



**Obuka: Upravljanje energijom u javnom sektoru**  
**Modul 2: Energetska efikasnost zgrada i obnovljivi izvori energije**

# Obnovljivi izvori energije

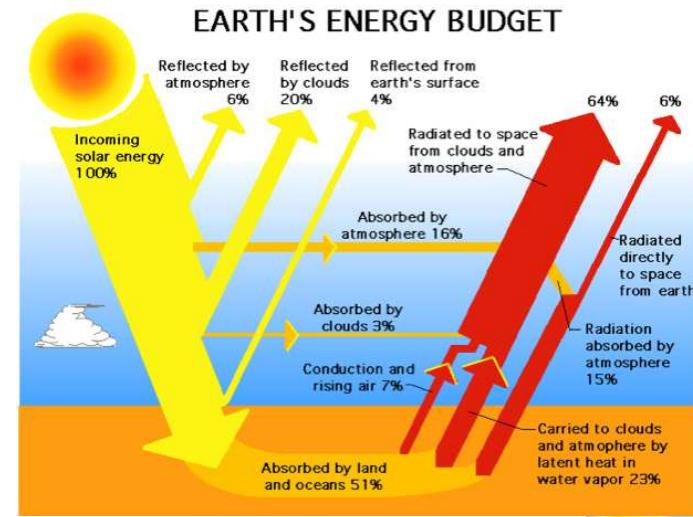
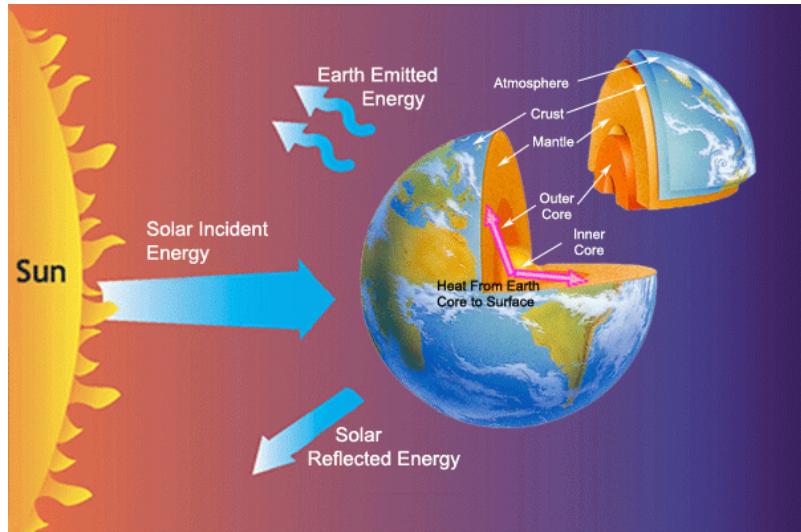
## Geotermalna energija

Doc. dr Esad Tombarević  
[esad.tombarevic@ucg.ac.me](mailto:esad.tombarevic@ucg.ac.me)

Univerzitet Crne Gore  
Mašinski fakultet Podgorica  
15. april 2020.

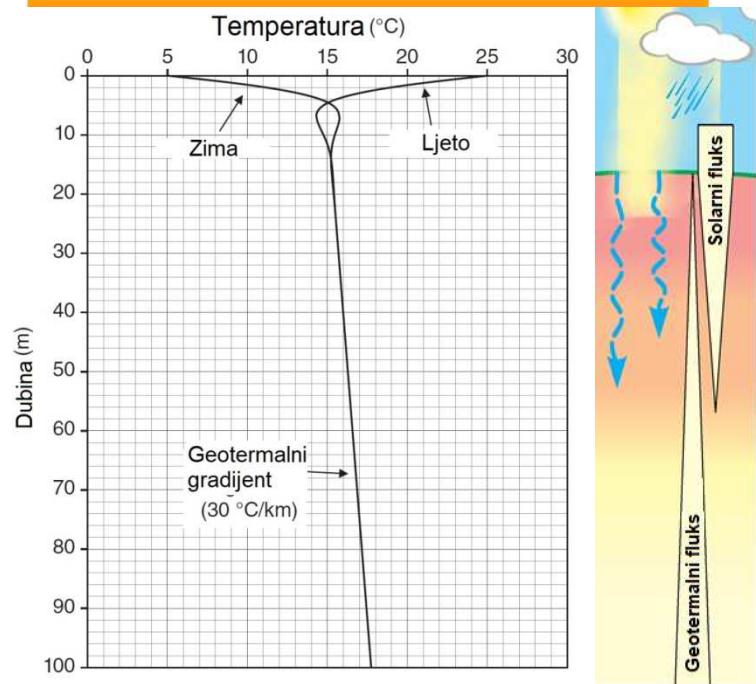
# Geotermalna energija

Geotermalna energija je energija koja se nalazi u zemljinoj kori: temperatura tla je rezultat složenog bilansa u kojem najveću ulogu imaju raspad radioaktivnih elemenata i sunčev zračenje

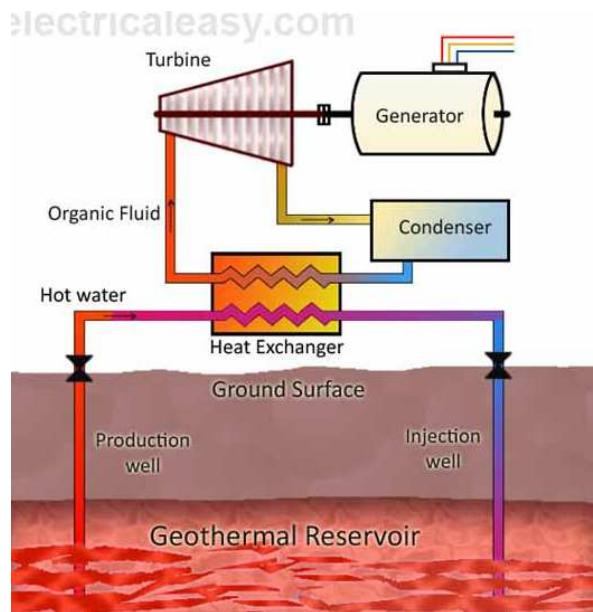


Geotermalna energija se može koristiti na tri načina:

- Proizvodnja električne energije – visoke temperature, iznad 150°C
- Direktni korišćenje – srednje i niske temperature do 150°C
- Geotermalne toplotne pumpe, temperature ispod 30°C



# Proizvodnja električne energije



Piero Ginori Conti, Larderello ,1904

Ukupna instalisana snaga geotermalnih termoelektrana u svijetu je 14.400 MW, a učešće u proizvodnji električne energije u svijetu je 0,33 %

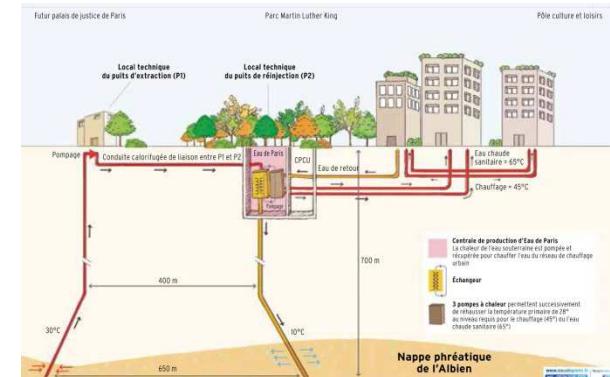


Country	Capacity (MW)
USA	3591
Indonesia	1948
Philippines	1868
Turkey	1200
New Zealand	1005
Mexico	951
Italy	944
Iceland	755
Kenya	676
Japan	542

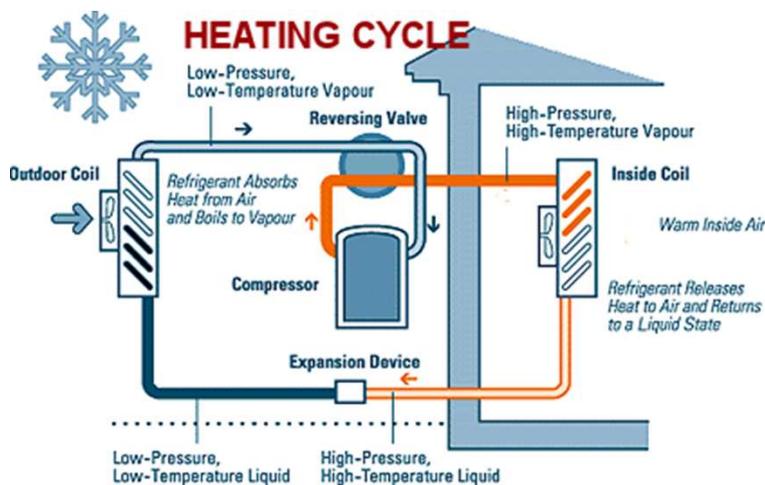
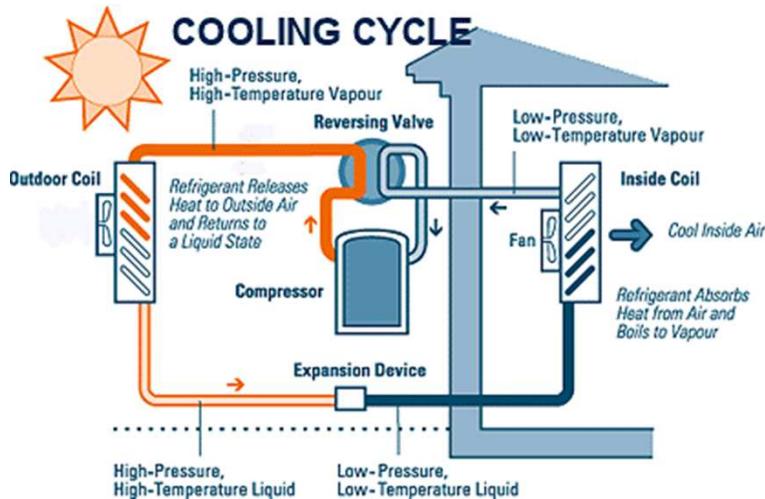
# Direktno korišćenje geotermalne energije

Primjeri korišćenja:

- U banjama, za grijanje vode u bazenima
- Sistemi daljinskog grijanja
- Grijanje plastenika
- Sušenje voća i povrća
- Pasterizacija mlijeka



# Kako radi topotna pumpa i od čega zavisi efikasnost?



Topotna pumpa prebacuje toplotu iz prostora niže temperature (izvor) u prostor više temperature (ponor):

- Ljeti iz prostora u kojem boravimo u okolinu
- Zimi iz okoline u prostor u kojem boravimo

Efikasnost zavisi od temperatura izvora i ponora



## Maksimalna efikasnost – Carnot ciklus

Režim hlađenja

$$\varepsilon_c = \frac{\text{Kapacitet hlađenja}}{\text{Snaga kompresora}} = \frac{T_i}{T_p - T_i}$$

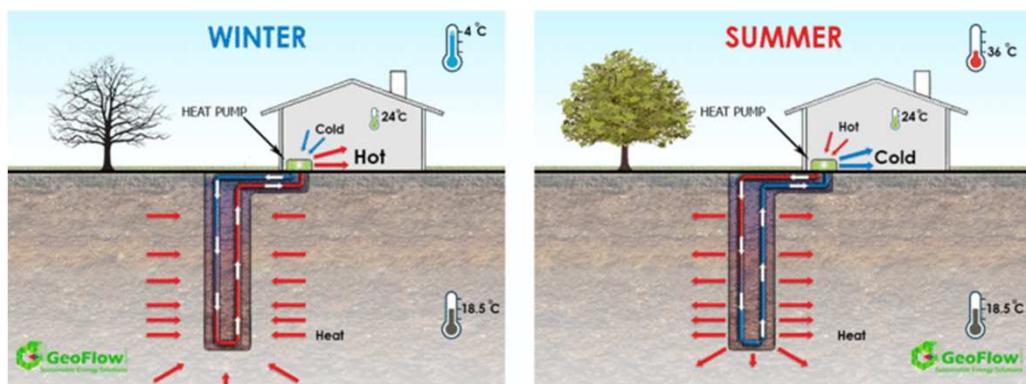
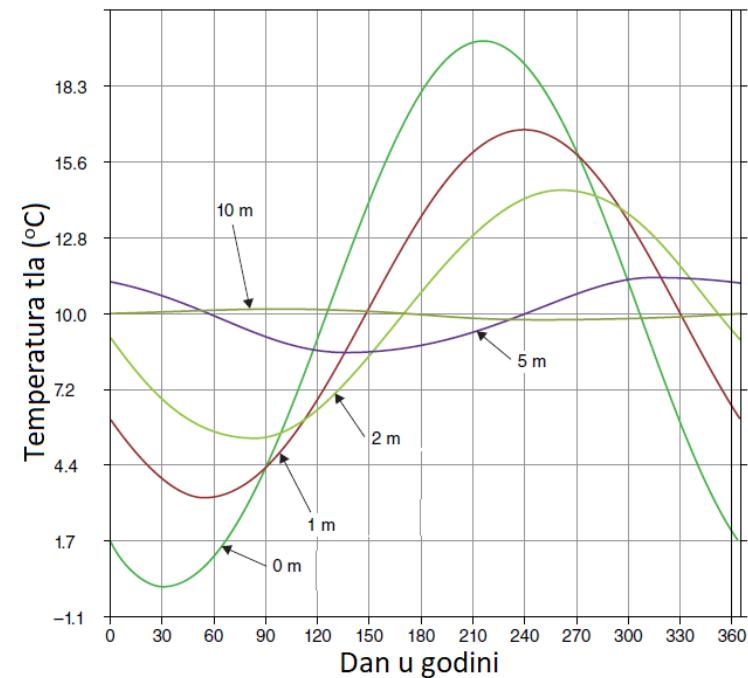
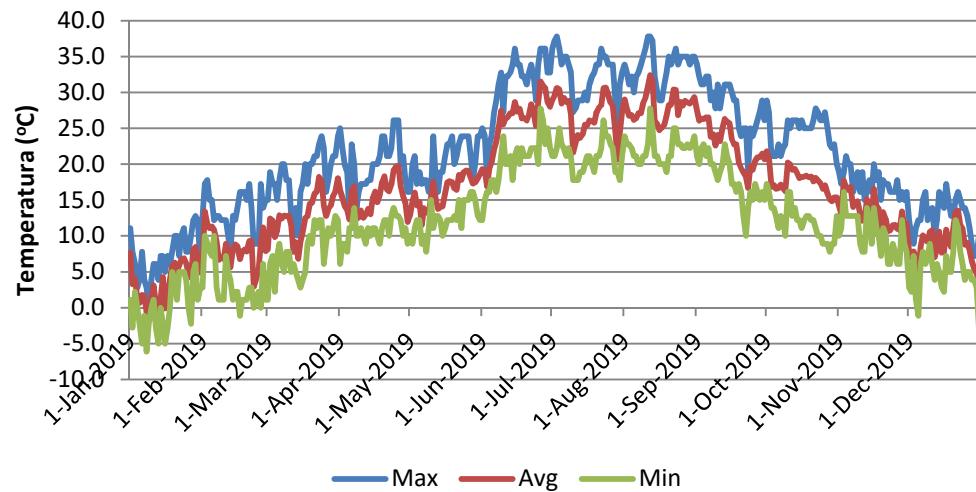
Režim grijanja

$$\varepsilon_h = \frac{\text{Kapacitet grijanja}}{\text{Snaga kompresora}} = \frac{T_p}{T_p - T_i}$$

Sadi Carnot  
1796 - 1832

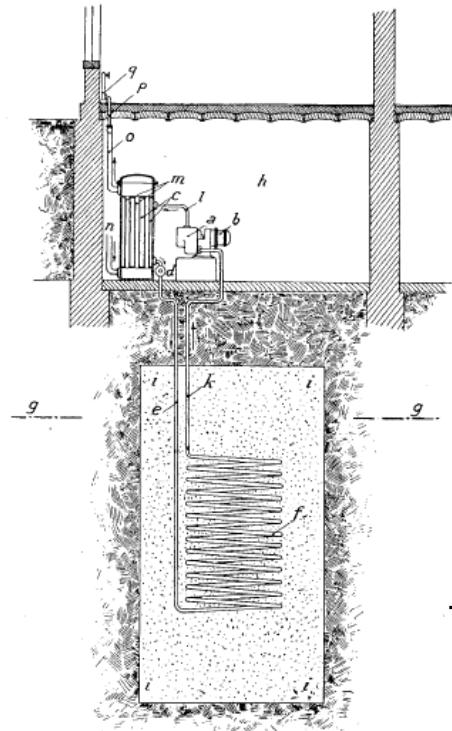
# Zašto su geotermalne toplotne pumpe efikasnije?

Temperatura vazduha u Podgorici (2019. godina)

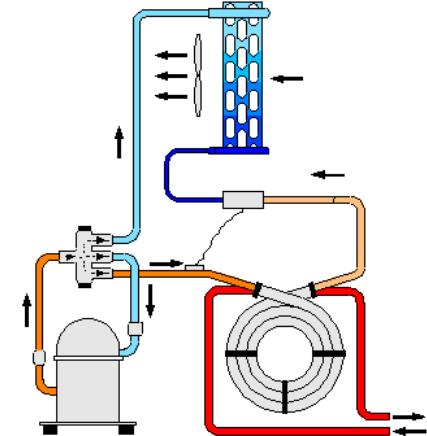
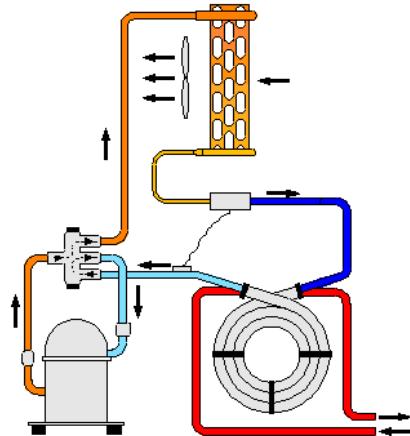


# Podjela sistema

Prva geotermalna pumpa je patent Heinricha Zoelya iz 1912. god



**Sezona grijanja – zima**  
toplota se apsorbuje iz tla

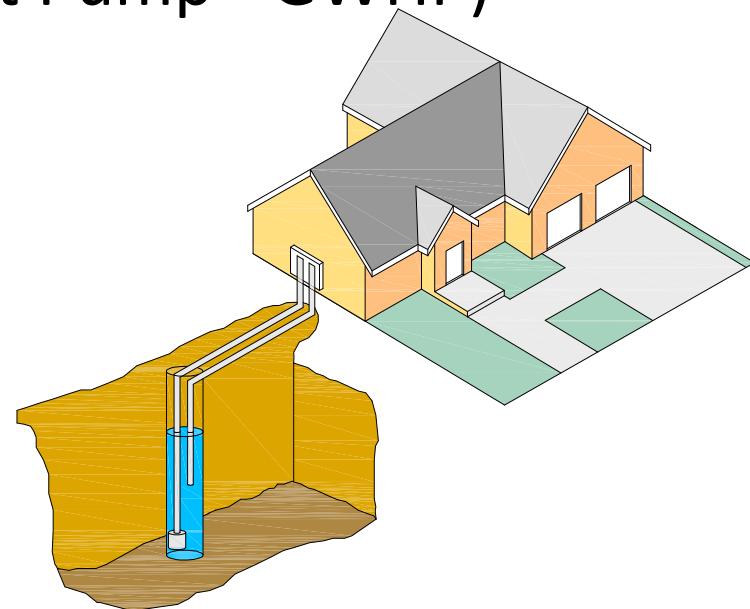
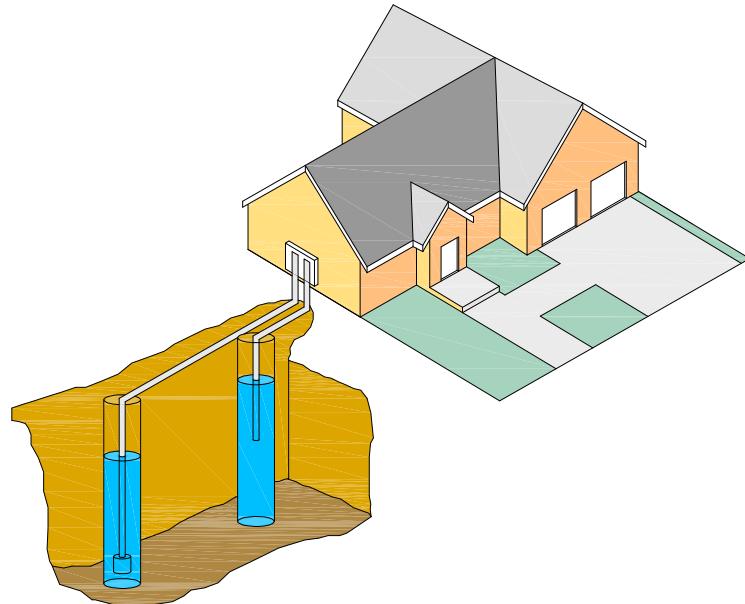


**Sezona hlađenja – ljeto**  
toplota se apsorbuje iz tla

Podjela sistema sa geotermalnim toplotnim pumpama:

- Sistemi koji koriste podzemne vode kao izvor/ponor toplote
- Sistemi koji koriste površinske vode kao izvor/ponor toplote
- Sistemi koji koriste tlo kao izvor/ponor toplote

# Sistemi koji koriste podzemne vode kao izvor/ponor topline (Ground Water Heat Pump - GWHP)



- Mala investicija
- Jednostavan sistem
- Mala potrebna površina tla
- Pogodni za sisteme velikih kapaciteta

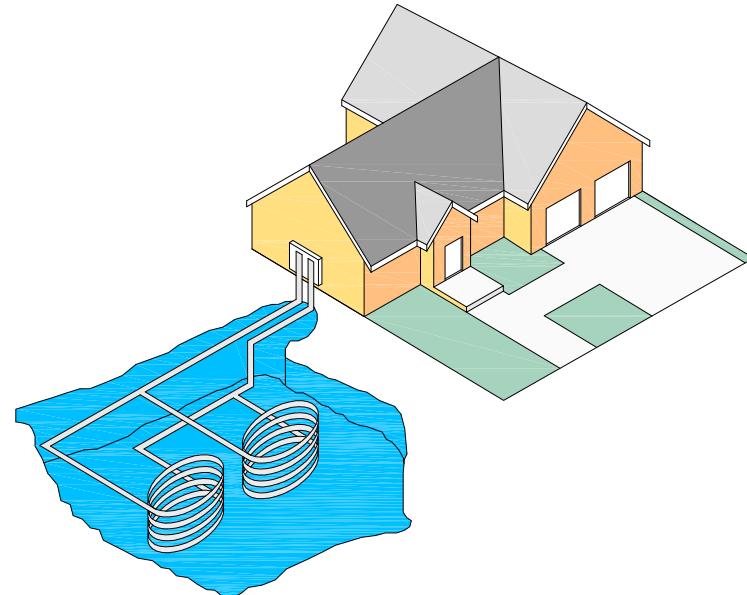
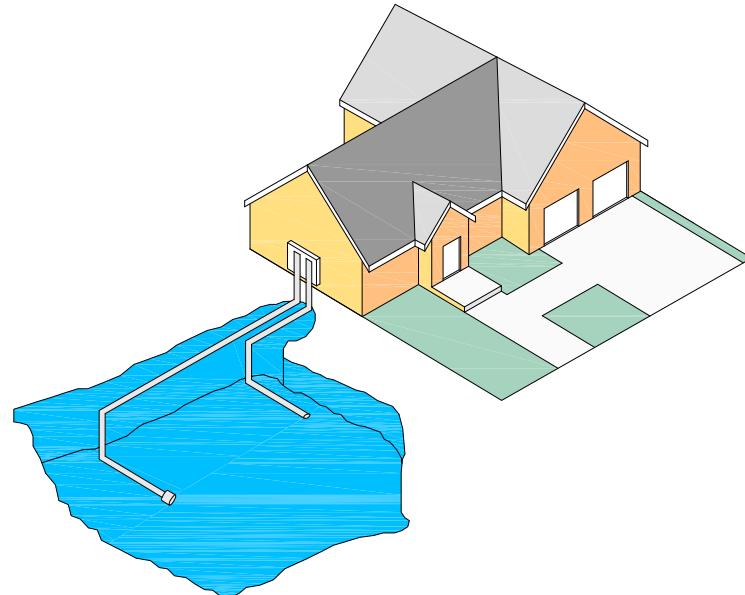


- Raspoloživost i izdašnost podzemnih voda
- Nepovoljni hemijski sastav podzemnih vode
- Propisi koji ograničavaju korišćenje podzemnih voda

	Razlika temperatura	Maximalna temperatura	Minimalna temperatura
Austrija	± 6 C	20 C	5 C
Danska	-	25 C	2 C
Francuska	± 11 C	-	-
Holandija	-	25 C	5 C
Linenštajn	-3 / +1.5 C	-	-
Švajcarska	± 3 C	-	-

Napomena: Promjene temperature vode u odnosu na temperaturu neporemećenog sloja zemlje gdje se vraća voda

# Sistemi koji koriste površinske vode kao izvor/ponor toplote (Surface Water Heat pump - SWHP)



- Mala investicija
- Mogućnost direktnog hlađenja

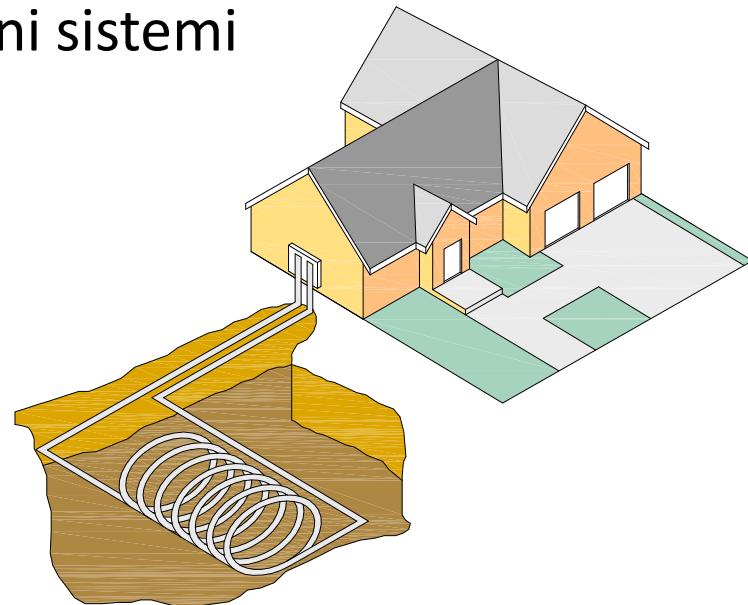
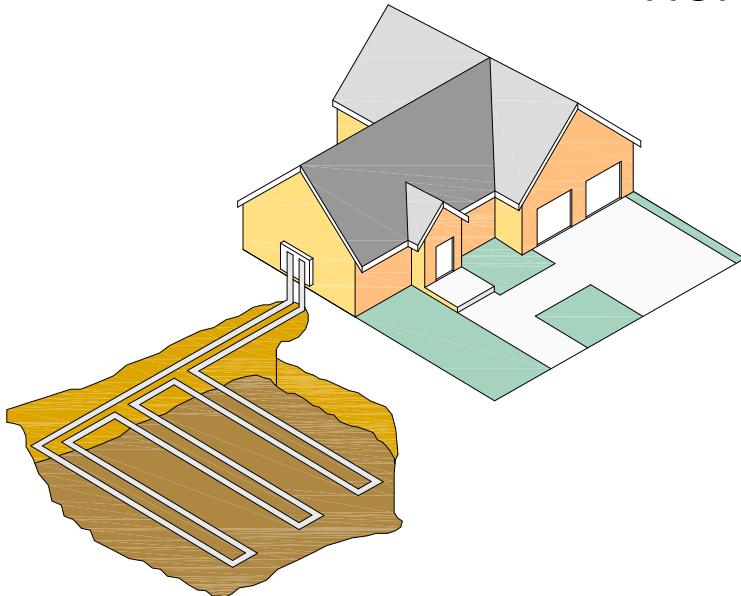


- Fluktuacije temperature površinskih voda utiču na efikasnost
- Za veće sisteme potrebne velike vodene mase
- Cijevi postavljene u površinskim vodama mogu da predstavljaju problem, npr. Za ribolov



# Sistemi koji koriste tlo kao izvor/ponor toplote (Ground Coupled Heat Pump)

## Horizontalni sistemi



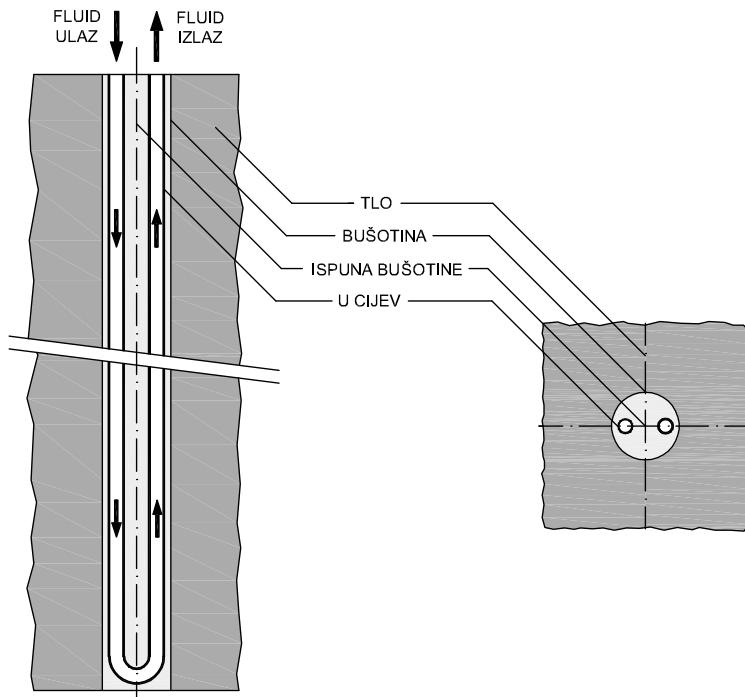
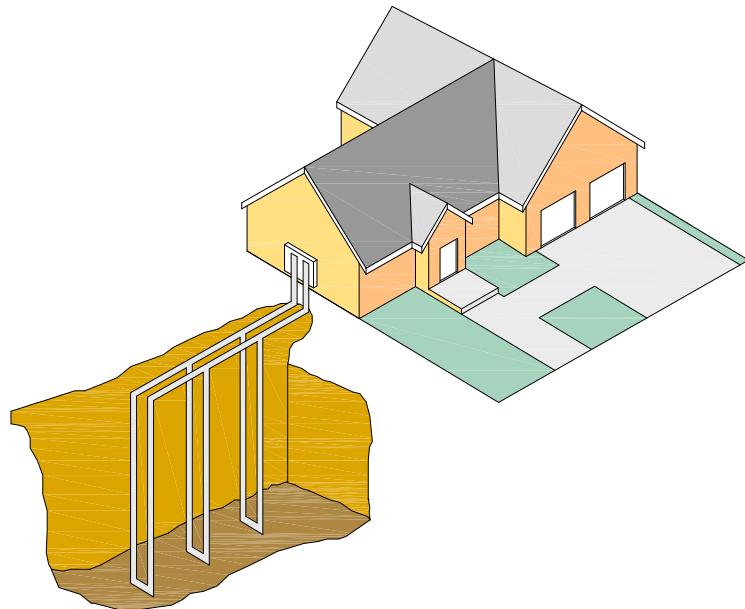
- Ne zavise od hemijskog kvaliteta i izdašnosti podzemnih voda
- Mala snaga cirkulacionih pumpi
- Jednostavno izvođenje i relativno mala investicija



- Fluktuacije temperature tla utiču na efikasnost
- Potrebna relativno velika površina tla
- U odnosu na vertikalne sisteme, zbog veće dužine cijevi, veća je snaga cirkulacionih pumpi



# Vertikalni sistemi



- Konstantna temperatura tla
- Potrebna relativno mala površina tla
- U odnosu na horizontalne sisteme, zbog manje dužine cijevi, manja je snaga cirkulacionih pumpi



- Velika investicija
- Opasnost od curenja fluida i zagađenja podzemnih voda

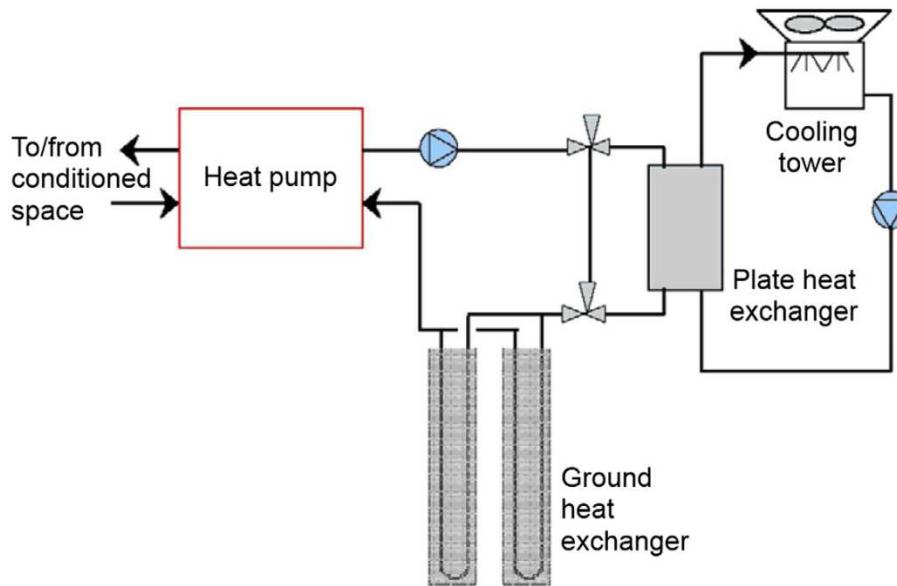
	Razlika temperatura	Maximalna temperatura	Minimalna temperatura
Austrija	± 15 C	35 C	0 C / - 5C *
Danska	-	25 C	2 C

\*Pri vršnom opterećenju

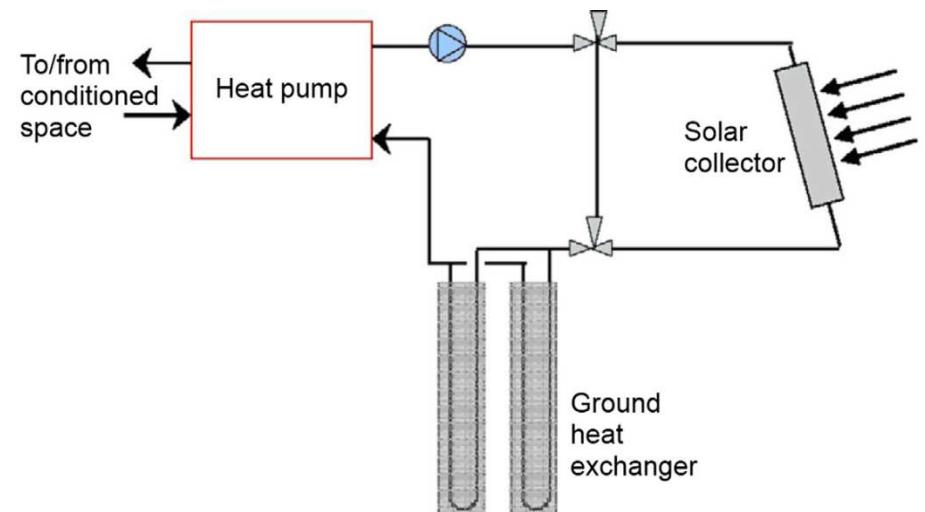
Napomena: Promjene temperature vode u odnosu na temperaturu podzemne vode



# Hibridni sistemi sa geotermalnim toploplotnim pumpama



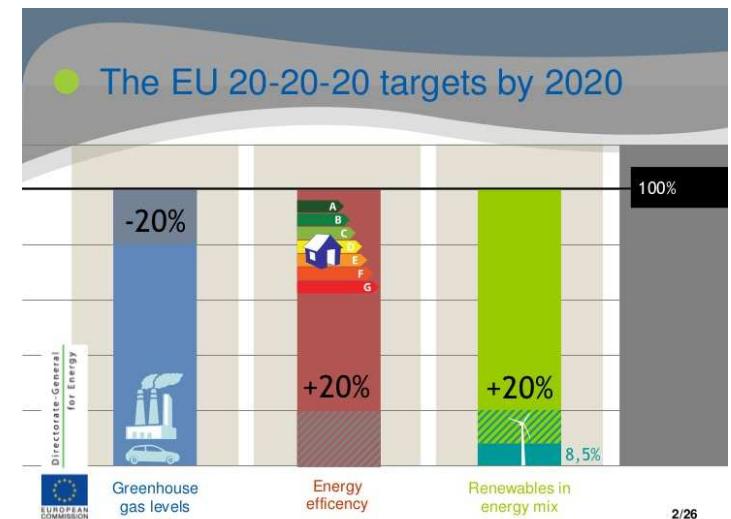
Hibridni sistem sa rashladnom kulom  
(za toplija klimatska područja)



Hibridni sistem sa solarnim kolektorima  
(za hladnija klimatska područja)

# Prednosti korišćenja geotermalnih topotlnih pumpi

- Veća efikasnost u odnosu na sisteme koji koriste vazduh kao izvor/ponor toplote
- Manja emisija gasova staklene baštne



- Duži vijek trajanja i visoka pouzdanost – svi pokretni elementi su u objektu
- Nema buke uslijed jer nemamo spoljašnje jedinice sa ventilatorima
- Manji vizuelni uticaj – svi djelovi su ispod zemlje ili unutar objekta
- Mogućnost korišćenja topotlnе pumpe i u područjima sa nižim temperaturama - nema problema sa stvaranjem inja na isparivaču



- Vizuelni uticaj – svi djelovi su ispod zemlje ili unutar objekta
- Mogućnost korišćenja toplotne pumpe i u područjima sa nižim temperaturama – nema stvaranja inja na isparivaču



## Orjentacione cijene (bez distributivnog sistema)

Sistem	Instalacije u zemlji [€/kW]	Toplotna pumpa [€/kW]	Ukupno [€/kW]
Horizontalni	350-500	200-300	550-800
Vertikalni	700-1100	200-300	900-1400
Otvoreni	150-200	200-300	350-500

U odnosu na sisteme koji koriste vayduh kao izvor/ponor toplice:

- Veća investicija
- Veća efikasnost za oko 25-50% (zavisno od klimatskih uslova i režima rada)
- Duži vijek trajanja za oko 25% (20-25 god; instalacija u zemlji 25-50 god)
- Period povrata razlike u investiciji 5-10 god

# Studija slučaja: Zgrada Kulturnog centra Danilovgrad



Kondicionirana površina 972 m<sup>2</sup>

Kondicionirana zapremina 3418 m<sup>3</sup>

Cijena instalacija EU					GTE A
	A	B	C		
Bunari	13000				13000
Plast. Cijevi	2000				2000
Potopna pumpa	5500				5500
TP 110kW	20000				
El. Kotao 110 kW		2000	2000		
Klima komora ASHP		18000	18000		
Pločasti Razmjjenjivač	2000				
Ostalo	2000	1000	1000		1000
Suma	44500	21000	21000		21500

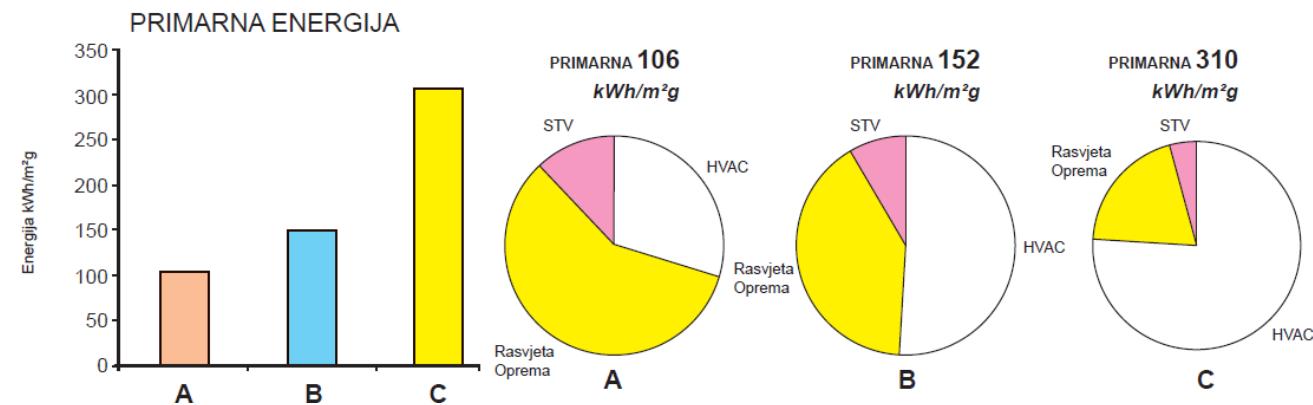
**SLUČAJ A:** EE mjere na omotaču + GWHP grijanje i hlađenje

**SLUČAJ B:** EE mjere na omotaču + Električni kotao grijanje + ASHP hlađenje

**SLUČAJ C:** Grijanje sa električnim kotlom + ASHP hlađenje

## DOBIJENI REZULTATI

	Isporučena*	Primarna*	K <sub>CO<sub>2</sub></sub>	Emisija/m <sup>2</sup>	Ukupna Isporučena	Ukupna Primarna	CO <sub>2</sub> tone/g
	kWh/m <sup>2</sup> g	kWh/m <sup>2</sup> g	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> g	kWh/g	kWh/g	
A	44	106	0.49	52	42768	103032	50
B	63	152	0.49	74	61236	147744	72
C	129	310	0.49	152	125388	301320	148



Ušteda kWh/god

$$61236 \text{ kWh/god} - 42768 \text{ kWh/god} = 18468 \text{ kWh/god}$$

~ 1846 € /god

Prost period otplate zamjene sistema grijanja sa GWHP:

$$23.500 \text{ €} / 1846 \text{ €} / \text{god} = 12,7 \text{ god}$$

# Geotermalne toplotne pumpe u Crnoj Gori



**Hvala na pažnji!**  
**Pitanja?**