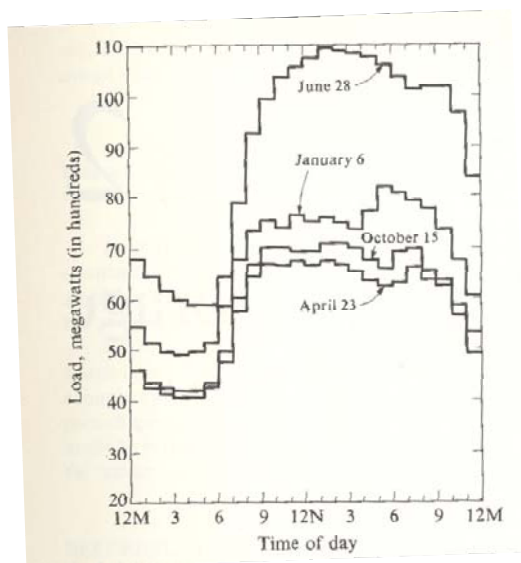


Fizika energijskih virov

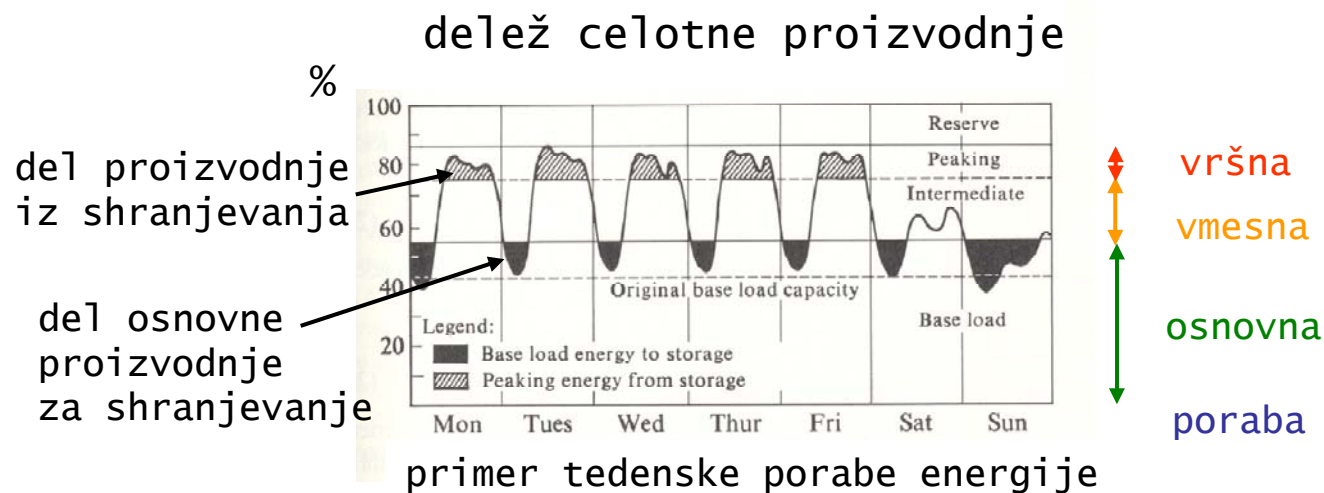
II Shranjevanje energije

Uvod

Večina naprav, ki porabljajo energijo (npr. električne naprave), le-to ne porabljajo časovno konstantno \Rightarrow dnevne, tedenske, sezonske spremembe



tipična dnevna poraba energije v večjem mestu



vir:
S.W. Angrist,
Direct Energy
Conversion

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

Uvod

- osnovne potrebe:
osnovne energetske proizvodne zmogljivosti:
zadoščanje najbolj stalnih energijskih potreb
najvišji izkoristki, najcenejši primarni viri
tipično termoelektrarne, hidroelektrarne, jedrske elektrarne
 - vmesne potrebe:
različne energetske zmogljivosti, tipično v uporabi le preko dneva
fosilna goriva, nižji izkoristki, plinske turbine
 - vršne potrebe:
tipično najstarejši tipi proizvodnih zmogljivosti, najnižji izkoristki
- } shranjevanje energ.

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

Uvod

zbiralniki energije

- mehanični (kinetična in potencialna energija),
- toplotni (latentna in specifična toplota),
- kemični, elektrokemični (baterije in akumulatorji),
- elektromagnetni
- jedrski

najpomembnejši in najstarejši način “shranjevanja”:
manjšanje oscilacij v porabi;
od nekdanj elektroenergetski sistemi prodajajo energijo,
proizvedeno v periodah manjše porabe, po nižji ceni;

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

mehanični zbiralniki

črpalne elektrarne:

črpanje vode na večjo višino ob presežku produkcije;

hidroelektrarna ob pomanjkanju;

črpalna/turbina

$W_{elek} \rightarrow W_{pot} \rightarrow W_{elek}'$

izkoristek:

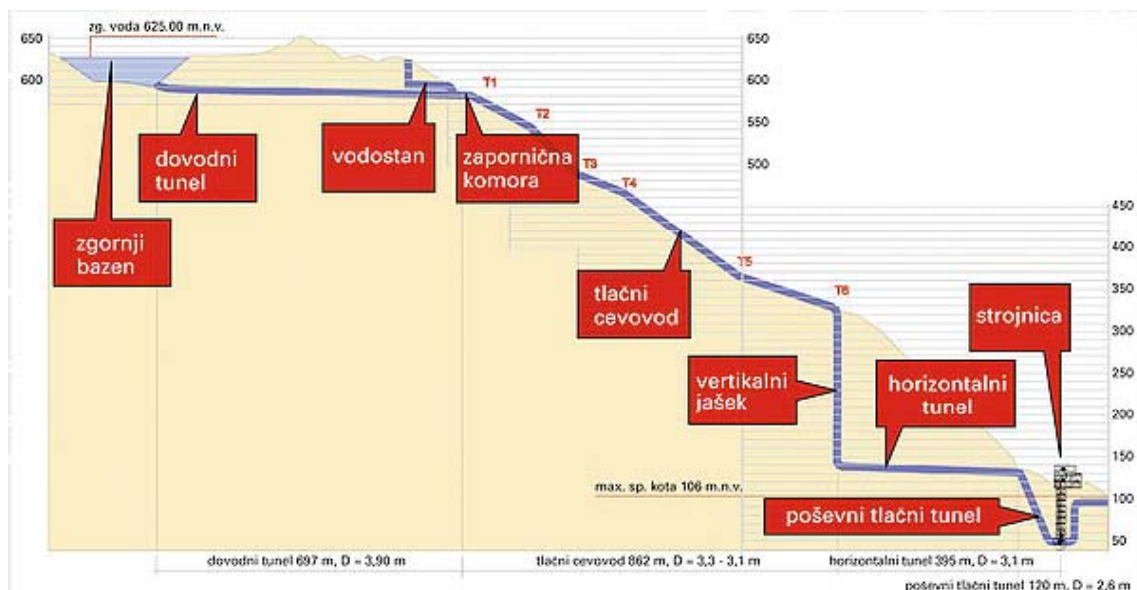
- izgube zaradi izparevanja
- mehanske izgube

$$\eta = W_{elek}' / W_{elek}$$

$\sim 0.7-0.85$

(ekonomski izk. boljši)

pomembne pri izračunu stroškov proizvodnih zmogljivosti, ki ne zagotavljajo energije konstantno



črpalna HE Avče, http://www.seng.si/che_avce/

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

mehanični zbiralniki

črpalne elektrarne:

$$W_{\text{elek}} \rightarrow W_{\text{pot}} \rightarrow W_{\text{elek}}'$$

Maksimalni bruto padeč: $H_b = 521,00 \text{ m}$

Koristni volumen vode: $V_k = 2.170.000 \text{ m}^3$

Instalirani pretok (turbinski režim): $Q_i = 40 \text{ m}^3/\text{s}$

Instalirani pretok (črpalni režim): $Q_{\check{c}} = 34 \text{ m}^3/\text{s}$

Instalirana moč turbine: $P_i = 185 \text{ MW}$

Instalirana moč črpanja: $P_{\check{c}} = 180 \text{ MW}$

Letna proizvodnja električne energije: $E_l = 426 \text{ GWh}$

Letna poraba energije za črpanje: $E_{\check{c}} = 553 \text{ GWh}$

Črpalna HE Avče, http://www.seng.si/che_avce/

$$\eta = W_{\text{elek}}' / W_{\text{elek}} \sim 0.77$$

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

mehanični zbiralniki

kakšna je **efektivna gostota shranjene energije** –
primerjava z drugimi načini shranjevanja?

v taki gostoti upoštevamo specifično energijo
(dw/dm ali dw/dV) kot tudi izkoristek pretvorbe v uporabno
obliko energije;

primer črpalne elektr.:

za vodo shranjeno v rezervoarju 100 m nad turbino, tipičen
izkoristek turbine in generatorja je $\eta \sim 0,8$:

$$dw'/dV = \eta dw/dV = \eta \rho gh dV/dV = \eta \rho gh \sim 0,8 \text{ MJ/m}^3$$

$$\text{ali } dw'/dm = 0,8 \text{ kJ/kg}$$

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

mehanični zbiralniki

vztrajniki



elektromotor/generator

$$W_{\text{elek}} \rightarrow W_{\text{kin}} \rightarrow W_{\text{elek}}'$$

rotor:

$$\text{obroč } W_{\text{kin}}/m = \sigma/2\rho$$

σ : natezna trdnost

ρ : gostota

za druge oblike rotorjev
nekoliko drugače, še vedno

$$\propto \sigma/2\rho$$

kompozitni materiali (Kevlar)
magnetni ležaji za zmanjšanje
trenja

$$\eta = W_{\text{elek}}' / W_{\text{elek}} \sim 0.9$$

specifična uporaba: UPS,
avtomobili, vlak

vir:
S.W. Angrist,
Direct Energy
Conversion

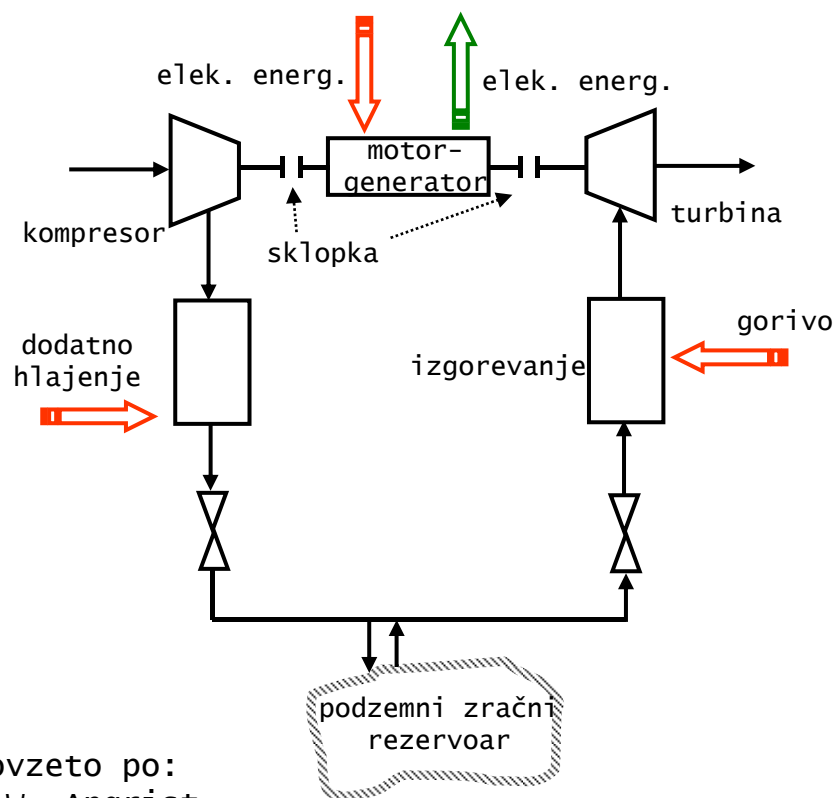
material	gostota [kg/m ³]	F/S [MPa]	spec. energ. [MJ/kg]	strošek [US\$/MJ]
bukev	700	125	15,1	145
Kevlar	1320	1800	180	120
jeklo	7830	2540	44	60

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

mehanični zbiralniki

zrak s povečanim tlakom



povzeto po:
S.W. Angrist,
Direct Energy
Conversion

s pomočjo energije, ki je na voljo, stisnemo zrak in ga s povečanim tlakom shranimo v (podzemni) rezervoar

ob potrebi ta zrak zmešamo z gorivom ter vžgemo, da poganja turbino in generator

← dovedena energija

→ oddana energija

adiabatsko stiskanje zraka:

$$T_2 = (p_1/p_2)^{(1-\kappa)/\kappa} T_1$$

$$T_1 = 293\text{K}, p_1 = 10^5 \text{ Pa}, p_2 = 100 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\kappa = 1,4 \Rightarrow T_2 = 1094\text{K} = 820^\circ\text{C}$$

**dodatno hlajenje,
omejitve za rezervoarje!**

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

termični zbiralniki

energija, ki je na voljo, se z izmenjavo toplote pretvori v notranjo energijo snovi

specifična toplota (zvišanje T)

latentna toplota (fazni prehod)

dnevni zbiralniki

sezonski zbiralniki

nizko- T zbiralniki (izmenjava toplote pri $T < \sim 120^\circ\text{C}$)

visoko- T zbiralniki (izmenjava toplote pri $T > \sim 120^\circ\text{C}$)

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

termični zbiralniki

tipično termični zbiralniki namenjeni shranjevanju energije, potrebne za ogrevanje

sobna T: voda

$$\Delta T = 30^\circ\text{C} \Rightarrow dw/dV = \rho c_p \Delta T = 126 \text{ MJ/m}^3$$

zaenkrat ni uporabnih materialov za shranjevanje s pomočjo latentne toplote pri sobni T;

magnetit (Fe_3O_4)

$$dw/dV = 115 \text{ MJ/m}^3 \quad (c_p = 7,5 \times 10^2 \text{ J/kg}, \quad \rho = 5,1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3)$$

visoke T:

železov klorid, $T_{\text{tal}} = 304^\circ\text{C}$, $\rho = 2,9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $q_{\text{tal}} = 2,6 \times 10^5 \text{ J/kg}$

$$dw/dV = \rho q_{\text{tal}} = 763 \text{ MJ/m}^3$$

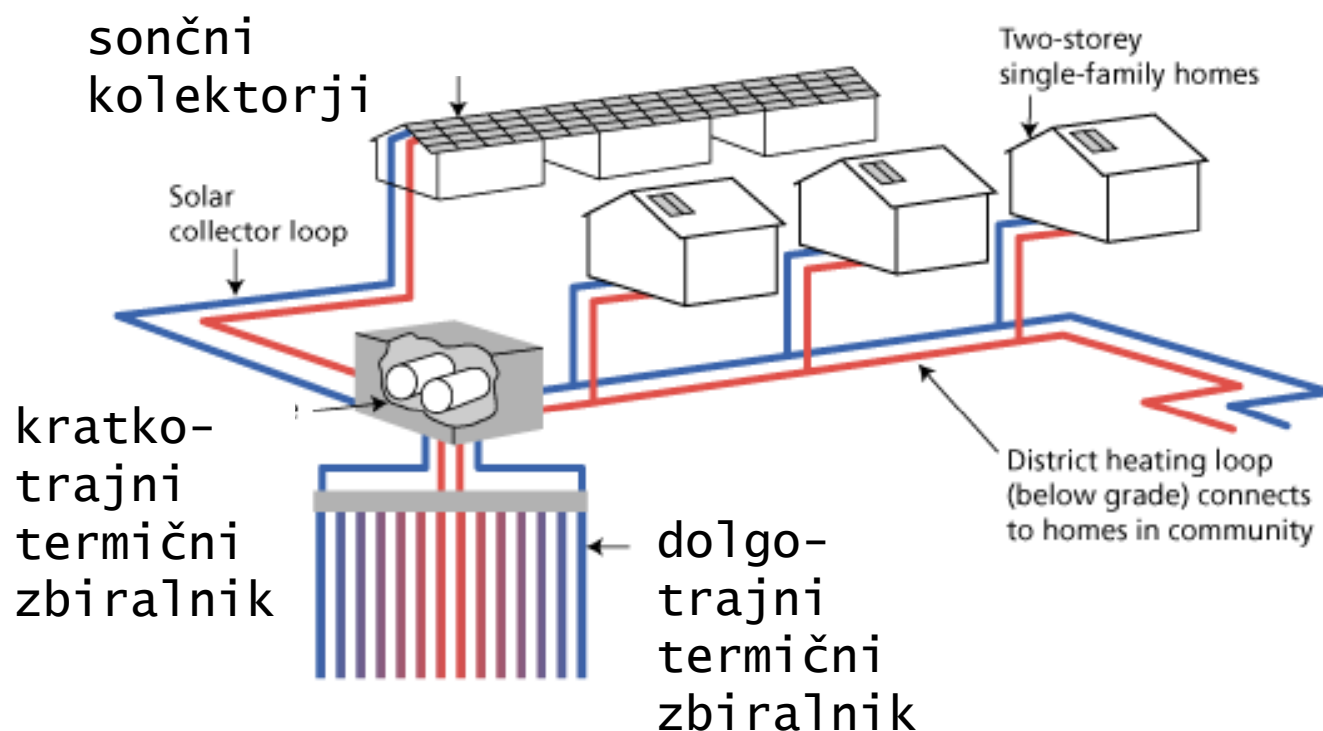
povzeto po:
S.W. Angrist,
Direct Energy
Conversion

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

termični zbiralniki

primer naselja v Kanadi



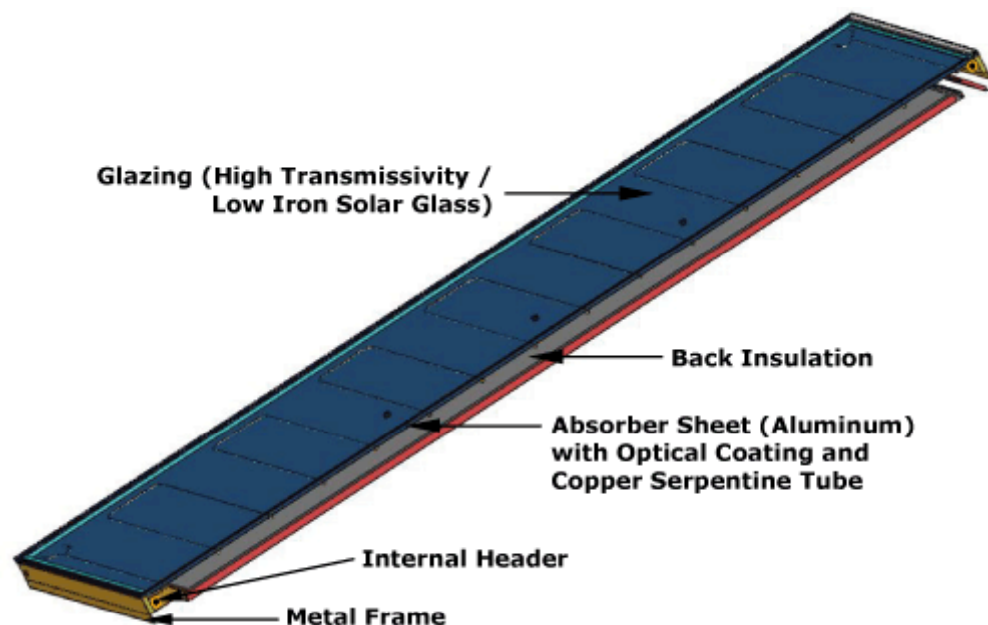
vir:<http://www.dlsc.ca/how.htm>

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

termični zbiralniki

primer naselja v Kanadi



skupna površina
 $2,3 \times 10^3 \text{ m}^2$
generirajo 1,3 MW
sredi sončnega dneva

“tipična” dnevna poraba
energije v gospodinjstvu
 $\sim 200 \text{ MJ}$ (55 kWh);
od tega $\sim 120 \text{ MJ}$ za ogrevanje
 $\sim 4 \text{ MJ}$ za ogrevanje vode

v naselju 52 hiš, potrebuje
 $0,64 \times 10^{10} \text{ J/dan}$

produkcija
 $1,3 \text{ MW} \times 6 \text{ ur} \times 0,6 (\eta) \sim 1,7 \times 10^{10} \text{ J}$

preostanek $\sim 1,0 \times 10^{10} \text{ J}$ za
shranjevanje

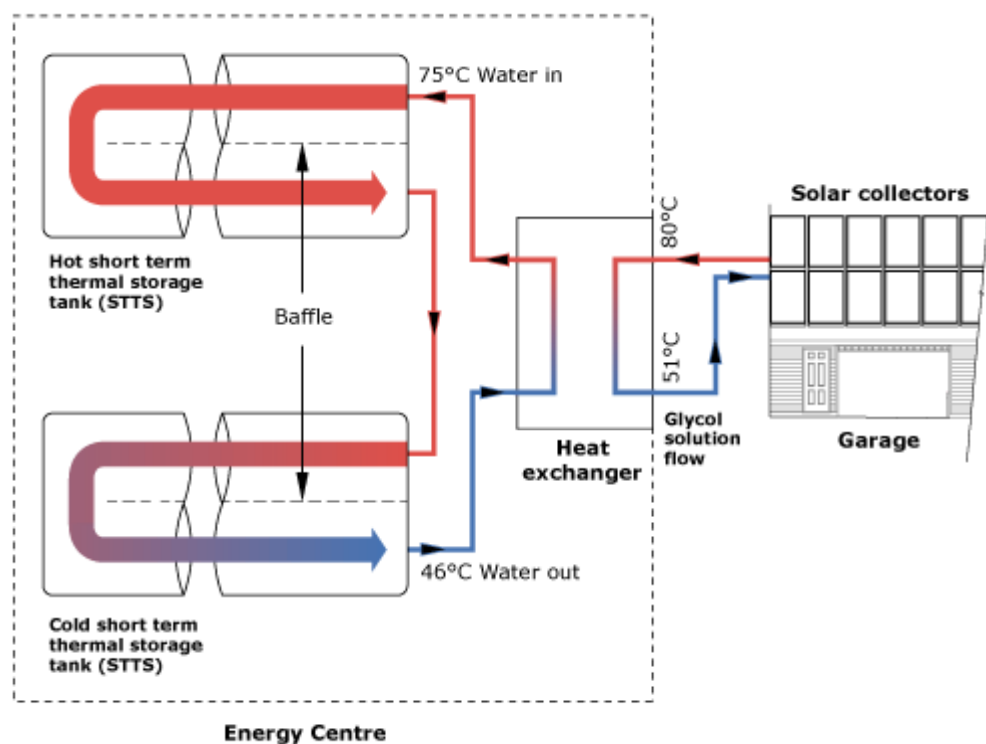
vir: <http://www.dlsc.ca/how.htm>

Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

termični zbiralniki

primer naselja v Kanadi



kratkotrajni (dnevni)
zbiralnik

prejema energijo od kolektorjev
in jo razporeja med hišami in
dolgotrajnim zbiralnikom

segreta glikolna
raztopina iz sončnih
kolektorjev preko
toplotnega izmenjevalca
ogreje vodo na 75°C;
 120m^3 , $\Delta T = (75 - 46)\text{K}$
 $W = \rho V C_p \Delta T = 1,5 \times 10^{10}\text{J}$

vir: <http://www.dlsc.ca/how.htm>

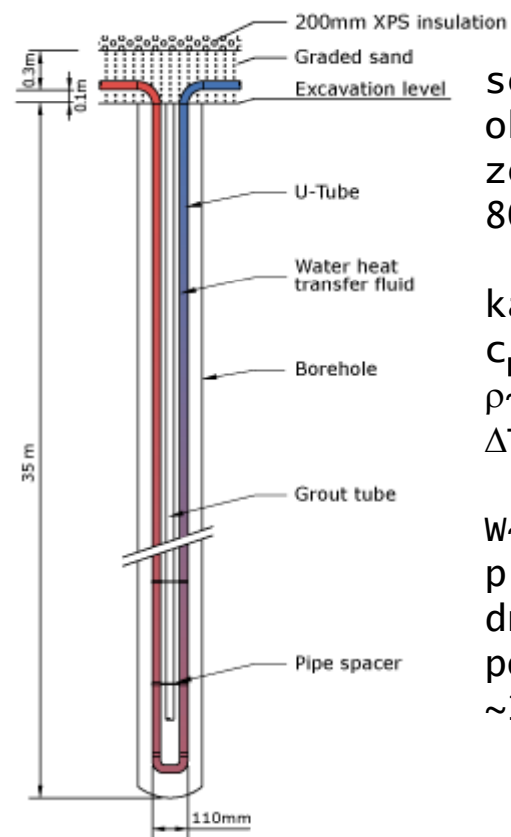
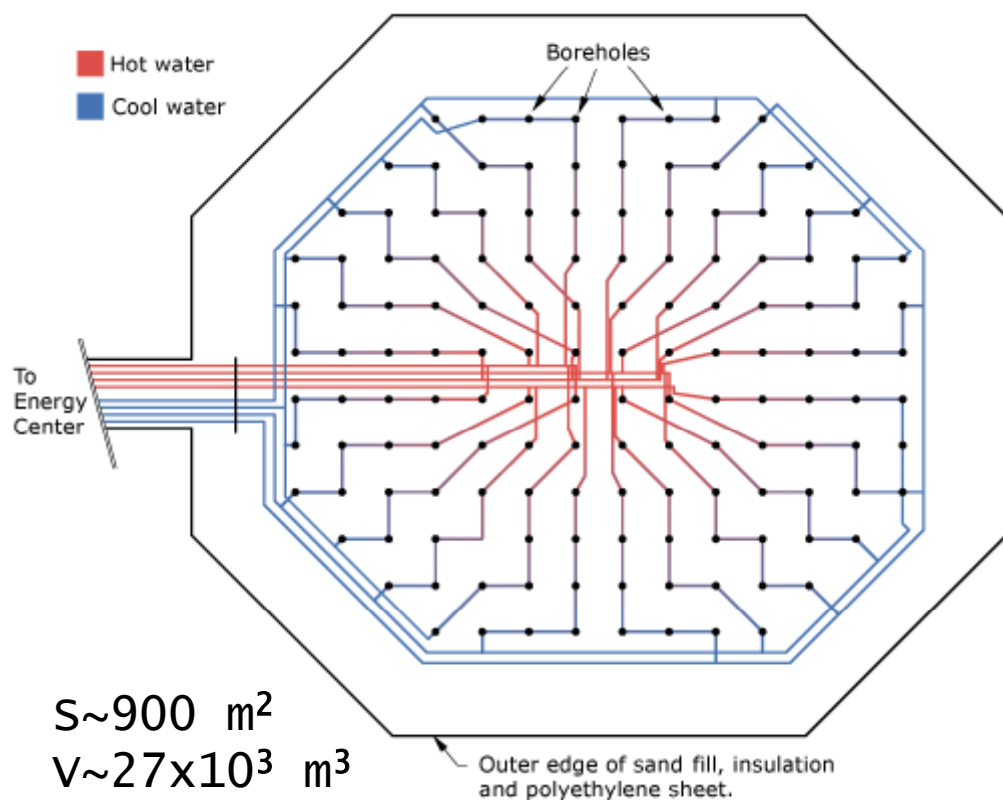
Fizika energijskih virov

II Shranjevanje energije

termični zbiralniki

primer naselja v Kanadi

dolgotrajni (sezonski) zbiralnik



segreje
okolisko
zemljo na
 80°C

kamenje,
 $c_p \sim 850 \text{ J/kgK}$
 $\rho \sim 2,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
 $\Delta T = 30 \text{ K}$

$W \sim 1,9 \times 10^{12} \text{ J}$
pri ocenjeni
dnevni
porabi zadošča za
 ~ 100 dni

vir: <http://www.dlsc.ca/how.htm>