



University of Zagreb
FACULTY OF MINING,
GEOLOGY AND PETROLEUM
ENGINEERING



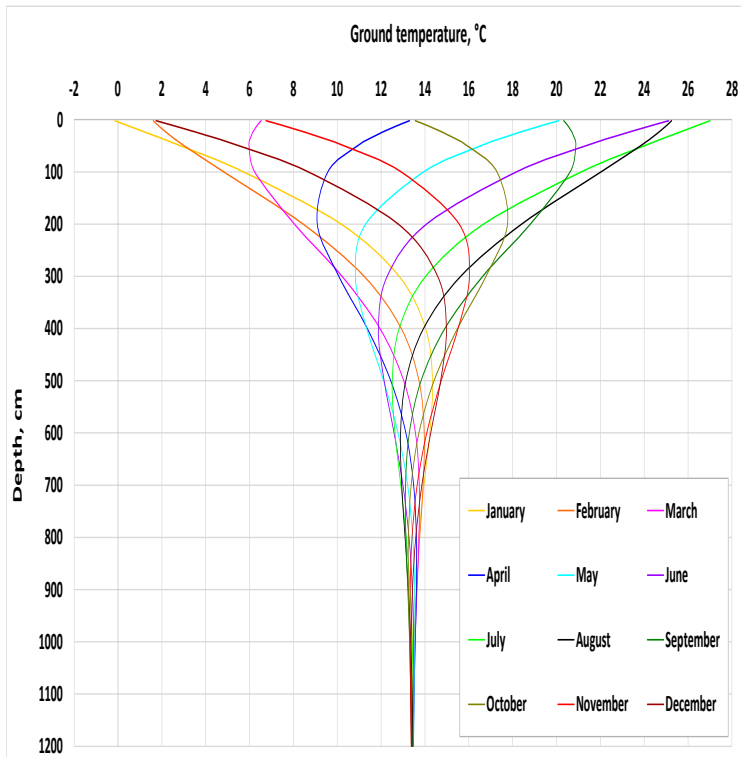
Nova inovativna metoda korištenja testa toplinskog odaziva tla (TRT) za određivanje prinosa geotermalnih bušotinskih izmjenjivača topline

uni.bacc.ing.petrol. Kristina Strpić

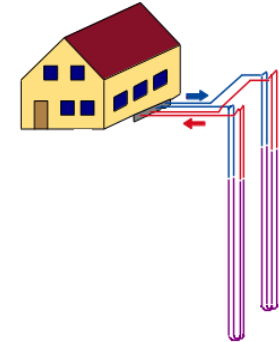
Mentor: izv.prof.dr.sc. Tomislav Kurevija



Plitka geotermalna energija



- Bušotinski izmjenjivči topline (50-150 m) -> 15 -20°C
- Dizalice topline
- Srednji godišnji COP 3,5-4,5



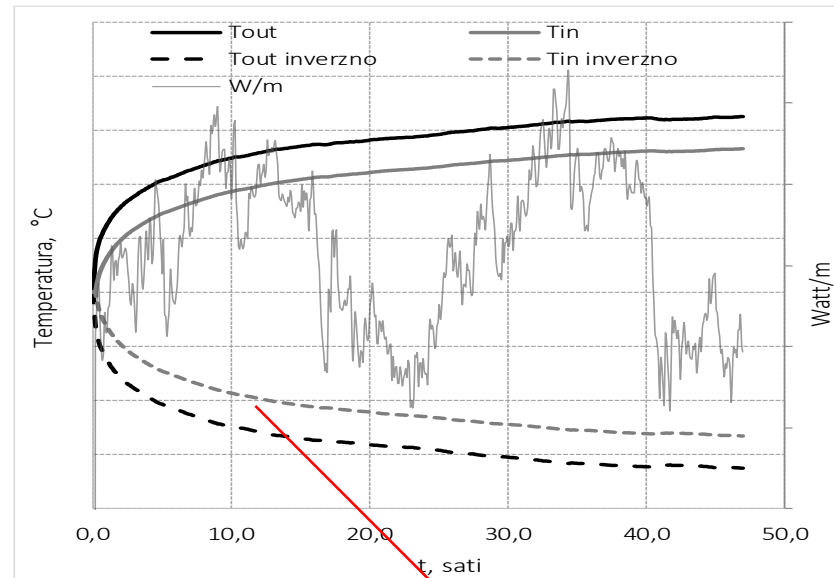
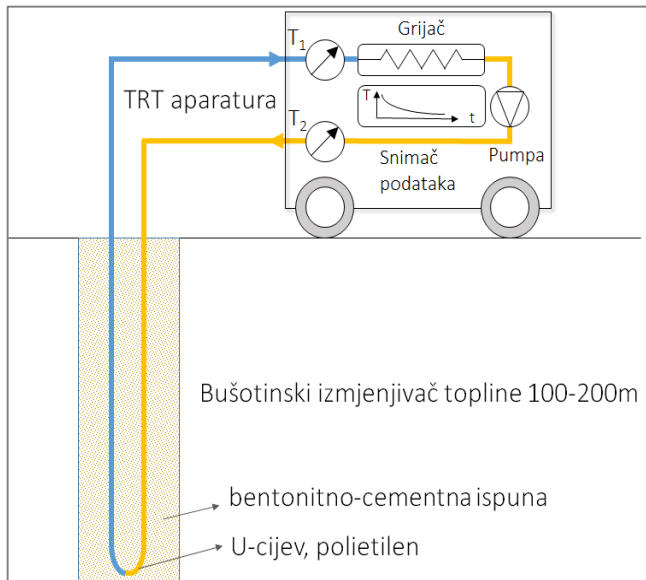
- Hrvatska
 > 300 2U sustava
 ~ 70 otklonjenih CX sustava

Švedska	497 658
Njemačka	330 244
Francuska	148 675
Austrija	95 860
Poljska	30 255
Slovenija	5 500
Slovačka	3073
Mađarska	2 579



Dimenzioniranje bušotinskih izmjenjivača topline

- termogeološki, tehnički, klimatski parametri
- programski paketi – kataloške vrijednosti α i λ **< TRT** (test odaziva topline tla)
- ustaljeno širenje toplinskog toka



Inverzna krivulja za
pridobivanje
toplinske snage iz tla



Bušotinski izmjenjivači na Rudarsko-Geološko-Naftnom fakultetu



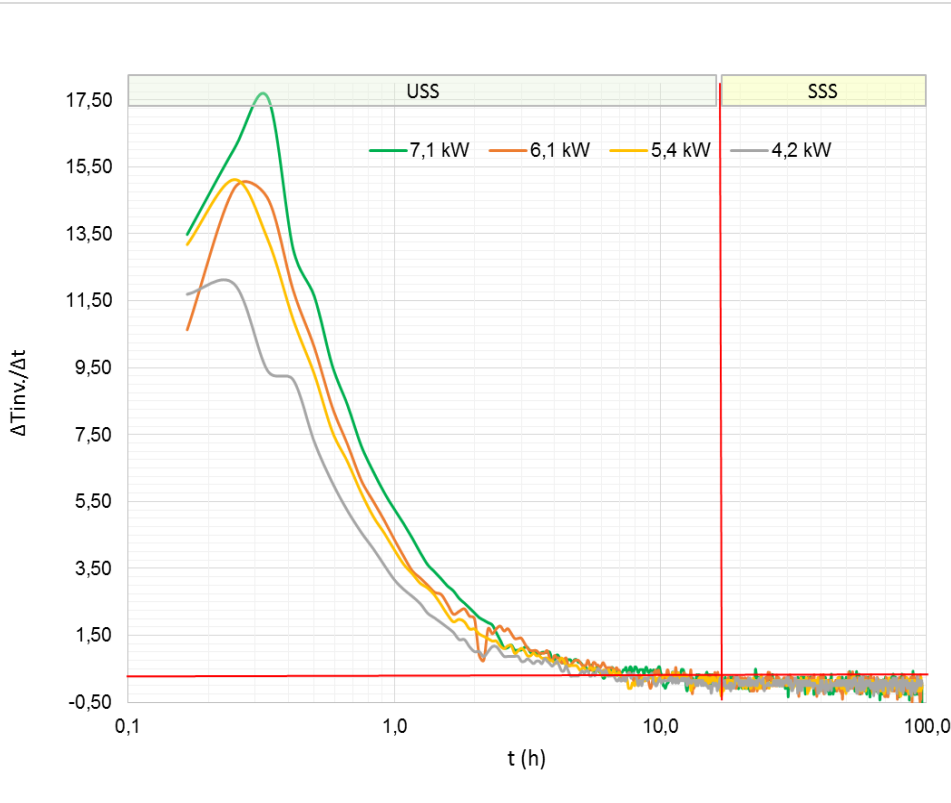
- 2 koso usmjerena kanala, CX (otklon 45°)
- 2x 50 m
- $r = 0,055\text{m}$
- $\alpha = 0,4992\text{ m}^2$, odnosno $0,00208\text{m}^2/\text{h}$ (kataloška vrijednost za šljunčano tlo)
- Mješavina bentonita i vode
- Mjerenja: od studenog 2016. do veljače 2017.

TRT aparatura



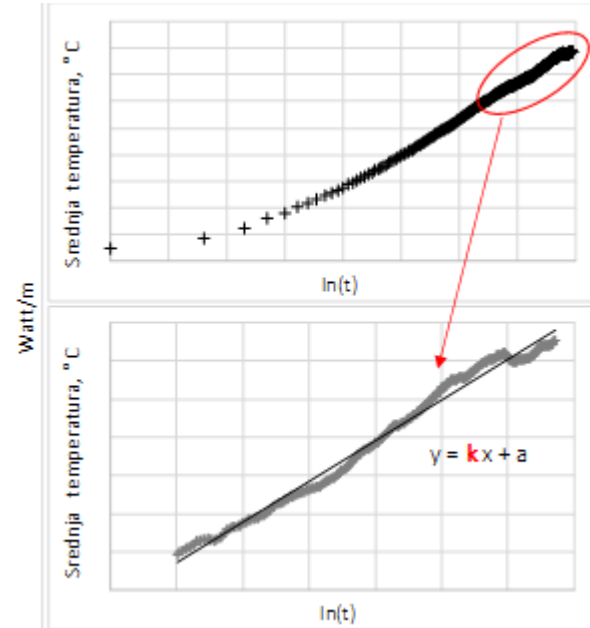
Hidrodinamička mjerenja i analogija sa termogeologijom

Svrha hidrodinamičkih mjerenja: određivanje propusnosti, oštećenja formacije, ukupnog volumena ležišta



TRT

→ određivanje toplinske vodljivosti tla, λ [W/m°C]



$$\lambda = \frac{q'}{4\pi k}$$

→ narinuta toplinska snaga po metru bušotine (W/m)

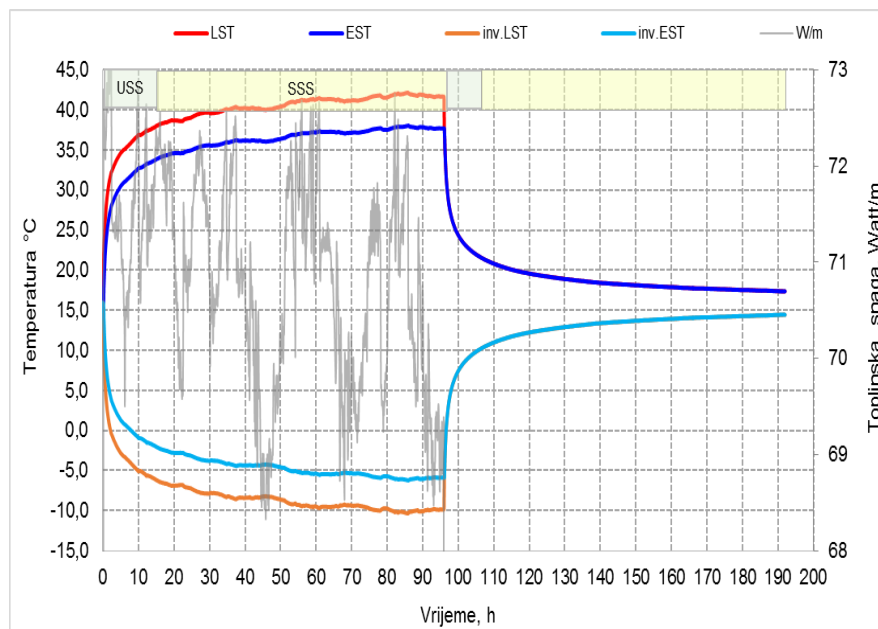
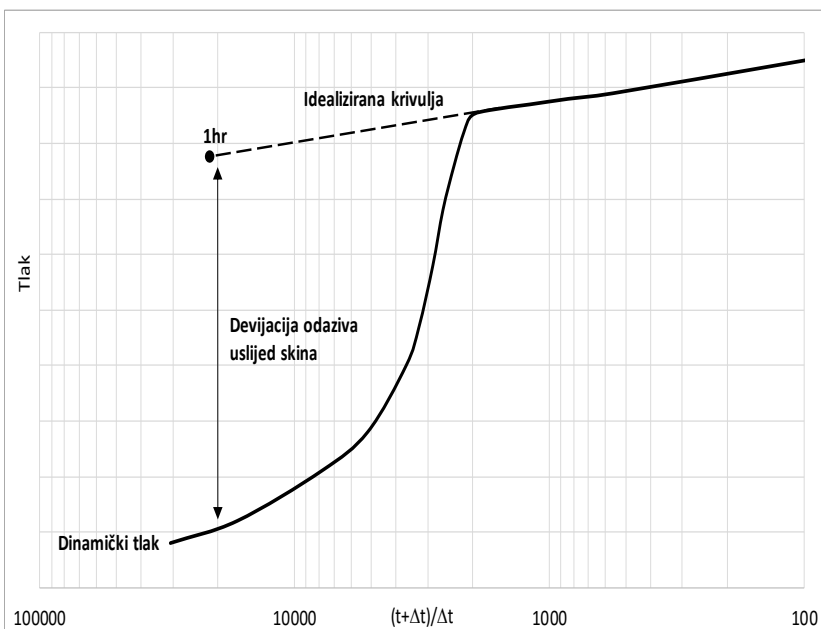
$$t = \frac{5r^2}{\alpha}$$

→ Radijus bušotine, [m]

→ Provodljivost tla, [m²/h]



Test porasta tlaka ≈ test oporavka temperature

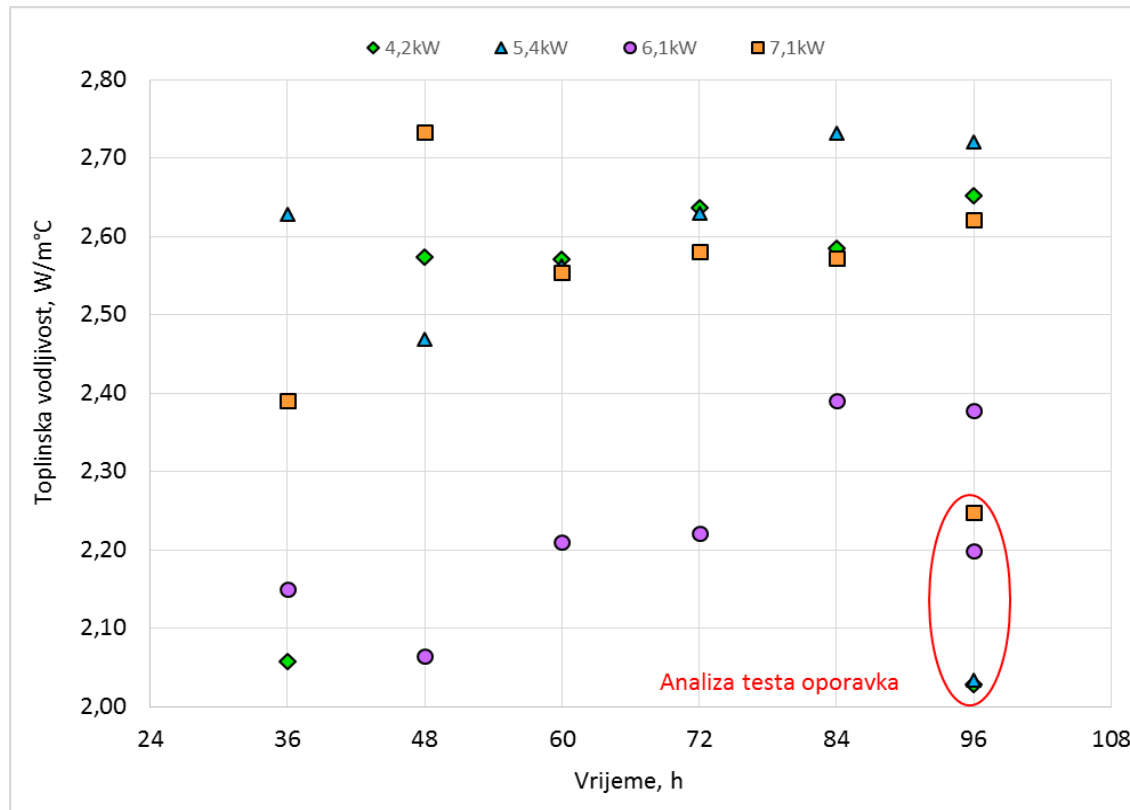


- Hornerova metoda

- Nema varijacija u naponu



Rezultati dobivenih toplinskih vodljivosti



Klasičan TRT – napravljena i 12satna analiza

Najdulje mjerenje – najtočnije

Klasični TRT $\lambda = 2,38-2,72 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, test oporavka temperature tla $\lambda = 2,03-2,25 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

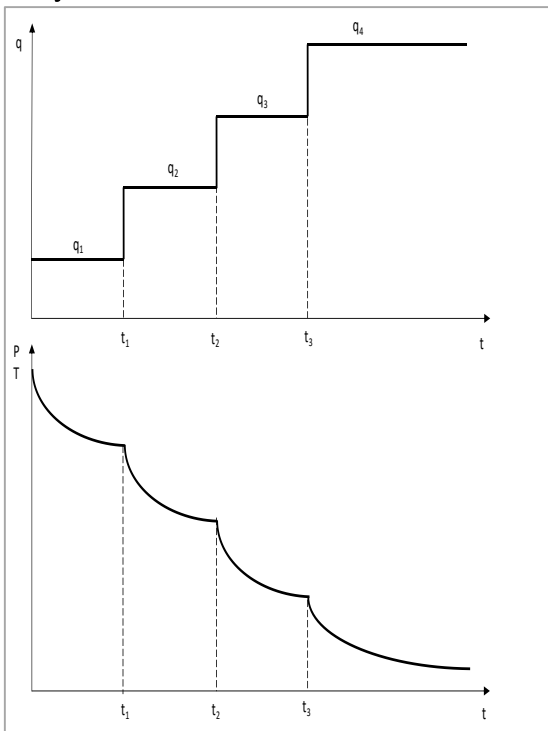


Step testovi

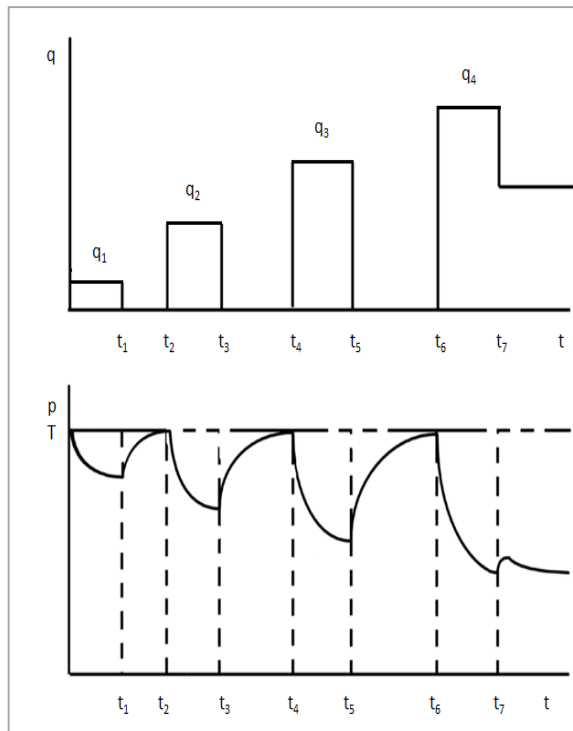
(testovi s višestrukim protočnim/toplinskim uvjetima)

- Bušotina u realnim uvjetima ne proizvodi uvijek konstantnim protokom
- Načelo superpozicije
- Izvođenje step testova

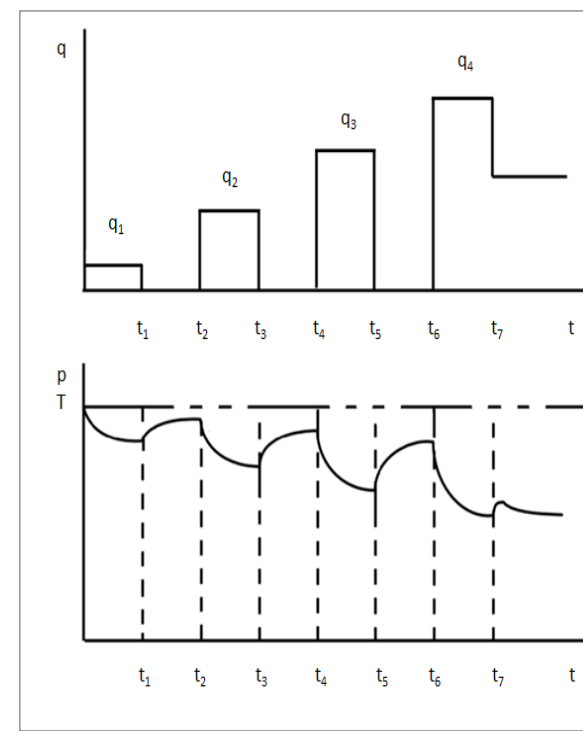
Standardni test s višestrukim protočnim uvjetima



Izokronalni test



Modificirani izokronalni test

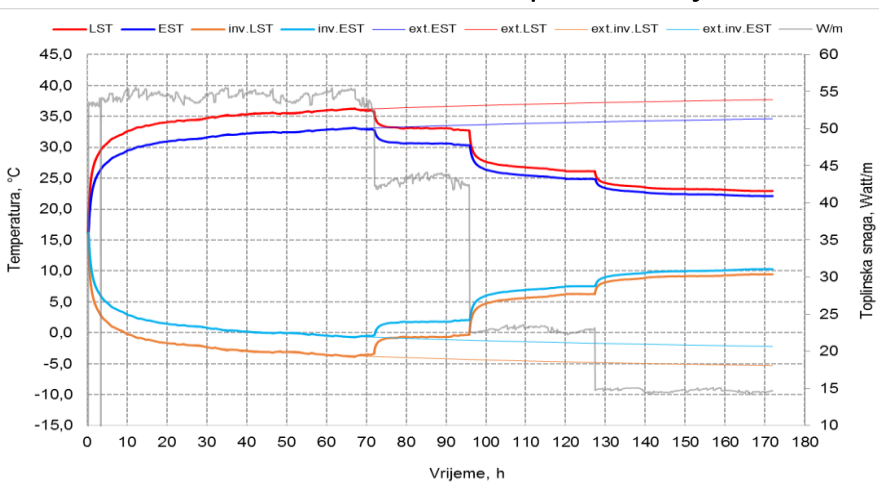




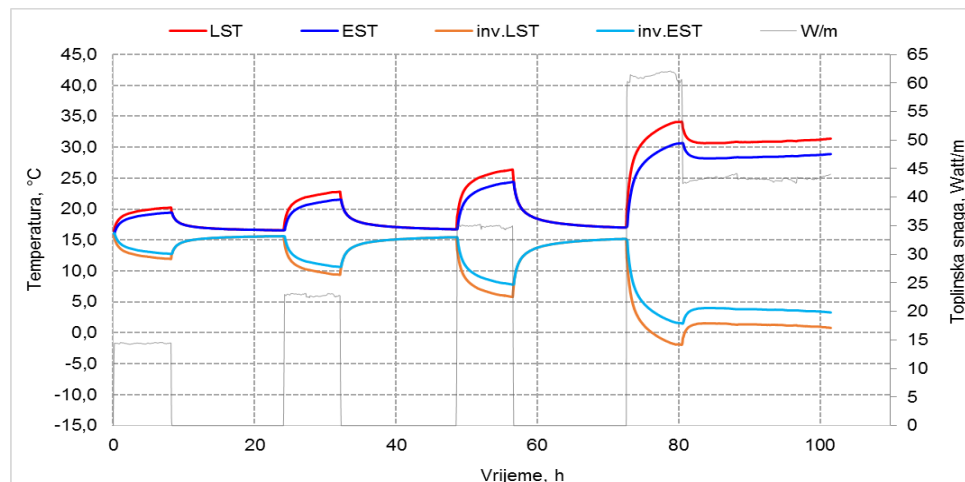
Rezultati inovativne metode provođenja *Thermal response testa*

(analogno step-testovima u hidrodinamici)

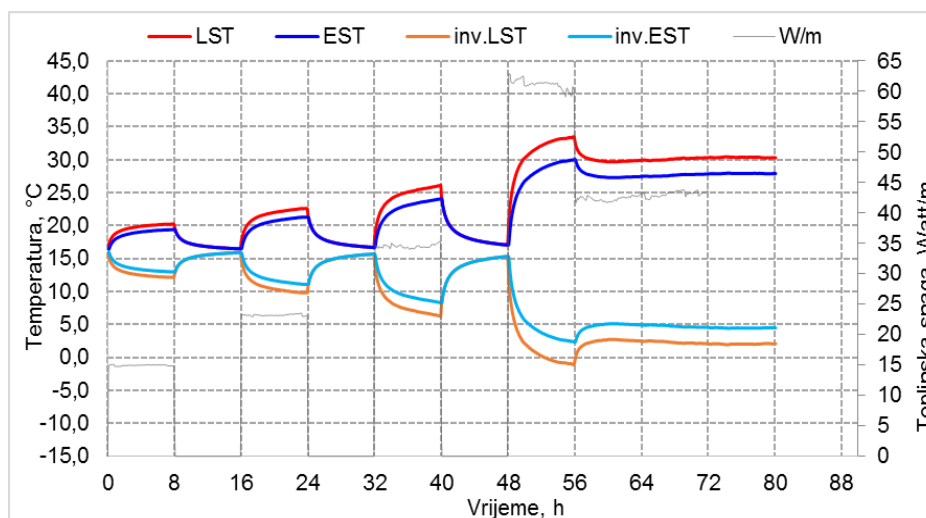
Standardni test s višestrukim toplinskim uvjetima



Izokronalni test



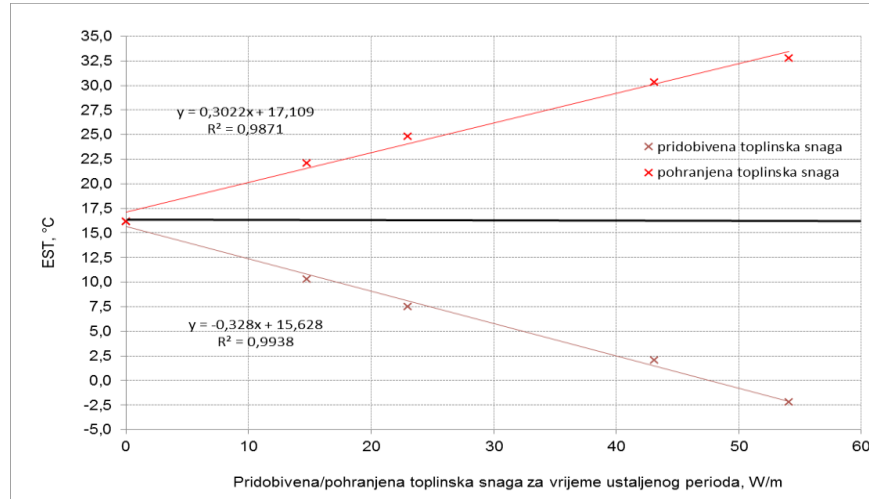
Modificirani izokronalni test



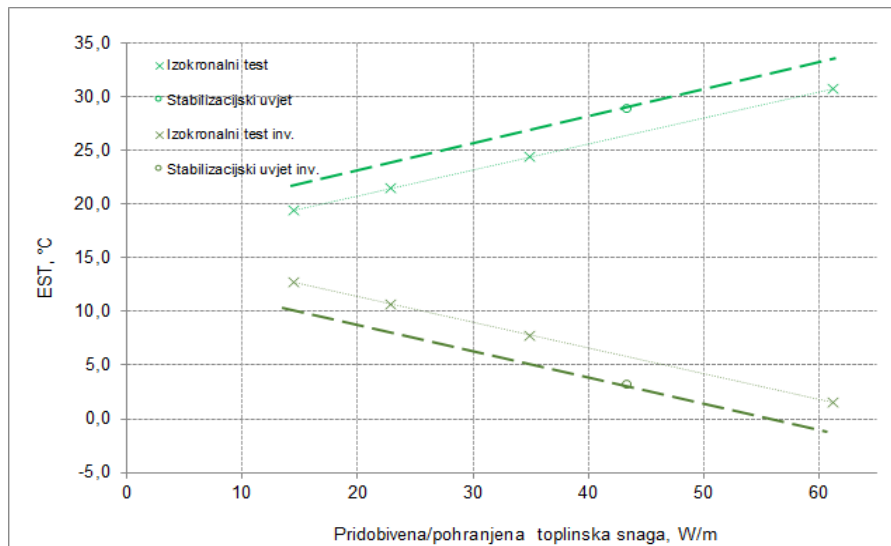


Stabilizirane proizvodne karakteristike dobivene iz step-testova

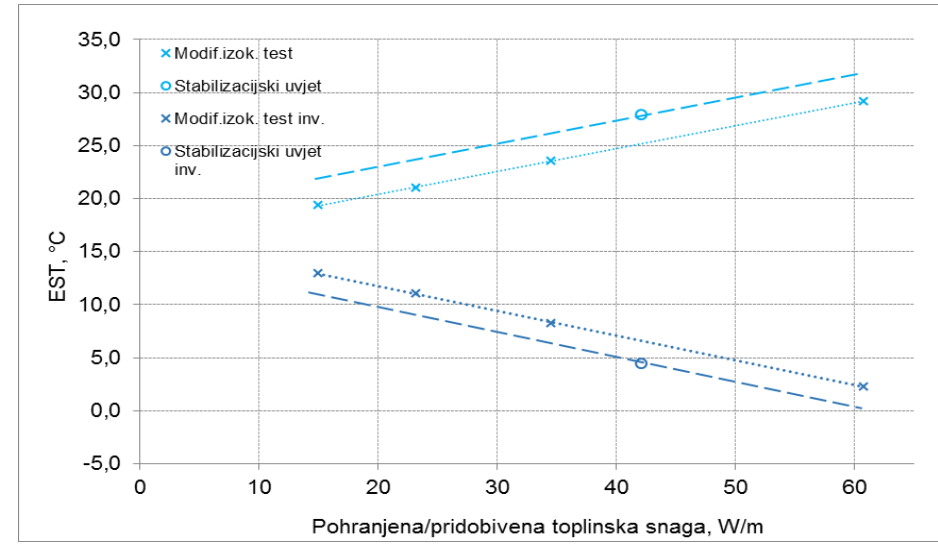
Standardni test s višestrukim toplinskim uvjetima



Izokronalni test

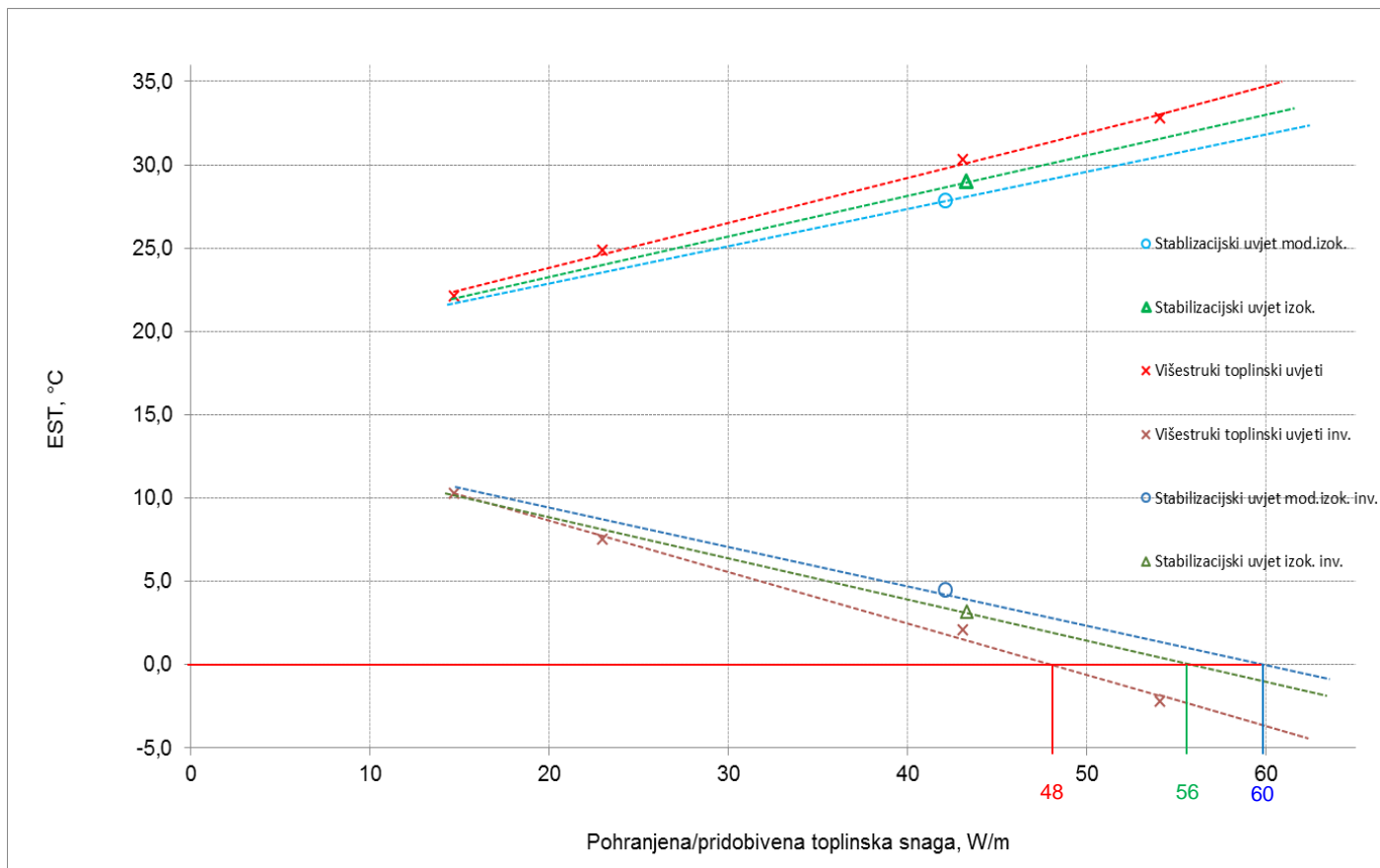


Modificirani izokronalni test





Usporedba dobivenih proizvodnih karakteristika



Zaključak

- Potvrđena hipoteza istraživanja, da su metode iz hidrodinamičkih mjerenja primjenjive na mjerenja u termogeologiji
- Inovativna metoda provođenja Thermal response testa daje preciznije rezultate mjerenja koji manje ovise o uvjetima mjerenja
- Provođenje Thermal response testa mora nužno biti ograničeno samo na određivanje toplinske vodljivosti tla, već može poslužiti za procjenu mogućnosti pohrane/pridobivanja topline iz tla.



IKEA Zagreb



300 energetskih pilota
20m dubine
bivalentni režim



Hvala na
pažnji!

