



Maasoojussüsteemide kavandamine ja rajamine

Argo Jõelet
argo.joeleht@ut.ee



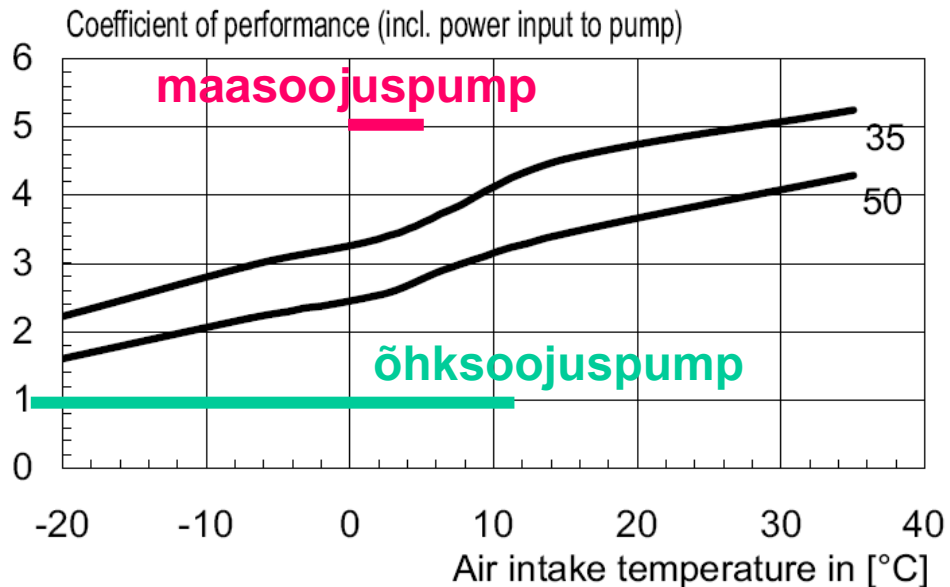
Miks maasoojus?

➤ COP

Coefficient of Performance

➤ SPF

Seasonal Performance Factor





Maasoojus

- Süvasoojus (sügavus kilomeetrites, $T > 100 \text{ }^\circ\text{C}$)
 - Hot Dry Rock (Eestis rakendatav)
 - Hot Wet Rock

- Madalad süsteemid (1 m kuni mõnisada meetrit, $T < 20 \text{ }^\circ\text{C}$)
 - kinnised soojussüsteemid
 - vertikaalne kontuur (soojuspuurauk)
 - horisontaalne kontuur („uss aias“, spiraalid jne)
 - avatud soojussüsteemid
 - puurkaevude paar(id)



Otaniemi süvasoojus

- Arendaja St1
- 40 MW ehk 10 % Espoo küttevajadusest
- Kasutusaeg vähemalt 20 a
- Maksumus 40-50 MEUR

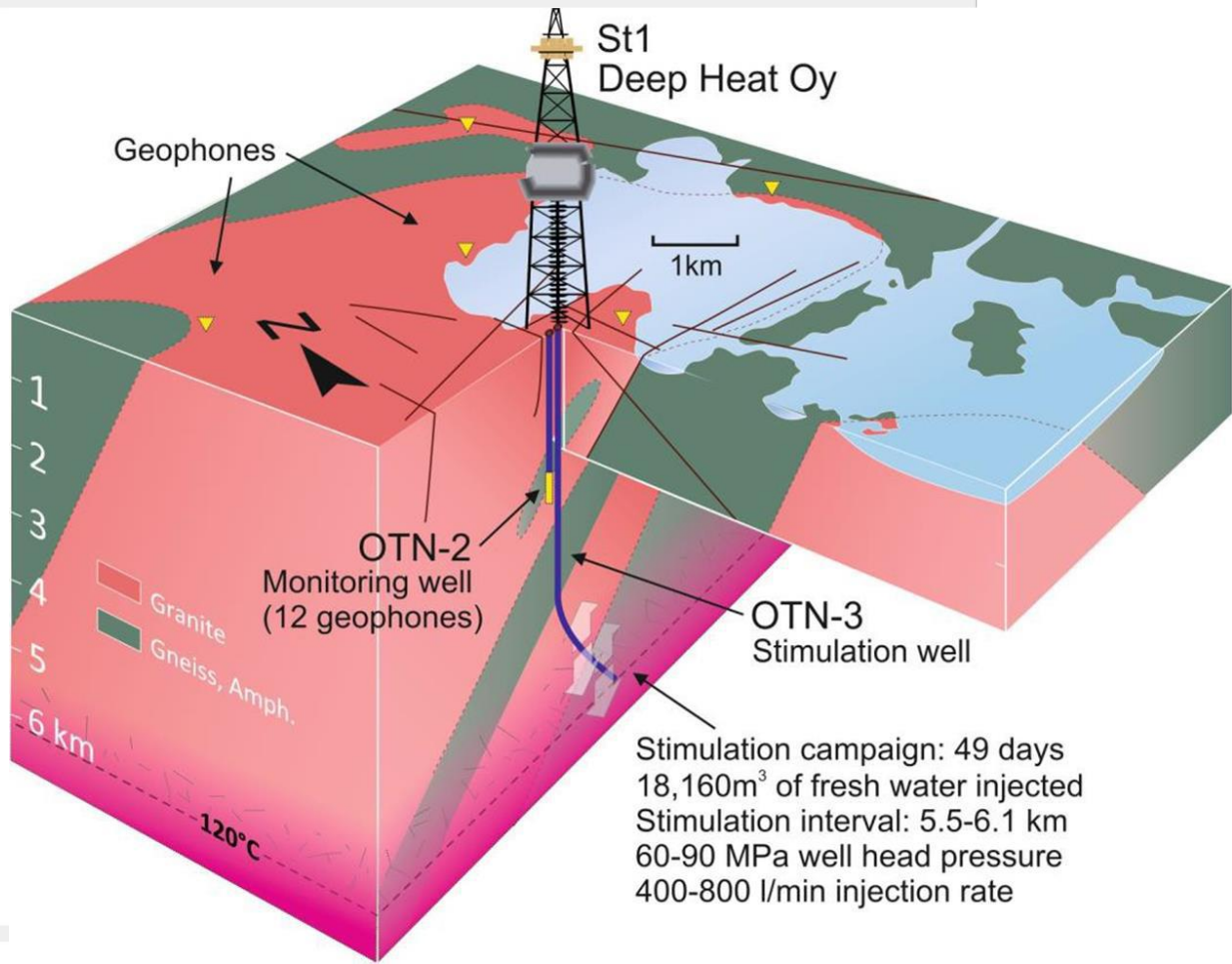
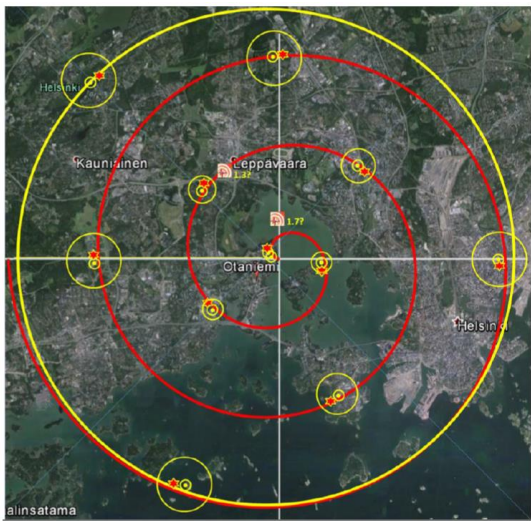
- Puuraugud 2 x 6,4 km
- (algsetl plaaniti 7 km)
- Temperatuur u. 120 kraadi

- <https://www.st1.com/geothermal-heat>





Esimesse kaevu pumbati vett lõhelisuse tekitamiseks





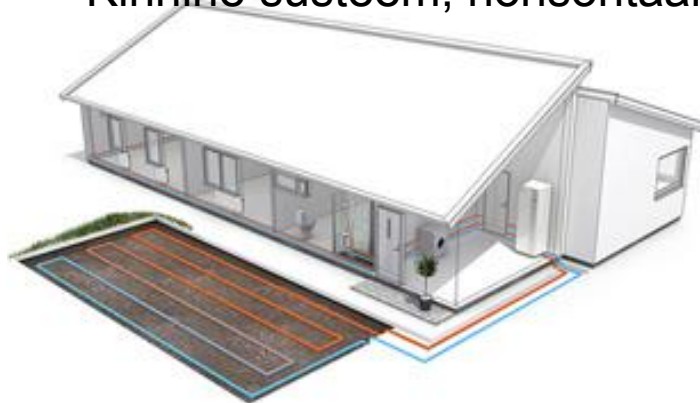
Maasoojus

- Süvasoojus (sügavus kilomeetrites, $T > 100 \text{ °C}$)
 - Hot Dry Rock (Eestis rakendatav)
 - Hot Wet Rock
- Madalad süsteemid (1 m kuni mõnisada meetrit, $T < 20 \text{ °C}$)
 - kinnised soojussüsteemid
 - vertikaalne kontuur (soojuspuurauk)
 - horisontaalne kontuur („uss aias“, spiraalid jne)
 - avatud soojussüsteemid
 - puurkaevude paar(id)

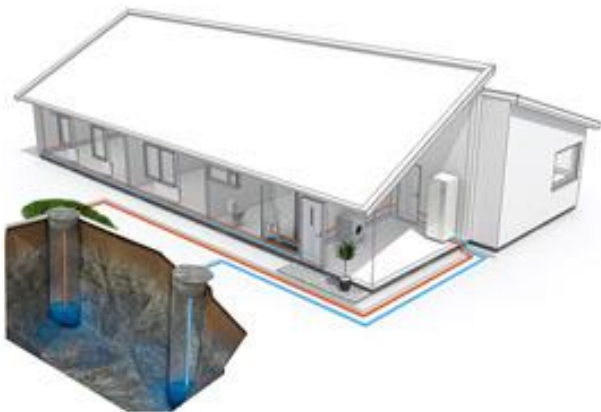


Madala soojuse ammutamine

Kinnine süsteem, horisontaalne kontuur



Avatud süsteem

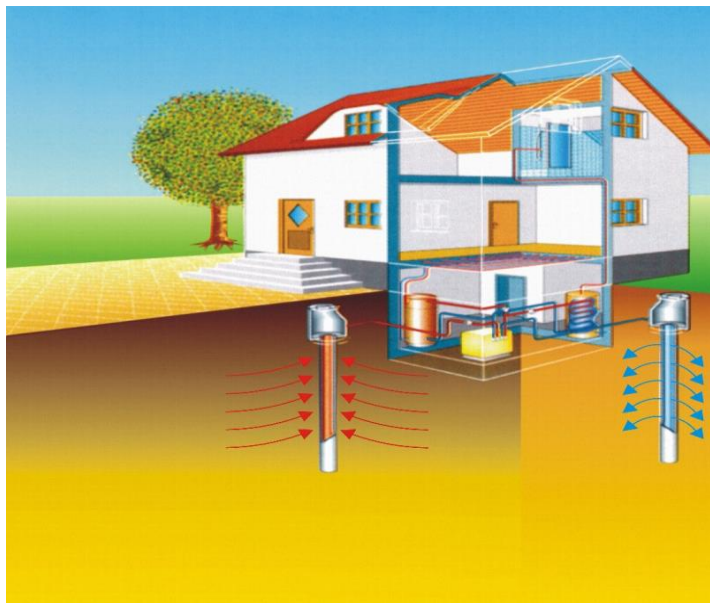


Kinnine süsteem, vertikaalne kontuur





Avatud süsteem



Planen mit der Sonne, 2nd ed, IWP-00-126, Initiativkreis
Wärmepumpe (IWO), München (1999)

- Puurkaevud on rajamise viisi, konstruktsiooni, materjalide ja hooldusalanõuete poolest tavalised puurkaevud
- Puurkaevude sügavus tavaliselt alla 30 m
- Mõistlik rajada esimesse aluspõhjalisse veekihti
- Ei ole lubatud rajada kinnitatud põhjaveevarudega veekihti



Puurkaevude sügavus ja vahemaa avatud süsteemi korral

- Sügavus
 - soovitatavalt esimesse aluspõhjalisse veekihti
 - hüdrogeoloog ütleb, kust saab piisavalt vett
 - Vahemaa sõltub
 - koormusest
 - hüdrogeoloogilistest tingimustest (põhjavee voolamine)
-



Pumpamismaht ja soojushulk

- Vee erisoojus 4,2 kJ/(kg K)
- Pumbates vett 1 liiter (1 kg) sekundis ja jahutades 1 kraadi võrra saame “veesoojust”

$$4,2 \text{ kJ/(kg K)} * 1 \text{ kg/s} * 1 \text{ K} = 4,2 \text{ kJ/s} = 4,2 \text{ kW}$$

NB! SP väljundvõimsus = veesoojus + elektrikulu



Põhjaveega seotud keskkonnaküsimused

- Avatud süsteemi puurkaevud on potentsiaalsed pinnareostuse sügavale kandumise teed
 - suudmete korralik sulgemine/viimistlemine vähendab riski oluliselt
 - maapinnale lähedaste veekihtide kasutamine vähendab samuti reostusriski
-



Maasoojussüsteemi kavandamine

Vajalikud algandmed tellijalt:

Soojuspumba võimsus

Aastane kütte/jahutuse vajadus

(tippkoormusel töötamise tundide arv)

Soojuspuuraukude puhul:

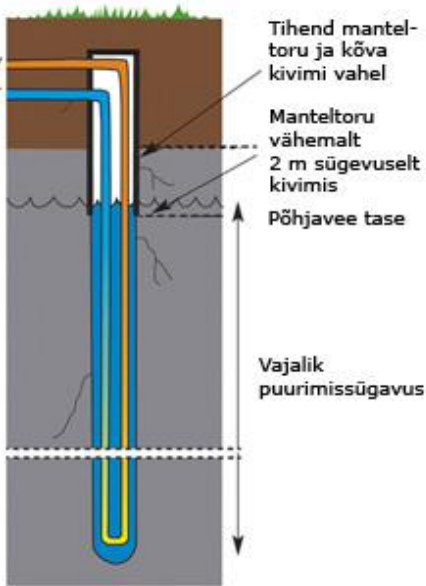
Geoloogiline läbilõige

Puuraukude arv ja omavaheline asend



Kinnine süsteem, soojuspuurauk

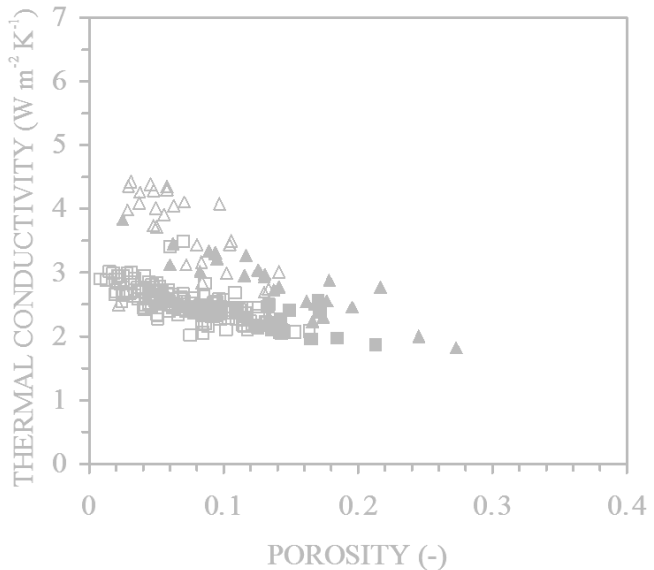
- **Soojuspuurauk** rajatakse nagu tavaline puurauk
- Sees on 1-2 U-kujulist või kontsentrilist plasttoru
- Torus ringleb külmaskindel (nt. etanooli) vesilahus
- Sügavus tüüpiliselt 50-250 m
- Puurauk tuleb täita (nt savi-betooniga)
- Eestis ei ole lubatud rajada kinnitatud põhjaveevarudega veekihti



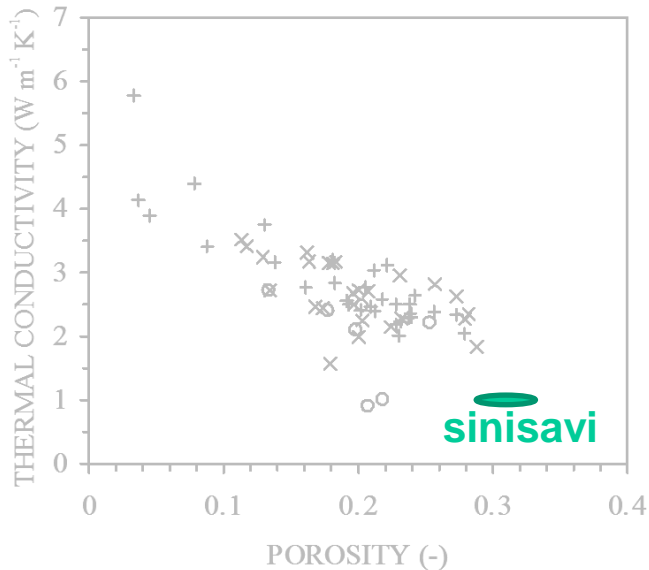


Eesti kivimite soojusjuhtivustegur

Lubjakivi, dolomiit

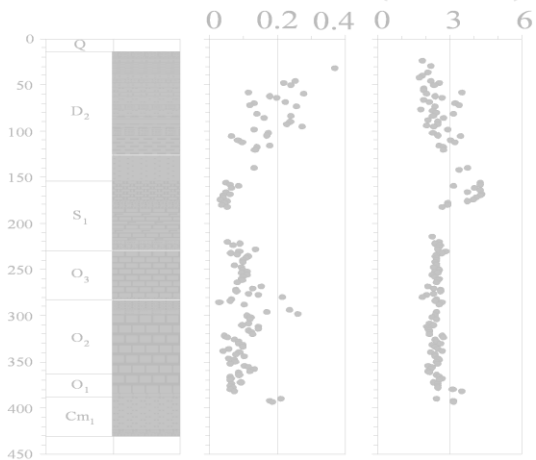


Liivakivi, savi

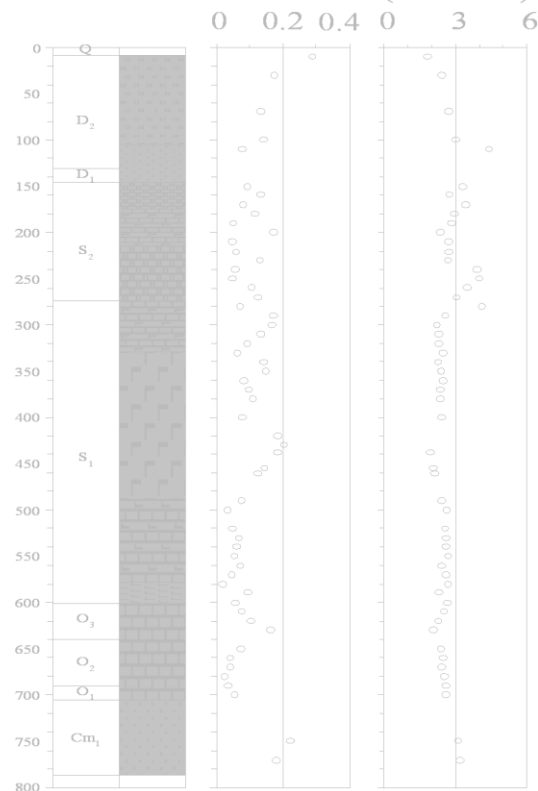




Tartu
 453



Ruhnu
 500

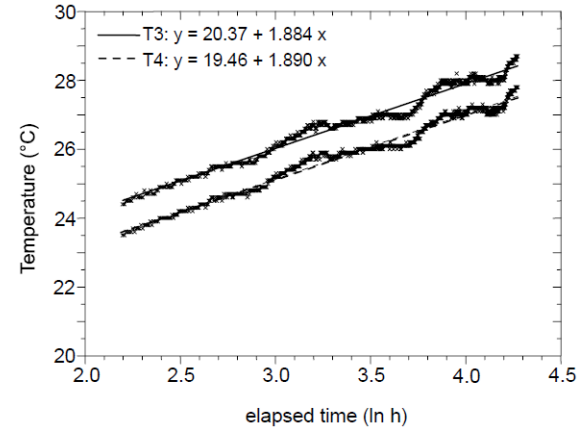
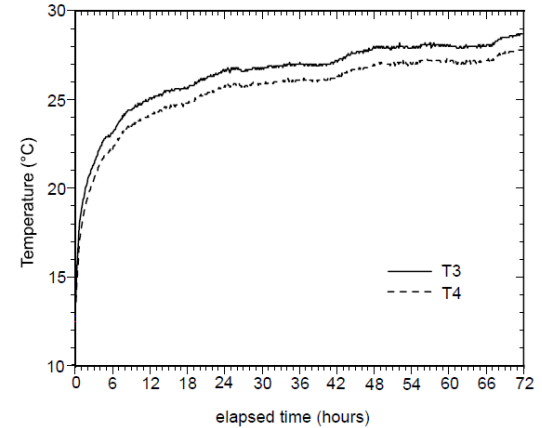


Eesti kivimite soojusjuhtivustegur



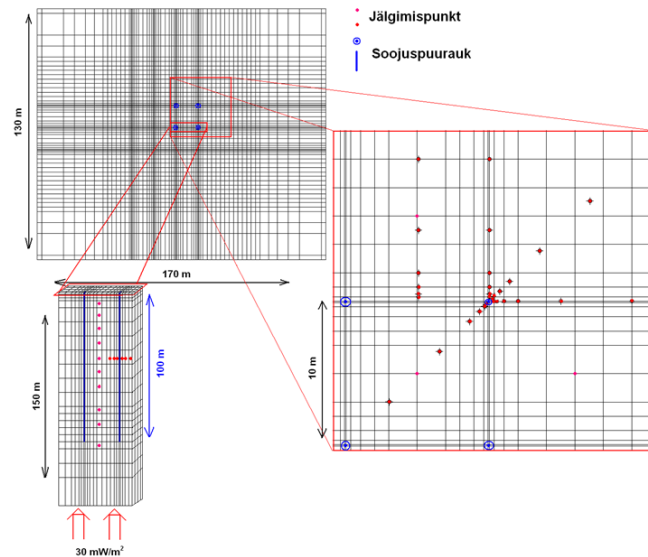
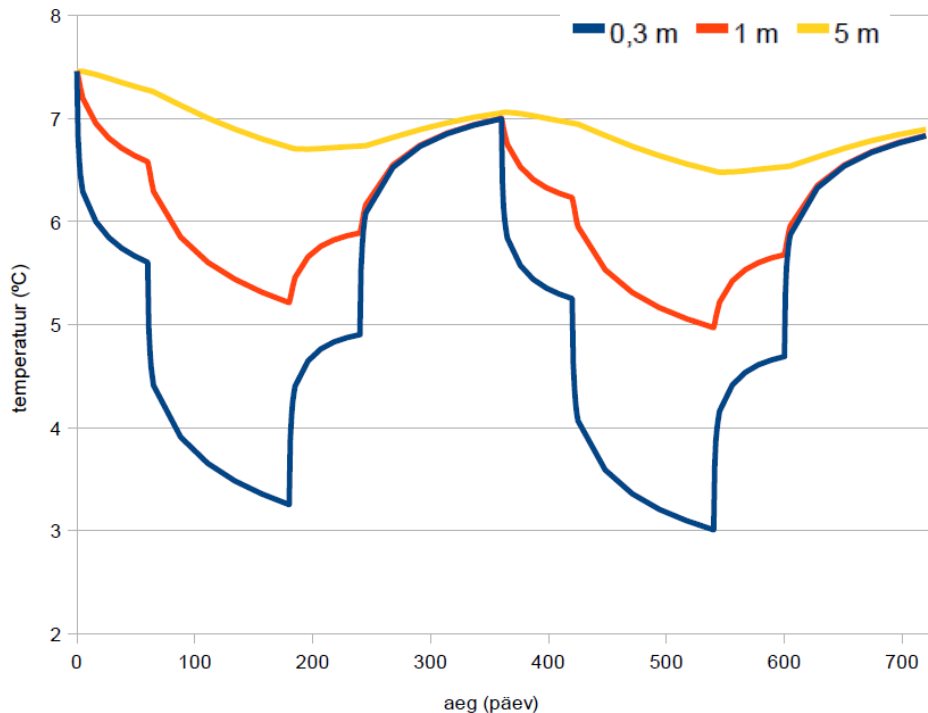
Kas teame soojusjuhtivuse kohta piisavalt?

Soojuspuuraukude toimivuse paremaks hindamiseks => thermal response test



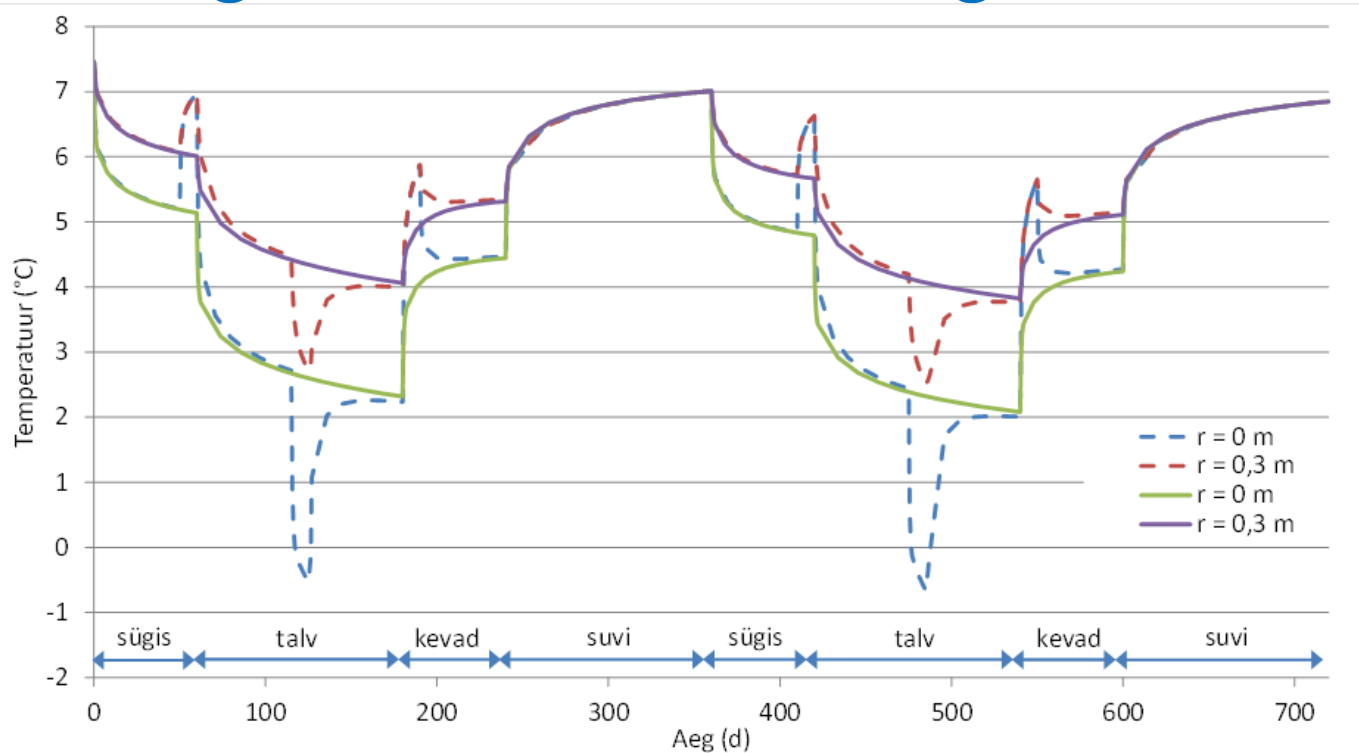


Soojuspuuraugu mõju erinevatel kaugustel





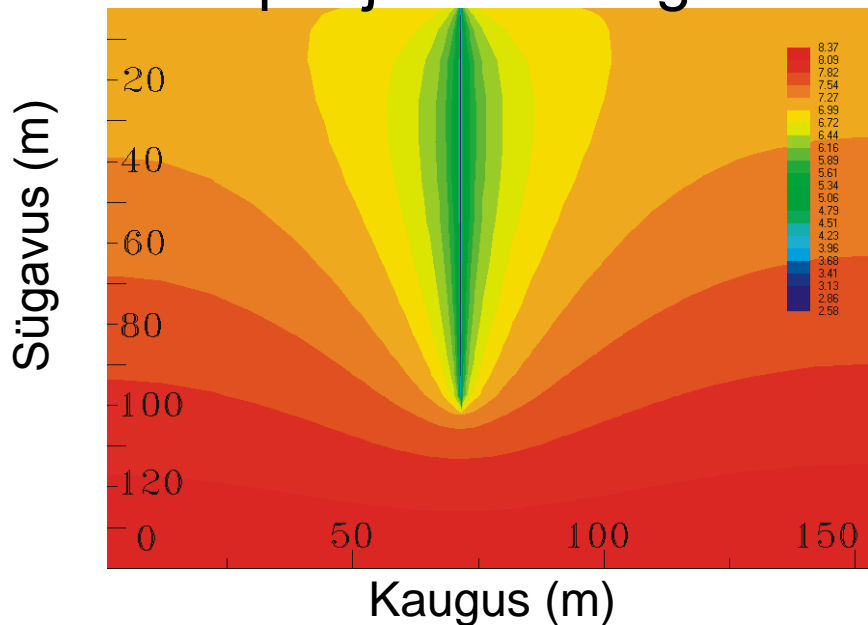
„mäng“ küttekoormusega



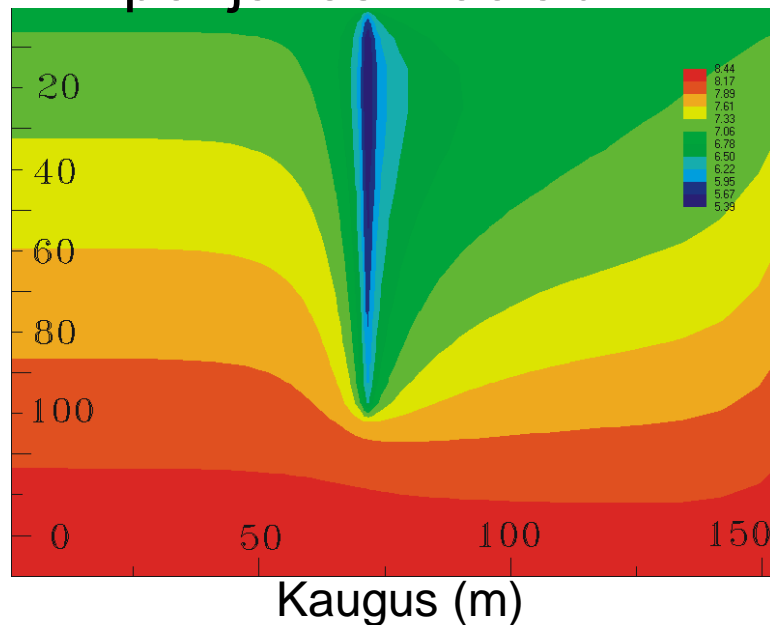


Põhjavee voolamise mõju kinnisele süsteemi soojusväljale

põhjavesi ei liigu



põhjavesi voolab ->





Soojuspuuraukude vahemaa kinnise süsteemi korral

Sõltub:

- kütte- ja jahutusvajadustest ning nende suhtest
 - puuraukude konfiguratsioonist (üksik taastub paremini kui rida, rida paremini kui ruudustik)
 - geoloogilistest tingimustest (kivimite soojusjuhtivustegur, põhjavee voolamine)
 - Minimaalselt 5-6 m, kui soojust ainult võetakse (mõjualad kattuvad igal hooajal)
 - Soovituslikult 10 m või rohkem
-



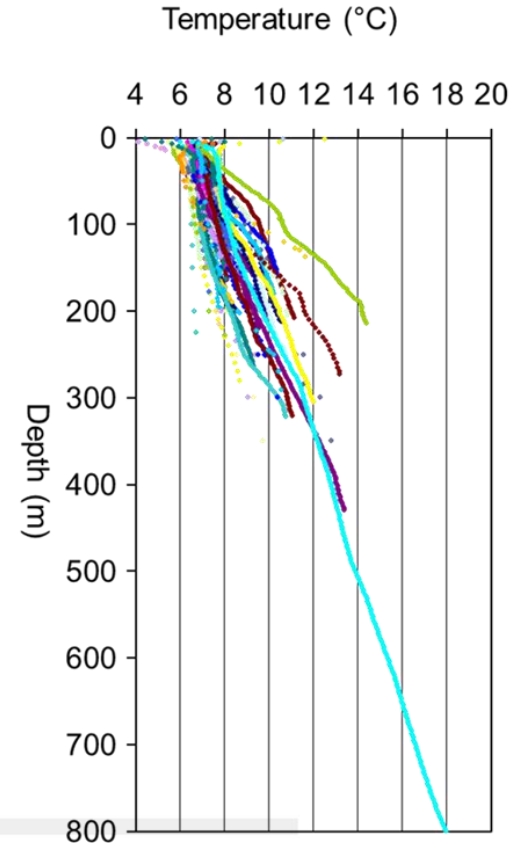
Millised soojuspuuraukude sügavused oleks tõhusamad?

Kinnised soojussüsteemid:

- Sügavus ei mõjuta oluliselt tõhusust
- Olulisem aukude arv ja omavahelised kaugused

Avatud soojussüsteemid:

- Mida madalam, seda parem põhjavee kaitsmise mõttes





Kinnine süsteem, soojusvai (ei ole soojuspuurauk)

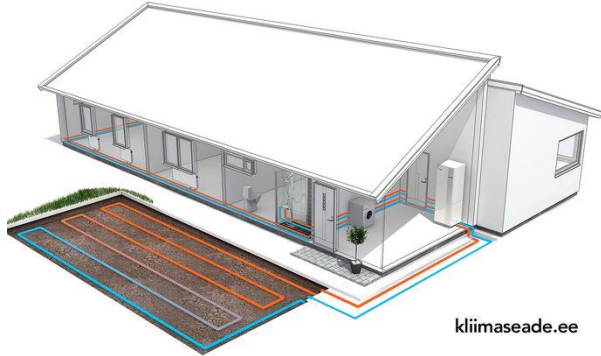
- Soojusvai on ehitusvai, millesse on paigutatud soojuskontuur
- „Vundamendi“ osa, rajatakse nõrkade pinnaste korral
- Sageli kütte- ja jahutusvajaduseks





Kinnine süsteem, horisontaalne süsteem

- Kontuur 1-1,2 m sügavusel, kontuuride vahemaa 1-1,2 m
- Kõige olulisem mõjutaja on maapind, külgsuunaline mõju oluliselt väiksem
- Taastub täielikult suve jooksul



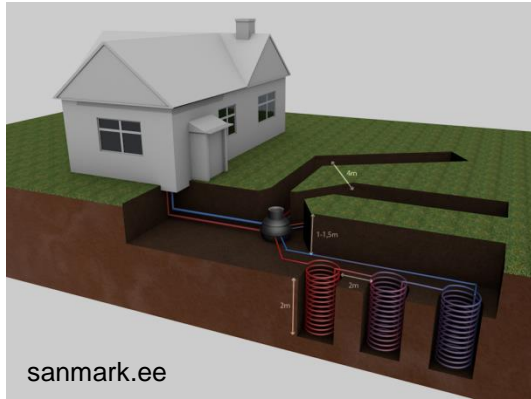


Kinnine süsteem, horisontaalne süsteem



gapsal.eu

- Spiraalide pikkus 2-3 m, vahemaa 2-3 m
- Suurem efektiivpindala, väiksem ruumivajadus
- Taastub täielikult suve jooksul



sanmark.ee



Küsimused

Kui suur vahekaugus peaks olema maasoojussüsteemidel, et nendel oleks siiski maksimaalne kasutegur. Eelkõige puudutab see tiheasutusalasid, kus on 1200-2000 m² kinnistud ning kõik soovivad endale maakütet paigaldada. Kas see on võimalik või saavad ainult esimesed seda teha (nt sul on 4-6 naaberkindistut) või siis kannatavad hoopis need kes esimestena panid, kuna siis arvestati, et piirkonnas muid maasoojussüsteeme ei ole ning soojuspump ning maaküttekontuur projekteeriti ja rajati vastavalt (süsteemi hilisem täiendamine ei ole võimalik).



Küsimused

Ehituseadustiku lisa 1 puudub maasoojus kontuuri mõiste ja seega teatamiskohustus või ehitusloa kohustus. Sellest tulenevalt on võimalik ehitada maasoojuskontuur näiteks ehituskeeluvööndisse. Kontuuri ehitamine ehituskeeluvööndis on suurema mõjuga keskkonnale kui näiteks puukuur.



Küsimused

Mis on maasoojussüsteemide rajamise ohud?

- Põhjaveega seotud ohud (peamiselt avatud süsteemid, vähem soojuspuuraugud)
 - Kõrgtaimestikuga seotud ohud vajavad eraldi uuringut
-



Küsimused

Soojuspuuraukude kaasnevad mõjud ning nende korvamise PRAKTIKAD. Häiringute minimeerimine.

Kinniste maasoojuspuuraukude rajamine ning reoveesüsteemidega kaasnevad kitsendused: millele tähelepanu pöörata?

