količine amonijaka, metana, žive, radona, bora i dr.
- Emisije ovise i o tehnologiji koja se koristi odnosno o izmjeni plinova između fluida i atmosfere (npr. pri proizvodnji električne energije u binarnom procesu nema dodira između geotermalnog fluida i atmosfere)

- **Ugljikov dioksid (CO₂)**
- 85-99% otopljenih plinova
- Koncentracija ovisi o karakteristikama ležišta, slojevima kroz koje fluid prolazi (kalcit, dolomit) te temperaturi geotermalnog fluida
- Ukoliko fluid nije u doticaju s karbonatnim stijenama jedini izvor CO₂ predstavlja atmosferski zrak i plinovi koji se oslobađaju pri hlađenju magme
- CO₂ je nekondenzirajući plin
 - Emisije u zrak nakon prolaska kroz rashladni sustav
 - Izdvajanje prije prolaska kroz turbinu kako bi se povećala efikasnost sustava
- Smanjenje emisija CO₂ za 15-150 puta u odnosu na fosilna goriva
- Emisije CO₂ iz termoelektrana u RH – 0,78 kg/kWh
- Hrvatska je ratificirala Kyotski protokol i time preuzela obvezu smanjenja emisija stakleničkih plinova za 5% u razdoblju od 2008. do 2012. godine u odnosu na razinu emisija iz bazne godine
- Cilj Europske unije je smanjenje emisija u odnosu na 1990. godinu za 20%, odnosno 30% ako određene obveze prihvate ostale države (posebice Kina, Indija, Brazil)

- **Sumporovodik (H₂S)**
- Prirodne koncentracije 1-100 ppb ovisno o karakteristikama okoliša (veće koncentracije nastaju npr. u močvarnim područjima prilikom anaerobne razgradnje)
- U koncentracijama 50-100 ppb – miris “pokvarenih jaja”
- Pri većim koncentracijama može uzrokovati mučninu, glavobolje, iritacije sluznica, a iznad 500 ppb može uzrokovati nesvjesticu i smrt
- Nekondenzirajući plin
- Mjere za smanjenje emisija H₂S – najčešće se koriste kemijski procesi kojim se pretvara u elementarni sumpor (Stretford proces, LO-CAT)
- **Živa (Hg)**
- Nisko vrelište
- U slučaju da se geotermalni fluid izvlači iz slojeva gdje se živa prirodno pojavljuje u povećanim koncentracijama
- Smanjenje emisija žive – hlađenje/kondenzacija te odvajanje pomoću supstrata na bazi ugljika ili zeolita; učinkovitost preko 90%

- Smanjenje emisija vezano uz korištenje fosilnih goriva
 - SO₂ (pri korištenju geotermalne energije može nastati indirektno iz H₂S u atmosferi), NO_x, čestica
- Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari propisane su *Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 21/07, 150/08)*
- Vrednovanje razina onečišćujućih tvari u zraku definirano je *Uredbom o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku (NN 133/05)*

- **Emisija otpadnih voda**
- Najveći dio čini geotermalni fluid nakon korištenja u prostoru, manji dio nastaje tijekom bušenja, opremanja, proizvodnog testiranja bušotina te pomoćnih tehnoloških operacija
- Geotermalni fluid se može pojavljivati na površini kroz prirodne površinske otvore (gejziri, fumarole) ili kroz umjetne bušotine
- Sadrži različite koncentracije toksičnih tvari te je visoke temperature – potencijalno štetan za ljude i okoliš
- Kemijski sastav varira za pojedina ležišta, pa čak i pojedine bušotine te ovisi o geokemijskim značajkama i temperaturi fluida
- Obično su najzastupljeniji kloridi natrija, kalija i kalcija, karbonati, sulfati i silikati te magnezij, brom, jod, fluor, litij, a ponekad arsen, živa i bor

- Zbrinjavanje geotermalnog fluida - ponovnim utiskivanjem u ležište kroz utisnu bušotinu
 - Istovremeno pospješuje obnavljanje geotermalnog fluida, podržava tlak u ležištu, održava produktivnost geotermalnog izvora, reducira slijeganje terena
- U novije vrijeme pažnja se posvećuje i mogućem izdvajanju komercijalno vrijednih spojeva (npr. silicij, magnezij, cink, voda)
- U slučaju ispuštanja u površinske vode odnosno sustave javne odvodnje otpadnih voda moraju zadovoljavati vrijednosti propisane *Pravilnikom o graničnim vrijednostima opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 94/08)*
- Prema *Okvirnoj direktivi o vodama 2000/60/EZ* Zemlje članice mogu odobriti ponovno upuštanje u isti vodonosnik vode korištene za geotermalne svrhe

Utjecaj na okoliš

- Voda se u geotermalnim postrojenjima koristi i u sustavima za hlađenje
 - Sprečava pregrijavanje turbine
 - Produžuje životni vijek postrojenja
- Rashladni sustavi:
 - Vodeni sustavi (zauzimaju manju površinu, efikasni tijekom cijele godine, zahtijevaju kontinuiranu dopremu vode, emisija vodene pare)
 - Zračni sustavi (izbjegavanje emisija plinova, u nedostatku vode za hlađenje, u vizualno osjetljivim područjima – vodena para, manje efikasni u toplijem periodu godine)
 - Hibridni sustavi



Source: Geothermal Education Office



Source: Ormat Technologies, Inc.

113

Utjecaj na okoliš

- **Ostali otpad**
- Strojna, transformatorska ulja
- Krute čestice izdvojene iz otpadne vode pri izradi i održavanju bušotina
- Krute čestice izdvojene iz geotermalnog fluida
- Nužno zbrinuti prema *Pravilniku o gospodarenju otpadom (NN 23/07, 111/07)*
- Mogućnost utiskivanja otpadnih komunalnih voda u ležište umjesto ispuštanja u površinske vode – održavanje produktivnosti izvora (npr. više od 50% geotermalnog fluida ispari tijekom korištenja – Flash proces)
- **Emisija topline**
- Geotermalna postrojenja za proizvodnju električne energije zbog svoje niske učinkovitosti emitiraju u prostor velik dio topline
- U slučaju korištenja otpadne topline za zagrijavanje prostora gubitak se može osjetno smanjiti

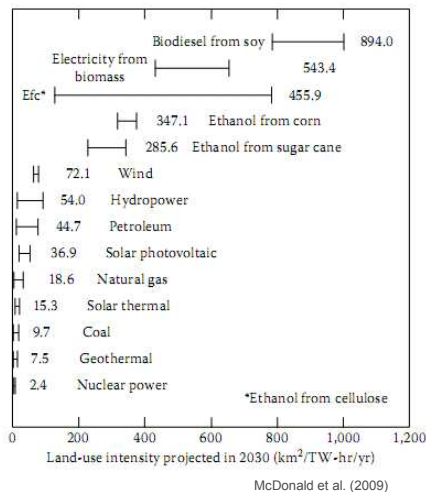
114

- **Buka**
- Tijekom bušenja i proizvodnog testiranja, izgradnje te rada
- Tijekom rada najveći utjecaj imaju rashladni toranj, transformator, turbina i generator
- Postavljanjem antizvučnih barijera, dobra zvučna izolacija postrojenja, uporaba opreme s nižom emisijom buke te njezinim pravilnim održavanjem
- *Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09)*
- *Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04)*
 - U zoni namijenjenoj samo stanovanju i boravku – imisije buke 55 dB(A) (dan), 40 dB(A) (noć)

- **Slijeganje terena**
- Iskorištavanje geotermalnih fluida može u određenim geološkim strukturama uzrokovati slijeganje terena i izazvati štete na površinskim objektima
- Ovisi uglavnom o geološko-strukturnim i hidrogeološkim značajkama, tektonici, veličini i obliku ležišta, njegovoj udaljenosti od površine kao i metodi kojom se mineralna sirovina vadi iz podzemlja
- Ovom utjecaju su podložniji nekonsolidirani sedimenti, porozne vulkanske stijene, stijene s visokim udjelom glina za razliku od granitnih stijena, gnajsa i drugih kristaliziranih stijena
- Slijeganje može izazvati pojavu klizišta i pokretanje zemljanih masa
- Naša ležišta nalaze se na dubinama od približno 1500 do 3500 m u relativno stabilnim strukturama, tako da uz uobičajene mjere zaštite nema opasnosti od slijeganja
- **Mikropotresi**
- Do seizmičke aktivnosti dolazi zbog:
 - Ekstrakcije geotermalnog fluida
 - Utiskivanja ohlađenog fluida u ležište
 - Utiskivanja fluida pod visokim tlakom s ciljem povećanja propusnosti ležišta

Utjecaj na okoliš

- **Korištenje zemljišta**
- Istražni radovi, izgradnja pristupnih putova, formiranje gradilišta
- Izgradnja postrojenja
- Prostor potreban za geotermalno postrojenje redovito je manji od potreba za druge energetske izvore (uključujući i površine potrebne za proizvodnju sirovine)
- Prema *Zakonu o rudarstvu (NN 75/09)* nužna sanacija prostora nakon završetka istražnih radova/eksploatacije



117

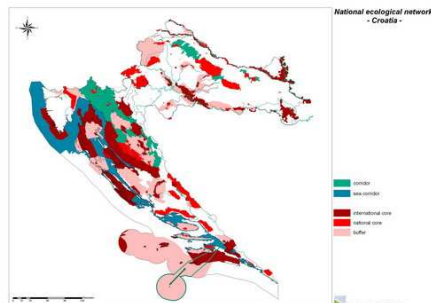
Utjecaj na okoliš

- Prema *Zakonu o šumama (NN 140/05, 82/06, 129/08)* zabranjeno je, ukoliko nije drugačije predviđeno Zakonom:
 - Pustošenje šuma, sječa stabala ili njihovo oštećivanje
 - Čista sječa šume, ako nije predviđena šumskogospodarskim planovima
 - Krčenje šume
- ...
- *Zakonom o poljoprivrednom zemljištu (NN 152/08, 21/10)* se zabranjuje korištenje osobito vrijednog obradivog i vrijednog obradivog poljoprivrednog zemljišta u nepoljoprivredne svrhe osim u slučaju:
 - kad nema niže vrijednoga poljoprivrednog zemljišta
 - kada je utvrđen interes za izgradnju objekata koji se prema posebnim propisima grade izvan građevinskog područja
 - pri gradnji gospodarskih građevina namijenjenih isključivo za poljoprivrednu djelatnost i preradu poljoprivrednih proizvoda

118

Utjecaj na okoliš

- **Utjecaj na staništa i floru**
- Provesti prethodno istraživanje vezano uz:
 - Lokalizacije NEM-a
 - Ugrožena i rijetka staništa
 - Sastav flore na lokaciji s identifikacijom zaštićenih i strogo zaštićenih vrsta
- Izvoditi radove tako da se minimalizira pojava erozije te degradacija postojeće vegetacije
- *Pravilnik o vrstama stanišnih tipova, karti staništa, ugroženim i rijetkim stanišnim tipovima te o mjerama za održavanje stanišnih tipova (NN 7/06, 119/09)*
- *Pravilnik o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim (NN 99/09)*



119

Utjecaj na okoliš

- **Utjecaj na krajobraz**
- Geotermalno postrojenje
- Emisije vodene pare iz vodenih sustava za hlađenje
- Pristupni putovi
- Dalekovod
- Utjecaj moguće smanjiti:
 - Planiranjem izgradnje (lociranje)
 - Dizajn postrojenja
 - Odabir materijala
 - Projekt sanacije/uređenja krajobraza na samoj lokaciji



120

- Adekvatan izbor lokacije
 - Izvan zaštićenih područja
 - Izbjegavati negativni utjecaj na kulturnu baštinu
 - Procjena utjecaja na biološku raznolikost
 - Procjena utjecaja na krajobraz
 - Procjena utjecaja na naseljena područja (vizualni utjecaj, buka)
- Tehnička i tehnološka rješenja u cilju zaštite okoliša
 - Ponovno utiskivanje energetski iskorištenog geotermalnog fluida u ležište
 - Mjere smanjenja emisija onečišćujućih tvari u zrak
 - Pravilni odabir rashladnog sustava
- Uklapanje sustava u okoliš – smanjivanje vizualnog utjecaja

- Kaskadno korištenje geotermalne energije (iskorištavanje otpadne topline pri proizvodnji električne energije)
 - Sušare
 - Grijanje prostora
 - Staklenici
 - Sušare
 - ...
- Uključivanje javnosti
 - Lokalna zajednica, NVU i sl.

ZAHVALJUJEMO NA PAŽNJI !



Jointly for our common future



Supported by ERDF



Veljko Vorkapič, dipl.ing.bio