

Istraživanje i promocija korištenja plitkih geotermalnih potencijala u RH

Prof.dr.sc. Tonko ČURKO
i suradnici

Reference of the Call for Proposals	IPA IIIc, Operation 2.2.1. Science and Innovation Investment Fund/SIIF, 2 nd call, PHASE II, IPA2007/HR/16IPO/001-0405, EuropeAid/131920/M/ACT/HR, Grant scheme
Title of the Call for Proposals	Science and Innovation Investment Fund Grant Scheme
Name of the Applicant	University of Zagreb - Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture Department of Thermodynamics, Thermal and Process Engineering
No. of the proposal	61
Title of the action	Research and the Promotion of Use of Shallow Geothermal Potential in Croatia Istraživanje i promocija korištenja plitkih geotermalnih potencijala u RH
Location of the action	Counties: Osječko-baranjska, Požeško-slavonska, Medjimurska, Grad Zagreb, Gospičko-senjska, Istarska, Zadarska, Splitsko-dalmatinska
Name of the Partner	Croatian Geological Survey Hrvatski geološki institut

Tonko Ćurko
Vladimir Soldo
Miroslav Ruševljan
Marino Grozdek
Leon Lepoša

IPA projekt: Research and the promotion of use of shallow geothermal potential in Croatia

Nositelj: Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

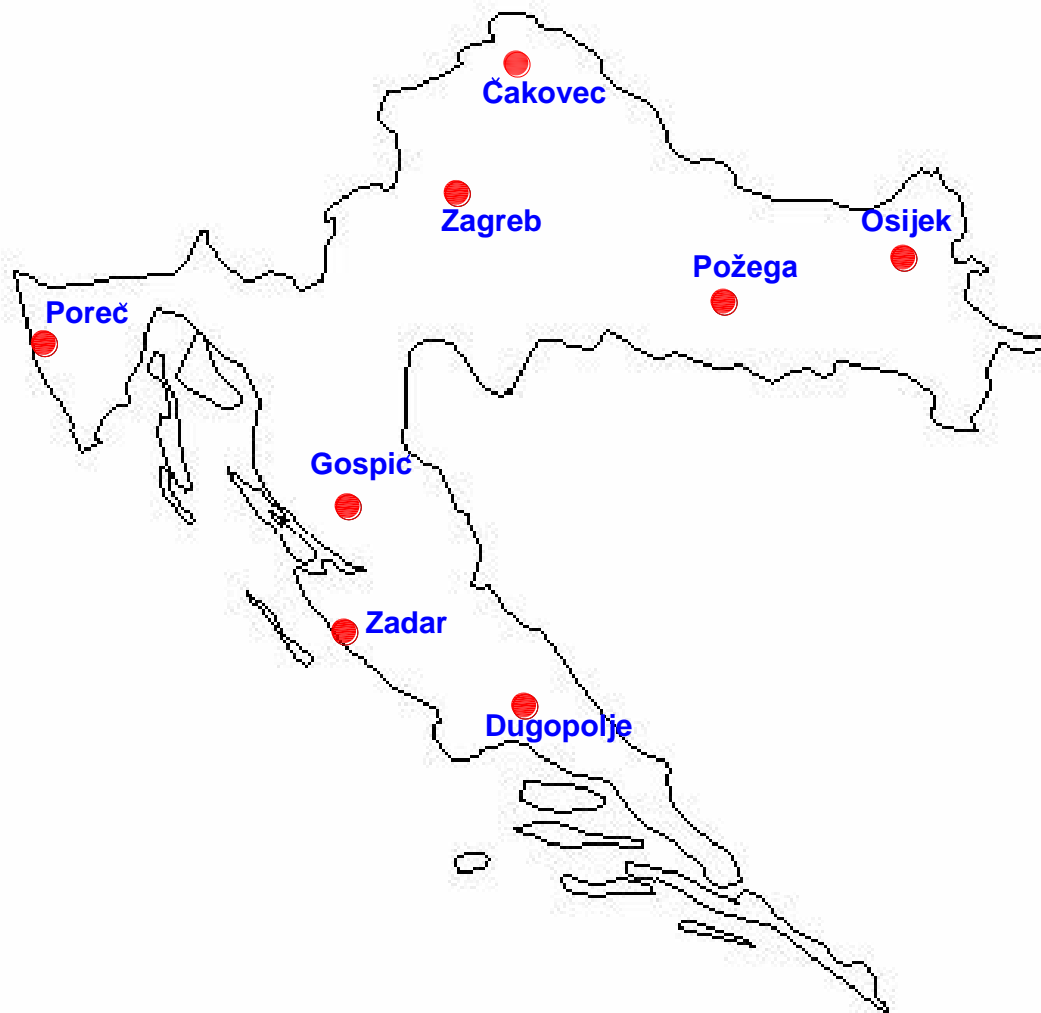
Partner: Hrvatski geološki institut, Zagreb

Suradnici: 5 tehničkih škola, jedan institut i jedna općina

Konzultant: Jose Acuna, KTH, Stockholm

Ukupna sredstva projekta:	509.790,76 eur
IPA EU	418.781,42 eur (82,15 %)
Sufinanciranje	91.009,34 eur (17,85 %)

Osam istražnih lokacija u RH



- Cilj - određivanje toplinskih potencijala tla na 8 lokacija RH (mapiranje RH) u svrhu dobivanja ulaznih podataka za projektiranje polja bušotina kao izvora/ponora topline za primjenu dizalica topline u sustavima grijanja/hlađenja.

- Suradnik (1) Tehnička škola Čakovec
- Suradnik (3) Strukovna škola Gospić
- Suradnik (4) Strojarska tehnička škola Osijek
- Suradnik (6) Tehnička škola Požega
- Suradnik (7) Tehnička škola Zadar
- Suradnik (2) Općina Dugopolje
- Suradnik (5) Institut za poljoprivredu i turizam Poreč
- Nositelj (8) Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

STANJE TEHNOLOGIJE

- Dizalice topline povezane s tlom koriste toplinu Zemljine kore - plitke geotermalne potencijale, u većini slučajeva do 200 m dubine.
- Europska smjernica *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources* **svrstava dizalice topline u obnovljive izvore energije** u ovisnosti o minimalnoj vrijednosti **sezonskog toplinskog množitelja** (Seasonal Performance Factor).
- Primjena dizalica topline u svrhu grijanja u Europi je počela 1939. godine, kada je u Zürichu izvedeno postrojenje za grijanje Gradske vijećnice, izvor energije je bila riječna voda, uređaj je i danas u pogonu.
- U Lučkom terminalu u Splitu 1979. godine ugrađena je prva domaća dizalica topline učinka grijanja 2x375 kW (45°C/40°C), te učinka hlađenja 600 kW (12°C/7°C). Uređaj je proizvela tvrtka Termofriz, kao obnovljivi izvor topline koristila se morska voda.

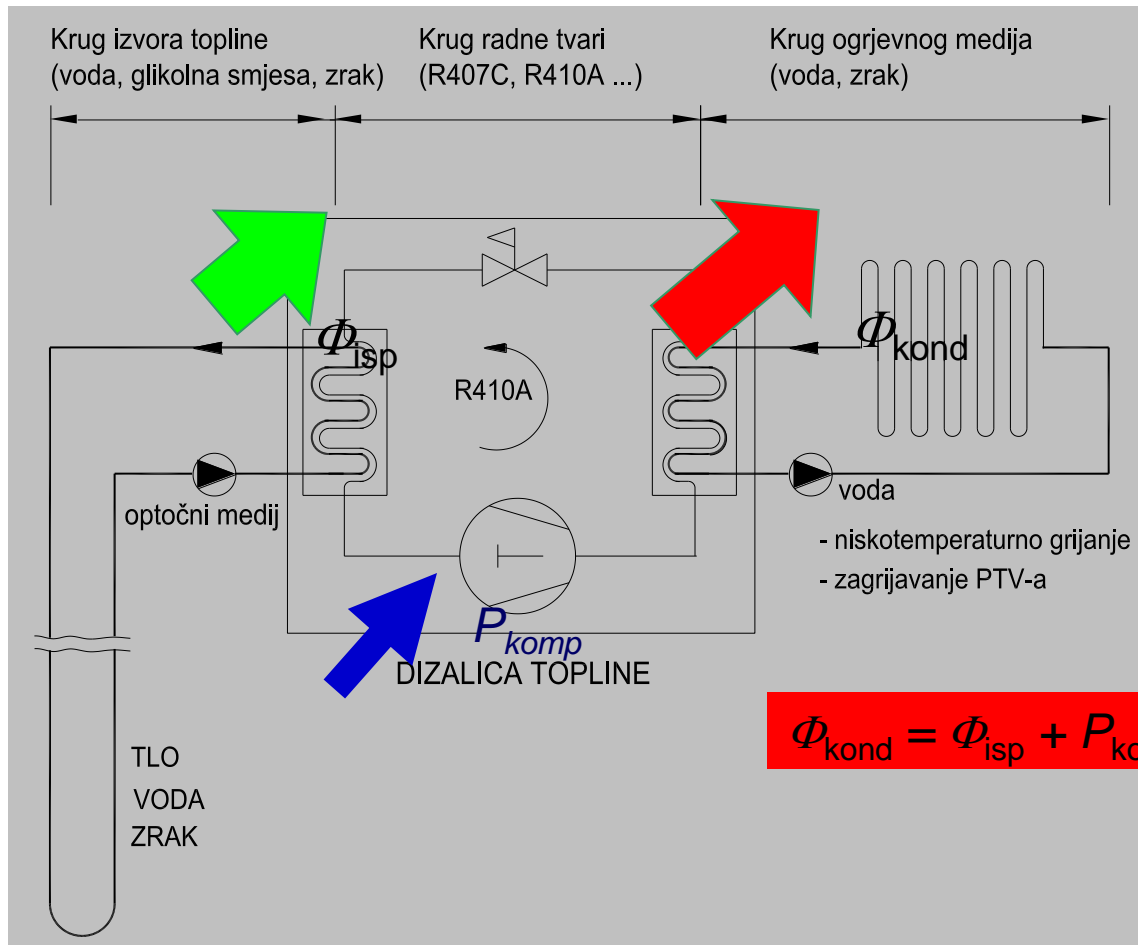


Broj instaliranih dizalica topline povezanih s tlom u EU zaključno s 2010.

(Izvor 11th EU Observer Report)

Zemlja	Broj DT	Instalirani učinak, MW _{th}
Švedska	378.311	4005
Njemačka	205.150	2570
Finska	60.246	1113
Francuska	151.938	1671,3
Austrija	61.808	729,5
Nizozemska	29.306	745
Danska	20.000	160
Poljska	19.320	257
Velika Britanija	18.390	239,1
Irska	11.658	202,7
Češka	13.349	197
Italija	12.357	231
Belgija	13.085	157
Estonija	6.382	91,8
Slovenija	3.948	54,8
Litva	2.221	41,5
Bugarska	543	20,6
Grčka	350	50
Slovačka	2.000	25,7
Mađarska	4.030	43
Ukupno	1.014.436	12.611

Način rada kompresijske dizalice topline



- Dizalica topline posreduje u prijenosu topline između dva toplinska spremnika: niskotemperaturnog, kojem se toplina (energija) odvodi, te visokotemperaturnog, kojem se ta toplina (energija) dovodi a uvećana je za energiju kompresije.
- Sustav dizalice topline sastoji se od tri kruga:
 - kruga izvora topline,
 - kruga radne tvari,
 - kruga ponora topline.

COP i SPF dizlice topline

Toplinski množitelj (COP) ili faktor grijanja dizalice topline definiran je izrazom:

$$\varepsilon_{\text{gr}}(\text{COP}) = \frac{\Phi_{\text{kond}}}{P_{\text{komp}}} \quad \Phi_{\text{kond}} = \Phi_{\text{isp}} + P_{\text{komp}}, \quad [\text{W}]$$

Godišnji toplinski množitelj $\varepsilon_{\text{gr,G}}$ (Seasonal Performance Factor - SPF) dizalice topline koristi se za proračun i dimenzioniranje sustava grijanja, a računa se pomoću sljedećeg izraza:

$$\text{SPF} = \frac{\sum_{\text{god}} (Q_{\text{GR}} + Q_{\text{PTV}})}{\sum_{\text{god}} E_{\text{sust}}} \quad \text{Proračun prema HRN EN 15316-4-2}$$

ΣQ_{GR} – godišnja potrebna toplinska energija za grijanje prostora, kWh

ΣQ_{PTV} – godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV, kWh

ΣE_{sust} - ukupna godišnja el. energija utrošena za: pogon kompresora, pumpi, ventilatora, pomoćnih grijača, te odleđivanje isparivača, kWh

RES direktiva 2009/28/EC: Promotion of the use of energy from renewable sources

Aneks VII RES direktive:

➤ Obnovljivi dio toplinske energije E_{RES} [kWh]:

$$E_{\text{RES}} = Q_{\text{usable}} * \left(1 - \frac{1}{\text{SPF}} \right)$$

➤ Dizalice topline se svrstavaju u obnovljive izvore energije ako je:

$$\text{SPF} > 1,15 * \frac{1}{\eta_{\text{el}}}$$

η_{el} – električna učinkovitost

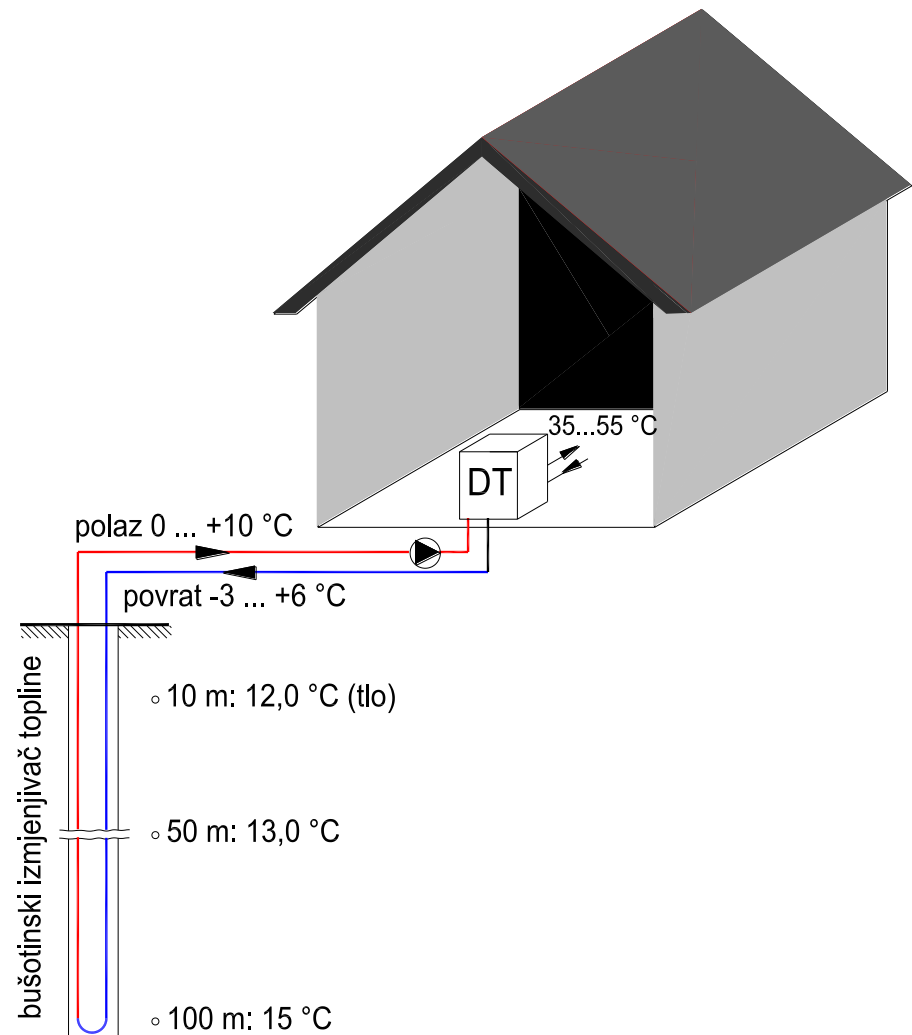
$$\text{Za } \eta_{\text{el}} = 0,4 \Rightarrow \text{SPF} > 2,88$$

➤ Obnovljivi dio toplinske energije:

$$\frac{E_{\text{RES}}}{Q_{\text{usable}}} = \left(1 - \frac{1}{2,88} \right) = 0,65 = 65 \%$$

DIZALICE TOPLINE TLO-VODA

3.1 Bušotinski izmjenjivači topline



➤ Institucije koje su nadležne za zaštitu podzemlja postavljaju pred izvođače i investitore BIT sljedeće zahtjeve:

- ispravno dimenzioniranje u skladu s važećim standardima
- odabir odgovarajućeg BIT i pomoćnog materijala,
- odabir odgovarajuće bušačke opreme,
- izvođenje stručnog bušenja, odabir kvalitetne ispune,
- trenutno informiranje o mogućim problemima,
- završno testiranje i upuštanje izmjenjivača u tlu u rad,
- provjera nepropusnosti.

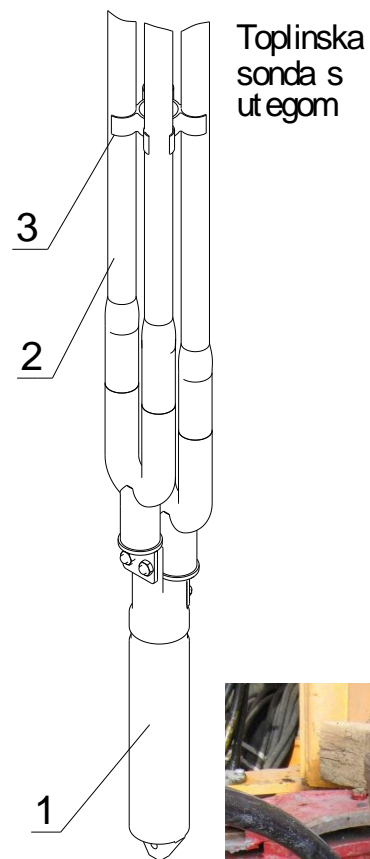
➤ Projektiranje dizalica topline s BIT do 30 kW provodi se prema procijenjenim vrijednostima učinka izmjenjivača u tlu, W/m i vremenu rada sustava, h (HRN EN 15450).

➤ Veći sustavi: ispitivanje svojstava tla (TRT test).

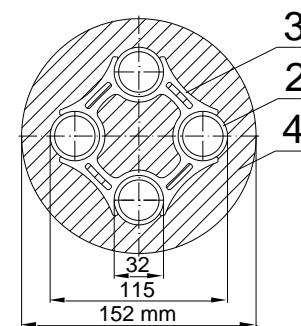
➤ Maksimalna toplinska energija preuzeta od tla na BIT-u: 100 ÷ 150 kWh/(m god).

➤ Temperaturna razlika nedirnite temperature tla i temp. glikolne smjese na izlazu iz BIT do: $\Delta\theta \approx 11^\circ\text{C}$.

GEOTERMALNA DIZALICA TOPLINE NA FSB-u



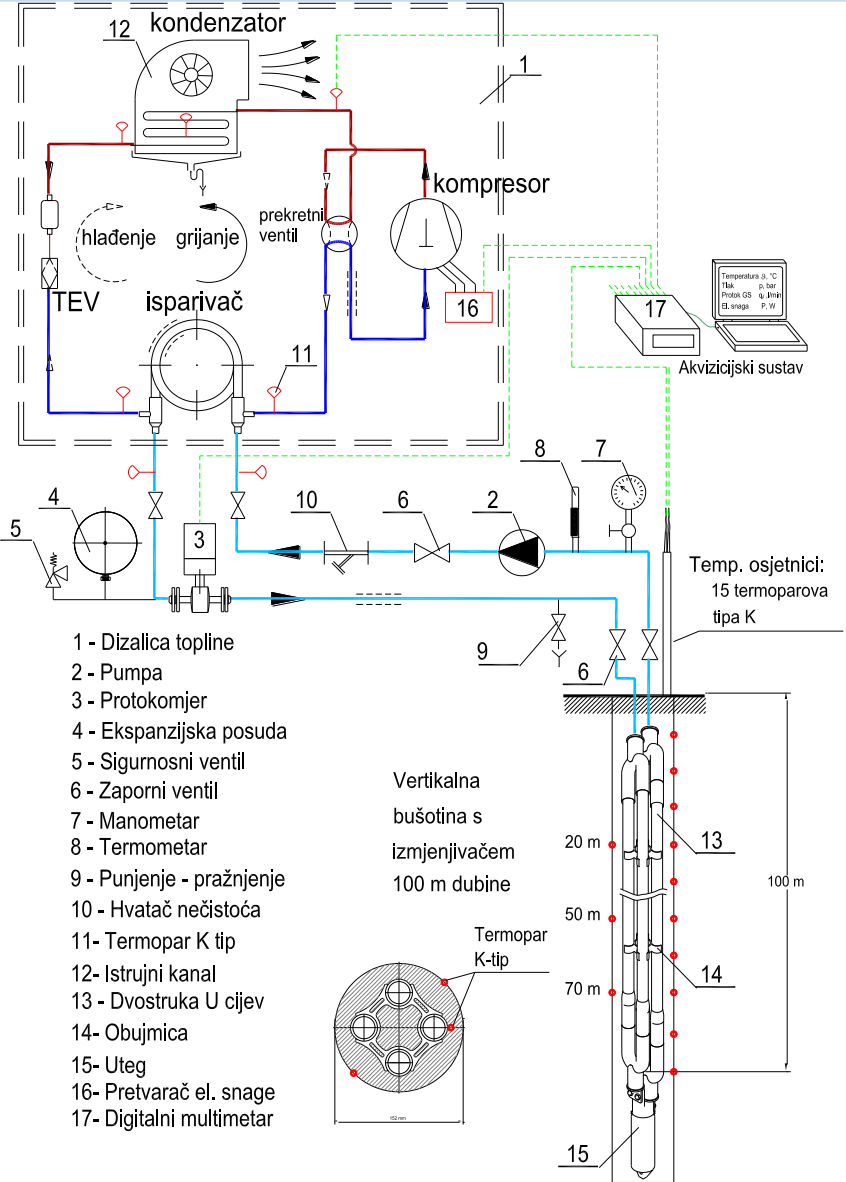
Poprečni presjek bušotine



- 1 - uteg
- 2 - U ajev
- 3 - obujmica
- 4 - ispuna

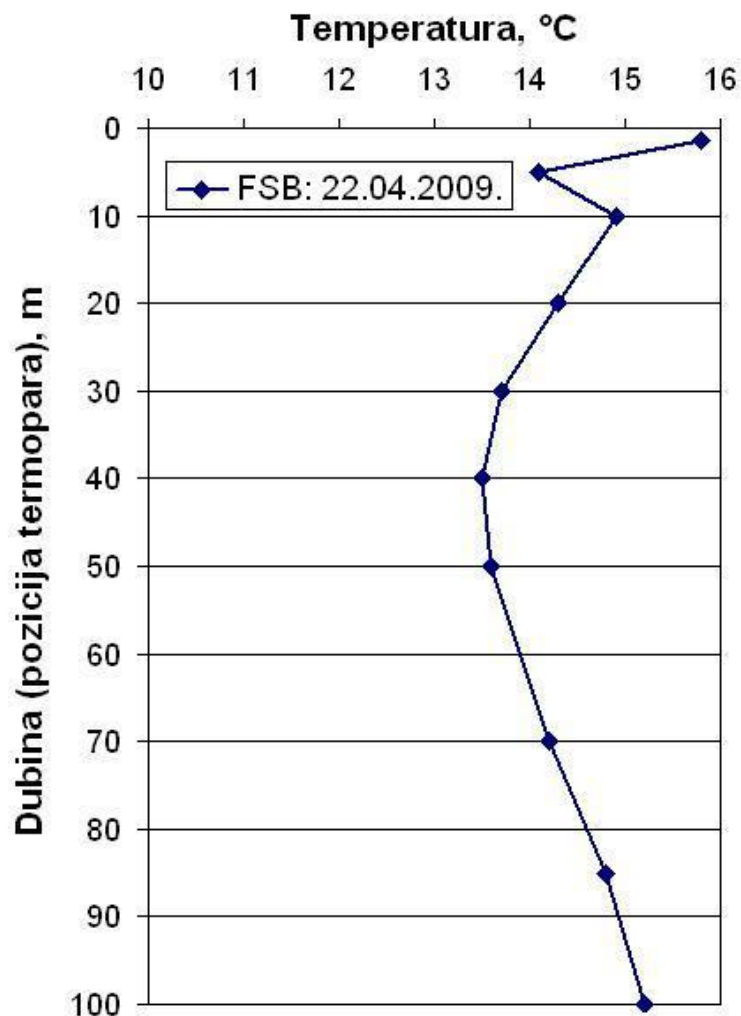


Shematski prikaz dizalice topline povezane s tlom



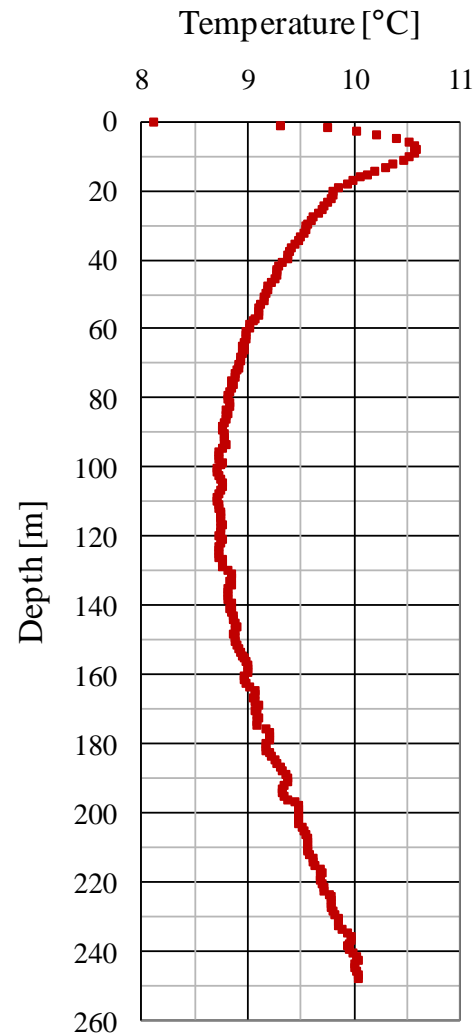
Rezultati mjerenja – temperatura neditnutog tla

FSB - Zagreb, Ivana Lučića 5

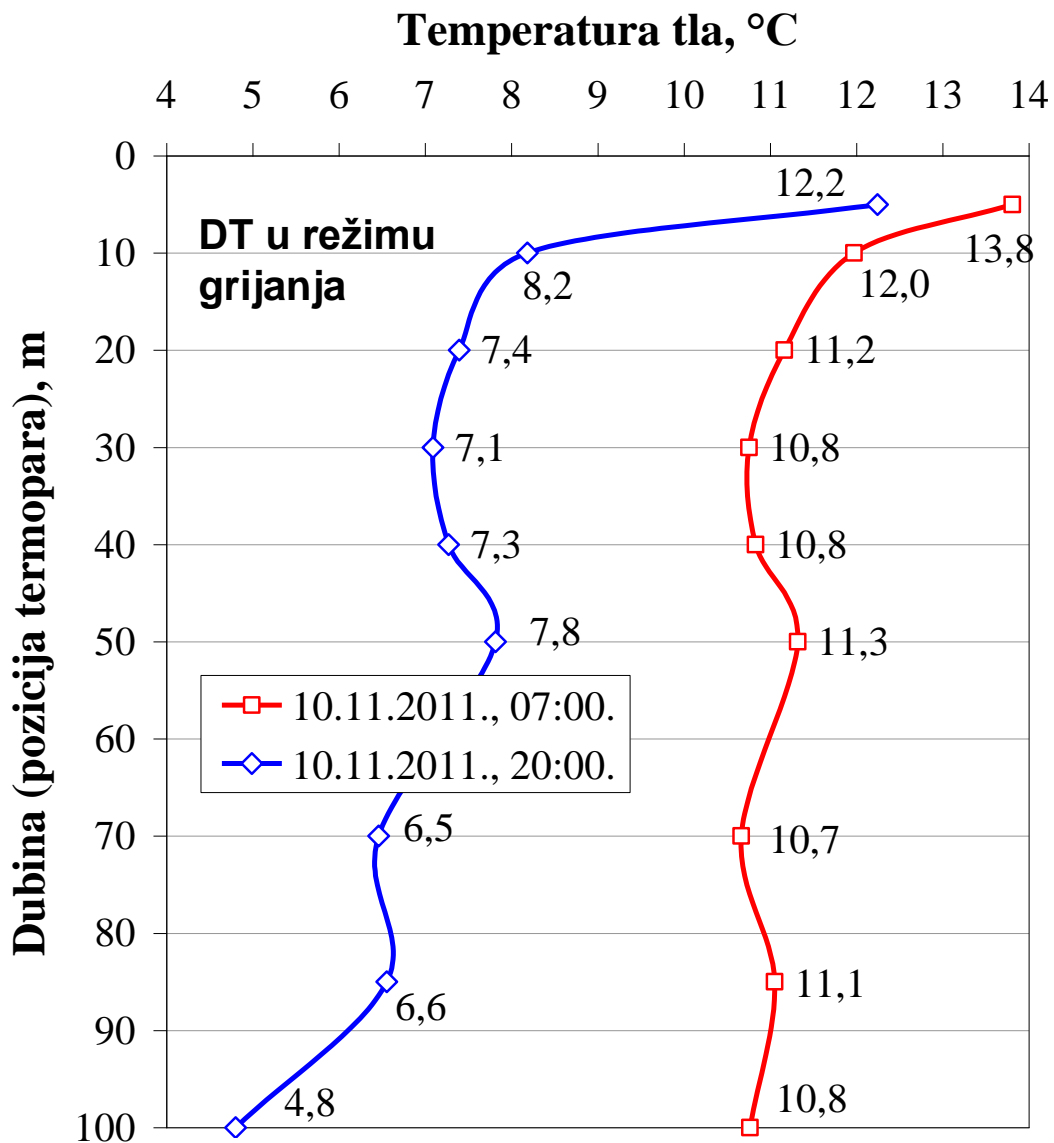


Na dubini 1,5 i 5 metara primjetan je utjecaj okolišnje temperature na temperaturu tla. Od 10 do 50 metara temperatura tla pada, da bi nakon 50 metara dubine, temperatura rasla sve do 100 m. **Temperatura tla na dubini 100 m je 15,2°C.**

Neditnuta temperatura tla, Stochkolm (Acuna, KTH 2010.)



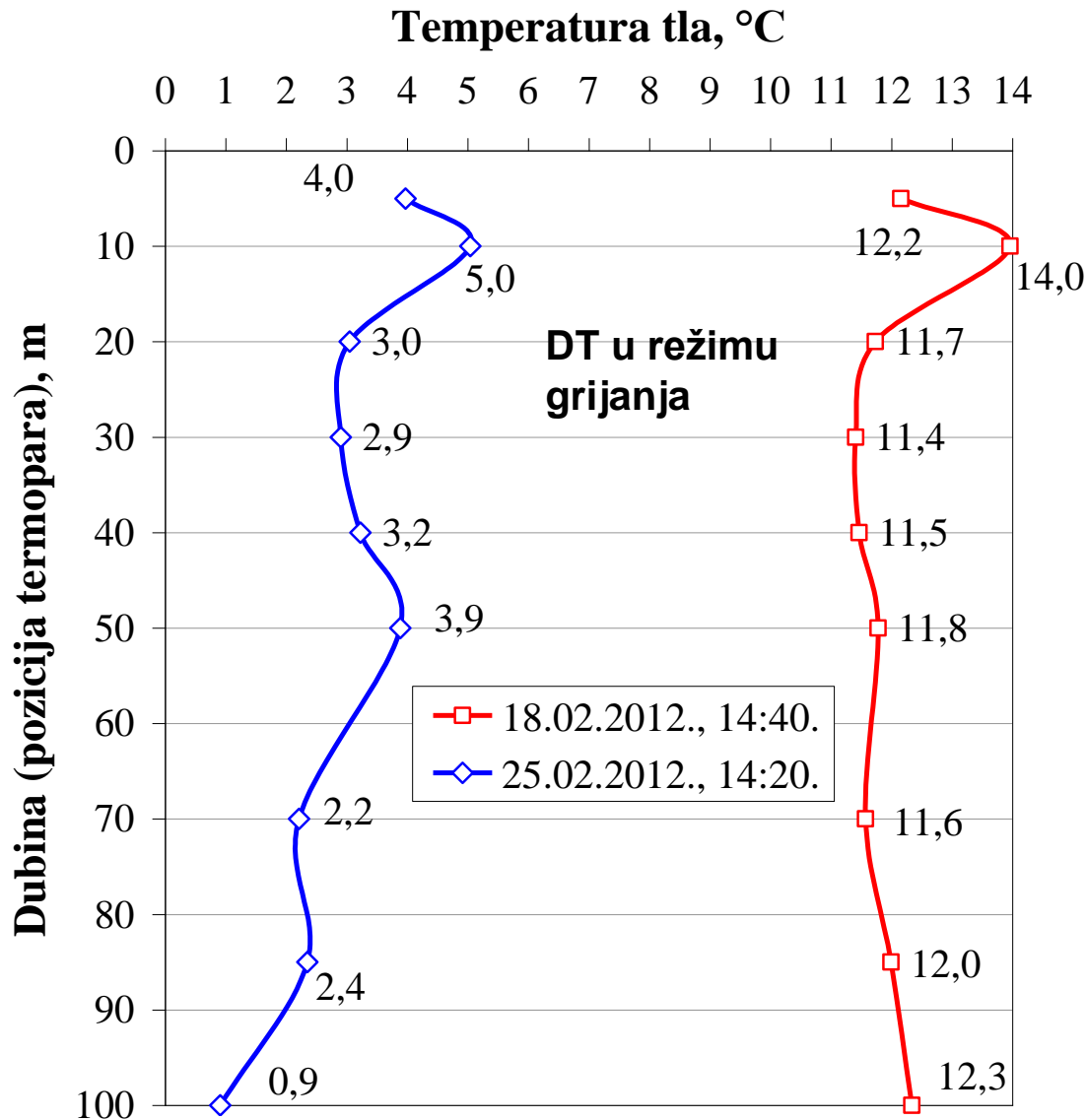
Rezultati mjerenja – 13 sati



Temperatura tla po visini bušotine, FSB, 10.11.2011.

- **Uključivanje uređaja u 07.00 sati**
- **Isključivanje uređaja u 20.00 sati**

Rezultati mjerenja - 7 dana - 18.02.-25.02.2012.



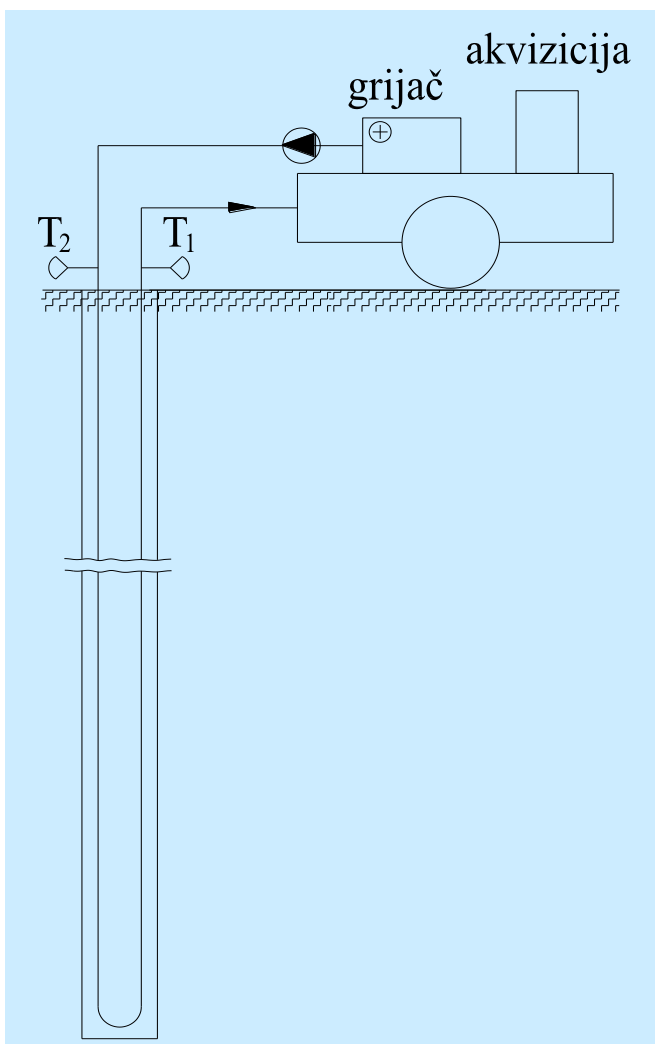
IPA projekt: Research and the promotion of use of shallow geothermal potential in Croatia

ISTRAŽIVANJE SADRŽI:

- Javni natječaj za izvedbu bušotina
- Izvedba bušotine dubine 100 m (7 lokacija, bušotina na FSB-u dubine 150 m)
- Bušenje s uzimanjem uzoraka tla-jezgrovanje (HGI)
- Polaganje bušotinskog izmjenjivača topline u bušotinu
- Polaganje optičkih vlakana za mjerenje temperature duž bušotine (KTH, Stockholm)
- Provedba TRT testa s određivanjem lokalnih toplinskih svojstava tla duž bušotine
- Određivanje polja bušotina na predmetnim lokacijama te preslikavanje istraživanja na slična geološka područja diljem HR
- Opremanje škola s dizalicama topline s ciljem promocije navedene tehnologije



Ispitivanje toplinskih svojstava tla (TRT) i projektiranje polja bušotina



➤ Ispitivanje toplinskog odziva tla provodi se u pravilu višednevnim grijanjem bušotinskih izmjenjivača topline (72 sata), uz održavanje konstantne snage grijača

Opis	Parametar
Dubina sonde H	100m
Promjer bušotine D_b	152 mm
Tip sonde	dvostruka U-cijev, PE 100
Vanjski promjer cijevi	32 mm
Debljina stijenke cijevi	2,9 mm
Oсни razmak cijevi	83 mm
Ispuna	bentonit, cement 1/1
$\rho \cdot c_p$ tla	2,4 MJ/(m ³ K)
Cirkulacijski medij	voda
Prosječni protok vode	1410 l/h
Prosječna snaga grijača	4,26 kW

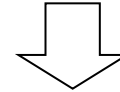
PROJEKTIRANJE POLJA BUŠOTINA – Ispitivanje toplinskog odziva tla – TRT test



TRT test na lokaciji IKEA Rugvica

Vrijednosti dobivene mjerenjem toplinskog odziva tla:

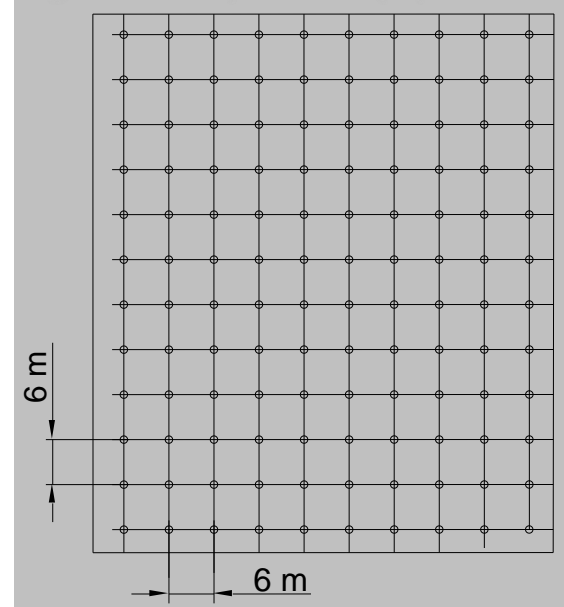
- toplinska vodljivost tla $\lambda = 1,69 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- unutarnji otpor bušotine $R_b = 0,074 \text{ (m}\cdot\text{K)/W}$



ULAZNI PODACI ZA DIMENZINIRANJE
POLJA BUŠOTINA

$$Q_H, Q_C$$

Programski paketi (npr. EED)



5. ZAKLJUČAK - CILJEVI

- Određivanje toplinskih potencijala tla na 8 lokacija diljem Hrvatske (mapiranje RH) u svrhu dobivanja ulaznih podataka za projektiranje polja bušotina kao izvora/ponora topline za primjenu dizalica topline u sustavima grijanja/hlađenja.
- Poznavanje svojstava podzemlja i prirode prijelaznih pojava u njemu, sprječavanje smrzavanja i pothlađivanja tla, modeliranje nestacionarnih promjena u tlu i određivanje vremena rada sustava s ciljem održivog korištenja energije tla.
- Kvalitetna primjena tehnologije za što je potrebno poznavanje: geološkog sastava i toplinskih svojstava tla, tehničkih propisa koji se odnose na učinkovitost i sigurnosti rada dizalica topline, zaštite okoliša, smjernica za projektiranje, smjernica za dobivanje dozvole za gradnju, te ovlašćivanje bušača i izvođača radova.
- **Cilj - godišnja energetska bilanca podzemlja $\approx \emptyset$!?**
podzemlje je tada istinski obnovljivi spremnik topline

HVALA NA PAŽNJI

Tonko Ćurko

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
Ivana Lučića 5, Zagreb
tonko.curko@fsb.hr