



## **Maasoojussüsteemide rajamisega seotud seadusandlik regulatsioon ja selle muutmise vajadus**

Argo Jõelett ja Raul Paat

Tartu 2021

## Sisukord

Kokkuvõte .....	2
1. Sissejuhatus .....	3
2. Maasoojussüsteemide kirjeldus .....	4
2.1. Kinnised maasoojussüsteemid .....	4
2.1.1. Horisontaalsed soojuskontuurid .....	4
2.1.2. Vertikaalse soojuskontuuriga soojuspuurauk.....	7
2.1.3. Soojusvai .....	8
2.2. Avatud maasoojussüsteemid .....	9
2.2.1. Kaevandusvesi.....	10
2.2.2. Joogiveeks sobimatud veekihid .....	11
2.3. Soojuse salvestamine .....	11
2.4. Tunnelid.....	12
2.5. Süvasoojus.....	14
3. Soojuspuuraugud ja -kaevud Eestis.....	16
4. Kitsendused .....	24
4.1. Soojuspuuraukude vahemaa.....	24
4.2. Soojuspuuraukude kaugus veehaarde puurkaevudest.....	29
4.3. Maakasutus ja maakontuurid .....	31
4.4. Soojussüsteemide kaugus puudest.....	32
5. Regulatsioon .....	34
5.1. Regulatsioon teistes riikides.....	34
5.2. Eestis kehtiv regulatsioon .....	38
6. Soovitused .....	41
Tänuõnad.....	46
Kirjandus .....	47

## Kokkuvõte

*Soovitav viitamine: Jõelegt, A., Paat, R., 2020. Maasoojussüsteemide rajamisega seotud seadusandlik regulatsioon ja selle muutmise vajadus. Tartu Ülikool. KIK projekt 17523. EGF9526.*

Töö eesmärk on kirjeldada praegu ja lähitulevikus rajatavate maasoojussüsteemide tüüpe, analüüsida nendega seotud ohte (ennekõike põhjaveele), analüüsida kehtivat seaduslikku regulatsiooni ning lähtudes Eesti ja rahvusvahelistest seadustest, standarditest ja kogemustest pakkuda välja ettepanekud seaduste muutmiseks. Samuti on eesmärgiks anda soovitusel ja juhendid maasoojussüsteemide käsitlemiseks omavalitsuse tasandil ning edasise järelvalve teostamiseks.

# 1. Sissejuhatus

Maasoojussüsteemid kui energeetiliselt kõige efektiivsemad soojuspumba tehnoloogial põhinevad kütte- ja jahutuslahendused on alakasutatud ressurs, mis aastaks 2050 kliimaneutraalsuse saavutamise eesmärki silmas pidades vajaks oluliselt laiemat kasutuselevõttu. Küsimus ei ole ainult rohepöördes ja kliimaneutraalsuses – ehitusseadustikust tulenevad hoonete energiatõhususe miinimumnõuded<sup>1</sup>. Seaduse täitmine nõuab taastuvenergia kasutamist.

Maasoojussüsteemide laiemaks kasutuselevõtuks on vaja üle vaadata seadusandlik regulatsioon, mis hetkel ei erista piisavalt erinevaid süsteemide tüüpe ja tehnilisi lahendusi. Ühesuguste kitsenduste ja piirangute rakendamine viib olukorrani, kus väiksema reostuspotentsiaaliga lahenduste asemel rajatakse süsteeme, millel on suurem potentsiaal põhjavett ohustada.

Töö eesmärk on kirjeldada praegu ja lähitulevikus rajatavate maasoojussüsteemide tüüpe, analüüsida nendega seotud ohte (ennekõike põhjaveele), analüüsida kehtivat seaduslikku regulatsiooni ning lähtudes Eesti ja rahvusvahelistest seadustest, standarditest ja kogemustest pakkuda välja ettepanekud seaduste muutmiseks. Samuti on töö eesmärgiks anda soovitusel ja juhendid maasoojussüsteemide käsitlemiseks omavalitsuse tasandil ning edasise järelvalve teostamiseks.

---

<sup>1</sup> <https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014>

## 2. Maasoojussüsteemide kirjeldus

Maasoojussüsteeme jaotatakse kinnisteks ja avatud süsteemideks. Kinnistes soojussüsteemides on maa sees torustik (soojuskontuur), milles ringleb madala külmumistemperatuuriga soojuskandevahend, mis kannab soojust maa seest küttesüsteemile või jahutussüsteemilt maa sisse. Torustik moodustab suletud ringi.

Avatud soojussüsteemid koosnevad väiksemate lahenduste korral puurkaevude paarist, suuremate lahenduste korral mitmetest paaridest. Ühest kaevust pumbatud vesi läbib soojusvaheti ning külmemana või soojemana juhitakse see teise puurkaevu kaudu samasse veekihti tagasi. Osa tagasijuhitud veest jõuab uuesti pumbatavasse puurkaevu, aga osa veest voolab looduslikult minema, kuna veekiht on veevahetuseks avatud.

Soojusressurssi jagatakse ka madalaks ja sügavaks. Piir madal- ja süvasoojuse vahel on tinglik, erineb riigiti ja muutub aja jooksul. Erinevates riikides on piir 300–500 m vahemikus. Kõik seni rajatud maasoojussüsteemid Eestis on madalad.

Kuigi maasoojussüsteemid on üldpõhimõtetelt sarnased, erinevad need tehniliselt lahenduselt päris palju ning vajavad ka erinevat regulatiivset lähenemist. Järgnevalt kirjeldatakse maasoojussüsteemide tüüpe vastavalt nende eripäradele.

### 2.1. Kinnised maasoojussüsteemid

#### 2.1.1. Horisontaalsed soojuskontuurid

Horisontaalse maasoojussüsteemi puhul on kinnine soojuskontuur (maakollektor, pinnasekollektor) paigaldatud maa sisse väikesesse sügavusse. Tüüpiliselt paigaldatakse soojuskontuur 1-1,2 m sügavusele ning sirgete paralleelsete torude vaheline kaugus on vähemalt 1 m (tavaliselt 1,2 m). Torustik jagatakse vajadusel mitmeks paralleelselt ühendatud ringiks pikkusega kuni 500 m, et rõhukadu kollektoris ei ületaks 100 kPa<sup>2</sup>.

Rusikareegli järgi tuleb 1 m<sup>2</sup> köetava pinna kohta paigaldada 3 m maakollektorit, mis vajab 3,6 m<sup>2</sup> maapinda.

Soojussüsteemi kavandamisel arvestatav soojushulk jooksva meetri kohta (erivõimsus) sõltub pinnase tüübist ja veesisaldusest. Savid on madalama soojusjuhtivusega, kuid tänu paremale võimele hoida vett saab savikatest pinnastest võrreldes teiste pinnastega võtta rohkem energiat (erivõimsus kuni 15 W/m). Liiva-kruusa pinnased võivad maapinnale

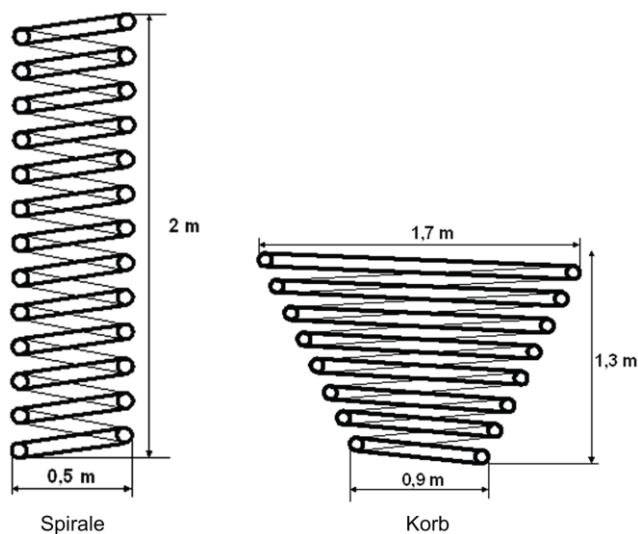
---

<sup>2</sup> <https://nouded.rkas.ee/soojusvarustus-ja-kute>

lähedases osas olla kuivad, mille tulemusena on nende soojusjuhtivus madal (erivõimsus 10 W/m), samas veeküllastunud olekus ja voolava põhjavee korral saab nendest setetest võtta rohkem energiat (kuni 20 W/m).

Maa-alused maakontuuri ühendused tuleks teha keevisliidetega. Maakontuuri erinevad ringid peavad olema reguleeritavad ja eraldi suletavad. Hea tava võiks olla markerteibi paigaldamine kontuuri kohale kraavi.

Sirgete lõikudena paigaldatud maakontuuriga sarnaselt tuleks käsitleda ka muid kollektoreid, mis paigaldatakse kuni mõne meetri sügavusele (tinglikult labida või kopa abil paigaldatavad). Kompaktkollektorid võivad olla erineva kujuga (spiraalid, koonused, redelid, plaadid jne) (Joonis 1, kaanefoto) ning sellest tulenevalt ka erineva paigaldusviisiga (üldjuhul kollektori ülaosa 1 m sügavusel, alaosa kuni 3–4 m sügavusel). Sõltuvalt tüübist saab nendega katta aastast küttevajadust kas osaliselt või täielikult. Kompaktkollektorid ei ole Eestis väga levinud, kuna nende sobivus meie kliimas ilma täiendava soojustagastuseta ei olnud paljude paigaldajate jaoks selge. Käesoleva töö autorite poolt kolmes asukohas teostatud seire andmed näitavad, et korrektselt dimensioneeritud spiraalkollektoritega soojussüsteemid katavad kogu energiavajaduse ilma täiendava soojustagastuseta tingimustes, kus tavapärase maakollektori jaoks ei ole kinnistul piisavalt ruumi.



**Joonis 1. Spiraali- ja korvikujulised kompaktkollektorid. Allikas VDI 4640 (Verein Deutcher Ingenieure, 2015).**

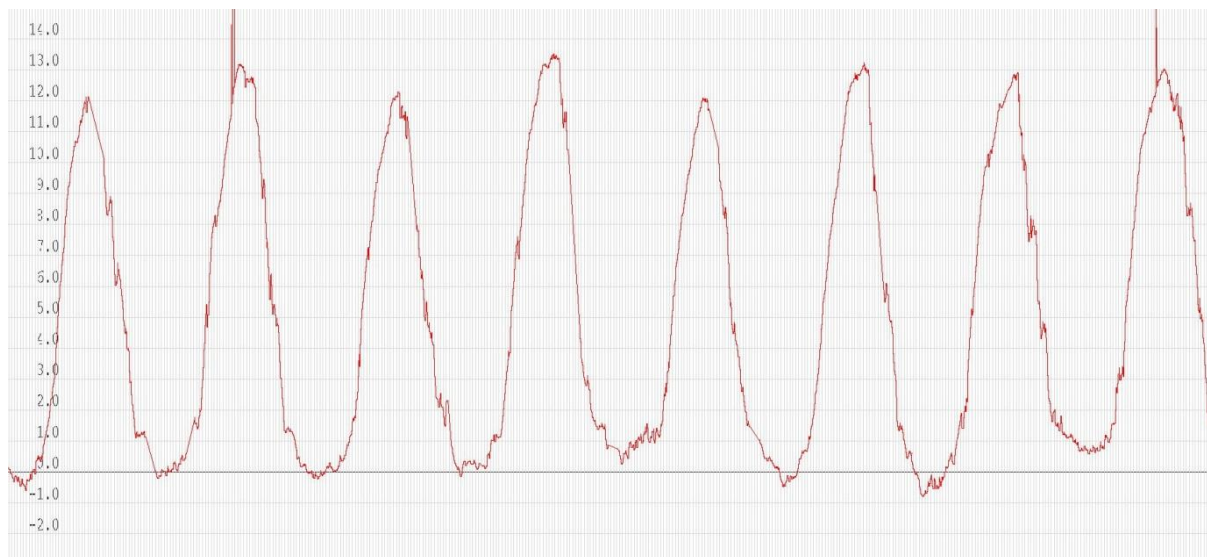
Seiratud spiraalkollektoritega soojuspumbad asuvad Tartus ning on põhikütte allikaks 150–180 m<sup>2</sup> pindalaga eramutel, mida köetakse radiaatoritega, ning sealjuures kasutatakse soojuspumpa ka tarbevee soojendamiseks. Maaküttesüsteemid on paigaldatud aastatel 2010–2016. Spiraalid, 24–30 tükki eramu kohta, on kahel juhul pikkusega 2 m, ühel juhul 3 m ning need on paigaldatud 2–3 m sammuga. Küttesüsteemi osaks on ka horisontaalselt kulgev spiraale ühendav torustik.

Seire käigus salvestati soojuspumba juures nii maakontuuri kui ka sekundaartorustiku (kütte/tarbevee) peale ja tagasivoolu temperatuure. Kahel juhul paigaldati süsteemi ehitamise ajal andurid mõnede spiraalide välisküljele kinnitatud torusse, et registreerida pinnase temperatuure erinevatel sügavustel.

Vaatlused näitavad, et spiraalkollektorist tuleva soojuskande vedeliku temperatuur langeb talvel vahemikku 0 kuni +2 °C, miinuskraade tuleb ette lühiajaliselt ainult suurte külmade korral (Joonis 2). Augustiks on kollektorist tuleva vedeliku temperatuur tüüpiliselt 12 kraadi. Vahetult spiraalide kõrval on talvel täheldatud pinnase külmumist (kollektorisse juhitava vedeliku temperatuur on enamikel talvedel soojem kui -2 °C), samas kui spiraalist 10–20 cm kõrgemale paigutatud andur külmumist ei näita. See tähendab, et pinnase külmumine on väga lokaalne. Suvisel ajal kerkib pinnase temperatuur spiraali ülaosa juures 12–14 kraadini ja alaosas 10–12 kraadini.

Seiratud spiraalkollektorid on töötanud 5–11 aastat. Selle aja jooksul ei ole pinnase temperatuurides näha pikaajalist kumuleeruvat trendi, vaid õhutemperatuuri ja küttekooormuste muutumisest tulenevaid variatsioone.

Ühe kahemeetrise spiraaliga on Eesti tingimustes võimalik saada sõltuvalt pinnase tüübist ja niiskusest 250–500 W<sup>3</sup>. Spiraali- ja korvikujuliste kompaktkollektorite kohta saab lähemalt lugeda Saksamaa Inseneride Liidu juhendist VDI 4640 (Verein Deutcher Ingenieure, 2015).

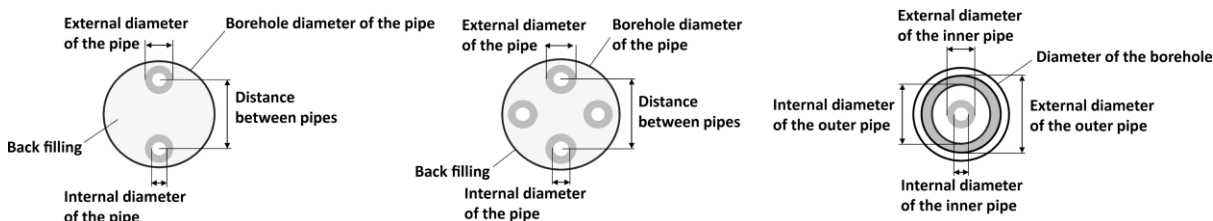


**Joonis 2. Spiraalkollektorist tuleva soojuskandvedeliku ööpäeva madalaim temperatuur (töötsükli lõpp) perioodil veebruar 2013 kuni detsember 2020.**

<sup>3</sup> [gapsal.eu/tooted/spiraalkollektori-artikkel](https://gapsal.eu/tooted/spiraalkollektori-artikkel)

### 2.1.2. Vertikaalse soojuskontuuriga soojuspuurauk

**Soojuspuurauk** (*borehole heat exchanger e. BHE*) on spetsiaalsed puuraukud, kuhu on paigaldatud torustik (nn. soojuskontuur) maa seest soojuse võtmiseks, soojusest vabanemiseks või mõlema kombinatsioonist. Paigaldatav torustik on sageli U-kujuline plasttoru (üks haru alla, teine üles) diameetriga vahemikus 32 kuni 40 mm. Torustiku sügavamas otsas on (tehases) keevsliidetega paigaldatud spetsiaalne tagasipööre, mille külge saab kinnitada raskuse (lihtsustab torustiku paigaldamist puurauku).



**Joonis 3. Soojuspuuraukude ristlõiked. Allikas EN17522.**

Eelistatum võiks olla topelt U torustik (kaks alla, kaks üles), mida oma suurema läbimõõdu tõttu võib olla raskem paigaldada, kuid mille puhul võib erivõimsus (energiahulk torustiku meetri kohta) olla 10–20% suurem. Nii üksik- kui ka topelt-U torustike puhul mõjutab soojuskontuuri efektiivsust külma ja sooja toru vaheline kaugus. Selleks et vältida puuraugus otsest soojuse ülekandumist ühelt torult teisele kasutatakse spetsiaalseid klambreid, aga turul on ka tooteid, millel on torudevahelist distantsi hoidvad vaheseinad (nt geopipe.fi toode M32).

Sügavamate puuraukude puhul on maailmas populaarsust kogumas koaksiaalsed torud (Joonis 3). Kui soojuspuuraugu eesmärk on soojuse võtmine maa seest (kütterežiim, tavapärane Eestis), siis juhitakse soojuspumbast tulev jahutatud soojuskandevadelik välismisse torusse, kus kivimite soojus saab vedelikule paremini üle kanduda tänu suurele välispinnale ja aeglasemale voolukiirusele, et siis soojenenud vedelik saaks peenema sisetoru kaudu kiiresti maapinnale tagasi voolata. Kui eesmärk on soojusest vabanemine (jahutusrežiim), siis juhitakse soe vedelik sisetoru kaudu puuraugu põhja, kust siis vedelik maapinna poole voolates saaks pidevalt jahtuda.

Peale torustiku paigaldamist tuleks Eestis kõik soojuspuuraukud kogu pikkuses täita keskkonnale ohutu ning väikese veejuhtivusega materjaliga ehk puurauk tuleb tampoondida. Samasugune tingimus on olemas valmimisel olevas Euroopa standardis EN17522. Soojuspuuraugu ühendamisel hoones asuva soojuspumbaga rajatakse tavaliselt ligikaudu 1 meetri sügavusele torustik. Soojuspuuraugu peal olev maa on kasutatav nagu tavaline õuemaa, kus haljastuse osas piiranguid ei ole. Kaevetöödel tuleks rakendada sarnaseid piiranguid nagu teiste tehnovõrkude puhul (kooskõlastus maaomanikuga, ettevaatlikkus kaevamise ajal jne).

Rootsis ja Soomes on kombeks jätta soojuspuuraugud mineraalainesega täitmata. Üks peamisi argumente täitmata jätmisel on parem soojusülekanne kivimitelt kontuurile puuraugu veega täitunud osas, sest konvektiivne soojuskanne vees on tõhusam kui ülekanne soojusjuhtivuse kaudu puurauku täitvas materjalis. Nendes riikides on Eestist erinev geoloogiline ehitus ja sellest tulenevalt ka põhjavee kasutus. Kristalsetes kivimites liigub vesi peamiselt lõhede kaudu, mille hulk ja avatus vähenevad sügavuti (tarbekaevude sügavused on enamasti kümnetes meetrites, soojuspuuraugud tavaliselt 200–300 m) ning kaevude veeandvus rahuldab pigem eramu vajadust, kuid mitte ühisveevärgi oma. Kuna nendes riikides ei ole kivimites olev põhjavesi veekihtidena ja joogiveena üldises tarbimises, siis ei ole seal ka settekivimite aladele iseloomulikke muresid nagu veekihtide segunemine, veetasemete alanemine veekihtide ühendamisel, reostuse kandumine sügavamatesse veekihtidesse, kiirem levik piki veekihti jne.

### 2.1.3. Soojusvai

**Soojusvaiad** (*thermal pile*) on ehitiste alused puuritavad betoonvaiad, milles on sarruse külge paigaldatud soojuskontuur. Puurvaiad on ehitise vundamendi osad ning vaiade arv, sügavused ja läbimõõdud projekteeritakse vastavalt hoone konstruktsioonile ja koormusele ning aluspinnase geotehnilistele omadustele.

Vaiadele ehitatakse hooned nõrkade pinnaste (nt viirsavi, orgaanilised setted, vesiliiv) korral. Kui soojuspuuraukude sügavus ja läbimõõt on üldjuhul vastavalt 50–200 m ja 10–15 cm ning puurimiseks kasutatakse tavapäraseid puurmasinaid, siis puurvaiade rajamiseks on masinad, mis võimaldavad suuremat läbimõõtu (20–100 cm), kuid vaiade sügavus on üldjuhul väiksem, viiest kuni 30 meetrini. Puuritud aukudesse paigaldatakse terasarmatuur, mille külge on kinnitatud soojuskontuur, ning augud täidetakse betooniga, mis ühtaegu tagab vaiade kandevõime ja piirab vee vertikaalset liikumist. Betooni soojusjuhtivus on suhteliselt hea ning see aitab kaasa soojuse ülekandumisel kontuuri ja pinnase vahel.

Vaiade esmane eesmärk on tagada hoone püsimine ning selle pärast tuleb vältida vaiade külmumist, et jäigas betoonis ei tekiks lõhesid. See piirab vaiadega võetavat soojushulka. Samuti tuleb arvestada, et vaiad on piiratud alal suhteliselt väikeste vahemaadega. Seetõttu ei pruugi soojusvaiadest piisata hoone kogu küttevajaduse rahuldamiseks. Samas vaivundamendile ehitamise vajadus on suurem suurematel hoonetel nagu näiteks büroohooned, haiglad ja kortermajad, mis sageli vajavad nii kütmist kui ka jahutamist, seda nii aasta kui ka päeva lõikes. Energia tagastamine pinnasesse või erineva kestusega akumuleerimine vähendavad summaarselt võetavat energia hulka ning tõstavad süsteemi tõhusust. Soojusvaiade kasutamisel ei peaks olema eesmärk katta hoone kogu aastane energiovajadus. Ka osaline kate aitab kaasa hoone A-energiaklassi nõuete täitmisel.

Soojusvaiade projekteerimisel tuleb vaiade temperatuuride lühi- ja pikaajaliseks hindamiseks teha soojustehnilised arvutused, mis võtavad arvesse vaiade omadused (diameeter, pikkused, kontuuride arv, betooni soojusjuhtivus ja -mahtuvus), nende omavahelise paigutuse ja vahemaa, pinnase termilised omadused ning kavandatud kütte- ja jahutuskoormused.

## 2.2. Avatud maasoojussüsteemid

Avatud soojussüsteemid koosnevad vähemalt kahest puurkaevust, millest ühest võetakse põhjavett, mis pärast soojuspumba soojusvahetis jahutamist juhitakse teise puurkaevu kaudu samasse veekihti tagasi. Väiksemate süsteemide (nt eramud) puhul piisab tavaliselt kahest puurkaevust, suuremate puhul võib vaja minna mitut kaevude paari.

Kaevude arvu määrab ära vajalik veehulk, et tagada hoone kütte- ja/või jahutusvajadus. Hoone vajadustest lähtuvalt leitakse vajalik soojuspumba võimsus ning arvutatakse vajalik veehulk. Näiteks soojuspumba väljundvõimsuse  $P = 12,5 \text{ kW}$  tagamiseks, eeldades sealjuures pumba hooajalist keskmist kasutegurit  $\text{SPF} = 5$ , on põhjaveest vaja saada energiat võimsusega  $P_v = P \cdot (\text{SPF} - 1) / \text{SPF} = 10 \text{ kW}$ . Kui pumbata kaevust põhjavett 1 liiter (1 kg) sekundis ja jahutada vett 1 kraadi võrra, saame arvutada veest saadava energia võimsuse, võttes vee erisoojuseks  $c = 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ :  $4,2 \text{ kJ}/(\text{kg K}) \cdot 1 \text{ kg/s} \cdot 1 \text{ K} = 4,2 \text{ kJ/s} = 4,2 \text{ kW}$ . Ehk 10 kW võimsuse saamiseks on vaja 1 l/s vooluhulga juures vett jahutada  $\sim 2,5$  kraadi. Tegelik veevõtt ja temperatuuri muut varieeruvad vastavalt puurkaevu tootlikkusele ja soojuspumba seadmele.

Avatud süsteemi puurkaevudega pumbatakse suhteliselt suuri veemahte, mis veekihist eemaldamise korral põhjustaks põhjavee koguse olulist muutust ja nõuaks vee erikasutustasu maksmist. Seetõttu on oluline, et vesi saaks juhitud samasse veekihti. Puurkaevud peaksid avama ühesugust sügavusintervalli, sest ka sama veekihi erinevatesse intervallidesse juhtimisel võivad tekkida lokaalsed alandus- ja survelehid, mille mõju võib ulatuda kinnistu piiridest oluliselt kaugemale.

Väikeste avatud soojussüsteemide puhul on soovitatav kasutada maapinnale lähimat põhjaveekihti, kust saab piisavalt vett. Hea tava võiks olla, et soojuspuurkaeve ei rajata põhjaveekihti kehtestatud veevarudega alal. Temperatuuri kasv sügavuti on aeglane (saja meetri kohta lisandub 1–2 kraadi) ja ei anna soojuslikus mõttes olulist lisandväärtust, küll aga kasvab oluliselt puurimise hind. Samuti suureneb sügavamate veekihtide reostamise oht, kuna puurkaev on potentsiaalne otsetee, mis võimaldab maapinnalähedasel reostusel kiirelt ja ilma loodusliku puhastumiseta sügavale jõuda. Puurkaevude suudmete korralik sulgemine vähendab reostusohtu oluliselt.

### 2.2.1. Kaevandusvesi

Valdav osa avatud soojussüsteemidest Eestis on rajatud ühe eramu tarbeks. Sulgemise järel uputatud kaevanduste vesi võimaldaks rajada ka suuremaid lahendusi, kuna suures koguses vesi on kergesti saadaval. Teadaolevalt ainsana kasutatakse Ida-Virumaal Kiikla külas endise Sompa kaevanduse vett avatud süsteemis. Maasoojusega varustatakse umbes pool küla kaugküttest. Soojuspumpade väljundvõimsus on kuni 500 kW<sup>4</sup>. Vesi pumbatakse ühe kilomeetri kauguselt katlamajja ning juhitakse 5 kraadi madalama temperatuuriga kaevandusse tagasi umbes 300 m veevõtukohast eemal. Maaküttele kasutusele võtmise järel langes küttele hind ligikaudu kaks korda<sup>5</sup> võrreldes varasema õliküttega.

Kaevandusvee kasutamine avatud süsteemis on ressurss, mis vajab täiendavat uurimist. Oma keemiliselt koostiselt ei vasta see vesi joogivee nõuetele ning muud kasutust näiteks tehnoloogilise veena, on sellel vähe. Kaevanduskäikudes on väga suurtes kogustes vabalt voolavat vett, mille temperatuur on 7–8 kraadi.

Kaevandusvee kasutusel on ka piiranguid. Veega täitunud kaevanduskäigud on peamiselt vanades põlevkivi kaevandustes ehk ainus kasutuspotentsiaal on Ida-Virumaal. Seejuures ei pruugi põhjapoolsete kaevanduste käigud olla veega täitunud.

Kaevanduskäikude vesi peaks olema kättesaadav lõpptarbijale võimalikult lähedal, sest vee pumpamine pikkade vahemaade taha tähendab elektrikulu ja soojuskadusid. Ka Kiikla küla lahenduse juures osutus veepumba elektrikulu ootamatult suureks. Pikad vahemaad on takistuseks just suuremate lahenduste puhul; eramute läheduses on kaevandamisel jäetud väiksemaid tervikuid, mistõttu saab puurkaevud teha majale lähemale.

Enne kaevandusvee kasutuselevõttu tuleks hinnata, kui kõrgele kerkib veetase kaevanduses nii hooajaliselt kui ka pikemas perspektiivis. See on vajalik, et teada, kas teiste ümbruskonnas olevate kaevanduste sulgemine võiks põhjustada puurkaevu (hooajalist) ülevoolu ning juhul kui, siis kuhu saaks ülevoolavat vett juhtida.

Kaevanduskäikudesse rajatud puurkaevude puhul on üheks ohuteguriks hinnatud laevaringutega kaasneda võivat veelööki, mille tulemusena võib puurkaevust purskuda kõrge veesammas (Reinsalu et al., 2015).

---

<sup>4</sup> <https://ait-nord.ee/work/kaugkutte-katlamaja-kiikla-kulas-maetaguse-vallas-ida-virumaal/>

<sup>5</sup> [https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/4031/0201/7017/soojus\\_arengukava.pdf](https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/4031/0201/7017/soojus_arengukava.pdf)

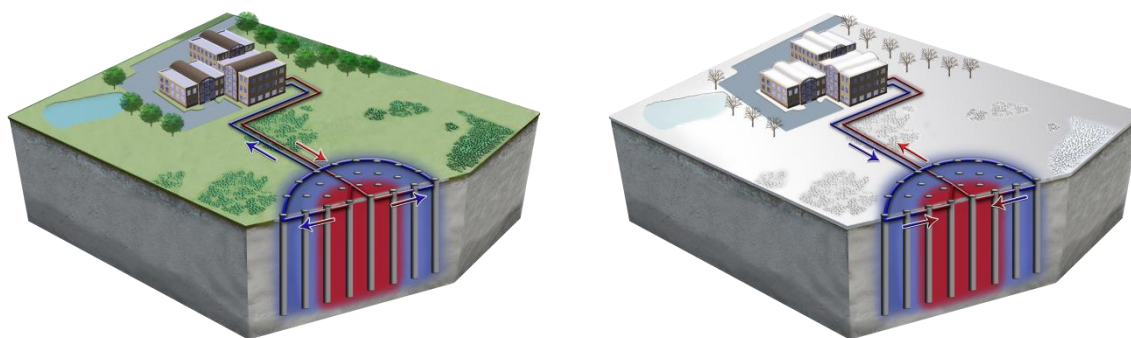
## 2.2.2. Joogiveeks sobimatud veekihid

Kuigi üldine hea tava võiks olla, et avatud soojussüsteemide jaoks kasutatakse maapinnalähedast põhjavett, siis Eesti aluspõhjas on ka sügavamaid veekihte, mis oma lokaalsete omaduste tõttu ei sobi joogiveeks. Näiteks Lääne-Eesti rannikualadel, mis kerkisid Läänemere alt suhteliselt hiljuti, on magestunud ainult pindmised veekihid, kuid Siluri-Ordoviitsiumi veekompleksi sügavam osa on joomiseks liiga soolane. Sõltuvalt asukohast võib joogivee alternatiividena esineda ka Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambriumi-Vendi veekompleksid, kuid nendesse puurkaevude rajamine on kulukam. Seega sõltuvalt kohalikest oludest võib olla otstarbekam kasutada maapinnale lähedast magevett joogivee allikana ning avatud soojussüsteemide jaoks sügavamaid veekihte.

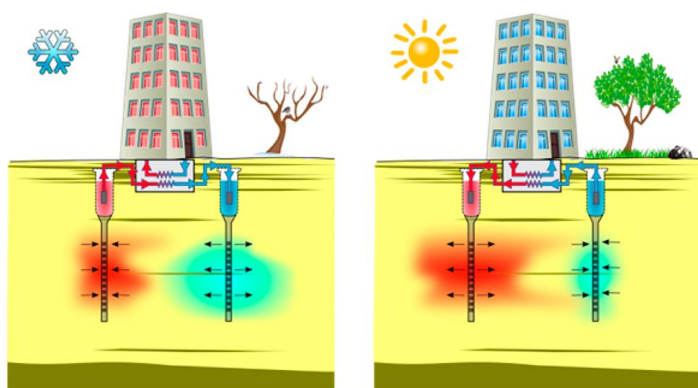
Avatud soojussüsteeme võiks rajada ka Kirde-Eestis Kambriumi-Vendi Gdovi põhjaveekihti selles osas, mis ei kuulu põhjaveekogumisse nr 1 ning kus vee soolsus ületab 1 g/l. Või Kambriumi-Vendi veekihti Ida- ja Lõuna-Eestis, mis on samuti soolased, kuid nende puhul on pärssivaks ilmselt puurimise kallidus ja kivimite ebapiisav veejuhtivus.

## 2.3. Soojuse salvestamine

Maad saab kasutada hooajalise energia salvestajana. Enamasti kasutatakse kas soojuspuurauke (*Borehole Thermal Energy Storage – BTES*) (Joonis 4) või puurkaeve (*Aquifer Thermal Energy Storage – ATES*) (Joonis 5), kuna horisontaalsed maakontuurid on suurema energiahulga salvestamiseks maapinnale liiga lähedal.



Joonis 4. Soojuspuuraukudega salvestussüsteem (BTES). Allikas: <https://underground-energy.com/our-technology/btes/>



**Joonis 5. Avatud soojussüsteemil põhinev soojusenergia hooajalise salvestamise lahendus. Allikas: Bonte et al., 2014.**

Sagedamini kasutatakse selliseid lahendusi kortermajade, suuremate kontorihoonete, hoonekomplekside (nt haiglad) või ka kaugkütte puhul, kuid võib kasutada ka eramute puhul.

Salvestussüsteemide eripäraks on kompaktsus. Näiteks soojuspuuraukude vahekaugused on vahemikus 2–5 m, sest ei suvel salvestatav ega talvel võetav energia ei jõua torustikust kuigi kaugemale. Seevastu soojuspuuraukude arv võib ulatuda kümnetest kuni sadadeni.

Efektiivsuse tõstmiseks muudetakse nii kinniste kui avatud süsteemide puhul tsirkulatsiooni suunda kütte ja jahutuse vahetumisel, et hoida kõrgema ja madalama temperatuuriga osad eraldi. Maasisesed temperatuurid sõltuvad kütte ja jahutuse vahekorra ja lisaenergia hankimise võimalustest. Kui soojuse allikaks on ainult hoonete jahutus, siis jäävad temperatuurid suhteliselt madalaks. Süsteemi efektiivsuse tõstmiseks võib osaliselt või täielikult kasutada päikesekütte paneele (kollektorid), millega võib temperatuuri tõsta mitmekümne kraadini. Kõrgete temperatuuridega võivad kaasneda põhjavee keemilise koostise muutused (Bonte et al., 2011, 2013, 2014), kuid nende esinemise tõenäosus Eesti tingimustes vajab uurimist.

Soojuse salvestussüsteeme projekteerides tuleb arvestada põhjavee voolamisega. Kui eespool kirjeldatud üksikute soojuspuuraukude ümber aitab voolav põhjavesi soojusvälja taastada, siis salvestussüsteemide puhul võib vesi soojuse üldse ära kanda.

Suuremate salvestussüsteemide projekteerimine eeldab keerukamate arvutuste tegemist. Samas piir tavaliste soojuspuuraukude ja salvestussüsteemi puuraukude vahel on hägune. Üha rohkem kasutatakse algselt ainult soojuse võtmiseks kavandatud soojuspuurauke jahutusel. Aasta summaarse võetava soojushulga vähenemine võimaldaks soojuspuurauke rajada väiksema vahekaugusega.

## 2.4. Tunnelid

Tunnelid ja muud maa-alused ehitised võimaldavad ligipääsu kivimitele maapinnast sügavamal ja seetõttu omavad potentsiaali maasoojuse kasutusele võtmiseks. Kui tunnelid

on juba rajatud, siis nende kaudu energia ammutamine võib olla tasuv samasugustel alustel nagu muu maasoojuse kasutamine. Oluline aspekt on lähedal oleva soojuse lõppkasutaja olemasolu, sest soojuse transport suurendab kadusid ja energia hinda.

Eristama peaks maapinnalähedasi ja mägesid läbivaid tunneliteid. Mägitudelites on temperatuurid looduslikult kõrgemad, sest neid katavad enamasti kõrged mäed. Temperatuuritudelites on sõltuv selle kohal oleva mäe kõrgusest. Šveitsis, kus tunnelisse sisse voolava vee temperatuur võib ulatuda 30–40 kraadini, kasutatakse mitmetes kohtades soojuspumpadega ära tunneli kalde tõttu suudmesse voolavat vett (Wilhelm & Rybach, 2003). Tinglikult on tegu avatud süsteemiga. Mägitudelites kõrgete temperatuuride ära kasutamist kinniste kontuuridega pärsib lõpptarbija kaugus. Üldiselt saab kinniseid kontuure kasutada pigem lühemates lõikudes, sest pikematesse lõikudesse jäävad ka külmemad osad. Soojuskontuuride paigaldamine soojadesse (sh. maapinnalähedastesse) tunnelitesse aitab vähendada nende kasutusega kaasnevat ventilatsiooni- ja jahutuskulusid (Zhang et al., 2016).

Väikeses sügavuses asuvate tunnelite termiline kasutamine on maailmas alles pilootprojektide tasemel, kus katsetatakse, modelleeritakse ja tehakse tasuvusarvutusi (Epting et al., 2020; Insana & Barla, 2020; Moormann et al., 2016; Tinti et al., 2017; Zhang et al., 2016). Vaid vähesed tunnelisoojuse projektid on jõudnud teostuseni. Epting et al. (2020) andmetel on 7 töötavat soojusjaama (Jenbach Austrias, Katzenberg ja Stuttgart-Fasanenhof Saksamaal, Torino Itaalias, Nanori-Toge Jaapanis, Seocheon Lõuna-Koreas, Linchang Hiinas), millest osa on katsetamise järgus. Näiteks üks tegutsevatest, Nanaori-Toge, kasutab autotunnelisse pandud torustikku hoidmaks tunneli suudmes olevat teelõiku jäävabana (Islam et al., 2006).

Kinniste süsteemide puhul paigaldatakse soojuskontuuritudelites kas betoonikihtide vahele (*drill & blast* läbindamine), tunnelit vooderdavate betoonplokkide sisse (*tunnel boring machine* läbindamine) või valminud tunneli siseküljele tekstiilkatte alla (*energy textile, energy fleece*).

Soojusvahetus tunneli seinte kaudu on lähedane muudele kinnistele süsteemidele. Barla & Di Donna (2018) hindasid soojusvahetuseks 10–20 W/m<sup>2</sup>, kui vee voolamist ei toimu ja 50–60 W/m<sup>2</sup>, kui toimub oluline vee voolamine kivimites-pinnases. Londoni Crossrail raudtee liinil on soojuskontuuri eesmärgiks eemaldada tiheda rongiliikluse (tipptunnelis rongid iga 2,5 min tagant) tekitatavat soojust, mida hinnati 30 W/m<sup>2</sup> tipptunnelis ja 10 W/m<sup>2</sup> baastasemena (Nicholson et al., 2014).

Eesti termiliste tingimuste juures on kivimite temperatuur 30–40 kraadi ligikaudu 1,5–3 km sügavusel, kuhu teadaolevalt ei plaanita niipea tunneliteid rajada. Üks perspektiivne projekt on Tallinn–Helsinki tunnel, kus temperatuur võib olla 6st kraadist mere all kuni 8–10 kraadini sette kivimites. Kui terminal tuleb maa alla, siis võib see vajada kütet. Analoogiliselt

näiteks Crossrail projektiga võiks kaaluda tunneli rajamise korral lähedusse jäävate suuremate tarbijate varustamist soojusega.

Teine võimalik projekt on Suure Väina püsiühendus tunneli kaudu. Maasoojust saaks kasutada tunneli suudmetes tee jäävabana hoidmiseks; hoonete kütmiseks on potentsiaalsed tarbijad Virtsu poolses otsas, kuid sealgi võivad jääda liiga kaugele. Otsuse tunnelisoojuse kasutamiseks saab teha tunneli omanik pidades silmas ohutuse, ökonoomika ja muid aspekte.

## 2.5. Süvasoojus

Maasoojuse rakendused suuremas mõõtkavas, näiteks linna(osa) kaugküttes, eeldab süvasoojuse kasutamist. Suurem soojushulk saavutatakse suurema kivimkeha pealt, kuid linna keskkonnas ei ole palju pinda. Seetõttu puuritakse puuraugud maapinnale lähedases osas lähestikku, kuid suuremas sügavuses suunatakse puuraugud laiali.

Süvasoojust saab võtta nii avatud kui ka kinnise soojussüsteemiga. Eestile lähim süvasoojuse projekt on Soomes Espoo linnas. Kohalik kaugküttefirma St1 arendab Otaniemi geotermaalenergia jaama, mille kavandatav võimsus on 40 MW ehk peaks katma 10 % Espoo küttevajadusest<sup>6</sup>. Jaama jaoks on puuritud kaks 6,4 km pikkust puurauku (vertikaalsügavus ~6 km). Ülemise 3,2 km ulatuses on puuraugud vertikaalsed, sügavamal lahknevad mõne kilomeetri kaugusele. Puuraukude põhja sügavusel on temperatuur ligikaudu 120 kraadi. Kivimite temperatuur on piisav, et puuraukude vahel ringleva vee soojuse saab soojusvahetite abil üle otse kanda kaugkütte veele.

Süsteem on nn *Hot Dry Rock* tüüpi lahendus. Esimesena puuritud augus viidi 5,5–6,1 km sügavusvahemikus läbi hüdrauliline stimulatsioon ehk piiratud intervallis suure surve all pumbatud vesi põhjustas kivimites lõhede tekke. Seismojaamadega mikromaavärinaid registreerides määrati tekkinud lõhede asukohad ning selle info alusel puuriti teine puurauk. Projekt on jõudnud veeringluse testifaasi, mis kestab 4–6 kuud.

Tegu on Põhjamaades unikaalse pilootprojektiga, mille kogemustest on palju õppida. Praktiliste kogemuste osas on selgunud nendes kivimites puurimise tehniline keerukus, kuigi naftageoloogias puuritakse ka sügavamaid puurauke. Samuti on olnud probleeme tekitatud lõhede avatuna hoidmisega. Projekt on siiski algusfaasis ja oodata tuleks eksploatatsioonifaasi tulemusi. Geoloogiliste ja termiliste tingimuste poolest on Espoo piirkond sarnane Põhja-Eestiga.

---

<sup>6</sup> <https://www.st1.com/geothermal-heat>

Kas Eestis väiksemast sügavusest (1–4 km) soojuspumpade abil kaugkütte jaoks soojust saaks toota, see vajab veel uurimist. Eesti Geoloogiateenistus alustas augustis 2021 maapõueenergia potentsiaali uurimist<sup>7</sup>. Lisaks lõhelistes kivimites avatud süsteemidele on alternatiiviks ka kinnise torustikuga puuraukude võrgu rajamine.

## 2.6. Pinnavee soojussüsteemid

Maasoojuspumpade abil saab võtta soojust ka pinnaveekogudest. Autoritele teadaolevalt on Eestis ainult üks objekt, mida saab käsitleda avatud soojussüsteemina. Tallinnas Eesti Meremuuseumi Lennusadama hoone kütteks ja jahutuseks kasutatakse kai lähedalt pumbatavat merevett, mis soojusvaheti läbimise järel suunatakse merre tagasi. Väike veesügavus sadamas tähendab, et ebasoodsate tuulte korral võib merevesi jahtuda külmumispunkti lähedale ning soojust ei pruugi talvel mõningatel perioodidel saada. Stockholmis on Fortumil 6 merevett kasutatavat soojuspumpadega jaama (Ropsten 1 & 2, Ropsten 3, Nimrod, Hammarby, Kista/Alkalla, Vilunda), millest enamik toodavad samaaegselt nii kaugkütet kui ka kaugjahutust. Jaamade küttevõimsused on vahemikus 25–230 MW.

Eestis leidub rohkem kinnise kontuuriga soojussüsteeme veekogudes, kuigi ka nende arv võrreldes maakontuuril põhinevatega on tühine. Veekontuur on sageli lahti veetud torustiku rull, mis on raami küljes ning omakorda kinnitatud raskuste abil veekogu põhja, et vältida torustiku ümber tekkida võiva jää poolt veepinnale kergitamist või vooluga kaasa viimist.

Infot veekontuuri pikkuse ja soojuspumba võimsuse seoste kohta on lihtsam leida, kuna see on analoogiline täitmata soojuspuuraukudele. Raskem on leida infot, kui suur peaks olema veekogu, et katta soojusvajadus ilma olulise veetemperatuuri muutuseta. Internetist võib leida seisukohti „10 tons/acre in heating mode“ vähemalt 10 jala sügavuses veekogus, et mõju oleks väiksem kui 1 °F. Seisukoht on teisendatav 8,7 W/m<sup>2</sup> ehk 87 kW/ha, mis tähendab 11–12 kW veekogust pindalaga 1000 m<sup>2</sup>, kui COP = 4.

Veekontuuri mõju veekogu temperatuurile on väga raske täpselt hinnata, kuna veekogu on pidevas soojusvahetuses atmosfääri, pinnaste ja põhjaveega. Atmosfäär mõjutab veekogu pealispinna kaudu oluliselt suuremate temperatuurikõikumistega kui vette paigaldatud kontuur. Ka ühesuguse õhu- ja veetemperatuuri korral tähendab jahedam kontuur, et soojus hakkab atmosfäärist vette kanduma. Veekogu soojusväli on pidevas dünaamilises tasakaalu poole püüdlemises. Veekontuuri poolt tekitatud temperatuuri ja tiheduse erinevused panevad vee ringlema ning vähemalt teoreetiliselt peaks see aitama kanda hapniku sügavamatesse kihtidesse.

---

<sup>7</sup> <https://www.egt.ee/et/uudised/eesti-geoloogiateenistus-alustab-maapoueenergia-potentsiaali-uurimist>

### 3. Soojuspuuraugud ja -kaevud Eestis

Eestis eksisteerivate kinnise süsteemi soojuspuuraukude ja avatud süsteemi puurkaevude ülevaade tugineb Keskkonnaregistri andmebaasil, millest tehti päringud EELISE rakenduse abil (viimane päring august 2021).

Andmebaasis on 92 avatud soojussüsteemi puurkaevu ja ligikaudu 2400 kinnise süsteemi soojuspuurauku. Avatud süsteemi puurkaevude arv on tegelikkuses veidi erinev, kuna andmebaasis on umbes 35 kirjet, mis on kahtlust äratavad. Ühe suurema kahtlusala grupi moodustavad peamiselt sajandivahetuse paiku rajatud süsteemid, kus puurkaevu pandi kinnine kontuur, kuid kaevu ei täidetud täiteseguga (Soome ja Rootsi soojuspuuraukude analoog), kuna sel ajal ei nõutud kaevude täitmist. Need puurkaevud, mida tuleks käsitleda kinnise süsteemi puuraukudena, on üldjuhul >100 m sügavad.

Andmebaasis on ka avatud süsteemi puurkaevud, mida on kinnistul ainult üks, kuid avatud süsteem eeldab vähemalt kahe kaevu olemasolu. On tõenäoline, et „üksikute“ madalate (sügavus enamasti 12–40 m) puurkaevude puhul on registrisse teine kaev jäänud kandmata.

Ebatäpsustest hoolimata on hinnanguliselt avatud süsteemi puurkaeve kokku kuni 100. Puurkaevude sügavused on valdavalt 12–40 m, kolmes kohas vahemikus 60–70 m ja kahes kohas ~100 m. Kaevude vahemaa on peamiselt 8–20 m, kahel juhul 38 m ja 64 m.

Avatud süsteemid paiknevad Eestis hajusalt (Joonis 6). „Suuremad“ kogumid on Haapsalus ja Kärddlas, kus kummaski on 5–6 süsteemi. Tallinna ümbruses on keskkonnaregistri andmebaasis rohkem objekte, kuid nende seas on palju küsitavaid kirjeid. Aastatel 2011–2020 rajati aastas 0–2, keskmiselt 1 avatud soojussüsteem (sama kinnistu puurkaevud arvestati üheks süsteemiks) (Joonis 7).

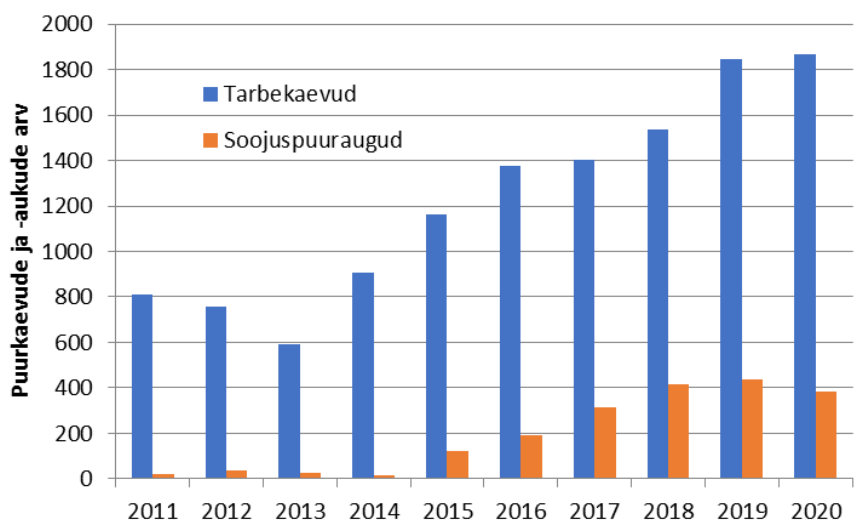
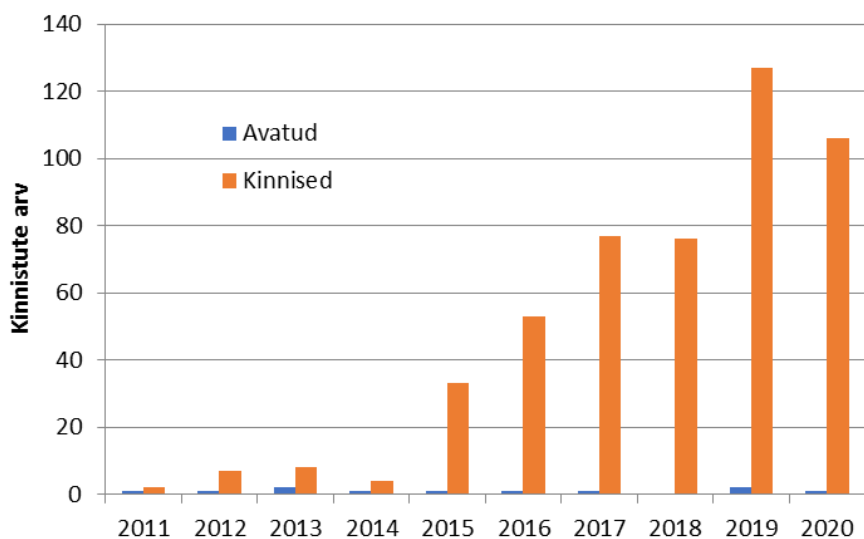
Kinnise süsteemi puurauke on keskkonnaregistris oluliselt rohkem, kuigi ka nende puhul võib olla nende arv alahinnatud perioodil enne aastat 2012. Viimase 7 aasta jooksul on hakanud kasvama rajatavate süsteemide arv (Joonis 7). Soojuspuurauke on rohkem linnastunud piirkondades – Tallinn ja selle lähiümbruse asumid ja linnad, Tartu ning Pärnu (Joonis 8). Lähemal vaatlusel on soojuspuuraugud siiski hõredalt, nagu on näha suhteliselt tihedama soojuspuuraukude esinemisega Nõmme – Laagri piirkonnas (Joonis 9). Ühe naabri positiivne kogemus innustab ka teist naabrit, kuid harva on üle paari-kolme süsteemi lähikonnas koos.



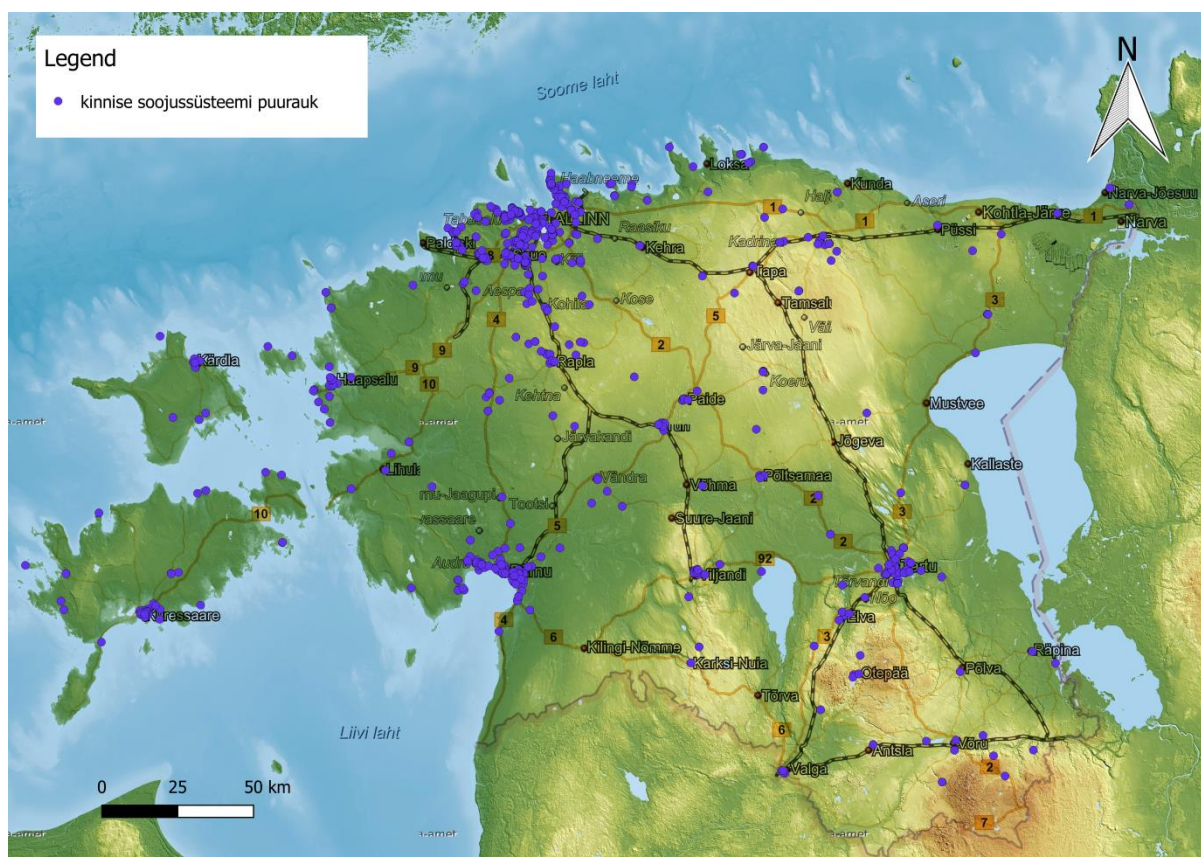
Joonis 6. Avatud süsteemi puurkaevud keskkonnaregistri andmetel.

Enamikul puuraukudest on keskkonnaregistris märgitud maaüksuse tunnus. Käsitledes samal kinnistul olevaid soojuspuurauke ühte süsteemi kuuluvatena nähtub, et enam kui 700st süsteemist 500-l juhul koosneb süsteem vähem kui kolmest soojuspuuraukust (Joonis 10), sealjuures kogu andmestiku mediaan on 2. Sada soojussüsteemi on 5 või enama puuraukuga.

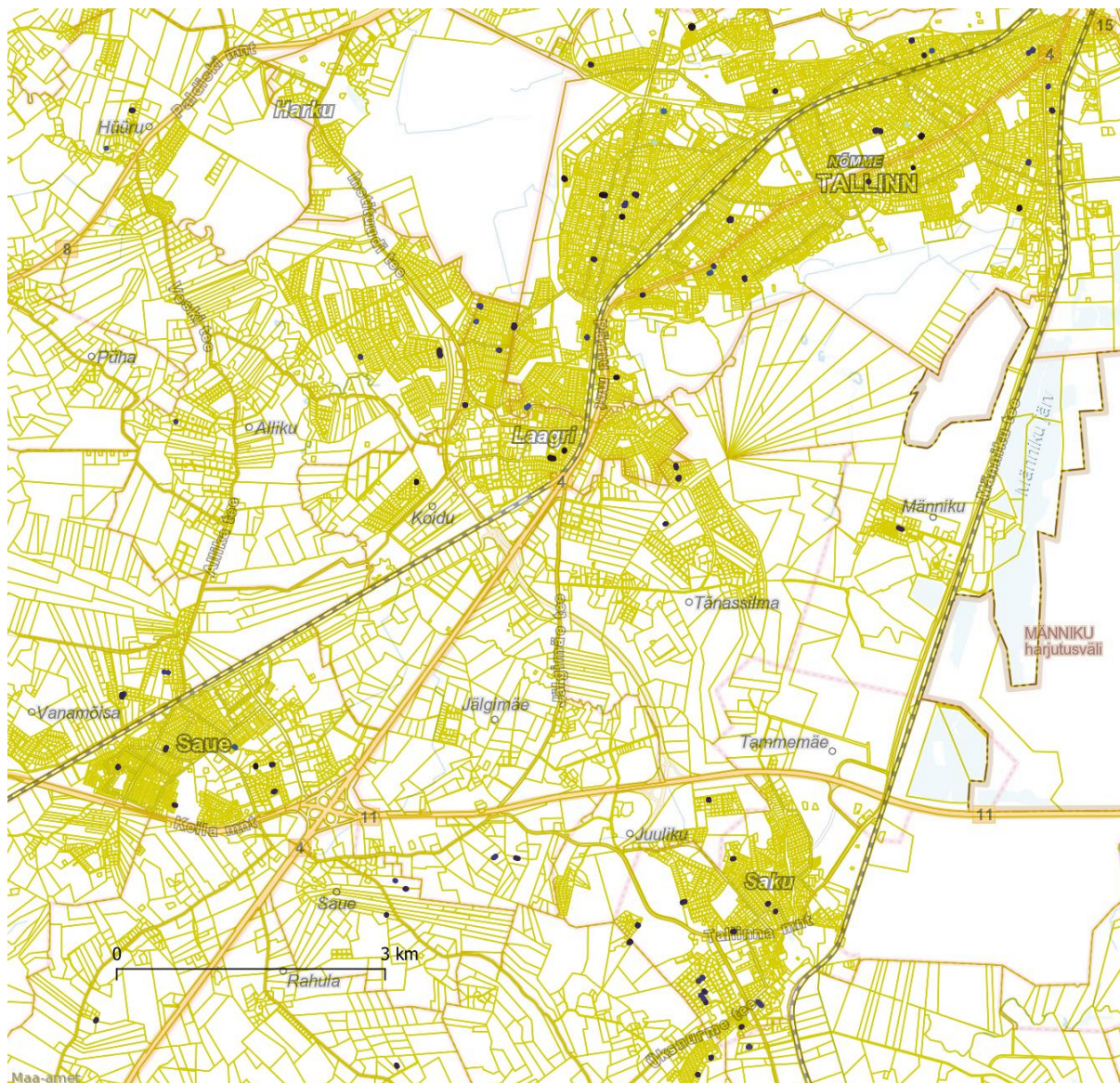
Samal kinnistul olevad soojuspuuraukud on valdavalt vähemalt 5 m teineteisest eemal, kuid harva on minimaalne kaugus üle 12 m, sest kinnistu mõõtmed piiravad. Üle 100 m sügavuste puuraukude puhul on vähim kaugus 9–12 m, vähemalt 5–7 m distantsi on kasutatud kuni 100 m sügavuste puuraukude puhul.



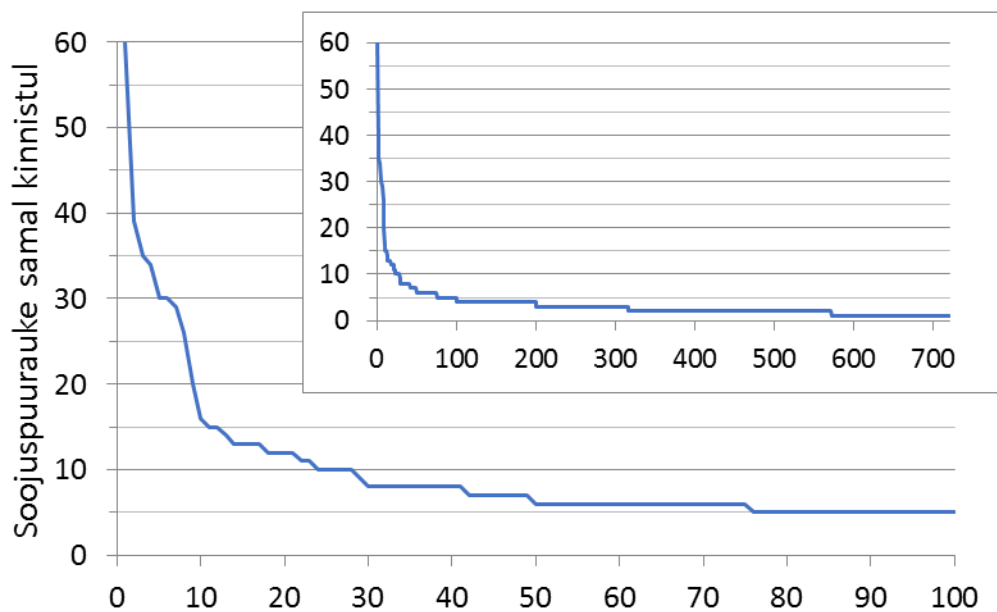
Joonis 7. Üleval on kinnistute arv aastas, millele rajati avatud või kinnise süsteemi puurkaevud/-augud. All on aastas rajatud soojuspuuraukude koguarv võrrelduna puuritud tarbekaevude arvuga.



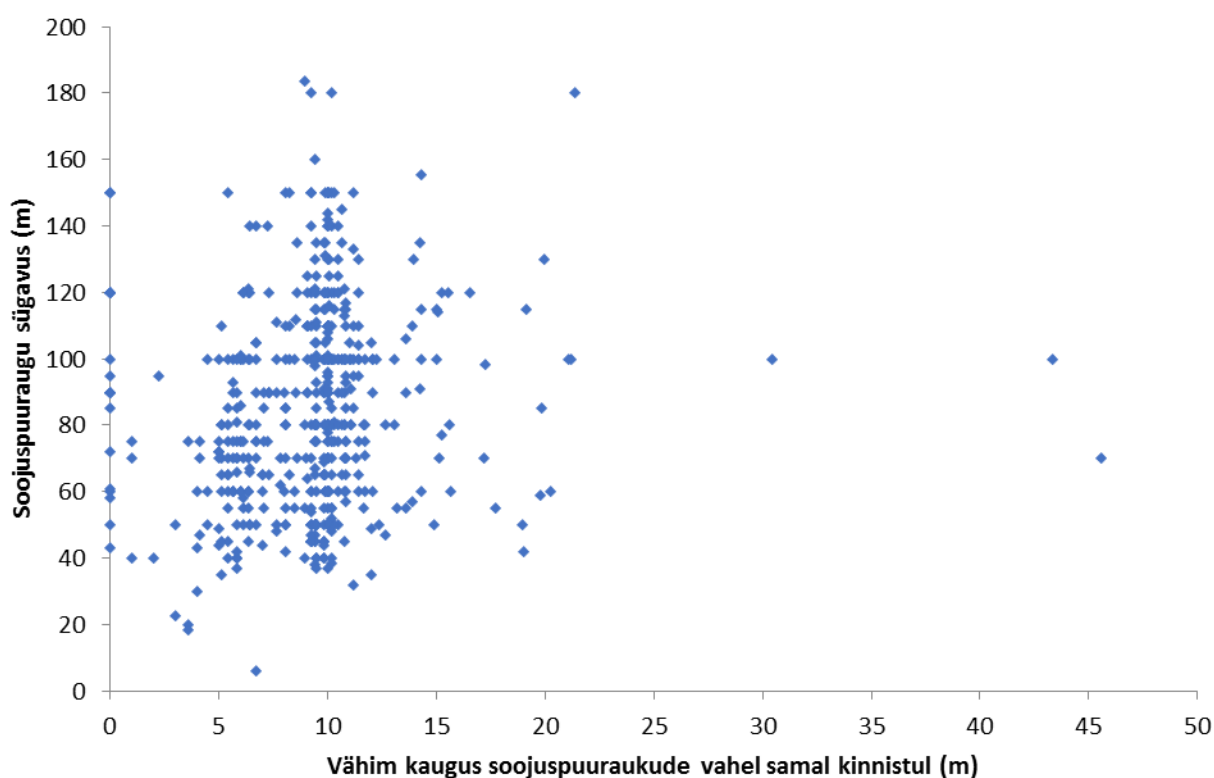
Joonis 8. Kinnise süsteemi soojuspuuraugud keskkonnaregistri andmetel.



Joonis 9. Soojuspuuraugud katastri kaardil. Nõmme, Laagri, Saku ja Saue on ühed tihedamalt paiknevate soojuspuuraukudega piirkonnad.



Joonis 10. Soojuspuuraukude arv samal kinnistul.



Joonis 11. Samal kinnistul olevate soojuspuuraukude vaheline minimaalne kaugus ja nende sügavus. Kuna arvatatud vahemaad sõltuvad puuraukude asukoha määramise täpsusest, siis tuleb andmeid võtta reservatsiooniga.

Kui vaadelda andmestikku üksikute soojuspuuraukude kaupa, siis vähem kui 20 paari on sellised, kus naaberkinnistu soojuspuurauk on lähemal kui 10 m.

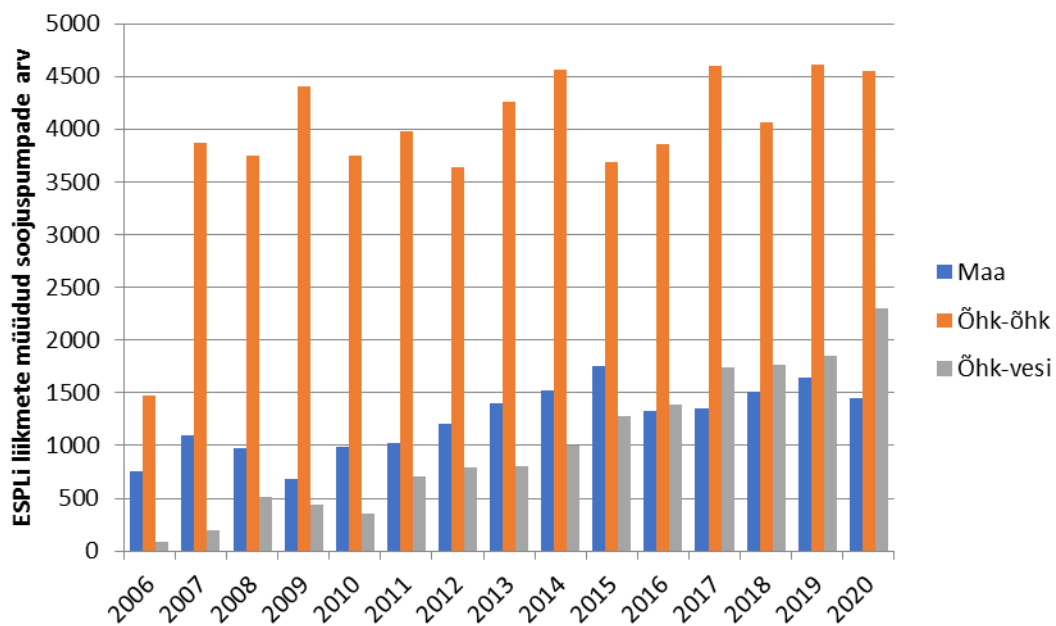
Kui vaadelda ühel kinnistul olevaid soojuspuurauke ühe kogumina (kogumeid kokku 749), siis 45-l juhul on 50 m raadiuses veel üks soojuspuuraukudega kinnistu ja ühel juhul on selles raadiuses kaks soojuspuuraukudega kinnistut (Tabel 1). Leidub 1 kinnistu, kus lähemal kui 200 m on 4 soojuspuuraukudega kinnistut. Enam kui 80% juhtudest ei ole kinnistul asuvale soojuspuuraukude kogumile ühtegi soojuspuurauku lähemal kui 200 m. Ainult 4,3% kinnistuid on sellised, kus 200 m raadiuses on kaks või enam soojuspuuraukudega kinnistut.

**Tabel 1. Soojuspuuraukudega kinnistute arv, kus toodud raadiuses on veel N soojuspuuraukudega kinnistut ning nende protsendiline jaotus soojuspuuraukudega.**

N	<50 m	<100 m	<150 m	<200 m		<50 m	<100 m	<150 m	<200 m
1	45	69	90	105		6.0%	9.2%	12.0%	14.0%
2	1	7	8	22		0.1%	0.9%	1.1%	2.9%
3	0	2	6	9		0.0%	0.3%	0.8%	1.2%
4	0	0	1	1		0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
<b>KOKKU</b>	46	78	105	137		6.1%	10.4%	14.0%	18.3%

Horisontaalsete soojuskontuuride arvu kohta ei ole täpset infot. Erinevalt puurimisest ei ole soojuskontuuride paigaldamisel loa taotlemise või teavitamise nõuet. Kaudse hinnangu saab vaadates maasoojuspumpade müüki. Eesti Soojuspumba Liidu andmetel (Joonis 12) müüsid liidu liikmed aastatel 2018–2020 maasoojuspumpasid 1454–1649 tükki<sup>8</sup>. See arv ei sisalda kõiki Eestis müüdud maasoojuspumpasid, kuid liidu juhatuse esimehe Raido Malõševi hinnangul võib tegelik number olla vaid 50–100 võrra suurem. Müüdud soojuspumpade arv on ligikaudu 15 korda suurem kui samadel aastatel rajatud soojuspuuraukudega süsteemide arv (Joonis 7). Iga müüdud maasoojuspump ei tähenda ühte uut maaküttesüsteemi. Suurema võimsusega süsteemides võib soojuspumpasid olla mitu, kuid näiteks samal kinnistul olevate soojuspuuraukude arvu (Joonis 10) põhjal võib hinnata, et kahte või enam soojuspumpa vajavaid süsteeme ei ole üle 10 % objektidest. Osa müüdud maasoojuspumpadest läheb vanade asenduseks, osa veekogudesse paigaldatud kontuuride juurde ning osa soojusvaidadega hoonetele, kuid nende osakaal ei ületa mõnda protsenti. Seega on hinnanguliselt umbes 90 % rajatavatest süsteemidest maapinnalähedased horisontaalsed maasoojussüsteemid.

<sup>8</sup> <http://www.soojuspumbaliit.ee/Statistika>



Joonis 12. Soojuspumpade müük aastas Eesti Soojuspumbaliidu andmetel.

## 4. Kitsendused

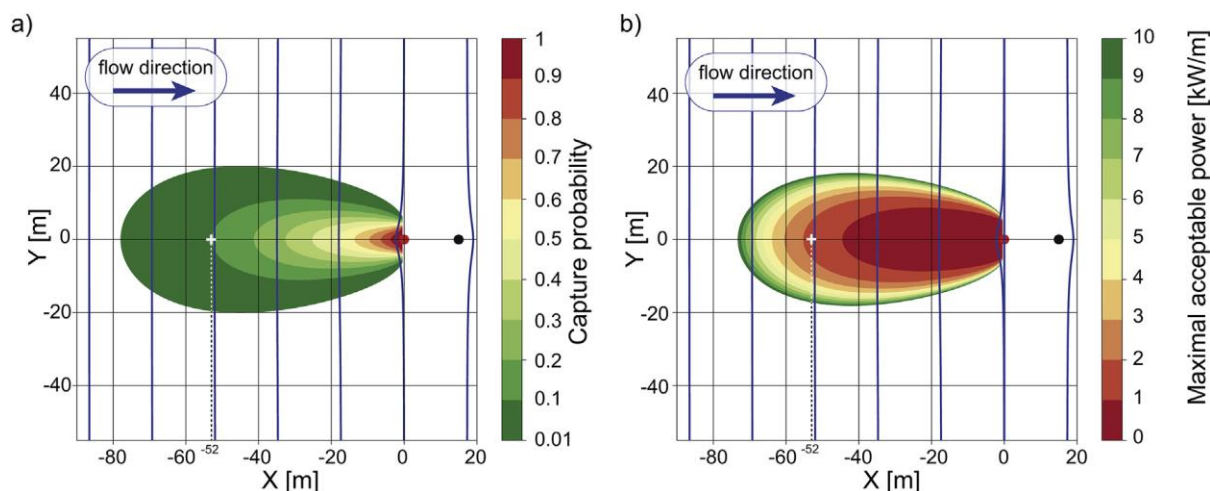
### 4.1. Soojuspuuraukude vahemaa

Soojuskontuuride eluiga on oluliselt pikem kui soojuspumpade oma. Soojuspumpade tehniliseks vanuseks hinnatakse 20 aastat, kuid soojuskontuuride eluiga on hinnanguliselt 50–100 aastat. Rootsis, kus vanemad soojuspuuraugud rajati juba 1970ndatel, läheb arvestatav osa soojuspumpade müügist vanemate pumpade välja vahetamiseks, kuna soojuskontuur ja soojuspuuraugu temperatuurid sobivad jätkamiseks.

Pikem eluiga tähendab, et soojuspuuraugu mõjuraadius kasvab ning tiheasustusosalal võivad mõjualad kattuda. Sellest tulenevalt on erinevate riikide juhenddokumentides soovituslikud vähimad vahemaad naaberkinnistute soojuspuuraukude vahel: Soomes 15 m (Juvonen & Lapinlampi, 2013), Rootsis 20 m (Swedish Geological Survey, 2016), Saksamaal 20 m (varem 10 m) ja Hiinas 20 m (Fascì et al., 2019). Vahemaad on soovituslikud ning sõltuvad näiteks Soome puhul puuraugu kallutatusest, põhjavee voolamisest ja geoloogilistest tingimustest. Juhendid lubavad ka väiksemaid vahemaid kaalutletud tingimustel (Juvonen & Lapinlampi, 2013; Swedish Geological Survey, 2016). Taanis ja Šveitsis on soojuspuuraukude vähim vahemaa 20 m, mis on sätestatud seaduse tasemel (Fascì et al., 2019), kuid see on Euroopas erandlik lähenemine.

Lääne-Euroopas on asustustihedus ning ka soojuspuuraukude tihedus linnades Eestist suurem. Seetõttu on seal tehtud palju teadustöid, mis kas kirjeldavad olukorda ja/või pakuvad välja lahendusi tihedalt paiknevate soojuspuuraukude ja -kaevude osas. Järgnevalt mõned näited.

Attard et al. (2020) on pakkunud välja olemasolevate maasoojuspaigaldiste termilise kaitsevööndi kontseptsiooni ja illustreerinud seda Lyoni linna näidete põhjal. Idee tugineb põhjavee mudelil, mille abil määratakse põhjavee voolusuund ja kiirus. Nende parameetrite alusel leitakse kaitstavast objektist ülesvoolu suunal tõenäoline mõju tekitav ala ning selle piires maksimaalne lubatav soojusvõimsus. Kontseptsioon on loodud kaitsmaks nii avatud süsteemi puurkaeve kui ka kinnise süsteemi puurauke.



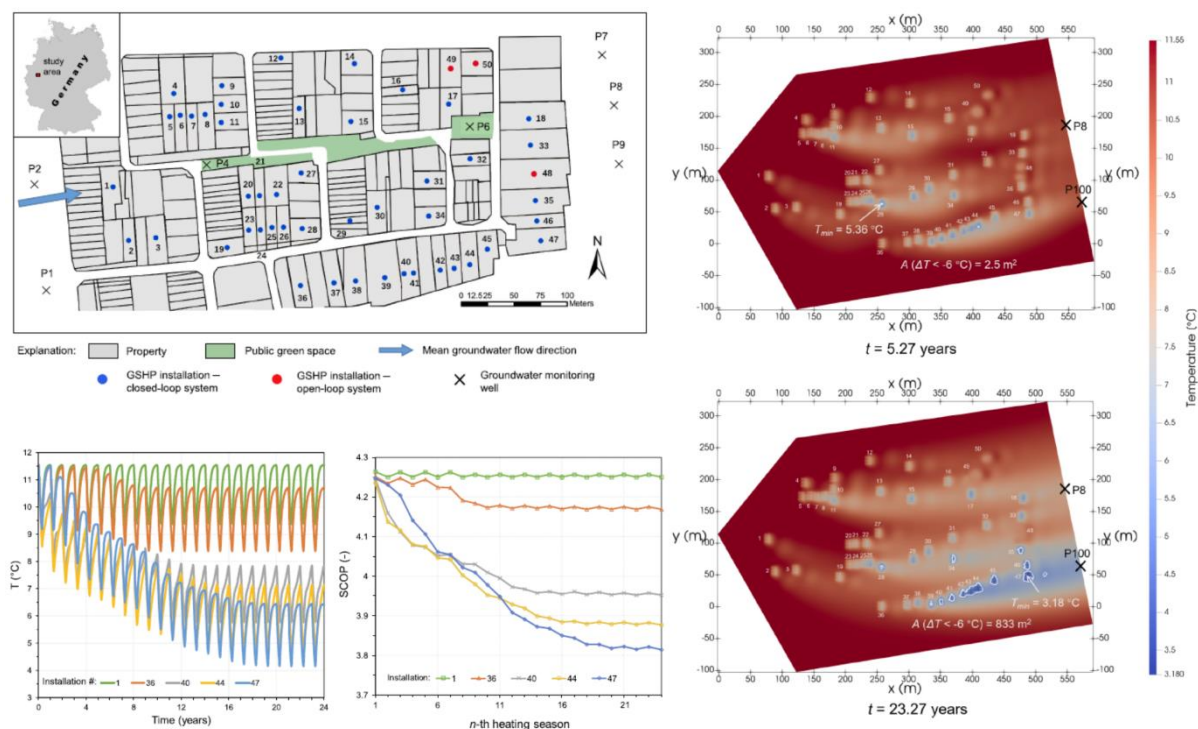
**Joonis 13. Põhjavee mudeli abil leitav potentsiaalselt mõju tekitav ala (vasakul) ja maksimaalne lubatav teiste tarbijate soojusvõimsus (paremal). Kaitstava avatud süsteemi pumbatav kaev on tähistatud punase ja tagasivoolukaev musta punktiga. Täpsem info mudeli tingimuste kohta on esitatud Attard et al., 2020.**

Kontseptsiooni rakendamist Eestis võib kaaluda, kuid sellel on paar nõrka kohta. Esiteks on arvutuste aluseks detailne hüdrogeoloogiline mudel, kuid tavatingimustes puudub detailmudeli koostamiseks vajalik andmestik nagu näiteks veetasemed, filtratsiooni parameetrid, poorsus, soojusjuhtivus jne. Teiseks pannakse kogu leevendusmeetmete leidmine uute rajajate õlule ilma mingite kohustusteta „esimesele rajajale“. Kui põhjavee voolamine ei ole väga kiire, siis on kõige otsesem leevendusmeede soojuse tagastus tarbimiskohas, sealhulgas ka esimesena rajatud kohas. Kolmandaks sõltub arvatava mõjuvälja suurus prognoositava tarbimisperioodi pikkusest. Kui pikk peaks olema hinnatav ajaperiood tingimustes, kus on palju ajas muutuvaid tegureid, nagu näiteks soojenev linnakeskkond ja kliima, mis mõjutavad nii temperatuure maa sees kui ka vajalikke küttekoormusi? Neljandaks võivad süsteemid olla vastupidise eesmärgiga – (García-Gil et al., 2020) vaatlesid ja modelleerisid kahte põhjavee voolamise suunas paiknevat soojussüsteemi, mis peaaegu täielikult kompenseerisid teineteise mõju.

Meng et al. (Meng et al., 2018, 2019) vaatlevad üht Kölni eeslinnapiirkonda, mis on tüüpiline Saksamaa linna eramute piirkond, kus kasutatakse intensiivselt maasoojust. Ligikaudu 500 x 300 m suurusel alal on 47 kinnist süsteemi (kokku 302 soojuspuurauku, kogupikkus ~11 km) ja 3 avatud süsteemi (kokku 8 puurkaevu, kogupikkus 228 m). Soojuspumbad paigaldati umbes 30 % kinnistutest ala renoveerimise käigus aastal 2008. Väikeste kruntide tõttu ei saanud kinni pidada VDI 4640 soovituslikest distantsidest.

Alal on mõõdukas põhjavee voolamine hea veejuhtivusega liivastes setetes ja analüüs näitab, et sellel on oluline roll. Vee voolamine aitab ühest küljest hoida üldiselt temperatuurid ühtlasemad, kuid teisest küljest mõjutab see süsteeme ebavõrdset, kuna voolu suunas ridamisi paiknevatest süsteemidest kaugemal olevate puuraukudeni kandub

ülesvoolu jäävate süsteemide jahutav mõju. Mudelarvutused näitavad, et 24-aastase töötamise järel võib kütteperioodi lõpus langeda temperatuur  $3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ni (häirimata temperatuur  $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kuid samas vähem kui 1 protsendil piirkonnast on jahumine suurem kui 6 kraadi. Soojusväli stabiliseerub umbes 20 aastaga ning enim mõjutatud süsteemi puhul on hooaja keskmine soojustegur (*SCOP, seasonal coefficient of performance*) 3,8, mis on ainult  $\sim 10\%$  väiksem kui vähim mõjutatud süsteemil (4,2). Uuringu-aegsetes hindades on elektrikulu erinevusest tulenev rahaline vahe kõigest 92 eurot aastas.



**Joonis 14.** Uuritud alal paiknevad maasoojussüsteemid ja põhjavee voolusuund (vasakul üleval), modelleeritud põhjavee temperatuurid 5,27 ja 23,27 aasta järel (paremal) ning temperatuurid ja SCOP muutumine aja jooksul erinevates süsteemides (all vasakul). Jooniste allikas Meng et al. (2019).

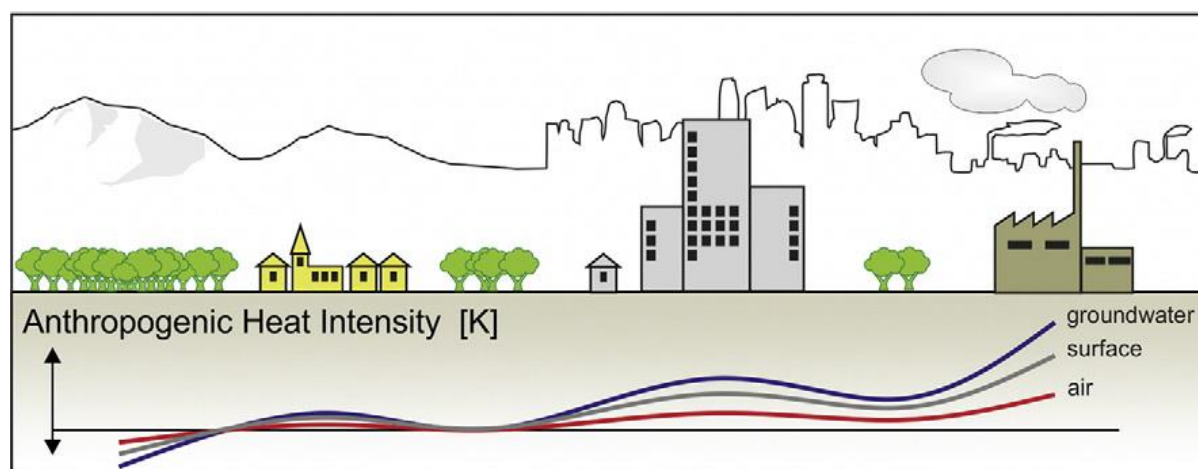
Rootsis kasutab maasoojust 20–25 % eramutest ning need moodustavad üle 95 % kõigist maasoojuse rakendustest riigis (Gehlin et al., 2020) ning levinuimaks lahenduseks on soojuspuuraugud. Puuraukude keskmine sügavus on kasvanud 1995 aasta 100 m pealt 2013 aasta 171 m peale ning üha enam puuritakse kuni 300 m sügavusi puurauke. Fascì et al. (2019) viisid läbi teoreetilise analüüsi, mida tähendaks Rootsi tingimustes soovituslik 20meetriste naaberkinnistute soojuspuuraukude vaheline vähim kaugus, kui soojuspuuraugud asetseksid rist- või kolmnurkse võrguna (puuraukude tihedus vastavalt 1 auk  $400\text{ m}^2$  ja  $346\text{ m}^2$  kohta). Arvutused tehti kuni 100 aastasele perioodile ehk hinnangulisele soojuspuuraukude elueale.

Uuringut tuleb käsitleda kui halvima juhtumi analüüsi, mis näitab, et 100 m sügavuste puuraukude puhul kasvab mõjuraadius 15 aasta jooksul 100 meetrini, 50 ja 100 aasta järel

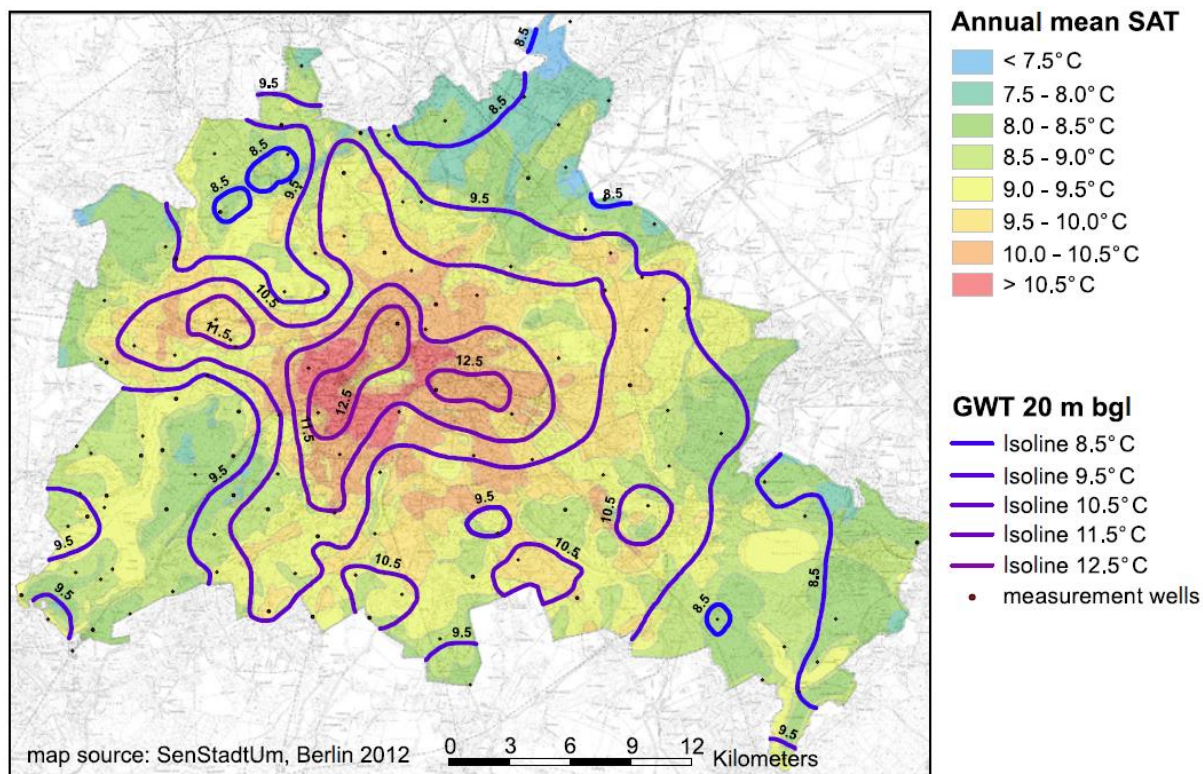
165 ja 224 meetrini, mille ulatuses paikneb vastavalt 80, 220 ja 400 puurauku. Pärast 20-aastast tööperioodi võib naaberaukudest tulenev mõju olla 5 / 6 kraadi (rist- / kolmnurk võrk), mis tuleneb peamiselt puuraukudest 60 m raadiuses, 50 aasta möödudes võib mõju ulatuda 10 / 11 kraadini, 100 aasta möödudes 14 / 16 kraadi. Uurijad tõdevad, et selliste vahekauguse ja erivõimsuse tingimustel ei ole soojuspuuraukud jätkusuutlikud. Uuringus pakutakse välja leevendavate meetmetena (i) puuraukude sügavuse suurendamist, et erivõimsust (meetri kohta võetavat soojushulka) vähendada ja (ii) summaarse aastase välja võetava soojushulga vähendamist. Uurijad soovivad, et uute süsteemide projekteerimisel tuleks arvestada juba olemasolevate ja võimalike uute soojussüsteemidega.

Fascì et al. (2019) analüüs on teoreetiline ja ka autorid tõdevad, et tulemused ei pruugi tegelikkusele vastata. Näiteks põhjavee voolamisega arvestamine mõjutab analüüsi tulemusi. Samuti tõdetakse, et maapinna temperatuuri piirtingimus (ja tegelikult ka kõik ülejäänud piirtingimused) hoiti konstantsena, mis ei arvesta hoonetest lähtuva soojuse „lekkimisega“ maa sisse.

Urbaniseerunud aladel tekkivad soojusaared ei ole seotud mitte ainult hoonetega, vaid maakasutuse muutusega üldisemalt (Rhee et al., 2014; Skinner & Majorowicz, 1999; Tissen et al., 2019). Linnakeskkonnas on mõju põhjavee temperatuurile suurem kui õhutemperatuuri tõus (Benz et al., 2017) (Joonis 15). Muruplatsidega võrreldes on parklate all pinnase temperatuurid kõrgemad, näiteks Poolas tehtud vaatlustel aasta keskmisena isegi 2 kraadi soojem kui muru all (Popiel & Wojtkowiak, 2013). Suuremates linnades võivad linna- ja maapiirkonna põhjavee temperatuurid erineda 3 kuni 7 kraadi (Menberg et al., 2013) (Joonis 16). Seega linnastunud aladel, kus võib eeldada tihedamat soojuspuuraukude esinemist, on ka intensiivsem soojuse kandumine maa sisse. Lisandub ka üldine kliima soojenemisest tulenev maapinnatemperatuuri tõus, mis peegeldub ka Eesti soojusvoo andmestikus (Jõelet, 1998; Kukkonen & Jõelet, 2003).



Joonis 15. Maakasutus mõjutab oluliselt temperatuurivälja maa sees (Benz et al., 2017).



**Joonis 16. Aasta keskmine õhutemperatuur (SAT) ja põhjavee temperatuur 20 m sügavusel (GWT) Berliinis (Menberg et al., 2013).**

Fascl et al. (2019) analüüs on teoreetiline ja ei vasta tegelikkusele ka tulenevalt eeldusest, et energia võtmine püsib muutumatuna 100 aasta jooksul. Esiteks, uutele ja oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele kehtivad energiatõhususe miinimumnõuded<sup>9</sup>, mis prognoosides Euroopa kliimapoliitikat muutuvad aastakümnetega rangemaks. Liginullenergiahoone nõuetele vastamiseks tuleb ka maasoojuspumba kasutamisel hoone üldist energiakulu vähendada, mis viib soojuspuuraukudest võetava aastase energiahulga üldise vähenemiseni.

Teiseks, kliimasoojenemisest ja mugavussoovidest tulenevalt on üha suurem nõudlus ruumide jahutuse järele. Liigse soojuse juhtimine soojuspuurauku on üks energiatõhusamaid jahutamise viise, mis ühtlasi taastab temperatuure puuraugu vahetus ümbruses, suurendab soojustegurit talvel ning vähendab summaarset aasta jooksul maa seest võetavat soojushulka.

<sup>9</sup> [Hoone energiatõhususe miinimumnõuded](#)

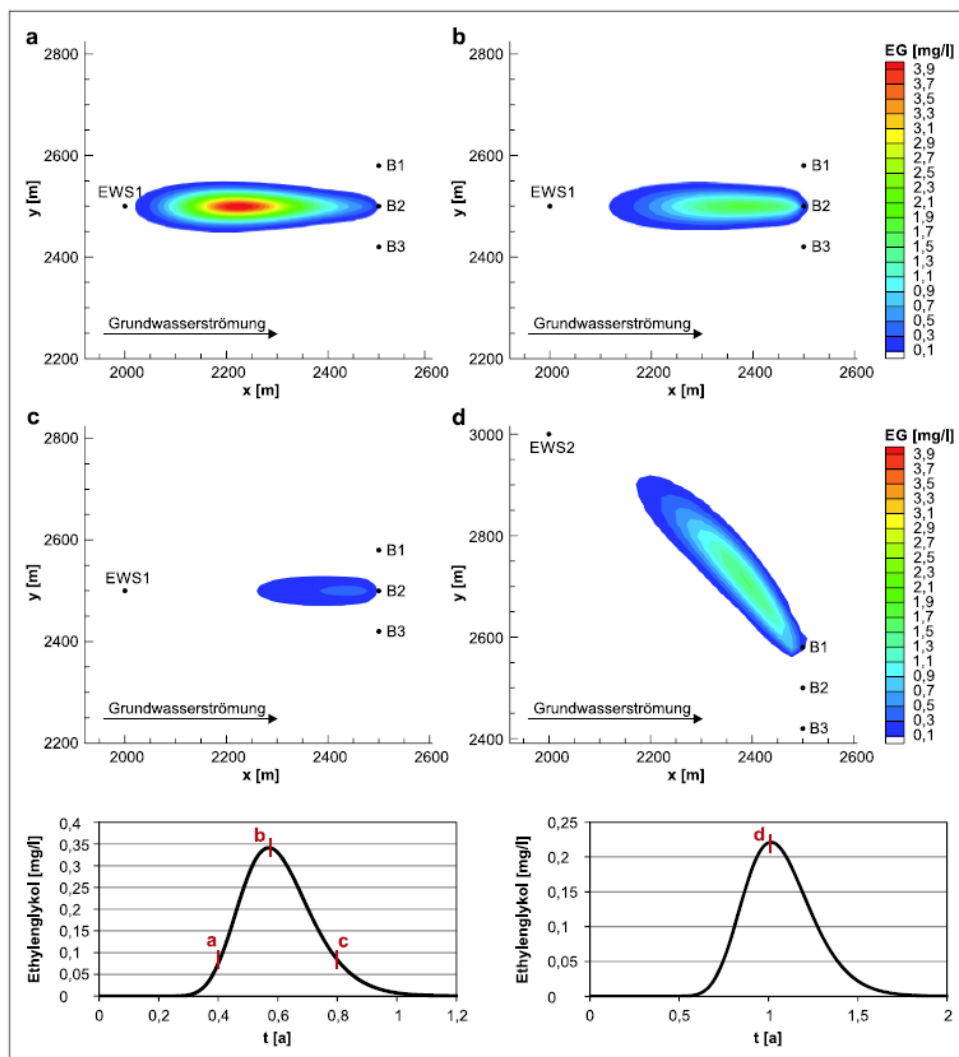
Kolmandaks, soojuspuuraugu omanikud on vajaduse tekkides ka ise materiaalselt motiveeritud soojustagastusest, et soojuspump töötaks energiatõhusalt. Näiteks õueseade, mis soojusvaheti abil tsirkuleerib suvel välisõhu soojust soojuspuurauku (või maakontuuri), ei pruugi maksta koos paigaldusega rohkem kui 5–10 % soojuspumba ja soojuspuuraugu rajamise alginvesteeringust. Seadme käitamise elektrikulu (ventilaator + tsirkulatsioonipump + automaatika) on suurusjärgus 100 W ja kaetav päikesepaneeliga.

Ei ole ette näha, et soojuspuuraukude tihedus jõuaks suurtel aladel tasemeni, kus piirkonna kõigil naaberkinnistutel oleks soojuspuuraugud ja nende vaheline kaugus oleks 20 m ning kus samal ajal tarbitaks maa seest tulevat soojust mahus 10 000 kWh aastas. Maa-ameti katastriandmetel on Eestis elamute kinnistud valdavalt suuremad kui 400 m<sup>2</sup>, väiksemad kinnistud seonduvad garaažide, ridaelamute või väikeelamutega, mille puhul küttevajadus on väike või puudub.

Eespool toodud Eesti soojuspuuraukude ülevaatest oli näha, et tänase seisuga on üle 80 % soojuspuuraukudega kinnistutest sellised, kus 200 m raadiuses ei ole ühtegi teist soojuspuuraukudega kinnistut ja ligikaudu 4 % on selliseid süsteeme, kus samal kaugusel oleks 2 või enam soojuspuuraukudega süsteemi. Rootsil on kulunud üle 40 aasta, et saavutada praegust taset (~25 % eramutest soojuspuuraukudega). Eestis, kus 90 % maasoojussüsteemidest põhinevad horisontaalsetel kontuuridel ja puuraukudega süsteeme rajatakse aastas <150, ei ole lähimatel aastakümnetel karta, et soojuspuuraukude kumuleeruv mõju saaks probleemiks.

## 4.2. Soojuspuuraukude kaugus veehaarde puurkaevudest

Struß et al. (2020) modelleerisid kinniste maasoojussüsteemide soojakandevedelike lekkimisel tekkiva reostuse levikut juhul, kui piirkonnas asub kõrge veetarbimisega veehaare. Tehtud mudel on seotud päriselu situatsiooniga. Tegemist on Saksamaal Schleswig-Holsteini piirkonnas asuva veehaardega, mille lähistelega mudeldati lekkiva torustikuga kinnine soojuspuurauk. Modelleerimine on läbi viidud 20 m paksuse veekihi, mis on alt ja ülevalt piiratud täielike veepidemetega. Veekihi moodustavad konsolideerumata setted, kus vee liikumise kiiruseks on määratud 0,4 m/d. Veehaare on mudelis iseloomustatud kolme puurkaevuga, mille asendit lekkiva soojuspuuraugu suhtes muudeti (allavoolu, ülesvoolu, 45 kraadise nurga all ning kõik kaevud samal joonel risti voolusuunaga) (Joonis 17). Algne veetarbimine veehaardest on mudelisse toodud 1 000 000 m<sup>3</sup>/a (2740 m<sup>3</sup>/d), mis on antud piirkonnale iseloomulik. Soojuspuurauku on pandud kaks U-kujulist soojuskontuuri, mis läbivad ka mudeldatavat veekihti.

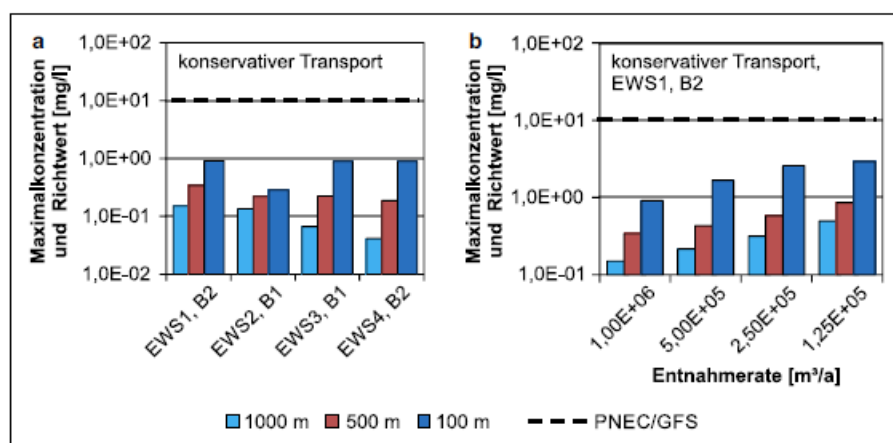


**Joonis 17. Modelleeritud soojuspuuraugu lekke levik ning etüleenglükooli kontsentratsiooni hajumine ajas erinevate soojuspuuraugu ja veehaarde asendiskeemide korral. Veetarbimine veehaardes on  $1\,000\,000\text{ m}^3/\text{a}$  ning arvesse on võetud ainult reoaine kontsentratsiooni hajumist ja lahjenemist aine transpordil (conservative solute transport). Vee voolamise suund on vasakult paremale (Grundwasserströmung- must nool). Joonise allikas Struß et al. (2020).**

Modelleeritud on halvima juhtumi stsenaariumit. Esiteks pole arvestatud mudelis veekihi toitumisega, mis vähendaks reostuse kontsentratsioone. Teiseks on mudelis tinglikult eeldatud, et kinnisest süsteemist väljub kogu soojakandevedelik (212 liitrit kogu soojuskontuuri kohta), kiirusega 200 ml/h, mis iseloomustab korrosioonist tingitud väiksemat leket. Sellisel kiirusel väljub kogu soojakandevedelik soojuskontuurist 44 päevaga. Modelleerimisel kasutati erinevaid soojakandevedelikke, mida Saksamaa kinnistes soojuspuuraukudes on kasutatud (etüleenglükool, bensotriasool, tolüültriasool, karboksüülhape, bensoehape, etüülhape). Modelleerimisel uuriti ja võeti arvesse soojakandevedeliku dispersiooni ja difusiooni veekihi ning erinevate soojuskandevedelike kontsentratsioonide keemilist hajumist. Soojakandevedelike keemiliste reaktsioonide

uurimisel modelleeriti erinevaid redokstingimusi (aeroobne, nitraadi redutseerumine, sulfaadi redutseerumine,  $\text{Fe}^{3+}$  redutseerumine ning fermentatsioon). Modelleerimisi teostati erinevate vahekaugustega veehaarde ja soojuspuuraukude vahel (1000 m, 500 m ning 100 m) ja erinevate veetarbimiste korral ( $1\,000\,000\text{ m}^3/\text{a}$ ,  $500\,000\text{ m}^3/\text{a}$ ,  $250\,000\text{ m}^3/\text{a}$  ja  $125\,000\text{ m}^3/\text{a}$ ).

Modelleerimiste tulemused näitavad, et isegi kui lekkivad soojuspuuraugud asuvad kõigest 100 m kaugusel töötavast veehaardest, ei ole kasutatavate soojakandevedelike kontsentratsioonid veehaarde kaevudes enamasti üle lubatud piirnormide (Joonis 18). Ja seda isegi olukorras, kus arvestatud on ainult lahustunud aine üldist hajumist ja lahjenemist veekihi vooluteekonna jooksul. Kui võtta arvesse ka reostusainete keemilist sidumist ning sorptsiooni, on soojakandevedelike kontsentratsioonid tarbekaevudes isegi väiksemad.

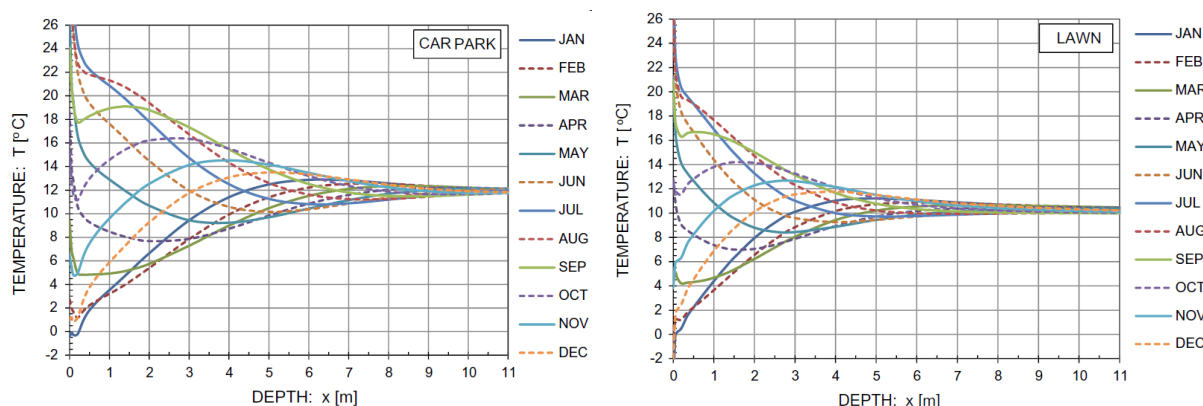


**Joonis 18. Modelleeritud etüleenglükooli maksimaalsed kontsentratsioonid (Maximalkonzentrations) ja selle lubatud piirväärtus (Richtwert - must katkendjoon) tarbekaevudes, arvestades ainult reoaine kontsentratsiooni vähenemist transpordi aegse lahjenemise ja hajumisega (konservativer Transport- conservative solute transport). A) erinevatel vahekaugustel olenevalt soojuspuuraugu ja veehaarde asendiskeemist, B) erinevatel vahekaugustel olenevalt veetarbimisest veehaardes (Entnahmerate  $\text{m}^3/\text{a}$ ). Joonise allikas Struß et al. (2020).**

### 4.3. Maakasutus ja maakontuurid

Üks maakütte küsimusi on, et kuhu võib panna horisontaalseid maakontuure ja kui palju mõjutab süsteemi efektiivsust maakasutus? Tavapäraselt on soovitatud maakontuuri mitte panna kohtadesse, kus lükatakse lund, nagu näiteks parklad. Poolas on tehtud detailne 10 aasta pikkune uuring, kus on analüüsitud parkla ja muruplatsi all oleva pinnase- ja õhutemperatuuri andmeid (Popiel & Wojtkowiak, 2013). Uuring näitab, et parkla all 1,5 m sügavusel on talvel temperatuur 1 kraadi võrra madalam ja suvel 4,3 kraadi võrra soojem kui

muruplatsil ning sellest tulenevalt on talvel kütteks ja suvel jahutuseks taimkattega pinnas sobivam soojuskontuuri paigaldamiseks. Parkla all on temperatuuri varieeruvus suurem, aga aasta keskmine temperatuur on ligikaudu 2 kraadi kõrgem (Joonis 19).



**Joonis 19. Pinnase temperatuur Poznanis parkla (vasakul) ja muruplatsi (paremal) all. Joonise allikas Popiel & Wojtkowiak (2013).**

Andmestikust nähtub, et pinnase temperatuur parkla all on madalaim perioodil detsember kuni veebruar, kuid muul ajal on temperatuur sama või kõrgem. Ühe kraadi võrra madalam temperatuur omab soojuspumba soojustegurile suhteliselt väikest mõju (COP väheneb hinnanguliselt 0,1–0,2 võrra). Ühekraadist pinnase temperatuuride vahet võib eeldada, kui võrrelda päikese käes olevat muruplatsi hoone või metsa varjus olevaga muruplatsiga.

Eesti tingimustes võiks eelistada looduslikke pinnaseid, kus lund ei lükata, kuid vaba pinna vähesuse korral on ka muud pinnatüübid kasutatavad, kuna kontuuri pikendamisega vähendatakse erikoormust. Stabiliseeriva tegurina võiks parklate või kivitkattega pindade korral, aga ka varjulistes kohtades, paigutada soojuskontuur sügavamale – tavapärase 1,0–1,2 m asemel 1,2–1,5 m sügavusele. Suurem sügavus koos mõõduka erivõimsusega aitaks vältida maapinna liikumisi.

#### 4.4. Soojussüsteemide kaugus puudest

Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus on välja töötanud standardi EVS 939-3 Puittaimed haljastuses, mille osa 3 käsitleb ehitusaegset puude kaitset (Eesti Standardikeskus, 2020). Sellest standardist on mõistlik lähtuda horisontaalsete maasoojussüsteemide rajamisel sarnaselt muule ehitustegevusele. Standardit võiks kohaldada nende puude puhul, mis vajavad raieluba (sõltuvalt omavalitsusest puu läbimõõt vähemalt 8–20 cm ja mis ei ole viljapuud) või mis on muul põhjusel kaitsealused.

EVS 939-3 määratleb juurestiku kaitseala, kus paikneb puu elutegevuse tagamiseks vajalik vähim juurekava, mida ei tohi kahjustada. Juurestiku kaitseala raadius tüve teljest on seotud rinnasläbimõõduga (üldjuhul mõõdetakse 1,3 m kõrguselt) ja puu keskkonnamuutuste taluvusest. Näiteks ühetüvelise keskkonnamuutustele vastupidava liigi (nt. tamm, saar, vaher, mänd) puhul on juurestiku kaitseala raadius 12-kordne rinnasläbimõõt, keskkonnamuutusi halvasti taluva liigi (kask, hobukastan, kuusk; kõik liigid märjas kasvukohas) puhul 18-kordne rinnasläbimõõt. Standard sisaldab ka juhiseid kuidas puud võimalikult vähe kahjustavalt tegutseda, kui ei ole võimalik rajatavaid tehnovõrke, sealhulgas maakütte torustikke ja puurauke, paigutada väljapoole juurestiku kaitseala.

Juurestiku kaitseala silmas pidamine on oluline kaevetöödel soojussüsteemi ehitamise käigus. Hiljem mõjutavad maakontuurid ja soojuspuuraukude torustikud puid vähe.

## 5. Regulatsioon

### 5.1. Regulatsioon teistes riikides

Küsimustikel põhinevad uuringud näitavad, et madalat (vähem kui 300–500 m) maasoojust käsitlevad regulatsioonid erinevad Euroopa riikides oluliselt (Haehnlein et al., 2010 – 39 riiki; Tsagarakis et al., 2020 – 14 riiki). Euroopa Liidus pole maasoojuse kasutamist käsitlevat direktiivi ning seetõttu puudub ka ühtne lähenemine liikmesriikides. Regulatsioonide erinevused tulenevad erineva maasoojuse kasutamise algusajast, turu suurusest ja küpsusest, majandusliku seisundist, kliimatilistest tingimustest, geoloogilistest eripäradest jne.

Tabel 2 illustreerib, millise taseme dokumente kasutatakse maasoojuse reguleerimisel erinevates riikides. Dokumendid võib jagada kaheks vastavalt sellele, kas need on seaduslikult siduvad (seadus, määrus, omavalitsuse dokumendid) või mitte (standard, tehnilised nõuded, hea tava).

**Tabel 2. Maasoojusega seonduvad regulatsioonid Tsagarakis et al. (2020) järgi.**

	Horvaatia	Küpros	Prantsusmaa	Kreeka	Itaalia	Läti	Leedu	Poola	Portugal	Serbia	Sloveenia	Hispaania	Rootsi	Türgi
Seadus														
Ministri määrus														
Riiklik standard														
Kohalik regulatsioon														
Määrus														
Tehnilised nõuded														
Hea tava dokument														

Enamikus Euroopa riikides käsitletakse maasoojusega seotud küsimusi seaduse või määruse tasemel, kuid maasoojust spetsiifiliselt käsitlevat seadust ei ole. Maasoojuse kasutamisega seonduvad küsimused on käsitletud teiste seaduste või määruste kaudu. Sageli on nendeks seadusteks vee- / põhjavee-, kaevandamis-, taastuvenergia-, ehitus-, planeeringu- ja / või looduskaitse seadus. Seadustega käsitletakse enamasti üldisemaid põhimõtteid nagu näiteks põhjaveega seotud teemad (nt joogivee ressursi kaitse, põhjavee koguselise seisundi ja kvaliteeti säilitamine), ehitus (nt hoone küttesüsteemi muutmine ja kas sellest tuleneb loa/teavitamise vajadus), taastuvenergia arvestus (hoone energiakulu, toetused).

Kitsendusi ja piiranguid saavad kehtestada ka kohalikud omavalitsused, kus sageli juhendatakse väljatöötatud juhistest või normidest, mida kohaldatakse vastavalt kohalikele oludele.

Juhendmaterjale on välja töötatud erinevatele sihtgruppidele ning nad erinevad oma põhjalikkuse ja tehnilise detailsuse poolest. Oma riiklike standardeid on välja töötanud vähesed riigid (Tabel 2), kuid mitmetes riikides on erialaliitude koostatud tehnilised juhendid oma detailsuse poolest võrreldavad standarditega. Ülevaatlikes artiklites tõdetakse, et Euroopa Liidus puudub ühtne standard, kuid tänaseks on Euroopa Standardi Komiteel (CEN) valmimas soojuspuuraukude standard (EN17522), mis on plaanis loodetavasti järgmisel aastal tõlkida ka eesti keelde. On alustatud ka puurkaevude rajamist käsitleva standardi loomist ning eeldatavasti käsitleb see ka puurkaevude kasutamist maasoojuse ammutamise-talletamise eesmärgil.

Põhjalikumatest tehnilistest juhenditest-standarditest väärivad mainimist Saksamaa ja Ühendkuningriigi omad. Saksamaa Inseneride Liit on koostanud maasoojuse kasutamist käsitleva põhjaliku juhendi VDI 4640<sup>10</sup>, mis käsitleb nii horisontaalseid kui ka vertikaalseid kinniseid süsteeme oma erinevates alavariantides ning ka avatud süsteeme. Ühendkuningriigi Maasoojuspumpade Assotsiatsioon (Ground Source Heat Pump Association) on töötanud välja eraldi standardid (mis siiski ei kannaks BS koodi) soojuspuuraukude, soojuskontuuride, soojusvaiade, pinnavee ja põhjavee kasutamise kohta<sup>11</sup>. Need materjalid sisaldavad palju tehnilist osa, mis on pigem suunatud projekteerijatele ja teostajatele, kuid sobivad ka laiemale lugejaskonnale. Samas näiteks Soomes ja Rootsis lähtuvad kohalikud omavalitsused juhendmaterjalidest (Juvonen & Lapinlampi, 2013; Swedish Geological Survey, 2016), mis on mõeldud laiemale lugejaskonnale selgitades põhjavee ja selle kaitsega seotud teemasid laiemalt.

Sagedamini käsitlevad juhendid puurimisega seotud maasoojussüsteeme, neist omakorda pööratakse rohkem rõhku kinnise süsteemi soojuspuuraukudele ja vähem tähelepanu avatud süsteemi puurkaevudele. Puurkaevude puurimine vee saamise eesmärgil on pikaajase kogemusega tegevusvaldkond, mis oma mahult ületab oluliselt soojuspuuraukude puurimist. Soojuspuuraukude rajamine on suhteliselt noor valdkond, mis areneb tehnoloogiliselt kiiresti ning seetõttu on tekkinud suurem vajadus juhendite järele. Horisontaalseid süsteeme käsitletakse juhendites harvem või vähesema põhjalikkusega. Nende rajamiseks ei ole sageli vaja luba, vaid piisab teavitamisest.

---

<sup>10</sup> <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-4640-blatt-2-thermal-use-of-the-underground-ground-source-heat-pump-systems>

<sup>11</sup> [https://www.gshp.org.uk/GSHP\\_Standards.html](https://www.gshp.org.uk/GSHP_Standards.html)

Soojuspuuraukude ja -kaevude rajamiseks on tavaliselt vaja „keskkonnaameti“ ja/või kohaliku omavalitsuse luba. Lubade menetlemisel lähtutakse veekaitselistest aspektidest, mis erinevates riikides võivad olla regulatiivsetes aktides erinevalt täpsustatud (Tabel 3), kuid täidavad sama eesmärgi – põhjaveesi on oluline joogivee allikas, mille koguselise ja kvaliteedi säilitamiseks ei tohi seda reostada, segada või muul moel selle tasakaalu rikkuda. Põhjavee ökoloogilised muutused on tähelepanu all peamiselt lõunapoolsetes riikides, kus soojuspuurauke /-kaeve kasutatakse jahutusel soojusest vabanemiseks. Põhjavee temperatuuri tõstmine üle 25°C võib soodustada bakteriaalset elutegevust ning veelgi kõrgematel temperatuuridel võib mineraalide lahustumise kasvu tõttu hakata vee keemiline koostis muutuma (Bonte et al., 2011, 2013, 2014). Eesti tingimustes on vähe reaalse maasoojussüsteemides saavutada põhjavee temperatuure vahemikus 25–70 °C.

Temperatuurimuutuste kuhjumise kriteerium on ennekõike soojussüsteemi omaniku kaitse vajadusest tulenev. Aladimensioneeritud süsteemis (nt. soojuspuurauk liiga lühike) võib temperatuur aasta-aastalt langeda, kuna soojust võetakse rohkem kui nendes kivimites jõuab asemele tulla, isegi kui ümbruskonnas on soojust piisavalt. Ka Eestis nõutakse soojuspuuraukude projektis soojustehniliste arvutuste esitamist, iseasi kas ametnikul on piisavalt oskusi ja juhendmaterjale nende arvutuste kontrolliks.

Nii nagu temperatuurimuutuste kuhjumist on loa väljastajal raske hinnata ka soojussüsteemide otsest vastasmõju. Tegelikud soojuse tarbimised, põhjavee voolamine, olukorra muutumine uute tarbijate lisandumisel tulevikus jne tekitavad liialt palju määramatust. Seetõttu lähtutakse üldistest soovituslikest minimaalsetest kaugustest naaberkiinnistu soojussüsteemist.

**Tabel 3. Maasoojus puuraukude ja -kaevude rajamise loa menetlemisel vaadeldavad kriteeriumid. (Tsagarakis et al., 2020)**

	Horvaatia	Küpros	Prantsusmaa	Kreeka	Itaalia	Läti	Leedu	Poola	Portugal	Serbia	Sloveenia	Hispaania	Rootsi	Türgi
Põhjavee kui joogivee kaitse	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ohtlike ainete leke			■	■	■			■	■	■	■	■	■	■
Põhjavee ökoloogilised muutused			■						■	■	■	■	■	
Erinevate veekihtide segunemine			■		■			■					■	
Temperatuurimuutuste kuhjumine				■									■	
Soojussüsteemide vastasmõju										■			■	

## Soome

Soomes on valdavaks maasoojuse rakenduseks soojuspuuraugud (2014 – 86 %), millele järgnevad horisontaalsed maakontuurid (14 %) ja veekogudesse paigaldatud kontuurid (0,5 %) (Majuri, 2018). Soojuspuuraukude osakaal kasvab ning horisontaalsete ja veekogudesse paigaldatud süsteemide osakaalud kahanevad. Avatud süsteemide potentsiaali on uuritud, kuid neid rajatakse harva. Soojuspuuraukude populaarsus on paljuski seotud Soome geoloogilise ehitusega, kus esinevad suhteliselt hea soojusjuhtivusega kivimid. Samuti asub põhjavesi enamasti maapinnale lähedal, mistõttu puuraugud vajavad manteldamist ainult ülaosas ning üldjuhul ei vaja täitmist, tehes puuraukude puurimise suhteliselt kiireks ja odavaks. Samas horisontaalsete maakontuuride rajamist pärsib õhuke, muutliku paksuse ja sageli kividerikas pinnakatte, mis muudab tööde planeerimise ja teostatavuse keerukamaks.

Maakasutuse ja ehitusseaduse<sup>12</sup> §126a määratleb kasutusluba vajavad tegevused, sealhulgas on loetletud ka soojuspuuraugu puurimine ja soojuskontuuri paigaldamine hoone küttesüsteemi vahetamisel või uuendamisel. Keskkonnaministeriumi määruse<sup>13</sup> kohaselt tuleb maasoojustorustikud ja -kaevud kanda õueala asendiplaanile. Kemikaaliseaduse<sup>14</sup> kohaselt tuleb kemikaalidega, sh. soojuskandevedelikega tervise- ja keskkonnakahjude ära hoidmiseks olla ettevaatlik. Hoolimatusest põhjustatud kahju peab likvideerima või korvama kahju tekitaja. Kemikaaliseadus määratleb ka kas kasutatakse ohtlikke kemikaale ja kas käitlejal peaks olema vastav luba.

Soojuspuuraukude ja -kaevude rajamiseks annab loa kohalik omavalitsus. Omavalitsused on oma normide kehtestamisel lähtunud Keskkonnaministeriumi koostatud juhendis (Juvonen & Lapinlampi, 2013) toodud soovitustest, mida on kohandatud vastavalt kohalikele oludele. Uuringud näitavad, et praktikas erinevad lubade väljastamise protseduurid oluliselt (Majuri et al., 2020, 2021). Põhjustena tuuakse välja muuhulgas, et mitte kõigil omavalitsustel ei ole vahendeid, et välja töötada asukohapõhiseid detailseid juhendeid ning samuti oleks vaja luba väljastavate spetsialistide koolitamisi.

Soomes üldiselt järgitakse Keskkonnaministeriumi juhistes (Juvonen & Lapinlampi, 2013) küllaltki detailselt toodud soojuspuuraukude soovituslikke vähimaid kaugusi erinevatest objektidest, mis omavalitsuste juhistes on sõnastused mõnevõrra erinevad. Näiteks Jankkala<sup>15</sup> ja Oulu<sup>16</sup> juhistes on üheselt arusaadav, et vähimkaugused puudutavad

<sup>12</sup> *Maankäyttö- ja rakennuslaki, 132/1999*

<sup>13</sup> *Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä, 216/2015*

<sup>14</sup> *Kemikaalilaki, 744/1989*

<sup>15</sup> <https://www.janakkala.fi/wp-content/uploads/2020/12/Maalampoohje.pdf>

<sup>16</sup> <https://www.ouka.fi/documents/486338/18471647/Maal%C3%A4mp%C3%B6+20190411.pdf/1c5f26d8-348d-4413-a65c-409057627f85>

soojuspuurauke ja horisontaalsete kontuuride puhul on piiranguks ainult kaugus kinnistu piirist, samas Mikkeli valla juhendist<sup>17</sup> jääb mulje, nagu kaugused hoonetest kehtiksid ka horisontaalsete kontuuride kohta. Soovitustes soojussüsteemide eristamata jätmisega on Eestis segadust külvanud ka AS Maves Tartu valla maakütet käsitlevas töös (Metsur & Grigorieva, 2020), milles kehva sõnastuse tulemusena võib soovitustest välja lugeda, et soojusvaidad kui hoone kandekonstruktsiooni osad peaksid olema vähemalt 3 m hoonest eemal!

Soomes on ka asjasse puutuvaid norme (hea tava dokumente). Näiteks kaevupuurijate ametiliit Poratek on koostanud soojuspuuraukude rajamise juhendi Normienergiakaivo-17<sup>18</sup>. Juhend on lühike norm või hea tava dokument, koosneb 17st punktist, millele tuleks soojuspuuraugu rajamisel tähelepanu pöörata.

## 5.2. Eestis kehtiv regulatsioon

Puurimisega seotud tegevused on Eesti seadusandluses suhteliselt hästi reguleeritud, horisontaalsete maakontuuridega seotut otseselt ei käsitleta.

Puurkaevude ja puuraukude rajamist käsitleb **ehitusseadustiku** peatükk 14 (§122–129). Ehs §124 kohaselt kooskõlastab rajatava puurkaevu või -augu asukoha kohalik omavalitsus arvestades üld- ja detailplaneeringut, kohaliku omavalitsuse ühisveevärgi ja -kanalisatsiooni arengukava ning vee-ettevõtja olemasolevaid teeninduspiirkondi. Pädev asutus kooskõlastab puurkaevu või augu ehitusloa taotluse Keskkonnaametiga (EhS §126). Puurkaevude ja -aukude projekteerimise, rajamise jmt nõuded on kehtestatud **Keskkonnaministri 09.07.2015 määrusega nr 43** „Nõuded salvkaevu konstruktsiooni, puurkaevu või -augu ehitusprojekti ja konstruktsiooni ning lammutamise ja ümberehitamise ehitusprojekti kohta, puurkaevu või -augu projekteerimise, rajamise, kasutusele võtmise, ümberehitamise, lammutamise ja konserveerimise korra ning puurkaevu või -augu asukoha kooskõlastamise, ehitusloa ja kasutusloa taotluste, ehitus- või kasutusteate, puurimispäeviku, salvkaevu ehitus- või kasutusteate, puurkaevu või -augu ja salvkaevu andmete keskkonnaregistrisse kandmiseks esitamise ning puurkaevu või -augu ja salvkaevu lammutamise teate vormid“.

KeM määrus nr 43 määratleb mõisted 1) avatud soojussüsteem on süsteem, milles põhjavesi pumbatakse puurkaevust soojusvahetisse, kus toimub energia ülekanne, ja pärast

---

<sup>17</sup> <https://hallinta-mikkeli.kunta-api.fi/wp-content/uploads/2018/02/Maall%C3%A4mm%C3%B6n-lupaohje-2018.pdf>

<sup>18</sup> <https://www.poratek.fi/energiakaivot/>

soojusvaheti läbimist suunatakse kasutatud vesi teise puurauku, ühisveevärki või keskkonda; ja 2) kinnine soojussüsteem on süsteem, kus soojuskontuur või soojuskontuurid on asetatud **tampoonitud** puurauku. Väärrib märkimist, et avatud süsteemi läbinud vee tagasijuhtimist samasse veekihti ei käsitleta põhjavee tarbimisena, aga muudel juhtudel kaasneb pumpamisega erikasutustasu maksmise kohustus.

KeM määrus nr 43 §6 p1 lg2 ütleb „... avatud soojussüsteemi puurkaevu korral kasutatakse maapinnalähedasi taastuva põhjaveearuga põhjaveekihte, kui see tagab projektikohase vee koguse ja kvaliteedi“. Kuigi eelistada tuleks maapinnalähedasi veekihte, võimaldab see punkt suletud kaevanduste ja sügavate, joogiveeks kõlbmatute veekihtide vett kasutada maasoojuse ammutamiseks ja/või talletamiseks.

KeM määrus nr 43 §6 p1 kohaselt tuleb soojussüsteemi puurkaevu või-augu projektis arvestada soojustehniliste arvutuste andmeid ja kivimite soojusjuhtivust.

KeM määrus nr 43 §9 p1 järgi peab puurkaevu või -augu konstruktsioon tagama põhjavee kaitstuse reostuse eest (lg1), välistama saastunud vee, sh ülemiste põhjaveekihtide vee sissevoolu puurkaevuga või -auguga avatavasse põhjaveekihti (lg3), ja tagama mantelruudetaguse ruumi isolatsiooniga sademevee ja maapinnalt arvates esimese põhjaveekihi teineteisest eraldamise (lg5).

KeM määrus nr 43 §10 p1 kohaselt tuleb lisaks §-s 9 sätestatule kinnise soojussüsteemi puuraugud pärast soojuskontuuri paigaldamist kogu puuraugu ulatuses täita keskkonnale ohutu materjaliga ning täitematerjalis kasutatavate kemikaalide kohta peab olema ohutuskaart. See punkt võiks sätestada tampoonimisel kasutatava täitematerjali maksimaalse filtratsioonikoefitsiendi (nt  $10^{-10}$  m/s), mis tagaks veekihtide isoleerituse. Ka §32 (puurkaevu või -augu lammutamine) võiks sisaldada nõuet täita kogu puurauk isoleeriva materjaliga tuues seejuures ära ka täitematerjali maksimaalse filtratsioonikoefitsiendi väärtuse.

KeM määrus nr 43 §10 p2 järgi võib kinnise soojussüsteemi soojuskontuuris kasutada üksnes keskkonnale ohutut soojuskandvedelikku ning kasutatava soojuskandvedeliku kohta peab olema ohutussertifikaat; soojuskontuuris ei ole lubatud kasutada etüleenglükooli. Etüleenglükooli kasutatakse külmutusseadmetes ja ta laguneb vaba- või lahustunud hapniku olemasolul, kuid tegu on toksilise ainega, millele on ohutuid alternatiive ning seetõttu on mõistlikum seda ainet mitte kasutada üheski maasoojussüsteemis.

KeM määrus nr 43 §10 p3 kohaselt avatud soojussüsteemi puurkaevus vee tagasijuhtimiseks kasutatava toru ots ulatuma allapoole staatilist veetaset, et vähendada põhjavee õhutamist.

KeM määrus nr 43 §18 p1 kohaselt kinnise soojussüsteemi puuraukudes ei tehta puhastuspumpamist ning §19 p2 järgi ei pea võeta veeproove. §21 kohaselt tuleb enne

maasoojustorustiku täitmist geotermilise vedelikuga teostada torustiku surveproov veendumaks, et torustik on hermeetiline.

Kinnise soojussüsteemi puuraugu konserveerimisel tuleb soojuskandvedelik soojuskontuurist eemaldada ja soojuskontuuri otsad sulgeda (§28 p1) ja enne kinnise soojussüsteemi puuraugu taas kasutusele võtmist tuleb kontrollida, kas soojuskontuur on töökorras (§28 p2).

Kinnise soojussüsteemi puurauke ei lammutata (§31 p1), vaid amortiseerumisel või kasutusotstarbe kaotamisel eemaldatakse kontuurist soojuskandvedelik ja kontuur täidetakse vettpidava keskkonnale ohutu materjaliga (§31 p2). Avatud süsteemi puurkaevud lammutatakse nagu tavalised puurkaevud vastavalt §32 korrale.

**Veeseaduse** § 154 p1 määratleb, et avatud soojussüsteemi puurkaevul on hooldusala, p3 hooldusala ulatus on 10 meetrit ja p5 loetleb tegevused, mis on hooldusalal põhjavee saastumise vältimiseks keelatud.

VS § 196 sätestab, et veekeskkonnariskiga tegevus tuleb registreerida maasoojussüsteemi veekogusse paigaldamisel (p2 lg7) ja avatud maasoojussüsteemi läbinud põhjavee juhtimisel otse põhjavette (p2 lg8). VS §126 p2 lubab, et sama seaduse § 196 lõikes 1 nimetatud registreeringu alusel võib otse põhjavette, karsti või karstijärve juhtida maasoojussüsteemis soojusvaheti läbinud põhjavett, kui see juhitakse tagasi samasse põhjaveekihti väljaspool sellise põhjaveehaarde sanitaarkaitseala või hooldusala, mida kasutatakse joogivee võtmiseks.

VS §208 kohaselt peab ettevõtjal olema tegevusluba nii soojussüsteemi puurkaevude ja -aukude projekteerimiseks (p4) kui ka soojussüsteemi puurkaevude puurimiseks, ümberehitamiseks ja lammutamiseks (p6). VS §209 kirjeldab millistel tingimustel tegevusluba väljastatakse.

Ehitusseadustik ei käsitle maapinna lähedal (kuni 5 m sügavusel) paiknevate horisontaalsete soojuskontuuride rajamist ega kasutuselevõttu. See tingib olukorra, kus kohalikul omavalitsusel puudub info soojuskontuuride olemasolu kohta ning muude tegevuste planeerimisel ei osata nendega arvestada. Ka omaniku vahetumisel võib juhtuda, et info soojuskontuuri paiknemise kohta läheb kaduma. Ehitusseadustiku lisa 2 tuleks täiendada kasutusteatisega kohustuslikkuse kohta horisontaalse maasoojussüsteemi kontuuri (sh maakontuur, spiraalkollektor jmt) rajamisel, ümberehitamisel, laiendamisel kuni 33%, laiendamisel üle 33% ja lammutamisel. Vähendamaks riski, et soojuskontuuri rajamisel ei ole ehitaja teadlik teiste tehnorajatiste paiknemisest tuleks ehitusseadustiku lisa 1 täiendada ehitusteatisega kohustuslikkuse kohta eeltoodud tegevuste korral.

## 6. Soovitused

Soojuspumbad on oluliseks vahendiks hoonete energiatõhususe kohustuste saavutamisel ning maasoojuspumbad on soojuspumpadest kõige säästlikumad. Maasoojuse kasutamisel tuleb arvestada, et põhjavesi on oluline joogivee allikas. Horisontaalsete soojussüsteemide eelistamine vähendab survet puurimisel põhinevate lahenduste rajamiseks ning selle kaudu väheneb oht rikkuda põhjavett. Lisaks on maapinnalähedane soojus hooajaliselt täielikult taastuv ega oma pika-ajalisi mõjusid.

Allpool on toodud soovitused maasoojussüsteemide kaupa. Soovituslikud kaugused erinevatest objektidest ja hea tava juhised on sellised, millest võiksid lähtuda lubade väljastamisel kohalikud omavalitsused (sh soovi korral kehtestades soovitused üldplaneeringu kaudu) ja keskkonnaametnikud, aga ka soojussüsteemide projekteerijad ja ehitajad.

### **Maaküte**

Horisontaalseid maasoojussüsteeme (maakontuurid, spiraalid ja muud kinnise kontuuriga soojussüsteemid, mis on vähem kui 5 m sügavusel) tuleks käsitleda sarnaselt tehnovõrkudega. Neil puudub oluline termiline mõju, mis ulatuks kontuurist kaugemale kui 1 m.

On oluline, et kohalikul omavalitsusel oleks info soojuskontuuride olemasolu ja paiknemise kohta, et saaks nendega arvestada planeeringutel ja ehitustöödel ning see tagaks ka info säilimise kinnistu omanike vahetumisel. **Ehitusseadustiku lisa 1 tuleks täiendada ehitusteatise kohustuslikkuse kohta, kui kavandatakse horisontaalse maasoojussüsteemi kontuuri (sh maakontuur, spiraalkollektor jmt) rajamist, ümberehitamist, laiendamist kuni 33%, laiendamist üle 33% või lammutamist.** Selleks, et pärast tööde teostamist saaks omavalitsusele võimalikult täpne info soojussüsteemi tegeliku paiknemise kohta, tuleb **ehitusseadustiku lisa 2 täiendada kasutusteatise kohustuslikkuse kohta eeltoodud tegevuste korral.**

Horisontaalse soojussüsteemi rajamise tehnilistes küsimustes (dimensioneerimine, ühendused, ristumised teiste kommunikatsioonidega, isoleerimised jne.) on soovitatav

lähtuda Eesti Soojuspumba Liidu üldistest soojuspumba paigaldusnormidest<sup>19</sup> või Riigi Kinnisvara AS Tehnilistest nõuetest mittelehoonetele<sup>20</sup>.

Soojuspuuraugud ja neid soojuspumbaga ühendav torustik vajavad sarnaselt teiste tehnorajatiste ja trassidega kaitsevööndit, mille eesmärk on vältida juhuslikku torustiku katki tegemist kaevetööde käigus. Kaitsevööndis tuleb kaevetööd kooskõlastada omanikuga, vajadusel täpsustada torustiku asukohta ning teostada kaevetöid ettevaatlikult. Kuna tavaliselt ei mõõdistata maakontuuri ja magistraalitorustiku asukohta täppis-instrumentidega, siis peaks kaitsevööndi ulatus olema vähemalt 2 m.

Maakütte rajamisel on soovitatav säilitada kõrghaljastust, kuna puud pakuvad leevendus kuumaperioodide ajal. Maakontuurid ja puude juurestik toimivad erinevates sügavustes. Oluline on vältida juurestiku kahjustamist maakontuuri paigaldamisel (vaata juhiseid EVS939-3).

Erivõimsuse vähendamise eesmärgil võib maakontuure paigaldada ka parklate alla. Mehaanilise koormuse hajutamiseks ja ühtlasemate temperatuuride eesmärgil võiks maakontuuri panna tavapärasest sügavamale (1,2–1,5 m).

Soovituslikud kaugused teistest objektidest:

- kaugus vähemalt 1 m kinnistu piirist;
- kaugus vähemalt 1 m ehitistest ja hoonetest;
- kaugus torustikest ja muudest tehnosüsteemidest vastavalt nende kaitsevöönditele. Ristumistel teiste tehnosüsteemidega kasutada torustike isoleerimist vastavalt vajadusele;
- kaugus raieluba vajavatest puudest lähtuvalt juurestiku kaitsealast vastavalt EVS939-3.

### ***Kinnise soojussüsteemi puuraugud***

Soojuspuuraukudega seotud tegevused on üldiselt hästi reguleeritud seaduste tasemel, et tagada põhjavee kaitse. Olulised aspektid on soojuspuuraukude täitmine ja soojuskontuuris keskkonnale ohutu soojuskandvedeliku kasutamine. **KeM määrust nr 43 §10 p1 tuleks täiendada: „Täitematerjali filtratsioonikoefitsient peab olema väiksem või võrdne kui  $10^{-10}$  m/s.“**

<sup>19</sup> <http://www.soojuspumbaliit.ee/Normid>

<sup>20</sup> <https://nouded.rkas.ee/soojusvarustus-ja-kute>

Puuraukude ja -kaevude täitmist kogu ulatuses halvasti vett juhtiva täitematerjaliga tuleks rakendada kõigi puuraukude ja -kaevude lammutamisel (**tühistada KeM määruse nr 43 §32 p1 lg3 ja lg6**).

Soojuspuuraukude rajamisel on soovitatav lähtuda standardist EN17522 (vastuvõtmisel) või Eesti Soojuspumba Liidu üldistest soojuspumpade paigaldusnormidest<sup>21</sup>.

Soojuspuuraugud ja neid soojuspumbaga ühendav torustik vajavad sarnaselt teiste tehonorajatiste ja trassidega kaitsevööndit, mille eesmärk on vältida juhuslikku torustiku katki tegemist kaevetööde käigus. Kaitsevööndis tuleb kaevetööd kooskõlastada omanikuga, vajadusel täpsustada torustiku asukohta ning teostada kaevetöid ettevaatlikult. Kuna soojuspuuraugu ja torustiku asukohta ei mõõdetata tavaliselt täppisinstrumentidega, siis peaks kaitsevööndi ulatus olema vähemalt 2 m.

Soovituslikud kaugused teistest objektidest:

- samal kinnistul olevate soojuspuuraukude vahekaugus vähemalt 5 m, soovitatavalt 10 m, kui kinnistu suurus seda lubab. Kui soojustehniliste arvutustega näidatakse olulisel määral soojuse salvestamist, siis võib soojuspuuraukude vahemaa olla väiksem;
- naaberkinnistul soojuspuuraugust vähemalt 10 m, soovitatavalt 20 m, kui kinnistu suurus seda lubab;
- kaugus salv- ja puurkaevudest vastavalt viimaste hooldus- või sanitaarkaitseala suurusele;
- kaugus vähemalt 5 m kinnistu piirist;
- kaugus vähemalt 2 m ehitistest ja hoonetest;
- kaugus torustikest ja muudest tehnosüsteemidest vastavalt nende kaitsevöönditele. Ühendustoru ristumistel teiste tehnosüsteemidega kasutada torustike isoleerimist vastavalt vajadusele;
- kaugus raieluba vajavatest puudest lähtuvalt juurestiku kaitsealast vastavalt EVS939-3.

*Hea tava:*

- Kui põhjaveearuga ala on kehtestatud, siis mitte rajada kinnise soojussüsteemi puurauke kehtestatud põhjaveearudega veekihti. Erandiks on soojuspuuraugud, mis on sügavamad kui 500 m ning millega kasutatakse kristalse aluskorra soojust.

---

<sup>21</sup> <http://www.soojuspumbaliit.ee/Normid>

- Kui põhjaveearuga ala ei ole kehtestatud, siis mitte rajada kinnise soojussüsteemi puurauke samasse veekihti suure tootlikkusega ( $>100 \text{ m}^3/\text{d}$ ) ühisveevärgi puurkaevudele lähemale kui 200 m.

### ***Kinnised soojussüsteemid hoonete all***

Soojusvaiad ehk puurvaiad, millesse on paigaldatud kinnine soojuskontuur soojuse võtmiseks ja/või talletamiseks on hoone kandekonstruktsiooni osad. Soojusvaiade kasutamine tuleks märkida ehisregistris ja teavitada kohalikku omavalitsust. Täiendavaid meetmeid ja piiranguid ei ole vaja rakendada. Raudbetoonist puurvaiade kasutamine, sealhulgas soojuslikel eesmärkidel, on projekteerija vastutusalas. Soojuskandevedeliku temperatuuri piirangute tõttu (peab olema üle  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ei ulatu soojusvaiade otsene mõju kuigi kaugele.

Puurvaiadel ei saa olla hooldus- ega kaitseala. Kontuurid peavad olema vaiade (või gruppide) kaupa reguleeritavad ja välja lülitatavad. Kui mingil põhjusel peaks kontuur lekkima hakkama ja parandamine pole võimalik, siis tuleb see osa kontuurist sulgeda.

Kinnise süsteemi soojuspuuraukude rajamist hoonete alla tuleks võimaluse korral vältida. Erinevalt vaiadest, mis projekteeritakse hoone kandekonstruktsiooni osana ning sellest tulenevalt arvutatakse nende mõõdud ja tugevus, ei pruugi soojuspuuraukud olla piisavalt tugevad, kui neile jaotub osa hoone koormusest. Seetõttu võib soojuspuurauke hoonete alla kavandada ainult projekteerija nõusolekul.

### ***Avatud soojussüsteemi puurkaevud***

Puurkaevude, sh avatud soojussüsteemi puurkaevude rajamise kord on seaduste ja määrustega piisavalt hästi reguleeritud, et tagada põhjavee kaitse.

Avatud soojussüsteemide korral eelistada:

- maapinnalt esimest aluspõhjalist veekihti või sellel lasuvat pinnakatte põhjavett ,
- uputatud kaevanduskäikude vett,
- sügavaid soolaseid veekihte, mida ei saa kasutada joogiveena,
- kristalses aluskorras kunstlike lõhesüsteemide vett

Avatud süsteemi puurkaevude kasutamisel põhjavee tarbimiseks ei ole vastunäidustusi.

*Hea tava:*

- Kui põhjaveearuga ala on kehtestatud, siis mitte rajada avatud soojussüsteemi puurkaeve kehtestatud põhjaveearudega veekihti.
- Kui põhjaveearuga ala ei ole kehtestatud, siis mitte rajada avatud soojussüsteemi puurkaeve samasse veekihti suure tootlikkusega ( $>100 \text{ m}^3/\text{d}$ ) ühisveevärgi puurkaevudele lähemale kui 200 m.

### **Järelvalve**

Ehitusaegne järelvalve tuleneb ehitusseadustikust.

Paigaldatud soojuspump võib optimaalseks töötamiseks vajada järelseadistamist. Omanikel on soovitatav valida teenus, mis lubab pikema perioodi (nt vähemalt 1 aasta) kohta maakontuuri ja kütteringi temperatuuri andmeid kuvada ja näiteks sõltumatul eksperdil analüüsida soojuspumba tööd.

## Tänuõnad

Uuringut rahastas Keskkonnainvesteeringute Keskus. Liina Jürisoo Eesti Maaülikoolist aitas selgitada puude kaitsega seotud küsimusi. Raido Malõšev Eesti Soojuspumbaliidust selgitas maasoojuse kasutamisega seotud arenguid ja Heino Uussaar Movek Grupist spiraalkollektoritega liituvaid küsimusi. Kõigile aitajatele suur tänu.

## Kirjandus

- Attard, G., Bayer, P., Rossier, Y., Blum, P., & Eisenlohr, L. (2020). A novel concept for managing thermal interference between geothermal systems in cities. *Renewable Energy*, *145*, 914–924. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.06.095>
- Barla, M., & Di Donna, A. (2018). Energy tunnels: concept and design aspects. *Underground Space (China)*, *3*(4), 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2018.03.003>
- Benz, S. A., Bayer, P., & Blum, P. (2017). Identifying anthropogenic anomalies in air, surface and groundwater temperatures in Germany. *Science of the Total Environment*, *584–585*, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.139>
- Bleicher, A., & Gross, M. (2016). Geothermal heat pumps and the vagaries of subterranean geology: Energy independence at a household level as a real world experiment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *64*, 279–288. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.06.013>
- Bonte, M., M Ro, W. F., Zaura, E., J J van der Wielen, P. W., Stuyfzand, P. J., & van Breukelen, B. M. (2013). Impacts of Shallow Geothermal Energy Production on Redox Processes and Microbial Communities. *Environ. Sci. Technol*, *47*, 44. <https://doi.org/10.1021/es4030244>
- Bonte, M., Stuyfzand, P. J., Hulsmann, A., & Beelen, P. Van. (2011). Underground Thermal Energy Storage : Environmental Risks and Policy Developments in. *Ecology And Society*, *16*(1), 1–24.
- Bonte, M., Stuyfzand, P. J., & Van Breukelen, B. M. (2014). *Reactive Transport Modeling of Thermal Column Experiments to Investigate the Impacts of Aquifer Thermal Energy Storage on Groundwater Quality*. <https://doi.org/10.1021/es502477m>
- Eesti Standardikeskus. (2020). *EVS 939-3:2020 Puittaimed haljastuses. Osa 3: Ehitusaegne puude kaitse* (p. 40).
- Epting, J., Baralis, M., Künze, R., Mueller, M. H., Insana, A., Barla, M., & Huggenberger, P. (2020). Geothermal potential of tunnel infrastructures – development of tools at the city-scale of Basel, Switzerland. *Geothermics*, *83*(September 2019), 101734. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.101734>
- Fascì, M. L., Lazzarotto, A., Acuna, J., & Claesson, J. (2019). Analysis of the thermal interference between ground source heat pump systems in dense neighborhoods. *Science and Technology for the Built Environment*, *25*(8), 1069–1080. <https://doi.org/10.1080/23744731.2019.1648130>
- Fascì, M. L., Lazzarotto, A., Acuna, J., Claesson, J., Letizia Fascì, M., & Acuna, J. E. (2019). Science and Technology for the Built Environment Analysis of the thermal interference between ground source heat pump systems in dense neighborhoods Analysis of the thermal interference between ground source heat pump systems in dense neighborhoods. *Science and Technology for the Built Environment*, *25*, 1069–1080.

<https://doi.org/10.1080/23744731.2019.1648130>

- García-Gil, A., Moreno, M. M., Schneider, E. G., Marazuela, M. Á., Abesser, C., Lázaro, J. M., & Navarro, J. Á. S. (2020). Nested shallow geothermal systems. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(12). <https://doi.org/10.3390/su12125152>
- Gehlin, S., Andersson, O., & Rosberg, J.-E. (2020). Country Update for Sweden 2020. *Proceedings World Geothermal Congress 2020*, 1–9. <https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2020/01040.pdf>
- Haehnlein, S., Bayer, P., & Blum, P. (2010). International legal status of the use of shallow geothermal energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(9), 2611–2625. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.069>
- Hähnlein, S., Bayer, P., Ferguson, G., & Blum, P. (2013). Sustainability and policy for the thermal use of shallow geothermal energy. *Energy Policy*, *59*, 914–925. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.040>
- Insana, A., & Barla, M. (2020). Experimental and numerical investigations on the energy performance of a thermo-active tunnel. *Renewable Energy*, *152*, 781–792. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.086>
- Islam, M. S., Fukuhara, T., Watanabe, H., & Nakamura, A. (2006). Horizontal U-Tube Road Heating System using Tunnel Ground Heat. *Journal of Snow Engineering of Japan*, *22*(3), 229–234. <https://doi.org/10.4106/jsse.22.229>
- Jõelet, A. (1998). *Geothermal studies of the precambrian basement and phanerozoic sedimentary cover in Estonia and Finland*. <https://dspace.ut.ee/handle/10062/43443>
- Juvonen, J., & Lapinlampi, T. (2013). *Energiakaivo - Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa*. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO\\_2013.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf)
- Kukkonen, I. T., & Jõelet, A. (2003). Weichselian temperatures from geothermal heat flow data. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *108*(B3). <https://doi.org/10.1029/2001JB001579>
- Majuri, P. (2018). Technologies and environmental impacts of ground heat exchangers in Finland. *Geothermics*, *73*, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2017.08.010>
- Majuri, P., Arola, T., Kumpula, A., & Vuorisalo, T. (2021). Geoenergy permits in Finnish regional administration – Contradictory practices and inadequate judicial regulation. *Renewable Energy*, *168*, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.110>
- Majuri, P., Kumpula, A., & Vuorisalo, T. (2020). Geoenergy permit practices in Finnish municipalities – Challenges with good governance. *Energy Strategy Reviews*, *32*, 100537. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100537>
- Menberg, K., Bayer, P., Zosseder, K., Rumohr, S., & Blum, P. (2013). Subsurface urban heat islands in German cities. *Science of the Total Environment*, *442*, 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.043>
- Meng, B., Vienken, T., Kolditz, O., & Shao, H. (2018). Modeling the groundwater temperature response to extensive operation of ground source heat pump systems: A case study in Germany. *Energy Procedia*, *152*, 971–977. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.102>

- Meng, B., Vienken, T., Kolditz, O., & Shao, H. (2019). Evaluating the thermal impacts and sustainability of intensive shallow geothermal utilization on a neighborhood scale: Lessons learned from a case study. *Energy Conversion and Management*, 199(May), 111913. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111913>
- Metsur, M., & Grigorieva, I. (2020). Maaküte Tartu vallas. *AS Maves*, 30.
- Moormann, C., Buhmann, P., Friedemann, W., Homuth, S., & Pralle, N. (2016). Tunnel geothermics – International experience with renewable energy concepts in tunnelling / Tunnelgeothermie – Internationale Erfahrungen zu regenerativen Energiekonzepten im Tunnelbau. *Geomechanik Und Tunnelbau*, 9(5), 467–480. <https://doi.org/10.1002/geot.201600048>
- Nicholson, D. P., Chen, Q., De Silva, M., Winter, A., & Winterling, R. (2014). The design of thermal tunnel energy segments for Crossrail, UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability*, 167(3), 118–134. <https://doi.org/10.1680/ensu.13.00014>
- Popiel, C. O., & Wojtkowiak, J. (2013). Temperature distributions of ground in the urban region of Poznan City. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 51, 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2013.07.009>
- Reinsalu, E., Toomik, A., & Valgma, I. (2015). *Kaevandatud maa*. [https://www.researchgate.net/profile/Enno-Reinsalu/publication/275286955\\_Kaevandatud\\_maa\\_Mined\\_out\\_Land/links/55373cea0cf218056e954ec0/Kaevandatud-maa-Mined-out-Land.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Enno-Reinsalu/publication/275286955_Kaevandatud_maa_Mined_out_Land/links/55373cea0cf218056e954ec0/Kaevandatud-maa-Mined-out-Land.pdf)
- Rhee, J., Park, S., & Lu, Z. (2014). Relationship between land cover patterns and surface temperature in urban areas. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/15481603.2014.964455*, 51(5), 521–536. <https://doi.org/10.1080/15481603.2014.964455>
- Sass, I., & Burbaum, U. (2010). Damage to the historic town of staufen(Germany) caused by geothermal drillings through anhydrite-bearing formations. *Acta Carsologica*, 39(2), 233–245. <https://doi.org/10.3986/ac.v39i2.96>
- Skinner, W. R., & Majorowicz, J. A. (1999). Regional climatic warming and associated twentieth century land-cover changes in north-western North America. *Climate Research*, 12(1), 39–52. <https://doi.org/10.3354/cr012039>
- Struß, J., Schäfer, · Dirk, Dahmke, A., & Köber, R. (2020). Numerische Simulationen des Ausbreitungsverhaltens von Wärmeträgerfluid-Inhaltsstoffen aus Erdwärmesonden in Trinkwassereinzugsgebieten. *Grundwasser - Zeitschrift Der Fachsektion Hydrogeologie*, 25, 189–204. <https://doi.org/10.1007/s00767-020-00453-z>
- Swedish Geological Survey. (2016). *Vägledning För Att Borra Brunn. december*, 1–30.
- Tinti, F., Boldini, D., Ferrari, M., Lanconelli, M., Kasmaee, S., Bruno, R., Egger, H., Voza, A., & Zurlo, R. (2017). Exploitation of geothermal energy using tunnel lining technology in a mountain environment. A feasibility study for the Brenner Base tunnel – BBT. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 70(December 2016), 182–203. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2017.07.011>
- Tissen, C., Benz, S. A., Menberg, K., Bayer, P., & Blum, P. (2019). Groundwater temperature

anomalies in central Europe. *Environmental Research Letters*, 14(10).  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4240>

Tsagarakis, K. P., Efthymiou, L., Michopoulos, A., Mavragani, A., Anđelković, A. S., Antolini, F., Bacic, M., Bajare, D., Baralis, M., Bogusz, W., Burlon, S., Figueira, J., Genç, M. S., Javed, S., Jurelionis, A., Koca, K., Rzyżyński, G., Urchueguia, J. F., & Žlender, B. (2020). A review of the legal framework in shallow geothermal energy in selected European countries: Need for guidelines. *Renewable Energy*, 147, 2556–2571.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.007>

Verein Deutscher Ingenieure. (2015). *Thermische Nutzung des Untergrunds Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. VDI 4640*.

Wilhelm, J., & Rybach, L. (2003). The geothermal potential of Swiss Alpine tunnels. *Geothermics*, 32(4), 557–568. [https://doi.org/10.1016/S0375-6505\(03\)00061-0](https://doi.org/10.1016/S0375-6505(03)00061-0)

Zhang, G., Guo, Y., Zhou, Y., Ye, M., Chen, R., Zhang, H., Yang, J., Chen, J., Zhang, M., Lian, Y., & Liu, C. (2016). Experimental study on the thermal performance of tunnel lining GHE under groundwater flow. *Applied Thermal Engineering*, 106, 784–795.  
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.06.041>