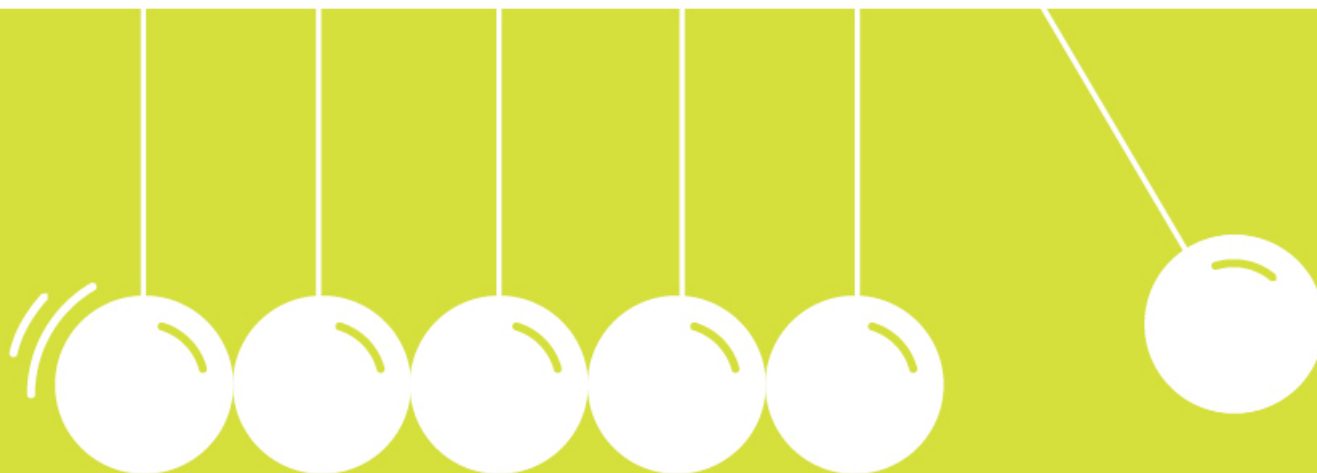




Razvoj konceptualne elektrokalične hladilne naprave

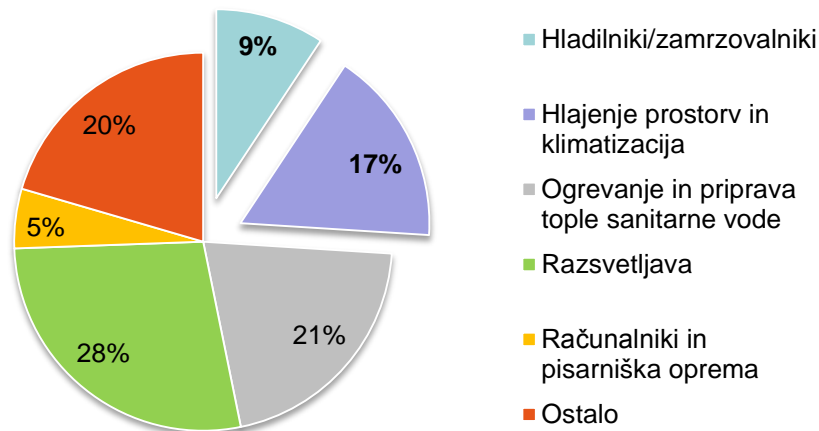


Uroš Plaznik



Energetsko okoljski vidiki

Poraba električne energije v terciarnem sektorju po segmentih – EU ^{a)}



- letni obseg prodaje opreme za hlajenje v komercialne namene: - EU: 7 milijard € ^{a)}
- globalno: 23.5 milijard € ^{b)}
- **večina hlada** je proizvedenega v **parno-kompresijskih hladilnih napravah**:
 - **okolju škodljive** delovne snovi (plini)
 - **dosežena zgornja meja energetske učinkovitosti**

a) P. Bertoldi, et al. (2012) Energy Efficiency Status Report 2012, JRC Scientific and Policy Reports

b) <http://www.transparencymarketresearch.com/commercial-refrigeration-equipment-market.html>

Elektrokalorično hlajenje



Elektrokalorično hlajenje je alternativna hladilna tehnika, ki ima nekatere potencialne prednosti pred obstoječimi tehnologijami hlajenja:

- višja energijska učinkovitost
- ni škodljivih vplivov na okolje (ODP=0, GWP=0)
- odsotnost visokih/nizkih tlakov
- zmanjšanje ravni hrupa in vibracij
- kompaktnejše naprave



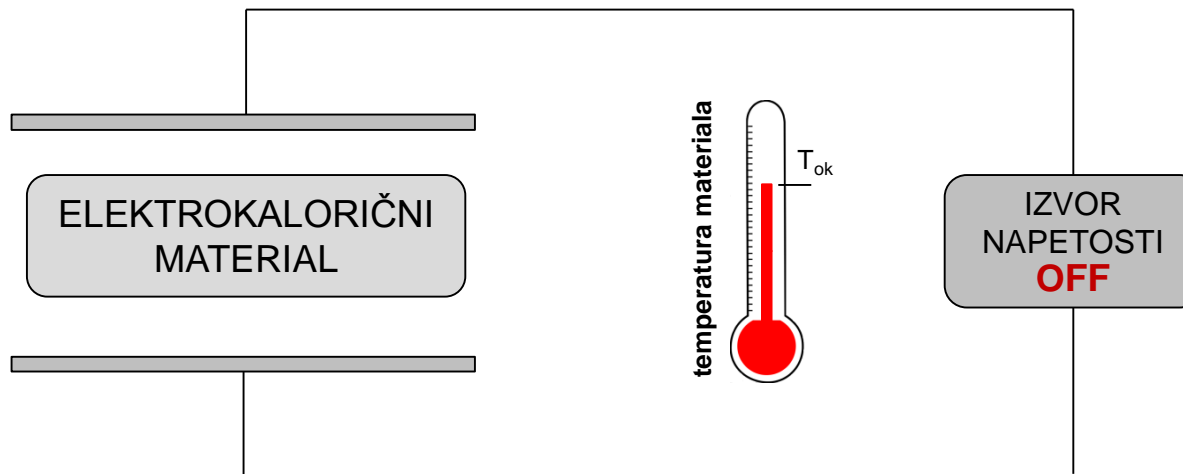
Napredek na področju elektrokaloričnega hlajenja možno prenesti na druga področja:

- tehnologija elektrokaloričnih **toplotnih črpalk**
- **piroelektrično pridobivanje električne energije**



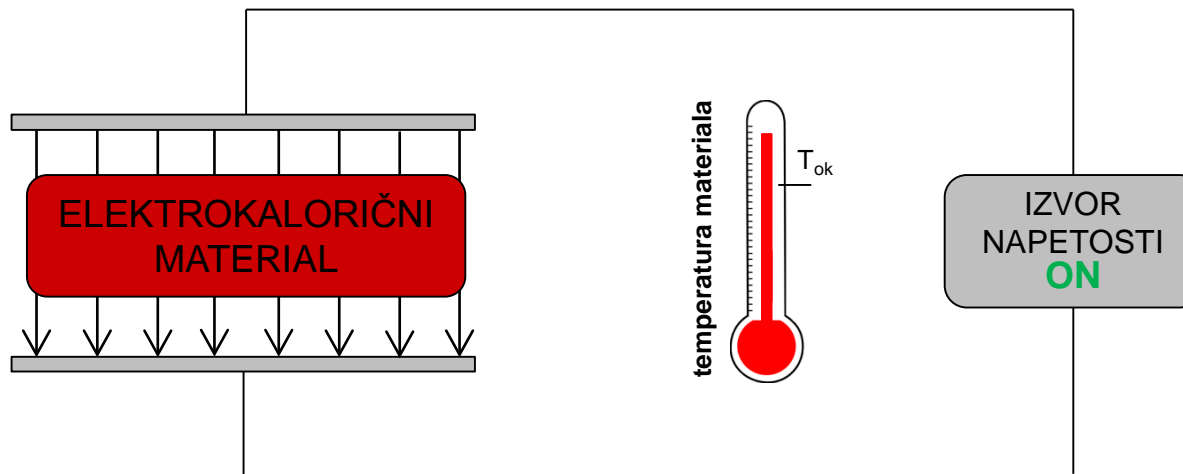
Elektrokalorični efekt

- temelji na pojavu imenovanem **elektrokalorični efekt**
- lastnost nekaterih **dielektričnih materialov**
- **sprememba temperature** vzbujena s spremembo **električnega polja**



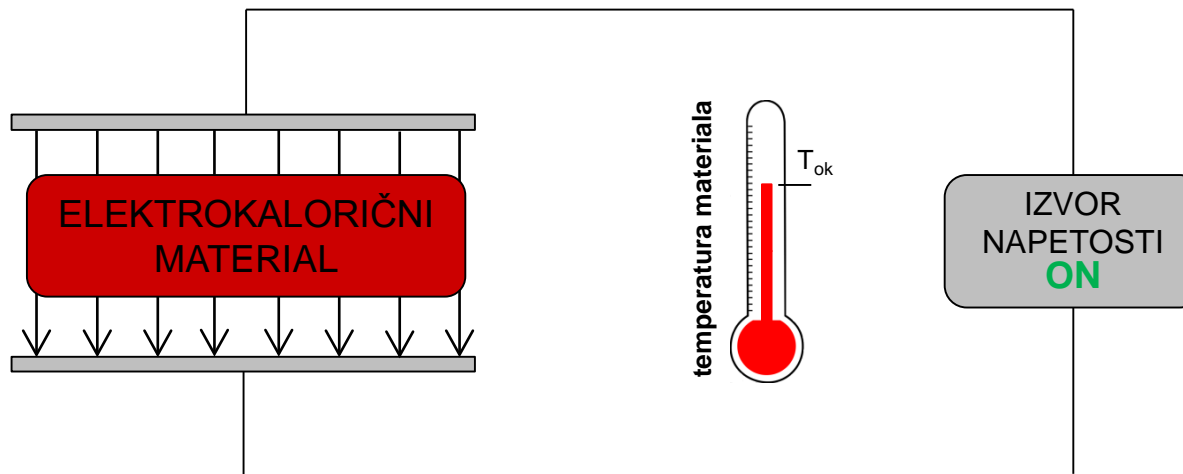
Elektrokalorični efekt

- temelji na pojavu imenovanem **elektrokalorični efekt**
- lastnost nekaterih **dielektričnih materialov**
- **sprememba temperature** vzbujena s spremembo **električnega polja**



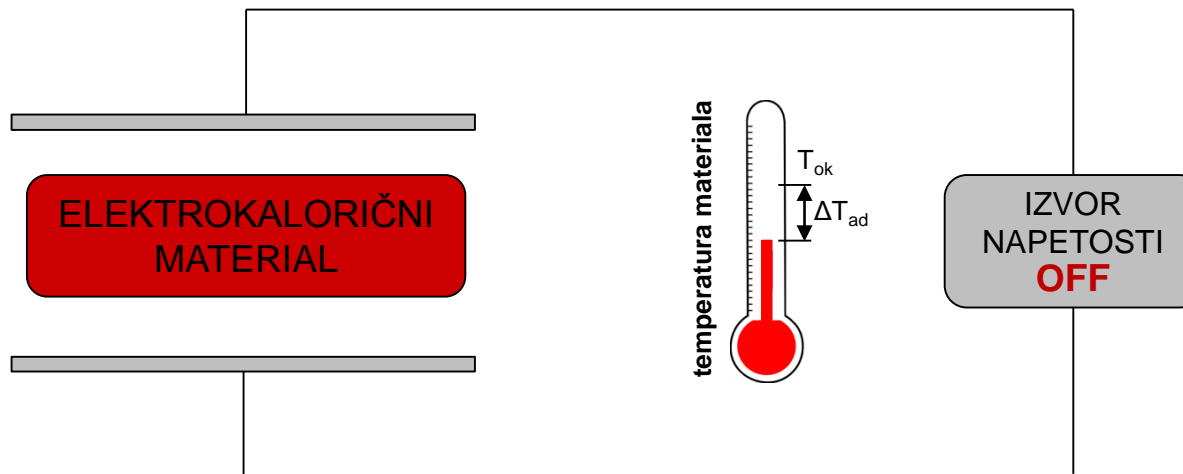
Elektrokalorični efekt

- temelji na pojavu imenovanem **elektrokalorični efekt**
- lastnost nekaterih **dielektričnih materialov**
- **sprememba temperature** vzbujena s spremembo **električnega polja**



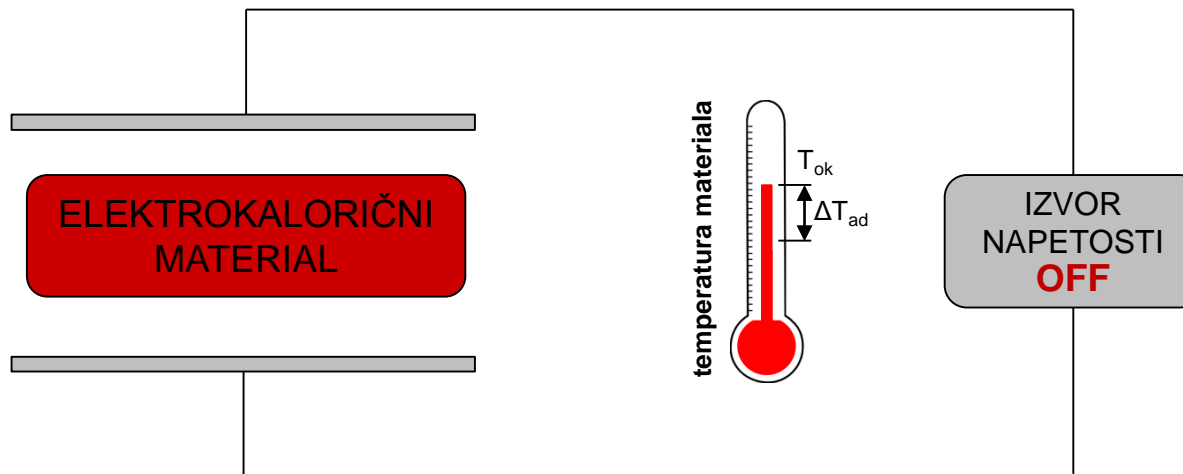
Elektrokalorični efekt

- temelji na pojavu imenovanem **elektrokalorični efekt**
- lastnost nekaterih **dielektričnih materialov**
- **sprememba temperature** vzbujena s spremembo **električnega polja**

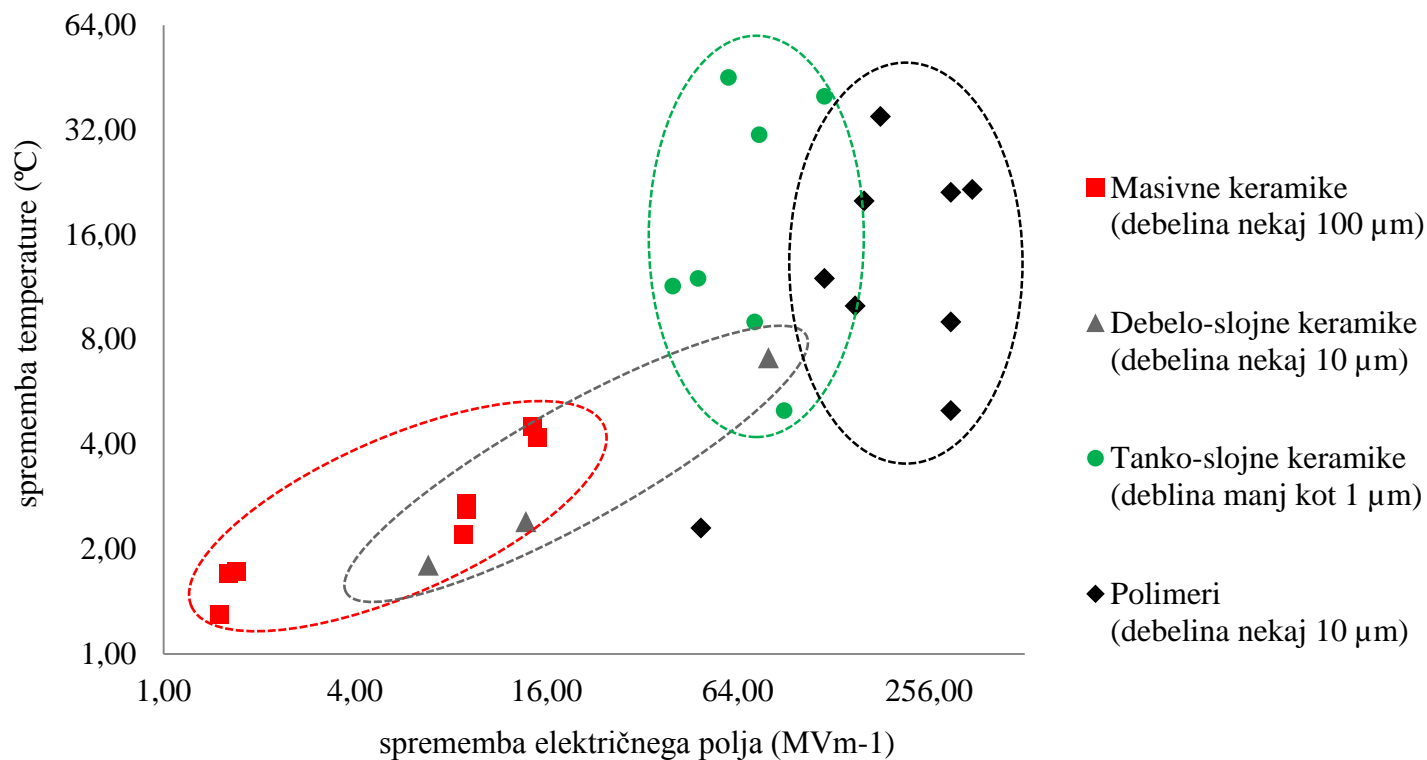


Elektrokalorični efekt

- temelji na pojavu imenovanem **elektrokalorični efekt**
- lastnost nekaterih **dielektričnih materialov**
- **sprememba temperature** vzbujena s spremembo **električnega polja**

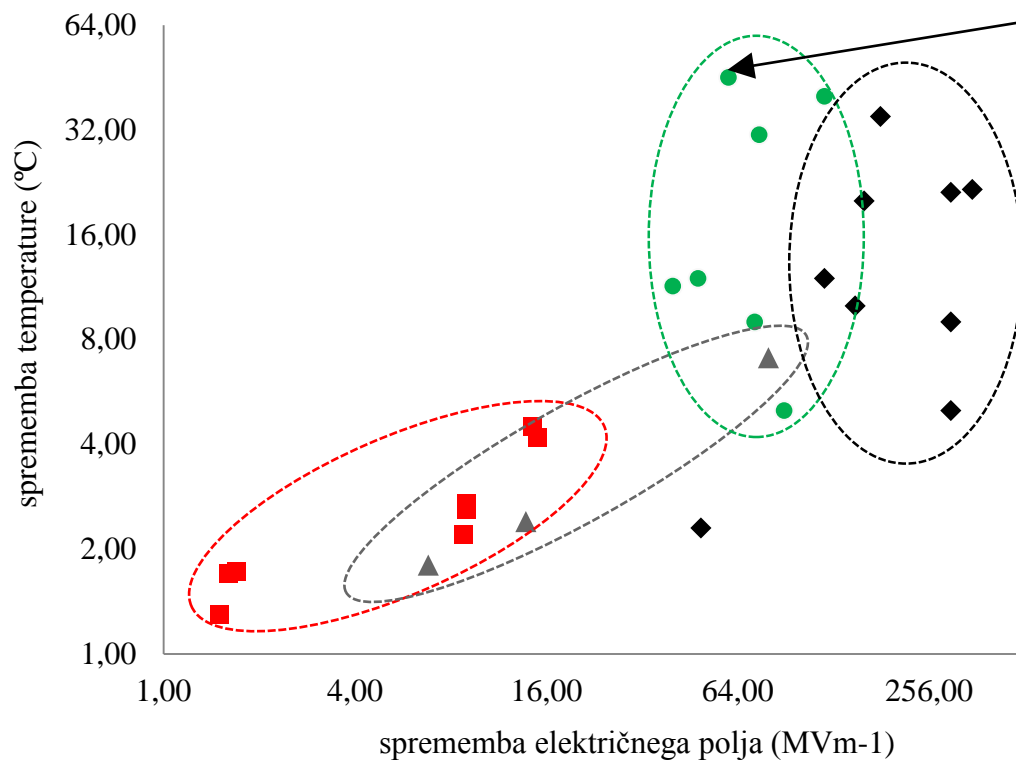


Elektrokalorični materiali



povzeto po: Ožbolt et al. (2013), Electrocaloric refrigeration: Thermodynamics, state of the art and future perspectives, Int. J. of Refrig. 40, p.174-188

Elektrokalorični materiali

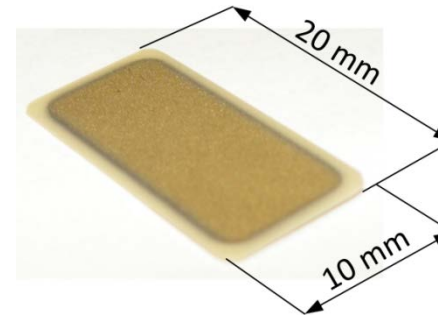
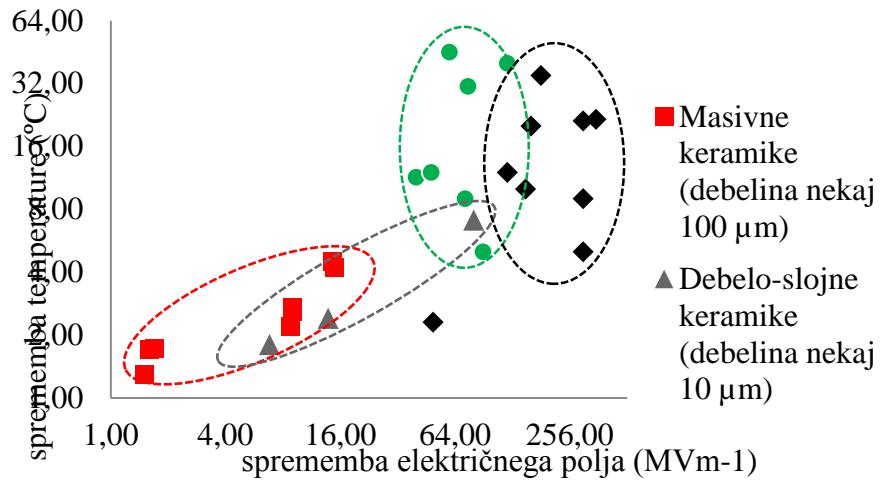


- La-dopirana $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ keramika
- $\Delta T_{\text{ad}}=40^\circ\text{C}$
- pripravljena in okarakterizirana na IJS
- debelina 400 nm

- Masivne keramike (debelina nekaj 100 μm)
- ▲ Debelo-slojne keramike (debelina nekaj 10 μm)
- Tanko-slojne keramike (debelina manj kot 1 μm)
- ◆ Polimeri (debelina nekaj 10 μm)

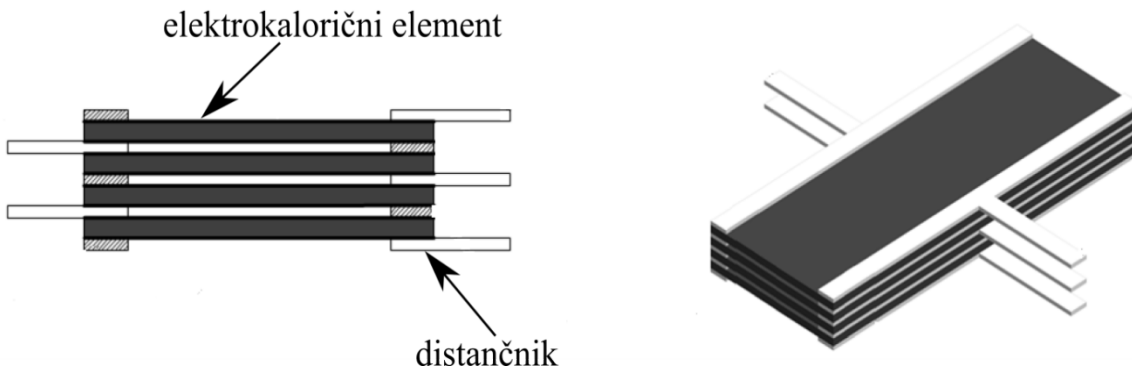
povzeto po: Ožbolt et al. (2013), Electrocaloric refrigeration: Thermodynamics, state of the art and future perspectives, Int. J. of Refrig. 40, p.174-188

Elektrokalorični materiali

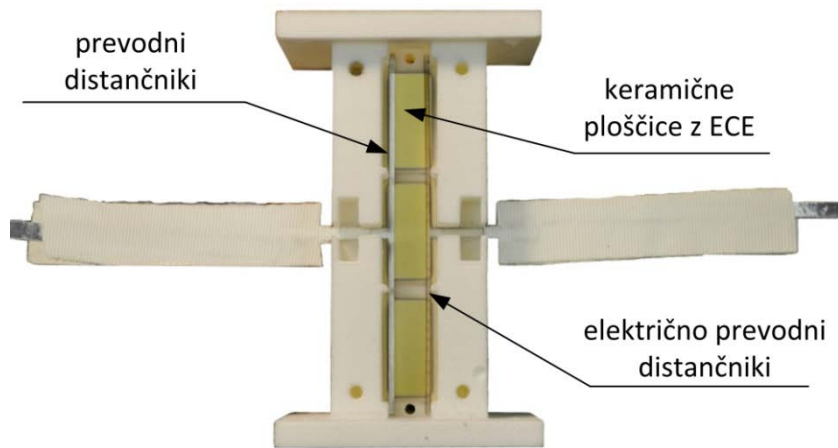


- $0.90(\text{PbMg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3)-0.10(\text{PbTiO}_3)$ keramika
- $d=200 \mu\text{m}$
- pripravljena in okarakterizirana na IJS (oddelek K5 in F5)

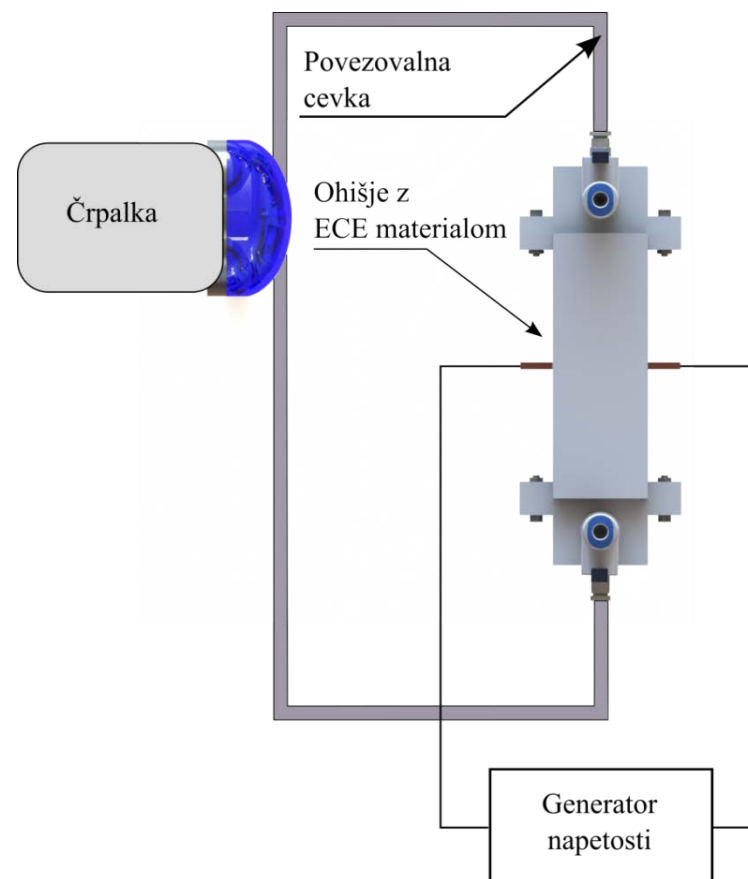
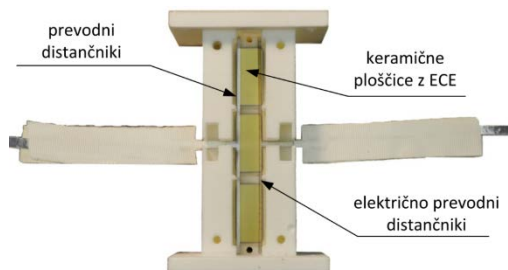
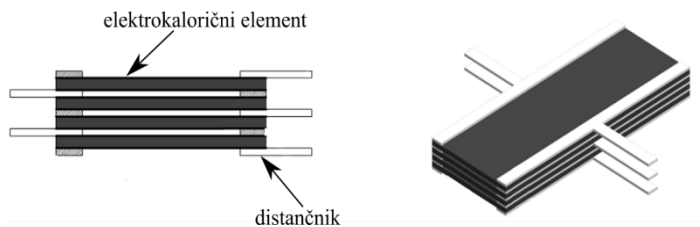
Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote



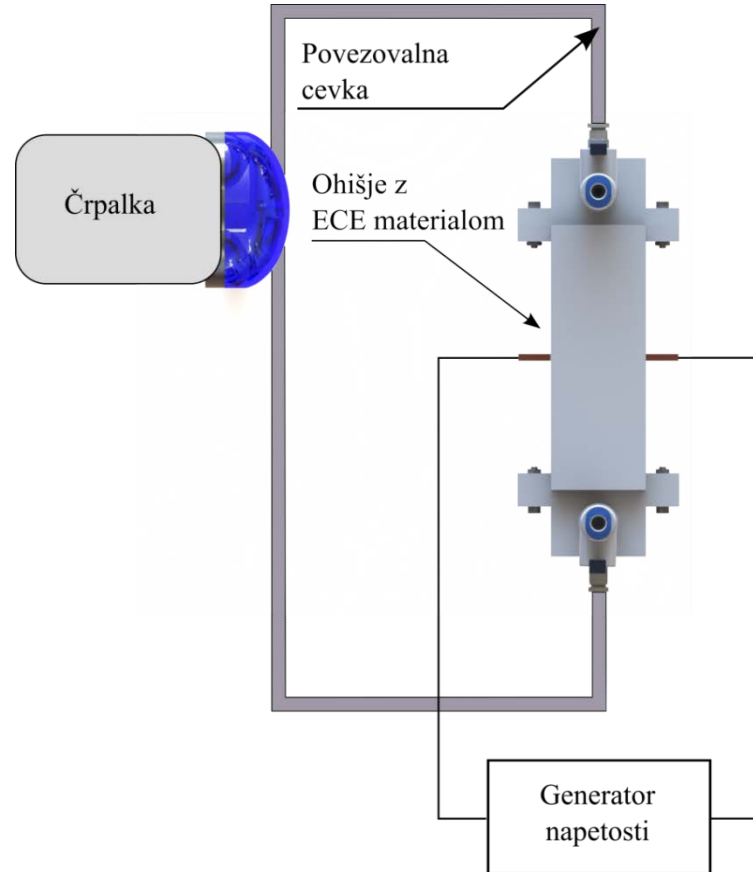
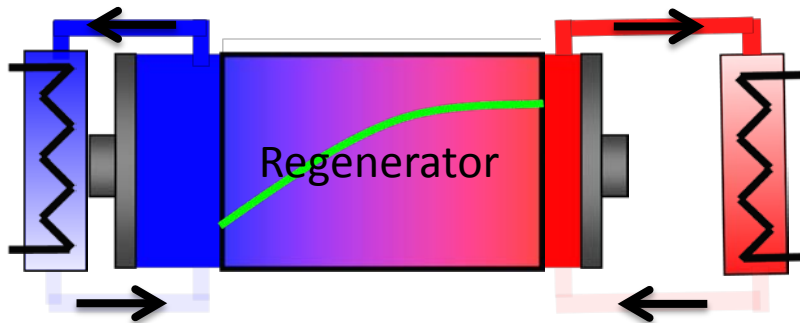
- znanje o aktivni regeneraciji pridobljeno na področju magnetnega hlajenja
- porozna struktura iz elektrokaličnega materiala



Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote

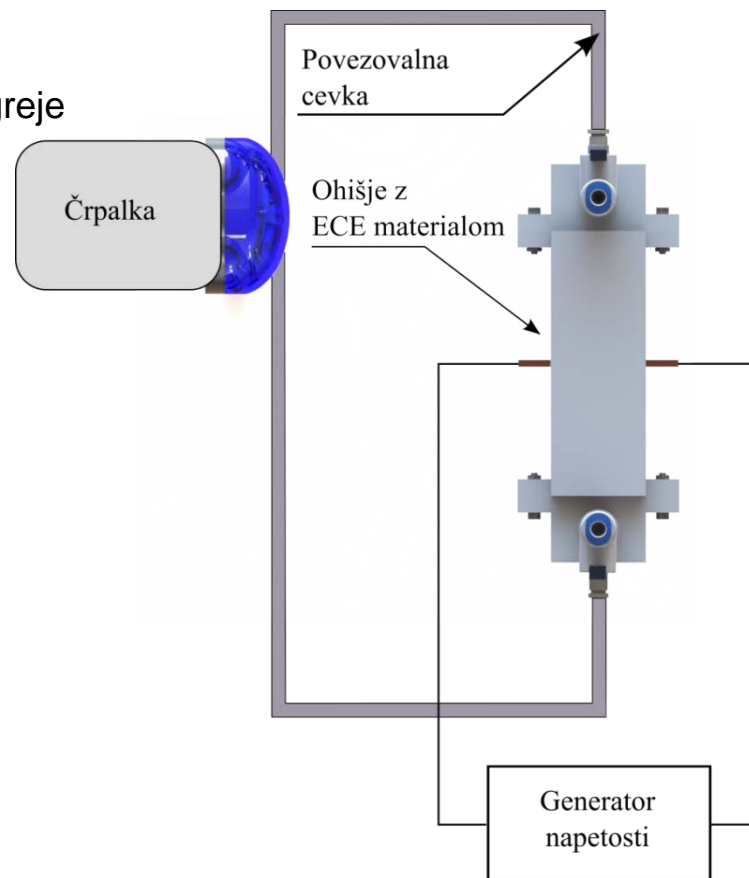
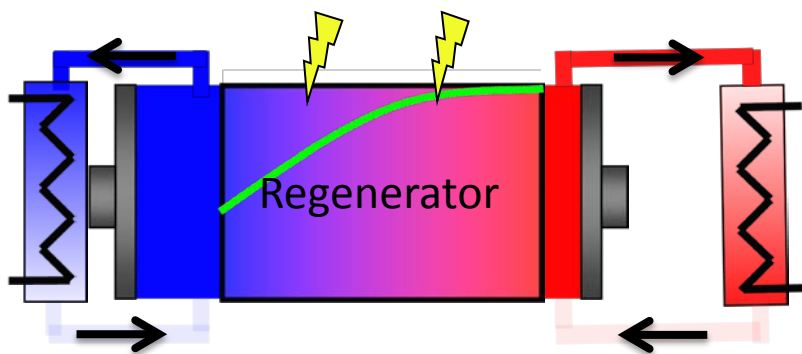


Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote



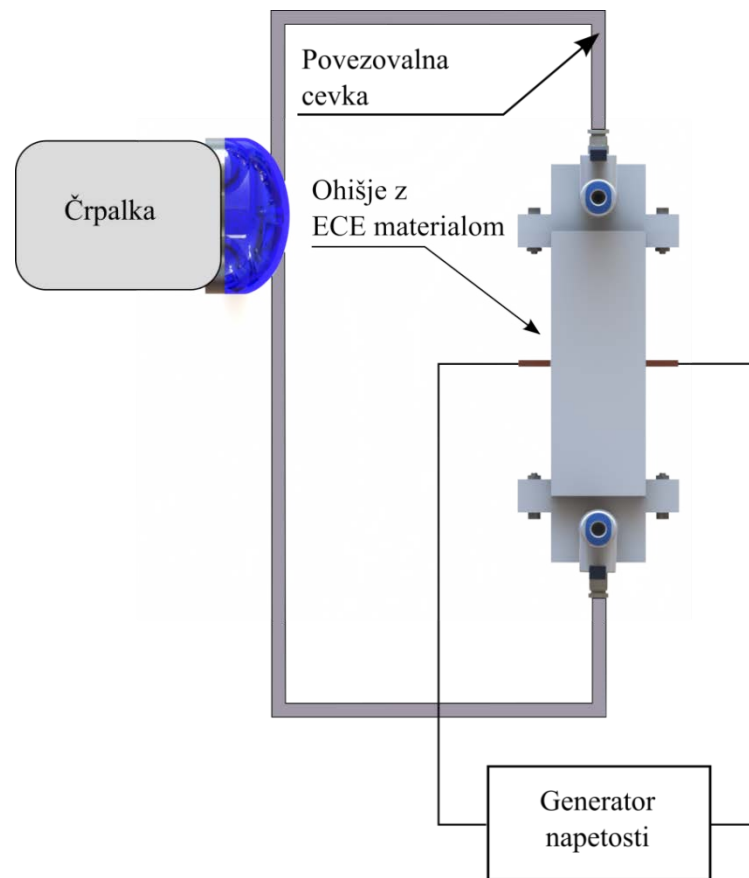
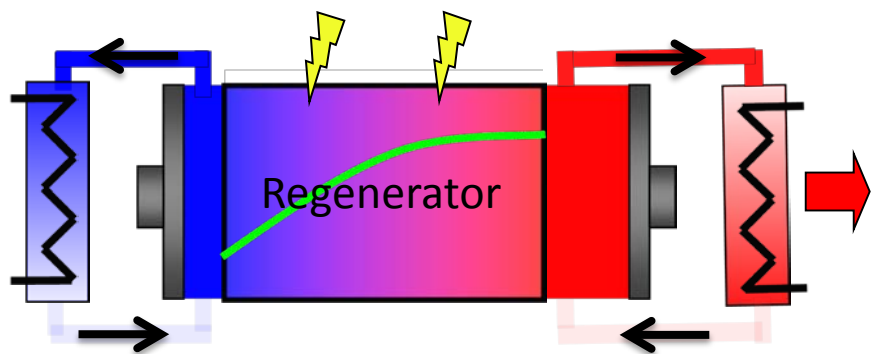
Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote

Korak 1: Vključimo izvor napetosti – material se segreje



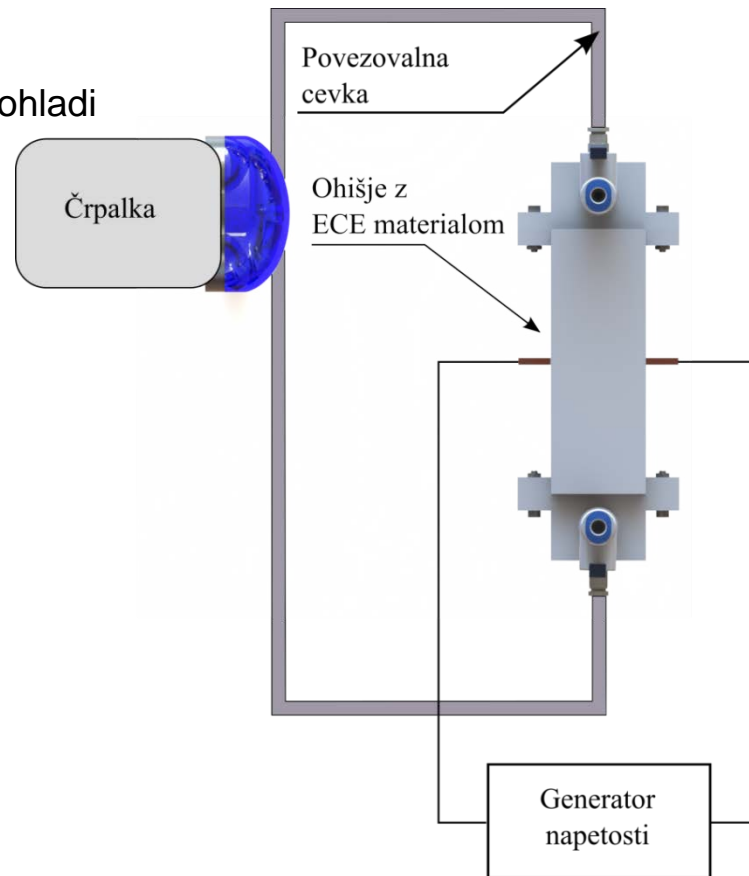
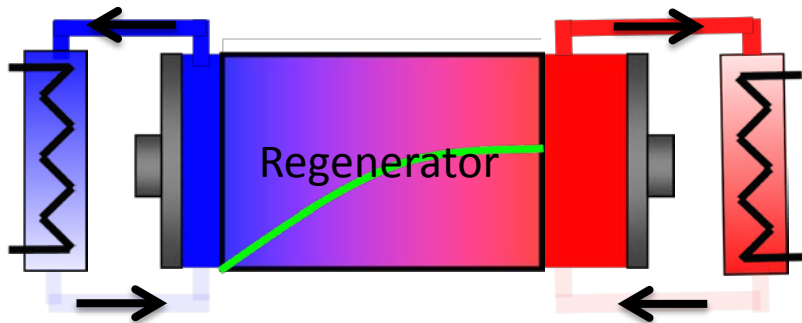
Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote

Korak 2: Odvod toplote



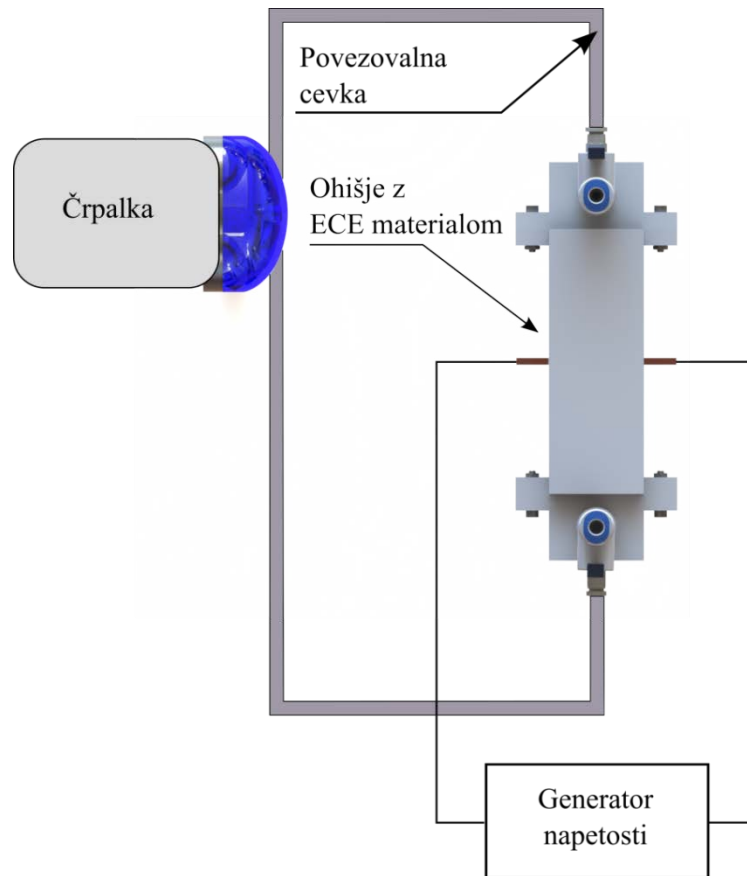
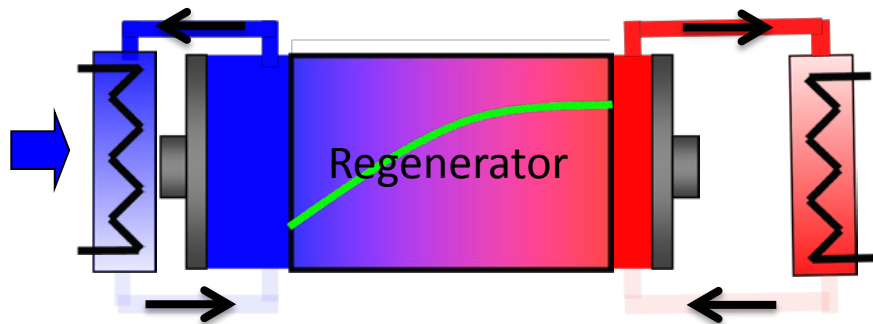
Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote

Korak 3: Izključimo izvor napetosti – material se ohladi



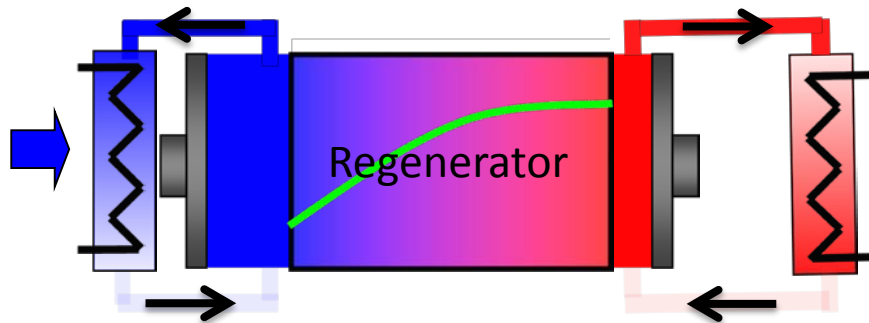
Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote

Korak 4: Dovod toplote - hlajenje

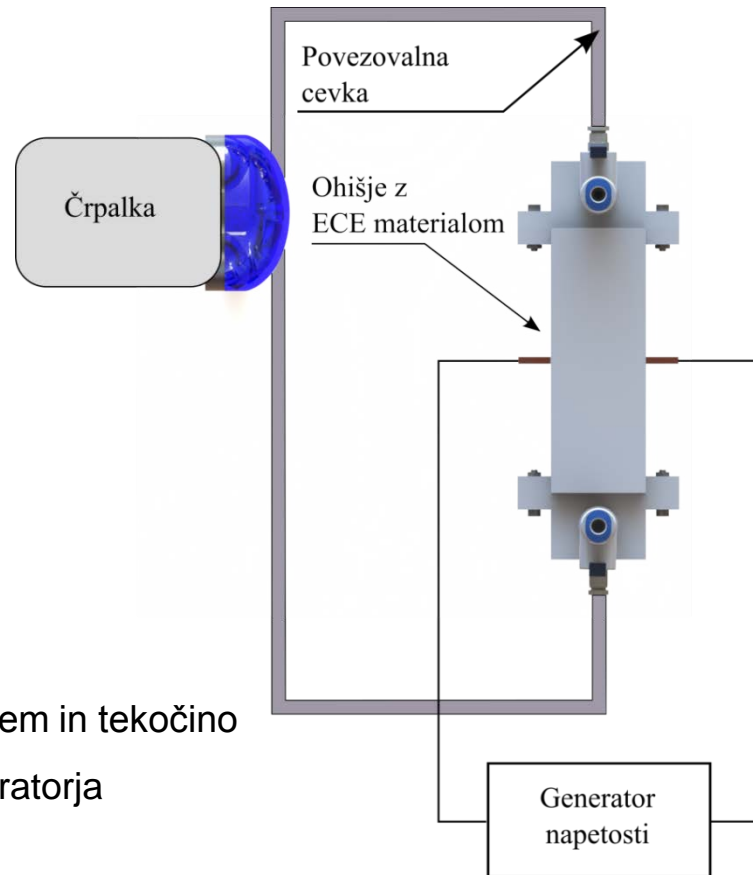


Naprava z aktivnim regeneratorjem toplote

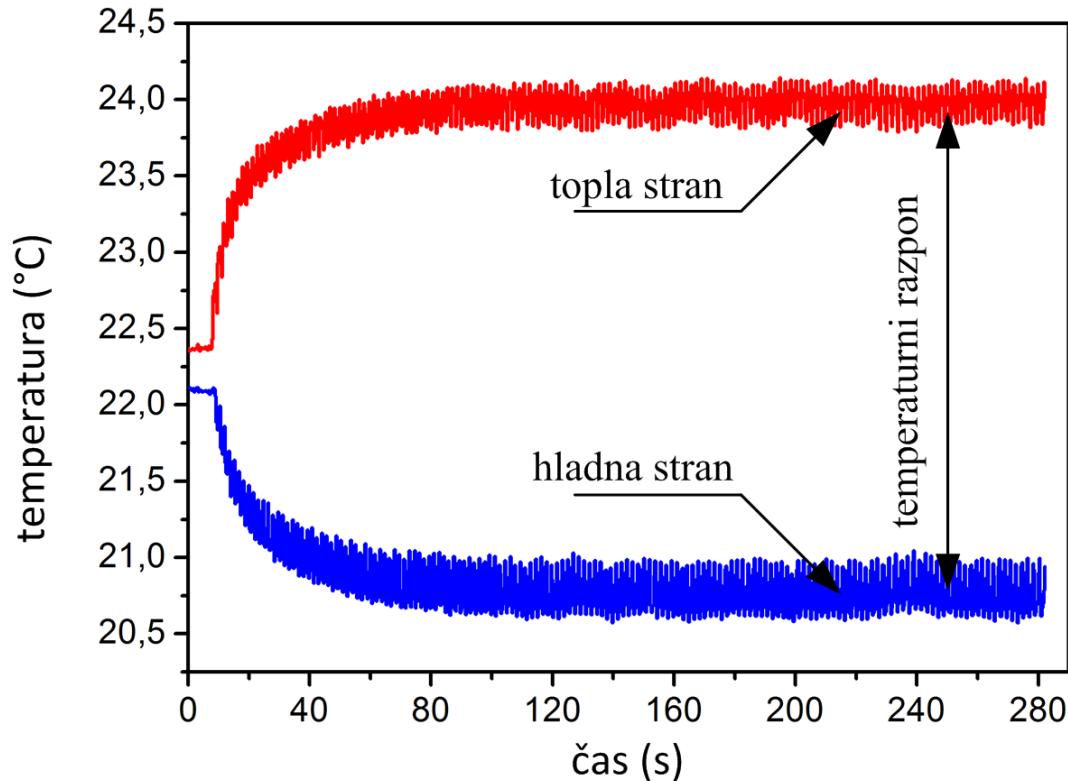
Korak 4: Dovod toplote - hlajenje



- učinkovit prenos toplote med aktivnim regeneratorjem in tekočino
- vzpostavitev temperaturnega profila vzdolž regeneratorja
- povečanje temperaturnega razpona glede na ΔT_{ad}



Razvoj temperaturnega profila



- adiabatna sprememba temperature materiala: **0.89 °C**
- temperaturni razpon: **3.3 °C**
- regeneracijski faktor: **3.7**

Zaključki



- pomemben korak od preučevanja lastnosti elektrokaličnih materialov proti njihovi aplikativni rabi
- razvili smo **eno prvih** elektrokaličnih hladilnih naprav **na svetu**
- **velik potencial** za nadaljnji **razvoju** elektrokaličnih materialov in optimizacijo sistema z aktivnim elektrokaličnim regeneriranjem
- **prvi korak** proti končnemu **cilju**: razvoj elektrokalične hladilne naprave z nizkim vplivom na okolje in visoko energetske učinkovitostjo
- za nadaljnji razvoj nujno potrebno **financiranje** s strani ARRS in industrijski partnerjev

