

Lämpökaivo

Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa

Janne Juvonen (toim.)



YMPÄRISTÖOPAS | 2009

Lämpökaivo

Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa

Janne Juvonen (toim.)

Helsinki 2009

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



YMPÄRISTÖOPAS | 2009
Suomen ympäristökeskus
Asiantuntijapalveluosasto

Taitto: Pirjo Lehtovaara
Kansikuva: Tuija Hoikkala
Karttalupa: © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/09

Julkaisu on saatavana internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 978-952-11-3531-6 (PDF)
ISSN 1796-167X (verkkoi.)

ALKUSANAT

Oppaan tarkoituksena on ehkäistä lämpökaivoihin liittyviä ympäristö- ja toimintaongelmia edistämällä oikein toteutettua ja laadukasta rakentamistapaa. Tavoitteena on myös lisätä yleistä tietämystä lämpökaivoista.

Huolimattomasti toteutetut lämpökaivojen rakenteet ovat riski pohjaveden laadulle esimerkiksi silloin, jos pinnalta valuvat vedet pääsevät kaivoon ja sitä kautta pohjaveteen. Suunnittelussa ja asennuksessa tehdyt virheet voivat aiheuttaa ongelmia järjestelmän toiminnassa. Oppaassa annetaan suosituksia hyvistä käytännöistä. Niitä voidaan hyödyntää myös kuntien ohjeistuksen ja määräysten tukena.

Oppaassa käsitellään lämpökaivojen suunnittelua, rakentamista, käyttöä ja huoltoa. Lisäksi tarkastellaan myös lämpökaivoihin liittyviä riskejä, lainsäädäntöä, lämpökaivojen tarkastamista ja valvontaa. Opas on suunnattu lämpökaivojen tilaajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja viranomaisille. Sisällössä painotetaan lämpökaivojen hyödyntämistä pientalojen lämmityksessä.

Hankkeen rahoituksesta on vastannut ympäristöministeriö (rakennetun ympäristön ja ympäristönsuojelun osastot), maa- ja metsätalousministeriö sekä Suomen Kaivonporausurakoitsijat r.y. Poratek. Hankkeen asiantuntijaryhmään kuuluvat Tapani Suomela (pj) ja Pekka Kalliomäki (varapj) ympäristöministeriöstä, Janne Juvonen (siht.), Ritva Britschgi, Toivo Lapinlampi ja Erkki Santala Suomen ympäristökeskuksesta, Peter Dahlbom, Sami Eskelin ja Tuija Hoikkala Poratek r.y:stä, Jarmo Kallio Geologian tutkimuskeskuksesta, Petri Koivula SULPU r.y:stä, Paavo Taipale ja Markku Axelsson Kuntaliitosta, Risto Oksanen Rakennustarkastusyhdistyksestä, Heli Keurulainen Altiasta sekä Timo Määttä Motivasta.

Oppaan on toimittanut Janne Juvonen. Asiantuntijaryhmän jäsenten lisäksi tekstin tuottamiseen on osallistunut Kirsi Martinkauppi ympäristöministeriöstä. Kielen tarkistamisessa apuna on ollut Eija Järvinen Suomen ympäristökeskuksesta. Julkaisuprosessiin kuuluvat asiantuntijalausunnat ovat antaneet projektipäällikkö Risto Niinimäki Helsingin kaupungin kiinteistövirastosta ja emeritus dosentti, geologi Esa Rönkä.

Omalta osaltani haluan kiittää kaikkia hankkeessa mukana olleita ja oppaan laatimiseen osallistuneita henkilöitä!

Helsingissä elokuussa 2009

Janne Juvonen

SISÄLLYS

Alkusanat	3
I Yleistä	7
1.1 Mitä on maalämpö?.....	7
1.2 Maalämmön keruujärjestelmät.....	8
1.3 Maalämpöpumppu.....	10
1.4 Maalämpö maailmalla ja Suomessa.....	10
2 Lämpökaivoja koskeva keskeinen lainsäädäntö ja määräykset	13
2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999).....	13
2.2 Kiinteistönmuodostamislaki (554/1995).....	13
2.3 Ympäristönsuojelulaki (86/2000).....	14
2.4 Vesilaki (264/1961).....	14
2.5 Kemikaalilaki (744/1989).....	15
2.6 Terveystoimintalaki (763/1994).....	15
2.7 Kuntien ympäristönsuojelumääräykset ja rakennusjärjestys.....	16
2.8 Rakentamismääräyskokoelma.....	16
2.9 Tarkastaminen ja laadunvalvonta.....	18
3 Lämpökaivoihin liittyvät riskit ja ongelmatilanteet	19
3.1 Ympäristöriskit.....	19
3.2 Toimivuuteen liittyvät ongelmat.....	20
4 Lämpökaivon suunnittelu	21
4.1 Sijoittaminen.....	21
4.2 Mitoitus.....	23
4.3 Porakaivon muuttaminen lämpökaivoksi.....	24
5 Lämpökaivon rakentaminen	25
5.1 Lämpökaivon rakenteet.....	25
5.2 Työmenetelmät.....	27
5.3 Materiaalien ja porauskaluston vaatimukset.....	30
6 Lämmönsiirtoaineet	32
6.1 Lämmönsiirtoaineiden ominaisuudet.....	32

6.2 Ominaisuudet puhtaille aineille	33
6.2.1 Etanoli	33
6.2.2 Etyleeniglykoli	33
6.2.3 Propyleeniglykoli	34
6.2.4 Betaiini	34
6.2.5 Kaliumformiaatti	34
6.2.6 Metanoli	34
6.3 Lisäaineet	35
7 Käyttö ja huolto	36
Lähteet	37
Sanasto	39
Liite I. Porausraportti	41
Kuvailulehti	42
Presentationsblad	43
Documentation page	44

1 Yleistä

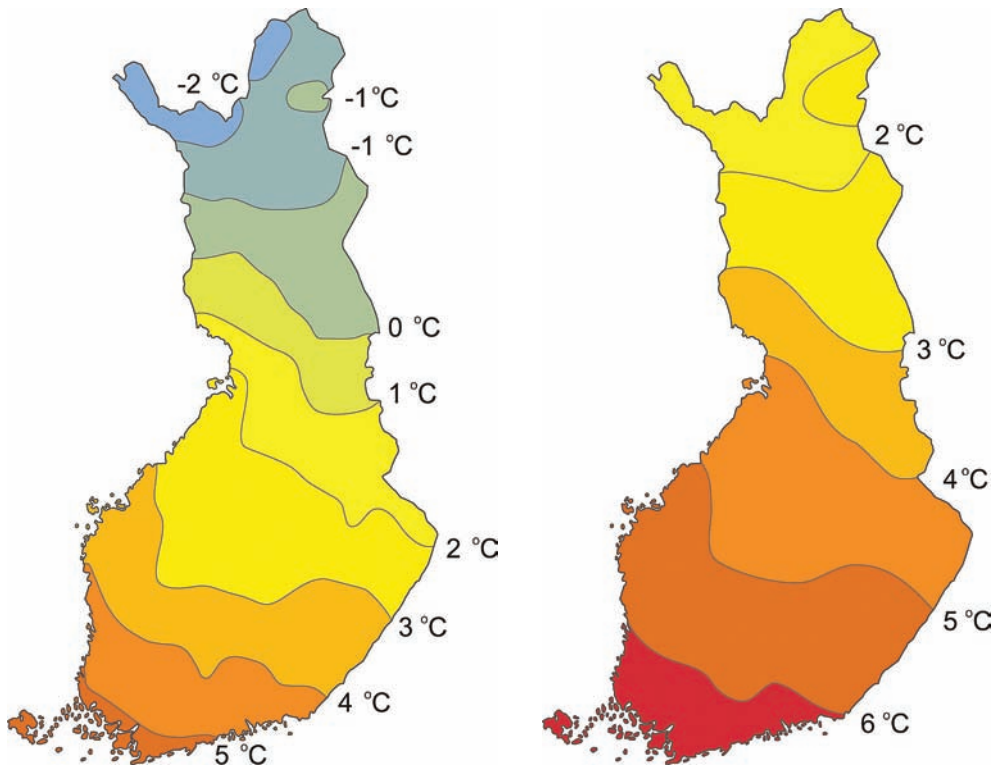
1.1

Mitä on maalämpö?

Maa- ja kallioperän pintaosiin varastoitunut lämpöenergia on peräisin pääosin auringosta. Syvemmällä kallioperässä lämpöenergia on taas pääosin radioaktiivisten aineiden hajoamisesta peräisin olevaa **geotermistä energiaa**. Tässä oppaassa käsiteltävät syvyydet ovat alle 200 metriä.

Suomessa maa- ja kallioperän pintaosien vuotuinen keskilämpötila on keskimäärin kaksi astetta ilman vuotuista keskilämpötilaa korkeampi (kuva 1) ja se vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. Lämpötila vaihtelee myös paikallisesti. Rakennetuilla alueilla se voi olla useita asteita korkeampi kuin esimerkiksi luonnontilaisessa metsässä. Maanpinnan keskilämpötila vaihtelee vuosittaisen ilmalämpötilan mukaan, mutta vakiintuu Suomessa n. 14–15 metrin syvyydessä 5–6 asteeseen. Syvemmällä kallioperässä geotermisen energia nostaa lämpötilaa keskimäärin 0,5–1 astetta / 100 m. Näin ollen maan eteläosissa kallioperän lämpötila 200 metrin syvyydessä on noin 6–8 °C.

Suomen kivilajien lämmönjohtavuudessa on vaihtelua. Eniten kallioperän lämpöominaisuuksiin vaikuttavat kallioperän koostumus, rikkonaisuus ja pohjaveden liikkeet. Pohjavesi ja kallioperän rikkonaisuus tehostavat lämmön siirtymistä maankamarassa. Kallioperän rikkonaisuus voi toisaalta hankaloittaa lämpökaivojen porausta ja niiden rakenteiden pysyvyyttä.



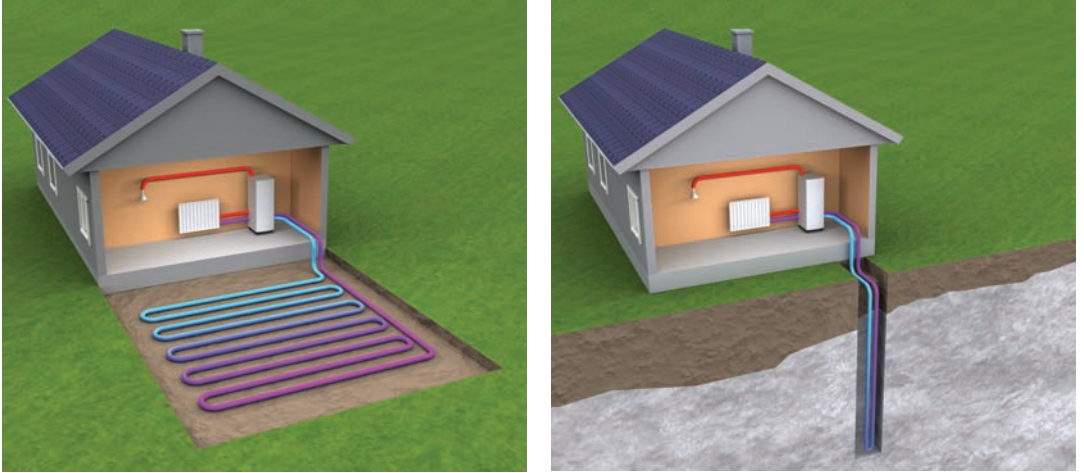
Kuva 1. Ilmalämpötilan vuotuinen keskiarvo vertailukaudelta 1971–2000 [1] (vasemmalla) ja maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo [2] (oikealla).

1.2

Maalämmön keruujärjestelmät

Lämpöpumpputekniikan avulla maa- ja kallioperän ilmaista lämpöenergiaa voidaan käyttää rakennusten ja niiden käyttöveden ympärivuotiseen lämmittämiseen ja viilentämiseen. **Lämpöpumpuissa** käytettävistä lämmönlähteistä tehokkain on maalämpö, mutta sen hankintakustannukset ovat korkeammat ja asennus jossain määrin työläämpää. Käyttökustannuksiltaan maalämpö on kuitenkin muita lämpöpumppujärjestelmiä edullisempi.

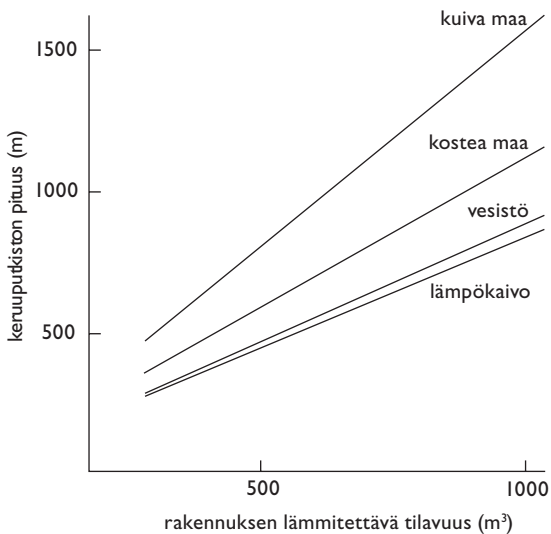
Maalämpöä voidaan kerätä maaperän pintaosista tai syvemältä kallioperästä (kuva 2). Maaperästä lämpöä kerätään noin metrin syvyyteen asennettavan keruuputkiston avulla. Kallioperästä lämpöä kerätään yleensä alle 200 metrin syvyydeltä. Keruuputkistossa kiertää **lämmönsiirtoaine**, joka kuljettaa keräämänsä lämmön rakennuksen käyttöön. Maaperään asennettava putkisto eli maapiiri vaatii kohtalaisen pinta-alan, noin 1,5 m² /putkimetri.



Kuva 2. Maalämmön keruujärjestelmät: vasemmalla maapiiri ja oikealla lämpökaivo. Kuva: Thermia

Kallioperästä lämpöä saadaan porakaivon avulla. Kallioperän lämpöä hyödyntävää porakaivoa kutsutaan lämpökaivoksi. Lämpökaivosta saadaan maapiiriin nähden kaksinkertainen määrä energiaa putkimetriä kohden. Lisäksi vältetään mittavilta kaivutöiltä.

Maalämpöpumpun lämmönlähteenä käytetään varsinaisen maalämmön lisäksi myös vesistöjen lämpöä. Kuvassa 3 on eri lämmönlähteiden putkistopituuksia.



Kuva 3. Maalämpöpumpun lämmönlähteiden putkistopituuksia suhteessa rakennuksen tilavuuteen [3].

Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu siirtää maaperästä, kallioperästä tai vesistöistä kerätyn lämmön rakennusten käyttöön. Keruupiirin lämmönsiirtoaine luovuttaa lämpönsä pumppussa kiertävälle kylmäaineelle, josta se siirretään lämmitysjärjestelmään (kuva 4). Maalämpöpumppu soveltuu hyvin matalan lämpötilan lämmönjakojärjestelmien lämmönlähteeksi, kuten vesikiertoiseen lattialämmitykseen ja ilmalämmitykseen. Sitä voidaan hyödyntää myös käyttöveden lämmittämisessä ja kesällä rakennuksen jäähdyttämisessä. Jäähdyttämisellä voidaan myös parantaa lämpökaivon antoisuutta talvella, kun huoneilman lämpöä siirretään kesällä kallioperään.

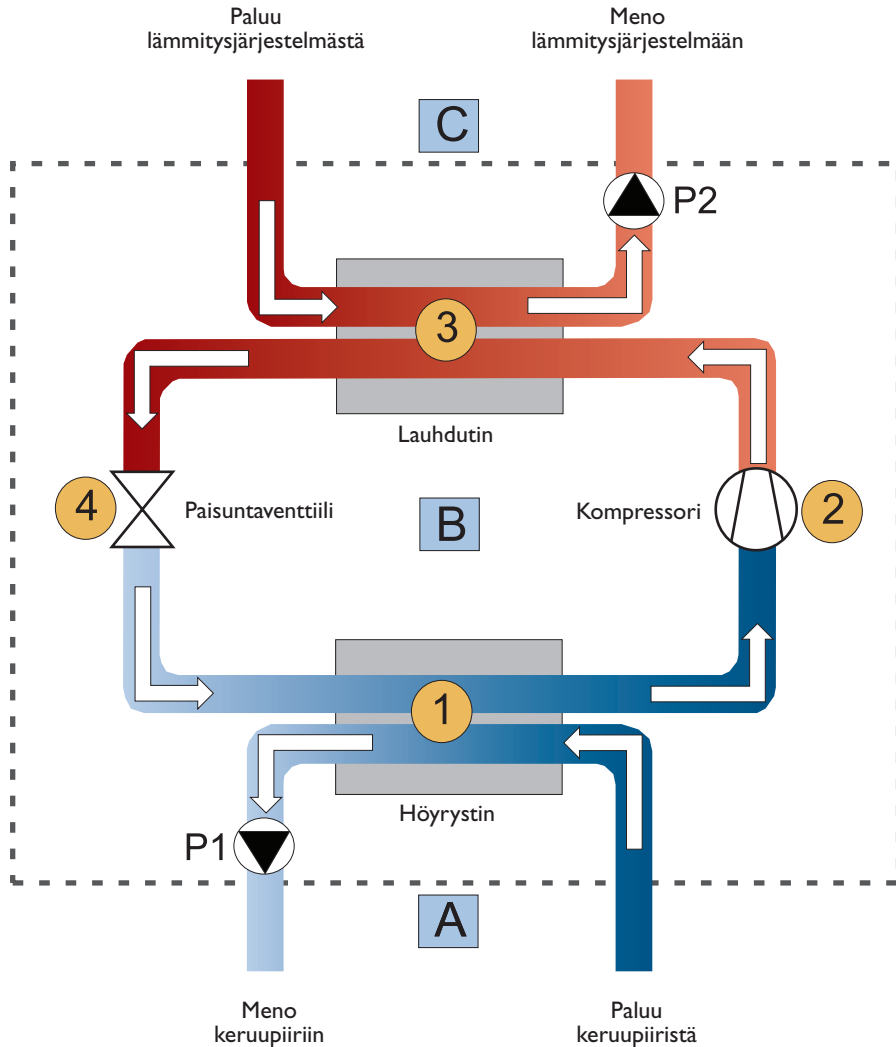
Maalämpöpumppu tulee sijoittaa sellaiseen tilaan, jossa huolto ja ylläpito ovat helppoa. Pumppua ei tule sijoittaa tilaan, joka halutaan pitää täysin hiljaisena. Esimerkkejä teknisen tilan laitteiden ja lämpöpumpun sijoittamisesta löytyy Rakennustietosäätiön [3] RT-ohjetiedostosta Maalämmitys tai Rakennustietosäätiön ja LVI-keskusliiton [4] LVI-ohjetiedostosta Lämpöpumput.

Maalämpö maailmalla ja Suomessa

Uusiutuvien energialähteiden käyttöä lisätään jatkuvasti, ja kasvavan kokemuksen myötä niitä pystytään hyödyntämään yhä tehokkaammin. Maalämpö on tästä hyvä esimerkki, se kasvattaa suosiotaan maailmanlaajuisesti. Maalämpöpumppujen yhteenlasketut asennukset noin 30 maassa ovat kasvaneet 10 % vuosivauhtia 1990-luvun lopusta lähtien. Kasvusta suurin osa on tapahtunut Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Suurimmat maalämpöpumppumarkkinat ovatkin Yhdysvalloissa. Euroopassa ylivoimaisesti eniten maalämpöpumppuja on Ruotsissa [5]. Pelkästään vuonna 2006 Ruotsissa rakennettiin noin 40 000 lämpökaivoa [6].

Lämpökaivot ovat nykypäivänä jonkin verran maalämpöputkistoja yleisempiä. Maailmalla rakennetaan jo valtavia **geoenergiakenttiä**, jotka käsittävät useita satoja lämpökaivoja. Lämpökaivojen periaate on sama kaikkialla maailmassa, mutta käytännön toteutustavat ovat hieman erilaisia geologisista olosuhteista ja paikallisista määräyksistä johtuen. Pohjois-Amerikassa lämpökaivot eivät useinkaan ulotu kallioperään asti paksujen maakerroksien takia. Monissa maissa keruuputkien ja kaivon seinämien välinen tila täytetään esimerkiksi sementillä tai **bentoniitillä** ja sementin sekoituksella. Pohjoismaissa lämpökaivot porataan kalliioon ja tyhjä tila täytetään vedellä.

Suomessa maalämpöpumppuja on käytetty 1970-luvun puolivälistä lähtien. Niiden suosio kasvoi nopeasti 1970-luvun energiakriisin seurauksena. Kasvaville markkinoille ilmestyi useita valmistajia, joiden tuotteet ja asiantuntemus eivät olleet riittäviä. Järjestelmien väärä mitoitus ja huonot asennukset aiheuttivat ongelmia. Kun



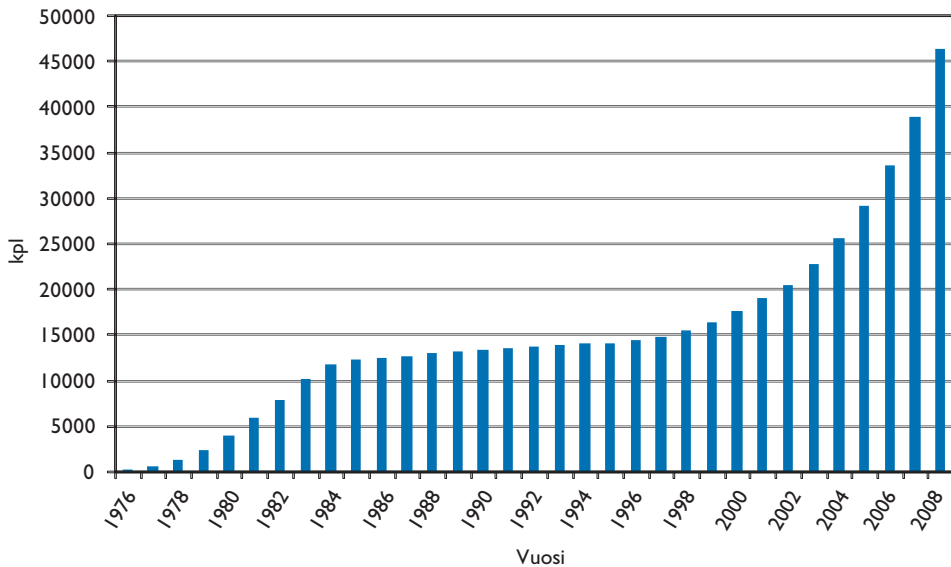
1. Höyrystimessä lämmönkeruupiiristä (A) lämpöenergia siirtyy lämpöpumpun kylmäainepiiriin (B).
2. Lämpöpumpun kompressorin puristaa kylmäainehöyryn korkeapaineiseksi kaasuksi, jolloin lämpötila kohoaa.
3. Lämpöpumpun lauhduttimessa lämpöenergia siirtyy kylmäaineesta rakennuksen lämmitysjärjestelmään (C).
4. Lämpöpumpun paisuntaventtiilissä kylmäaineen painetta alennetaan, jolloin neste muuttuu kylmäainehöyryksi ja sen lämpötila laskee. Kylmäainehöyry virtaa höyrystimeen ja prosessi jatkuu kohdan 1 mukaisesti.

Kuva 4. Maalämpöpumpun osat ja toimintaperiaate. Katkoviiva rajaa varsinaisen lämpöpumpun. Pientalokohteissa samaan pakettiin kuuluvat usein myös keruu- ja lämmityspiirin pumpit P1 ja P2. Pumpit voidaan asentaa myös paluupuolelle riippuen järjestelmän suunnitelmasta.

energian hinta alkoi laskea 1980-luvun alussa, kysyntä lopahti rajusti [7]. 2000-luvulla maalämpöpumppujen suosio Suomessa on lisääntynyt jälleen merkittävästi. Vuonna 2008 maalämpöpumppuja oli asennettu yli 46 000 kappaletta (kuva 5). Määrä on kaksinkertainen vuoden 2003 lukemaan verrattuna eli alan kasvu on hyvin nopeaa.

Maalämmön käyttöä Suomessa on lisännyt viimeaikainen energian hinnan nousu. Mitä suurempi talo ja energiankulutus on kyseessä, sen kannattavampaa on investoida maalämpöön. Korkea energian hinta tekee maalämmöstä kannattavan vaihtoehdon yhä pienemmissä taloissa. Lämmitysjärjestelmien muutostöihin myönnettävät energia-avustukset vauhdittavat entisestään niiden suosiota. Kuluttajien valintaa ohjaa varmasti jossain määrin myös huoli ilmastonmuutoksesta.

Saneerauskohteissa suoran sähkölämmityksen vaihtaminen vesikiertoiseen maalämpöjärjestelmään saattaa olla taloudellisesti kannattavaa. Tiheästi asutulla alueella yhteisen järjestelmän rakentaminen saattaa olla kustannustehokkaampaa ja tilankäyttöisesti järkevämpää kuin useiden yksittäisten järjestelmien rakentaminen.



Kuva 5. Suomessa myytyjen maalämpöpumppujen kokonaismäärä vuosina 1976–2008 [8] [9].

2 Lämpökaivoja koskeva keskeinen lainsäädäntö ja määräykset

2.1

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)

Lämmitysjärjestelmän rakentaminen käsitellään osana rakennuslupaa. Maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:n mukaan rakennuslupa tarvitaan rakennuksen rakentamisen lisäksi eräisiin korjaus- ja muutostöihin sekä rakennuksen käyttötarkoituksen olennaiseen muuttamiseen. Toistaiseksi kuntien käytäntö vaihtelee sen suhteen, tarvitaanko lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen rakennuslupa vai 126 §:n mukainen toimenpidelupa. Joissakin kunnissa lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen ei edellytetä kumpaakaan lupaa. Luvan tarve on syytä selvittää aina ennen lämpökaivon rakentamista. Tulevaisuuden tavoite on yhdenmukaistaa käytäntöä.

Mikäli jo olemassa olevan rakennuksen lämmitysjärjestelmä halutaan vaihtaa, on suositeltavaa hakea toimenpidelupaa. Sama koskee myös tilannetta, jossa halutaan käyttää lämpökaivoa lisälämmönlähteenä. Lämpökaivon poraamisella voi olla vaikutusta ympäröivän alueen maankäyttöön mm. sellaisissa tapauksissa, että myös rajanaapuri haluaa porata lämpökaivon. Ympäristöministeriössä on havaittu tarve tarkentaa maankäyttö- ja rakennusasetusta ja selkeyttää lämpökaivojen luvanvaraisuutta lisäämällä lämpökaivon poraaminen maankäyttö- ja rakennusasetuksen 62 §:n listaan toimenpideluvanvaraisista toimenpiteistä.

Rakennuksen omistajan ja haltijan on huolehdittava rakennuksen kunnosta. Maankäyttö- ja rakennuslain 166 §:n mukaan rakennus ja sen energiahuoltoon kuuluvat järjestelmät on pidettävä sellaisessa kunnossa, että ne täyttävät energiatehokkuudelle asetetut vaatimukset.

2.2

Kiinteistönmuodostamislaki (554/1995)

Lämpökaivo voidaan naapurin suostumuksella porata naapuritontin puolelle ulottuvana **vinoreikänä**. Tällöin kannattaa perustaa rasite. Rasite turvaa lämpökaivon

sijoittamisen naapuritontin puolelle, vaikka sen omistaja vaihtuu. Rasiin perustamisesta on säädetty kiinteistönmuodostamislain luvussa 14.

2.3

Ympäristönsuojelulaki (86/2000)

Pohjaveden pilaamiskiellosta on säädetty ympäristönsuojelulain 8 §:ssä. Pilaamiskiellon mukaan:

- Ainetta tai energiaa ei saa panna tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että*
- 1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai sen laatu muutoin olennaisesti huonontua;*
 - 2) toisen kiinteistöllä oleva pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai*
 - 3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua.*

Pilaantumisen sattuessa pohjaveden puhdistamisesta vastaa ympäristönsuojelulain 75 §:n 1 momentin mukaan se, jonka toiminnasta on aiheutunut pilaantumista. Puhdistamisvastuu lankeaa myös tahattomasta toiminnasta. Ympäristönsuojelulain 75 §:n 2 momentissa todetaan, että jos pilaajaa ei jostain syystä saada täyttämään velvollisuuttaan, myös maanomistaja voi joutua vastuuseen puhdistamisesta. Pilaaminen on tällöin täytynyt tapahtua maanomistajan suostumuksella tai tämän on tullut siitä tietää.

2.4

Vesilaki (264/1961)

Pohjaveden muuttamiskiellosta säädetään vesilain 1 luvun 18 §:ssä. Ilman ympäristölupaviraston lupaa ei saa käyttää pohjavettä tai ryhtyä pohjaveden ottamista tarkoittavaan toimeen siten, että siitä pohjaveden laadun tai määrän muuttumisen vuoksi voi aiheutua

- *jonkin pohjavettä ottavan laitoksen vedensaannin vaikeutuminen*
- *tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuuden olennainen vähentyminen tai sen hyväksikäyttämismahdollisuuden muu huonontuminen*
- *toisen kiinteistöllä talousveden saannin vaikeutuminen.*

Pohjaveden muuttamiskiellon piiriin kuuluvat siis toimenpiteet, joista voi aiheutua pohjaveden määrän tai sen laadun haitallisia muutoksia. Kaivon rakentamista tai pohjaveden ottamista vähäisessä määrin talousvedeksi ei kuitenkaan pidetä muuttamiskiellon vastaisena toimenpiteenä.

Vesilain nojalla on myös annettu valtioneuvoston päätös pohjavesien suojelemisesta eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden aiheuttamalta pilaantumiselta (VNp 364/1994). Tämä päätös kumottiin vuoden 2009 aikana ja korvattiin samansisältöisenä muutoksella valtioneuvoston asetukseen vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (VNA 1022/2006). Asetuksen liitteessä listattuja aineita ei saa päästää suoraan eikä välillisesti esimerkiksi maakerrosten läpi tapahtuvan suodattumisen kautta pohjaveteen (päästökielto pohjaveteen). Näitä ovat mm. aineet, joilla on syöpää, mutaatioita tai epämuodostumia sikiölle aiheuttavia ominaisuuksia sekä aineet, joilla on haitallinen vaikutus pohjaveden makuun tai hajuun. Osa lämpökaivoissa käytetyistä lämmönsiirtoaineista kuuluu tähän listaan.

2.5

Kemikaalilaki (744/1989)

Kemikaalilaki liittyy lämpökaivoissa käytettäviin lämmönsiirtoaineisiin. Lain neljännen luvun 15 §:ssä mainitun huolehtimisvelvollisuuden mukaan kemikaalin käsittelyssä on noudatettava kemikaalin määrä ja vaarallisuus huomioon ottaen riittävää huolellisuutta ja varovaisuutta terveys- ja ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi. Jos huolimattomasta tai varomattomasta käsittelystä aiheutuu saastumista, tulee saastumisen aiheuttajan huolehtia rakenteiden ja ympäristön puhdistamisesta sellaiseen kuntoon, ettei niistä enää aiheudu vaaraa terveydelle tai ympäristölle.

Lämmönsiirtoaineiden käsittelyssä on huomioitava, onko kyseessä vaarallinen kemikaali ja täyttääkö sen käsittely ilmoitus- tai lupavelvollisuuden rajat. Vähäisen teollisen käsittelyn ja varastoinnin ilmoitus- ja lupavelvollisuuden rajat eri kemikaaliluokille vähimmäismäärästä riippuen löytyvät vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista annetun asetuksen (59/1999) liitteestä 1. Helposti syttyville kemikaaleille, kuten etanolille, ilmoitusvelvollisuuden raja on yksi tonni ja lupavelvollisuuden raja 10 tonnia. Vähäiseksi teolliseksi käsittelyksi tulkitaan myös etanolia sisältävän lämmönkeruuputkiston asennus.

Lain neljännen luvun 16 a §:ssä mainitun valintavelvollisuuden mukaan kemikaalista aiheutuvien haittojen ehkäisemiseksi toiminnanharjoittajan on, silloin kun se on kohtuudella mahdollista, valittava käyttöön olemassa olevista vaihtoehtoista kemikaali tai menetelmä, josta aiheutuu vähiten vaaraa.

2.6

Terveydensuojelulaki (763/1994)

Terveydensuojelulain määräykset eivät suoraan kosketa lämpökaivoja, mutta ne liittyvät lämmitysjärjestelmän mitoitukseen. Terveydensuojelulain 7 luvun 26 §:n mukaan lämpötilan ja kosteuden olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu

terveydellistä haittaa. Jos asunnon liiallinen lämpö, kylmyys tai kosteus voi aiheuttaa terveyshaittaa, kunnan terveydensuojeluviranomainen voi lain 7 luvun 27 §:n mukaan velvoittaa sen, jonka menettely tai toimenpide on syynä tällaiseen epäkohtaan, ryhtymään toimenpiteisiin terveyshaitan poistamiseksi tai rajoittamiseksi.

Jos lämpökaivoa hyödynnetään käyttöveden lämmittämisessä, mitoituksessa on otettava huomioon sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeessa annetut vaatimukset vesijohtoveden lämpötilasta [10] (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003).

2.7

Kuntien ympäristönsuojelumääräykset ja rakennusjärjestys

Kunnan ympäristönsuojelumääräyksissä ja rakennusjärjestyksessä voi olla maalämpöjärjestelmiä ja niiden rakentamista koskevia määräyksiä tai rajoituksia. Esimerkiksi kesäkuussa 2008 voimassa olleista ympäristönsuojelumääräyksistä yhdeksässä oli ohjeistettu, minkälaisia lämmönsiirtoaineita ei saa käyttää pohjavesialueilla. Ympäristönsuojelumääräykset ja rakennusjärjestys saattavat sisältää myös suosituksia siitä, mihin maalämpöjärjestelmiä on sopiva sijoittaa. Lisäksi on syytä huomioida, mitä on määrätty pölyä, melua ja tärinää aiheuttavista töistä.

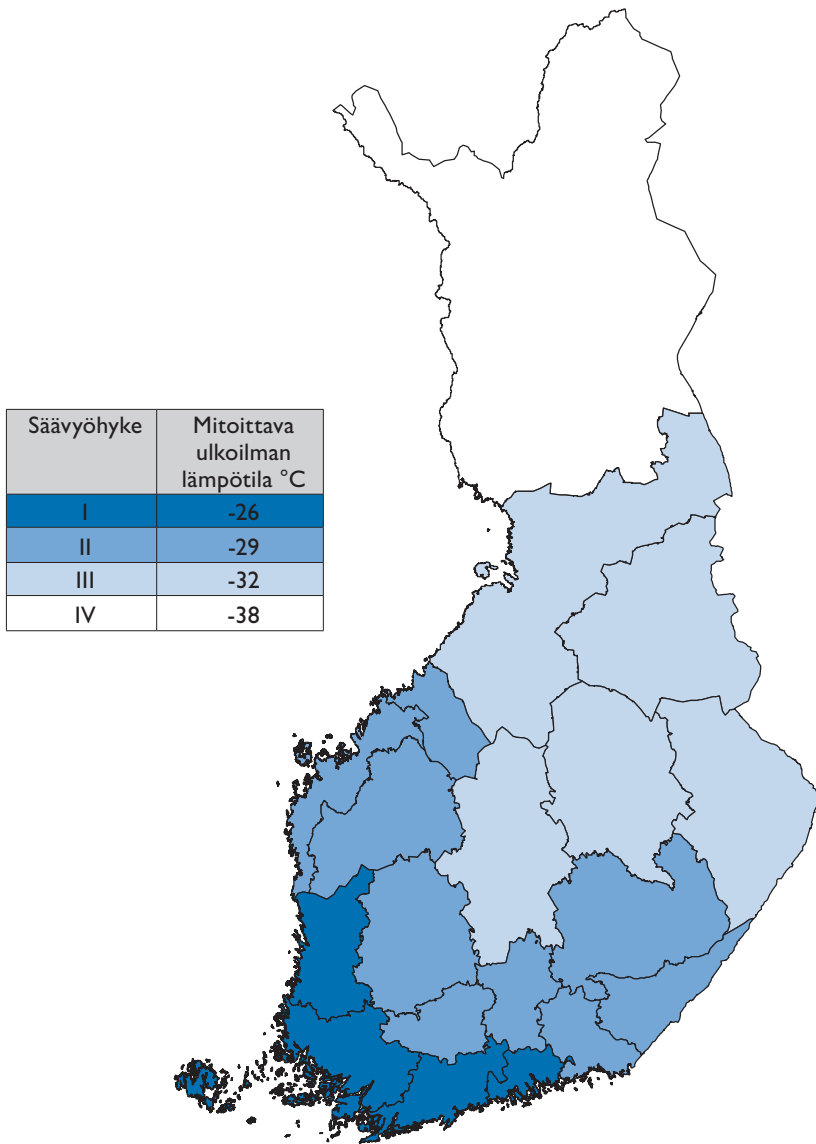
2.8

Rakentamismääräyskokoelma

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on määräyksiä rakennusten energiatehokkuudesta. Nämä määräykset on huomioitava mitoittaessa lämpökaivoa.

Määräyksissä veloitetaan muun muassa:

- mitoittamaan käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämmitysteho siten, että lämmintä käyttövettä on käytettävissä riittävästi
- suunnittelemaan ja toteuttamaan lämmönkehityslaitteisto siten, että laitteisto toimii hyvällä hyötysuhteella huippu- ja osakuormilla
- mitoittamaan lämmitysjärjestelmän lämmitysteho siten, että lämpöolot voidaan ylläpitää lämmityskauden mitoittavilla ulkolämpötiloilla eri säävyöhykkeillä (kuva 6).



Kuva 6. Suomen säävyöhykejako [11].

Tarkastaminen ja laadunvalvonta

Joissakin suurimmissa kaupungeissa on ohjeistettu tekemään selvitys siitä, onko suunniteltu lämpökaivon paikka muiden maanalaisten rakennelmien kannalta soveltuva. Näihin selvityksiin voi liittyä sijaintikatselmuksia, joissa tarkastetaan, että kaivo on sijoitettu oikein. Tiiviisti rakennetulla asemakaava-alueella on luonnollisesti suurempi tarve valvoa lämpökaivon sijoittamista kuin haja-asutusalueella.

Lämpökaivon rakentamista ja rakenteiden tai materiaalien laatua ei valvota rakennustyön yhteydessä, vaan ne jäävät urakoitsijan vastuulle. Lämpökaivon rakentajan pätevyydelle ei toistaiseksi ole vaatimuksia. Tällä hetkellä porausurakoitsijoille tarjooa koulutusta Suomen Kaivonporausurakoitsijat Poratek ry. Lämpöpumppuasentajille koulutusta tarjoaa Suomen Lämpöpumppuyhdistys Sulpu ry.

Tulevaisuudessa lämpöpumppuasentajilla on oltava sertifikaatti. Sertifiointi tapahtuu hyväksytyssä koulutusohjelmassa tai hyväksytyyn kouluttajan toimesta. Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin (2009/28/EY) mukaan jäsenvaltioiden on varmistettava, että sertifiointijärjestelmät tai vastaavat hyväksymisjärjestelmät ovat maalämpöjärjestelmien ja lämpöpumppujen asentajien saatavilla viimeistään vuoden 2012 loppuun mennessä. Sertifioidun asentajan on muun muassa osattava valita ja mitoittaa komponentit oikein. Suomessa mitoitusvastuu on toistaiseksi ollut maalämpöjärjestelmän suunnittelijalla.

3 Lämpökaivoihin liittyvät riskit ja ongelmatilanteet

3.1

Ympäristöriskit

Lämpökaivojen ympäristöriskit liittyvät pääasiassa pohjaveteen: pohjaveden pilaantumiseen suoraan tai välillisesti esimerkiksi maaperän saastumisen kautta.

Riskiä aiheuttavat:

- Pinnalta valuvien vesien suora pääsy pohjaveteen puutteellisesti tiivistettyjen kaivorakenteiden takia
- Kalliopohjaveden eri kerrosten sekoittuminen, esim. suolaisen pohjaveden sekoittuminen makeaan veteen
- Lämmönsiirtoainevuodot.

Rannikkoalueella ja muinaisen merenpohjan alueilla suolainen pohjavesi saattaa sekoittua makeaan pohjaveteen, jos lähekkäin sijaitsevilla talousvesi- ja lämpökaivoilla on hydraulinen yhteys ja lämpökaivo on porattu suolaisen pohjaveden kerrokseen. Normaalitylanteessa suolaisen ja makean veden kerrokset eivät sekoitu, koska tiheyserot pitävät kerrokset erillään. Kerrokset saattavat kuitenkin sekoittua pumpattaessa vettä esimerkiksi talousvesikäyttöön.

Lämpökaivon poraus voi myös muuttaa pohjaveden virtausolosuhteita ja täten vaikuttaa pohjaveden määrään. Kallioperän raoissa olevalle pohjavedelle voi avautua uusia kulkureittejä, mikä voi johtaa veden antoisuuden muutoksiin ja pahimmillaan jopa lähikäivojen kuivumiseen. Todennäköisesti vesikäivon antoisuus kuitenkin paranee lämpökaivon avattua uusia reittejä vedelle.

Lämpökaivoihin on kehitetty eräänlainen suojasukka, jonka tarkoitus on estää esimerkiksi lämmönsiirtoaineiden pääsy pohjaveteen. Sen käyttöä kuitenkin vasta testataan, joten kokemuksia sen soveltuvuudesta ei vielä ole saatu. Suojasukka voisi soveltua käytettäväksi pilaantumisherkillä alueilla, kuten pohjavesialueilla.

Suomessa graniittiseen kallioperään liittyy paikoin korkeat radonkaasupitoisuudet. Kaasu liikkuu kallion rakoja ja ruhjeita pitkin ja kallioon porattu reikä johtaa

radonia maanpintaan. Radonpitoinen ilma siirtyy helposti lämpökaivosta tulevien putkien tiivistämättömien läpivientien kautta asuintiloihin. Läpiviennit tulee tiivistää soveltuvilla elastisilla tiivistysaineilla. Tiivistämisohteita löytyy RT-ohjetiedostosta Radonin torjunta [12] tai Säteilyturvakeskuksen julkaisusta Asuntojen radonkorjaaminen [13]. Lisätietoa radonista ja suurien radonpitoisuuksien alueista löytyy Säteilyturvakeskuksen sivuilta www.stuk.fi.

3.2

Toimivuuteen liittyvät ongelmat

Lämpökaivojen toimivuudessa ilmenevät ongelmat johtuvat todennäköisimmin suunnitteluvirheistä. Jos lämpökaivosta saatavat tehot eivät riitä rakennuksen lämmittämiseen, kaivo voi olla alimitoitettu. Alimitoitus johtaa siihen, että lämpöpumppu kuluttaa enemmän energiaa ja maalämmön hyötysuhde pienenee. Pahasti alimitoitettu lämmönkeruupiiri ei toimi ollenkaan. Ongelman voi ratkaista syventämällä kaivoa, mutta suositeltavampaa on porata lisäkaivo. Myös rakennuksen eristyksen parantamisesta voi olla apua. Lämmitysteho on riittämätön myös silloin, kun lämpökaivot on porattu liian lähelle toisiaan eikä niiden yhteisvaikutusta ympäröivän kallion lämpötilaan ole huomioitu suunnitelmissa. Lämpökaivojen välisistä suositus-
setäisyyksistä on enemmän kappaleessa 4.1.

Jos kaivossa oleva vesi jäätyy, on olemassa riski, että laajeneva jää painaa keruuputket yhteen. Sen seurauksena liuksen kierto voi hidastua tai jopa pysähtyä. Tapauksia on tullut jonkin verran esiin Ruotsissa. Ongelmat voidaan välttää kaivon asianmukaisella mitoituksella ja rakenteilla.

Oma riskinsä on myös kaivon sortuminen. Riski on suurempi ruhjeisessa kallio-
perässä. Lisäksi vinoreikä on pystyreikää alttiimpi sortumiselle.

4 Lämpökaivon suunnittelu

Lämpökaivon suunnittelussa tärkeimpiä asioita ovat lämpökaivon sijoittaminen tontilla ja keruupiirin oikea mitoittaminen. Lämpökaivon sijainti määräytyy usein sen mukaan, mistä keruuputket on helpointa johtaa lämpöpumpulle, mutta sijoituksessa on huomioitava muitakin seikkoja. Mitoituksessa on siinäkin useita muuttujia. Vastuu lämpökaivon mitoituksesta on maalämpöjärjestelmän suunnittelijalla.

4.1

Sijoittaminen

Ennen lämpökaivon poraamista on selvitettävä, onko kunnan määräyksissä tai muussa ohjeistuksessa jollain tavalla rajoitettu lämpökaivojen rakentamista. Joissain kunnissa esimerkiksi kielletään lämpökaivon poraaminen pohjavesialueella. On myös tärkeää selvittää maanpinnan alapuolella olevien rakenteiden, kuten putkien ja johtojen sijainti, jotta vältetään vaurioilta. Esimerkiksi Helsingissä ja Tampereella poraamisen edellytykset on selvitettävä ennen työn aloittamista [14] [15]. Jos lämpökaivon suunniteltu paikka sijaitsee puhdistetun tai puhdistamattoman pilaantuneen maan alueella tai kaatopaikan välittömässä läheisyydessä, on syytä selvittää kunnan viranomaisen tai alueellisen ympäristökeskuksen kanssa mahdolliset esteet ennen hankkeeseen ryhtymistä.

Lämpökaivon paikkaa mietittäessä on huomioitava, että se on porauskaluston saavutettavissa. Lisäksi on otettava huomioon lähistöllä olevat muut lämpökaivot, talousvesikaivot ja etäisyys rakennuksista. Suositeltavia minimietäisyyksiä eri kohteisiin on listattu taulukossa 1. Minimietäisyyksien tarkoitus on ehkäistä riskejä ja ongelmatilanteita. Pohjaveden virtausolosuhteet voivat paikallisesti vaikuttaa sopivaan etäisyyteen toisten lämpökaivojen ja pora- tai rengaskaivojen välillä. Jos suunnitellaan suositeltua lyhyempiä etäisyyksiä, on syytä selvittää vaikutukset läheisiin kohteisiin ennen lämpökaivon rakentamista. Kiinteistökohtainen jätevedenpuhdistamo tulisi sijoittaa pohjaveden virtaussuunnassa talousvesikaivon ja lämpökaivon alapuolelle. Sopiva minimietäisyys riippuu tontin maaperästä. Talousvesikaivojen sijoittamisesta löytyy tarkempaa tietoa Kaivon paikka -oppaasta [16].

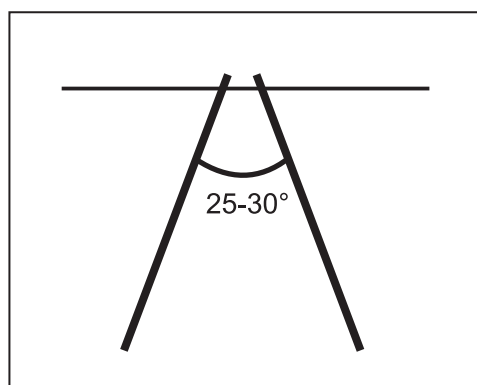
Taulukko 1. Lämpökaivon suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen.

Kohde	Suosittelu minimietäisyys
Lämpökaivo	20 m
Porakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Tontin raja	10 m
Kiinteistökohtainen jätevedenpuhdistamo	Kaikki jätevedet 30m, Harmaat vedet 20 m [17]
Viemärit ja vesijohdot	5 m

Lämpökaivojen välisestä suositellusta minimietäisyydestä voidaan poiketa, jos yksi tai useampi rei'istä on vinoreikä. Tässä tapauksessa lämpökaivot voidaan porata myös vierekkäin, sillä vinoreiät ovat tarpeeksi etäällä toisistaan kun niiden keskinäinen kaltevuuskulma on riittävän suuri (kuva 7). Sopiva kaltevuuskulma riippuu aina vierekkäisten reikien määrästä ja syvyydestä.

Valmiin lämpökaivon ja maassa kulkevien keruuputkien päälle ei tulisi tehdä muita rakennelmia. Jos lämpökaivo sijoitetaan rakennuksen viereen, tulee huolehtia, ettei kaivon paikka estä kulkua rakennukselle tai haittaa kunnossapitoa eivätkä sade-, sulamis- ja kuivatusvedet pääse kaivon kautta suoraan pohjaveteen.

Suurempien rakennusten, kuten kerrostalojen, lämmittämiseen tarvitaan useita lämpökaivoja. Kaivoja voidaan tarvita kymmeniä, ja siksi niiden sijoittaminen tulisi suunnitella tarkasti. Tällaiset geoenergiakentät vaativat suuremman pinta-alan, jotta kaivot saadaan tarpeeksi etäälle toisistaan. Pinta-alatarvetta voidaan pienentää poraamalla vinoreikiä. On myös huomioitava, että geoenergiakentän sijoittaminen pohjavesialueelle lisää pohjaveden pilaantumisriskiä, sillä lämmönsiirtoaineen määrä voi niissä olla kymmeniä tuhansia litroja.



Kuva 7. Esimerkki kahden vierekkäisen vinoreiän välisestä kaltevuuskulmasta.

Mitoitus

Lämpökaivon keruuputkiston mitoituksessa lämmitys- ja jäähdytystarpeelle sopivaksi, tärkein yksittäinen tekijä on rakennuksen tilavuus. Lämmitys- ja jäähdytystarpeeseen vaikuttavat myös rakennuksen eristystaso, mahdolliset muut lämmönlähteet ja maantieteellinen sijainti. Etelä-Suomessa lämmitystarve on talvella pienempi ja jäähdytystarve kesällä suurempi kuin maan pohjoisosissa. Lisäksi on huomioitava paikalliset pohjavesiolosuhteet ja maakerroksien paksuus.

Kun rakennuksen lämmöntarve on selvillä, valitaan kooltaan sopiva lämpöpumppu ja mitoitetaan maalämpöjärjestelmän komponentit. Mitoituksessa huomioitavia komponentteja ovat keruuputkiston pituus ja määrä, lämpökaivon syvyys sekä niiden määrä. Lämpökaivon hyödyntäminen käyttöveden lämmittämiseen ja huoneilman jäähdytykseen vaikuttavat myös mitoitukseen. Keruuputkiston pituudessa pitää huomioida kaivon kokonaissyvyys, tehollinen syvyys (osuus, jossa keruuputket ovat vedessä) ja keruuputkiston vaakaosuus kaivolta lämpöpumpulle. Pitkää lämmönkeruuputkiston vaakaosuutta voidaan myös hyödyntää lämmönkeruussa.

Porattaessa lämpökaivon reikä saattaa jäädä kuivaksi, ja se joudutaan täyttämään vedellä. Tällöin pitää tarkistaa, mille tasolle vesipinta asettuu täytön jälkeen ja miten saavutettu tehollinen syvyys vaikuttaa lämmönsaantiin.

Maalämpöpumppujen mitoituksessa käytetään joko osa- tai täystehoa. Osateholla toimiva lämpöpumppu kattaa noin 60–85 % lämpötehon tarpeesta kovimmilla pakkasilla, ja täysteholla toimiva pumppu kattaa kaiken huoneilman ja käyttöveden lämmitykseen tarvittavan energian kovimmillakin pakkasilla ilman lisävastuksia [18]. Osateholla toimiva maalämpöpumppu tarvitsee kovimmilla pakkasilla lisälämmitystä, mutta niillä alueilla, missä kovia pakkaspäiviä on harvoin, on todennäköisesti edullisempaa mitoittaa pumppu osateholle.

Lämpöpumppujen mitoituksessa puhutaan lämpökertoimesta. Se kertoo, kuinka paljon pumppu tuottaa lämpöä verrattuna sen käyttämään sähköön. Suomen oloissa maalämpöpumpun lämpökertoimen keskiarvo vuositasolla on noin kolme, eli sillä voidaan tuottaa kolminkertainen määrä lämpöä verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. Lämpökertoimia verrattaessa tulee ottaa huomioon onko kyseessä osa- vai täysteho, onko se mitattu laboratorioissa vai käytännön olosuhteissa, mistä kohtaa pumppua mittaaminen on suoritettu ja onko kerroin laskettu koko vuodelle vai lyhyemmälle ajanjaksolle.

Lämpökaivon mitoituksesta vastaa maalämpöjärjestelmän suunnittelija. Suunnittelija käyttää mitoituksessa usein siihen tarkoitettua laskentaohjelmaa. Laskentaohjelmia on erilaisia eri lämpöpumpputoimittajilla. Tarkempaa tietoa mitoituksesta on saatavissa esimerkiksi Suomen lämpöpumppuyhdistyksen sivuilta www.sulpu.fi > LVI-ammattilaisille.

Porakaivon muuttaminen lämpökaivoksi

Talousveden hankintaan tarkoitettu porakaivo voidaan muuttaa lämpökaivoksi. Kaiholle on sitä ennen kuitenkin tehtävä kuntokartoitus, jossa selvitetään kaivon halkaisija, syvyys, vedenpinnan korkeus ja porareiän kunto. Vedenhankintaan tarkoitettu porakaivo on usein liian matala lämpökaivoksi, joten lisämetrien saamiseksi on ehkä tarpeen porata lisäkaivo. Lämpökaivossa olevaa vettä ei tule käyttää talousvetenä, jotta voidaan turvata tasainen lämmönsaanti ympäri vuoden.

5 Lämpökaivon rakentaminen

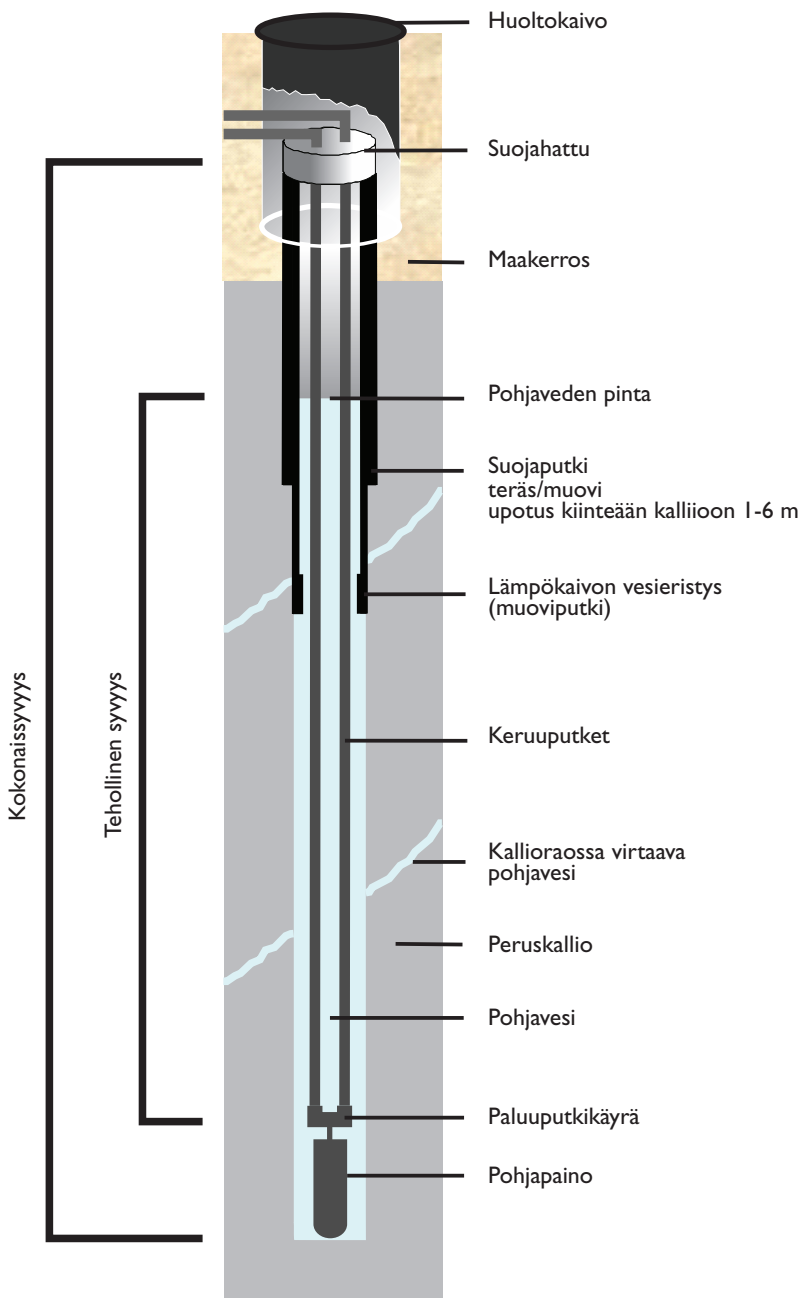
5.1

Lämpökaivon rakenteet

Lämpökaivon syvyys ja porareikien määrä riippuu rakennuksen lämmöntarpeesta. Yleensä porareian syvyys on alle 200 metriä. Jos putkimetrejä tarvitaan enemmän, voidaan porata syvemmällekkin, mutta saattaa olla edullisempaa porata useampia reikiä. Suomessa tehtyjen lämpökaivojen halkaisija vaihtelee välillä 105–165 mm. Suomen Kaivonporausurakoitsijat PORATEK ry:n normilämpökaivo edellyttää lämpökaivolle vähintään 130 mm halkaisijaa ja kaivon yläosaan halkaisijaltaan vähintään 160–168 mm:n suojaputkea. Suojaputken tehtävä on estää pinnalta valuvien vesien ja irtoaineksen pääsy kaivon kautta pohjaveteen. Se upotetaan 1–6 metrin verran kiinteään kallioon.

Kaivo vesieristetään vähintään 6 metrin syvyyteen muovisella eristysputkella. Pohjavesialueella eristysputki asennetaan aina kallioon asti, teräksistä suojaputkea syvemmälle. Pohjavesialueella on otettava vesinäyte lämpökaivon rakentamisen yhteydessä ja se tulee dokumentoida.

Kaivo täytetään vedellä, jos se ei itsestään täyty pohjavedellä. Lopullinen vesipinnan taso tulee kirjata porausraporttiin. Lämmönkeruuputkisto lasketaan kaivon pohjalle painon avulla. Muoviputki ja lämmönsiirtoaine ovat vettä kevyempiä eivätkä pysy alhaalla ilman pohjapainoa. Jos on tarvetta estää pohjaveden eri kerrosten sekoittuminen, kaivo voidaan tulpata halutulta syvyydeltä. Kaivo suljetaan vesitiiviillä suojahatulla, joka estää pintavesien ja irtoaineksen pääsyn kaivoon sekä paineellisen pohjaveden purkautumisen ulos. Paineen ollessa suuri pohjavettä on ehkä tarpeen purkaa kaivosta ylijuuksutuksella. Ylijuuksutuksessa on myös huomioitava veden ohjaaminen sopivaan paikkaan, jolloin siitä ei aiheudu vahinkoa rakennuksille tai muille lähiympäristön kohteille.



Kuva 8. Lämpökaivon rakenne.

Työmenetelmät

Lämpökaivo porataan yleensä suoraan alaspäin. Vinoreikiä (kuva 9) käytetään silloin, kun kaksi tai useampia kaivoja porataan vierekkäin samasta pisteestä. Vierekkäisten kaivojen välisen kulman on oltava 25–30 astetta.

Maamassojen poistaminen kannattaa pääsääntöisesti tehdä vasta porauksen jälkeen, sillä tontilla olevat kaivannot saattavat vaikeuttaa porauskaluston pääsyä porauspaikalle ja hankaloittaa porauksen valmistelua (kuva 10).

Maaperäkerroksen osuudelle asennetaan suojaputki, joka kiinnitetään tiiviisti kiinteään kallioon. On huomioitava, että kallioperän pintaosa saattaa olla hyvin rikkonainen (kuva 11), jolloin suojaputki joudutaan kiinnittämään usean metrin syvyyteen. Tiivistäminen tehdään joko betonoimalla, **manklaamalla**, kallioon kiristämällä tai laajenevilla tiivistysaineilla.



Kuva 9. Vinoreiän poraus. Kuva: Tuija Hoikkala



Kuva 10. Porauksen valmistelu on helpompaa, kun kaivutyöt suoritetaan porauksen jälkeen. Kuvat: Janne Juvonen



Kuva 11. Kallion pintaosa saattaa olla hyvin rikkonaista. Kuva: Jukka Stenberg

Porattaessa on oltava erittäin tarkka, ettei ympäristöön valu öljyä tai muuta haitallista ainetta. Porauksesta syntyvä kiviöly puhalletaan sopivalle alueelle, missä se ei ole haitaksi esimerkiksi naapureille. Kiviöly voidaan myös kerätä erilliseen konttiin (kuva 12), jolloin se ei sotke pihapiiriä. Kiviölyä voidaan käyttää maanparannusaineena ja esimerkiksi tiivistämisessä.

Porattuun reikään asennetaan lämmönkeruuputket (kuva 13). Ennen asennusta keruuputket on koeponnistettava nestetäytteenä, esimerkiksi Poratek r.y.:n Normilämpökaivo-ohjeistuksen mukaisesti kolmen baarin paineella tunnin ajan [19]. Putket lasketaan kaivoon usein erillisen syöttölaitteen avulla. Keruuputkissa voi olla valmiina tehtaalla kiinni hitsattu pohjapaino, tai se lisätään ennen asennusta. Paino on tyypillisesti betonia, ja sen massa riippuu keruuputkien pituudesta. Esimerkiksi 130 metrin pituisen putken pohjapaino on yleensä 9 kg. Keruuputket on hyvä asettaa lähelle kaivon seinämää, koska jos meno- ja paluuputket ovat liian lähellä toisiaan, keruupiiriin palaava jäähtynyt neste voi viilentää lämpöpumpulle menevän nesteen lämpötilaa.

Lämmönkeruuputkille kaivetaan ura kaivolta rakennukseen. Kaivutyön voi suorittaa myös tilaaja. Keruuputket peitetään maa-aineksella, josta poistetaan haitalliset kivet. Koko lämpökaivo voidaan peittää näkymättömiin, mutta kaivon päälle tulee rakentaa erillinen huoltokaivo mahdollisia huoltotoimenpiteitä varten. Suurissa kohteissa (geoenergiakenttä) huoltokaivon tarve tulee selvittää erikseen. Huoltokaivo voi olla esimerkiksi kannellinen betonirengas. Huoltokaivo kertoo myös lämpökaivon sijainnin. Huoltokaivon sijainti tulee dokumentoida, jos se peitetään maalla.

Porauksesta tulee tehdä porausraportti, jonka tiedot jäävät sekä urakoitsijalle että asiakkaalle. Liitteessä 1 on esimerkki Poratek ry:n porausraportista.



Kuva 12. Kiviöly kannattaa kerätä talteen.

Kuva: Janne Juvonen



Kuva 13. Keruuputkien asennusta syöttölaitteella. Kuva: Vesa Purakasmäki

5.3

Materiaalien ja porauskaluston vaatimukset

Lämpökaivon suojaputken materiaali on joko polyeteenimuovia tai terästä. Muovista suojaputkea käytetään, jos maakerros on alle 3 metriä paksu. Teräksistä suojaputkea käytetään maakerroksen paksuuden ylittäessä 3 metriä. Vesieristyksessä käytettävän muovisen eristysputken seinämävahvuuden on oltava vähintään 5 mm tai paineluokan 6 baria.

Lämmönkeruuputkiston materiaalina käytetään yleisesti polyeteeniä. Keruuputkiston on oltava normien mukainen tai vastaavasti tuotettu ja valvottu. Putkien liitännöissä käytetään muovisia hitsausliitoksia tai sinkkikadon kestäviä messinkiliittimiä.

Porauskaluston on sovellettava kohteeseen ja tarkoitukseen. Kaivon porauksessa käytettävän kompressorin on oltava tyyppi hyväksyty ja painelaitemääräysten mukainen. Kalustossa tulisi käyttää ympäristöystävällisiä ja myrkyttömiä öljyjä. Porauskaluston ja paineilmaletkujen on kestävä kompressorin maksimaalinen työpaine.

Tilaajan muistilista

Ennen rakentamista:

- 1. Selvitä kunnastasi, onko lämpökaivojen rakentamista rajoitettu jollain tavalla. Tietoa voi löytyä esimerkiksi ympäristönsuojelumääräyksistä tai rakennusjärjestyksistä, tai sitä voi kysyä kunnan rakennusvalvonnasta. Rakennusvalvonnasta selviää myös, tarvitaanko lämmitysjärjestelmän vaihtamiseen lupa. Uutta taloa rakennettaessa tarvitaan joka tapauksessa rakennuslupa, jonka yhteydessä käsitellään myös lämmitysjärjestelmä.*
- 2. Keskustele hankkeesta naapureiden kanssa. Jos naapureilla on lämpökaivo, kysy heidän kokemuksiaan.*
- 3. Ota lämpökaivon sijoituksessa huomioon sitä rajoittavat tekijät, kuten lähellä sijaitsevat lämpökaivot, talousvesikaivot, vedenottamot ja mahdolliset maanalaiset rakennelmat sekä etäisyydet rakennukseen ja jätevedenpuhdistamoihin.*
- 4. Käytä pätevää asentajaa ja porareita. Lisätietoa alan yrityksistä saa mm. Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU r.y.:stä sekä Suomen Kaivonporausurakoitsijat Poratek r.y.:stä.*
- 5. Ota yhteyttä lämpöpumpputoimittajaan ja pyydä tarjous. Pyydä tarjous useammalta toimittajalta. Tarjouksia on helpointa vertailla, kun pyytää kokonaistarjousta, joka sisältää kaiken työn ja materiaalit alusta loppuun. Vertailua helpottaa, jos kustannukset on eritelty, jolloin tiedät myös mistä maksat.*

Rakennusvaiheessa:

- 1. Tiedota naapureille melua ja pölyä aiheuttavista työvaiheista.*
- 2. Sovi urakoitsijan kanssa ennen poraamista, mihin kivi- ja pöly kerätään.*
- 3. Varaudu yllättäviin tilanteisiin. Keskustele urakoitsijan kanssa mahdollisista eteen tulevista ongelmatilanteista ja niiden hoitamisesta. Esimerkiksi jos kallioperässä on paineenalaista pohjavettä, sitä voi porauksen yhteydessä purkautua porareistä suuria määriä ja on hyvä etukäteen miettiä, mihin vesi voidaan tällöin johtaa.*

6 Lämmönsiirtoaineet

Lämmönkeruuputkistossa käytetään eri aineiden ja veden muodostamaa liuosta lämmönsiirtoaineena. Näiden aineiden tarkoitus on estää veden jäätyminen alle 0 °C lämpötilassa. Suomessa yleisimmin käytettävä aine on tällä hetkellä etanoli. Jonkin verran on käytetty myös betaiinia ja kaliumformiaattia. Kaliumformiaattia on käytetty enemmän jäähdytysjärjestelmissä kuin maalämpöjärjestelmissä.

Vanhemmissa maalämpöjärjestelmissä, pääasiassa maapiireissä, on käytetty muun muassa etyleeni- ja propyleeniglykolia sekä metanolia. Näistä etyleeniglykoli ja metanoli ovat haitallisimpia, ja sikäli kun niitä vielä käytetään, on suositeltavaa korvata ne vähemmän haitallisilla aineilla.

Helpointa on käyttää valmiiksi sekoitettuja lämmönsiirtoaineita. Esimerkiksi etanolia on saatavana valmiina liuoksena, jonka jäätymispiste on -17 °C (leimahduspiste + 29 °C). Lämmönsiirtoaineiden jäätymispiste vaihtelee eri tuotteissa, ja se riippuu myös käyttökohteesta.

6.1

Lämmönsiirtoaineiden ominaisuudet

Hyvän lämmönsiirtoaineen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat:

- alhainen jäätymispiste
- alhainen viskositeetti
- hyvä lämmönjohtavuus
- korkea ominaislämpökapasiteetti
- ei korrodoiva
- yhteensopiva useiden materiaalien kanssa
- kemiallisesti stabiili, pitkäikäinen
- palamaton, myrkytön ja biologisesti hajoava

Taulukko 2. Käytössä olevien lämmönsiirtoaineiden vesiliuosten ominaisuudet jäätymispisteessä -25°C [20] [21].

Ominaisuus	Betaiini (40–45 p%)	Etanoli (35p%)	Etyleeniglykoli (41 p%)	Kaliumformiaatti (34 p%)	Propyleeniglykoli (44 p%)
Tiheys [kg/m ³] (-15 °C)	1097	966	1068	1232	1051
Lämmönjohtavuus [W/mK] (-15 °C)	0,37	0,37	0,39	0,51	0,37
Ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK] (-15 °C)	2,99	4,00	3,34	2,96	3,63
Kinemaattinen viskositeetti [mm ² /s] (-15 °C)	19,7	19,1	11,65	3,41	42,6
Sekoittuvuus veteen	täysin liukeneva	täysin liukeneva	täysin liukeneva	täysin liukeneva	täysin liukeneva
Haitallisuus (ihmiselle/ympäristölle)	ei haitallinen	ei haitallinen	haitallinen	ei haitallinen	ei haitallinen

6.2

Ominaisuudet puhtaille aineille

6.2.1

Etanoli

Puhdas etanoli on kirkas, väritön, polttavan makuinen neste, joka liukenee veteen. Denaturoidulla etanolilla voi olla epämiellyttävä haju. Etanoli syttyy helposti lämmön, kipinöiden ja liekkien vaikutuksesta. Etanoli on erittäin kulkeutuvaa ja voi siten joutua pohjaveteen. Se hajoaa biologisesti sekä aerobisissa (hapellisissa) että anaerobisissa (hapettomissa) olosuhteissa. Aerobisissa olosuhteissa sen puoliintumisaika on alle viikko. Etanolia ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi [22].

6.2.2

Etyleeniglykoli

Etyleeniglykoli on väritön, hajuton ja veteen liukeneva neste. Se ei syty helposti, mutta se on palavaa. Etyleeniglykoli hajoaa maaperässä biologisesti sekä aerobisissa että anaerobisissa olosuhteissa. Puoliintumisaika aerobisissa olosuhteissa on arviolta 2–12 vuorokautta. Pohjavedessä etyleeniglykolin hajoamisen puoliintumisaika on arviolta 4–24 vuorokautta. Yli 25 %:n pitoisuuksissa etyleeniglykoli luokitellaan terveydelle haitalliseksi [22].

6.2.3

Propyleeniglykoli

Propyleeniglykoli on väritön, hajuton ja veteen liukeneva neste. Se ei syty helposti, mutta on palavaa. Propyleeniglykoli on todettu helposti hajoavaksi sekä aerobisissa, että anaerobisissa olosuhteissa [23].

6.2.4

Betaiini

Betaiini, eli trimetyyliyglysiini, on alun perin löydetty sokerijuurikkaasta. Sitä käytetään esimerkiksi ruoan ja eläinrehun lisäaineena. Betaiinia esiintyy monissa mikro-organismeissa, kasveissa sekä eläimissä. Betaiini ei ole palavaa [24]. Biohajoavuustestin mukaan betaiini on erittäin biohajoavaa aerobisissa olosuhteissa [25]. Anaerobisissa olosuhteissa bakteerit hajottavat betaiinia trimetyyliamiiniksi, joka voi aiheuttaa epämiellyttävää hajua pohjaveteen. Trimetyyliamiinin muodostumisesta betaiinin hajoamistuotteena ja sen merkityksestä hapettomissa akvifereissa ei ole vielä tietoa [26] [27] [28].

6.2.5

Kaliumformiaatti

Kaliumformiaatti on veteen liukeneva lähes hajuton neste. Kaliumformiaatti ei ole palavaa ja se on biologisesti helposti hajoavaa [29]. Kaliumformiaatti on muita lämmönsiirtoaineita korrosiivisempi, ja sen korrosiovaikutusten takia sen kanssa on käytettävä korrosioinhibiittoreita [21] [30] [31]. Sitä käytettäessä tulisi välttää etenkin galvanoituja pintoja ja alumiinia [29].

6.2.6

Metanoli

Metanoli on väritön, veteen liukeneva neste, jossa on miedohko alkoholin haju. Se on helposti syttyvä ja palava neste. Metanoli haihtuu nopeasti maan pinnasta ja pintavedestä. Se on myös erittäin kulkeutuvaa ja voi siten joutua pohjaveteen. Metanoli hajoaa biologisesti sekä aerobisissa että anaerobisissa olosuhteissa. Metanolin käytöstä lämmönsiirtoaineena on vähitellen luovuttu sen haitallisten ominaisuuksien takia. Helpon syttyvyyden lisäksi se on myrkyllistä hengitettynä, nieltynä ja iholle joutuessaan [22].

Taulukko 3. Aineiden ominaisuudet (100 % -liuos) [22] [23] [32]. LD50-arvo tarkoittaa tappavan annoksen mediaania (suun kautta rotalle) ja LC50-arvo tappavan pitoisuuden mediaania (kalalle).

Ominaisuus	Etanoli	Etyleeniglykoli	Propyleeni-glykoli	Betaiini	Kalium-formiaatti	Metanoli
Leimahduspiste °C	13	111 suljetussa astiassa	99 suljetussa, 107 avoimessa astiassa	ei palava	ei palava	11
Itsesyttymislämpötila °C	363	398	371	ei palava	ei palava	385
LD50-arvo (mg/kg)	21 000	5 800	21 000	11 100	5 500	13 000
LC50-arvo (mg/l)	12 000–16 000	41 000–57 000	> 5 000	> 1 000	3 500	8 530–29 000

6.3

Lisäaineet

Lämmönsiirtoaineissa saatetaan käyttää myös mm. korroosiota ja sienikasvustoa estäviä lisäaineita. Niiden osuus on yleensä hyvin pieni (0,5–5% liuoksen massasta), jolloin niiden koostumusta ei lain mukaan tarvitse ilmoittaa. Lisäaineet saattavat hidastaa käytettävien lämmönsiirtoaineiden hajoamista [28]. Esimerkiksi tiettyjen korroosionestoaineiden biologinen hajoavuus on hyvin hidasta [33].

7 Käyttö ja huolto

Lämpökaivot ovat hyvin pitkäikäisiä eivätkä vaadi käytännössä mitään huoltoa. Lämpökaivo ja huoltokaivo on kuitenkin hyvä tarkastaa säännöllisesti, jotta ne pysyvät kunnossa. Mahdollisia lämpökaivolle tehtäviä toimenpiteitä ovat lämmönsiirtoaineen tai lämmönkeruuputkien vaihtaminen ja käytöstä poistaminen.

Lämmönsiirtoaineen vaihtamisen syynä voi olla ympäristöystävällisemmän tai lämmönsiirto-ominaisuuksiltaan tehokkaamman aineen tarve. Keruuputkien vaihtaminen voi tulla eteen, jos putket ovat rikkoontuneet. Kaivon poistaminen käytöstä on tarpeen mm. sortumistapauksissa. Kaikissa tapauksissa on huomioitava, että vanhaa lämmönsiirtoainetta pitää käsitellä ongelmajätteenä. Tiedot järjestelmässä käytetyn lämmönsiirtoaineen laadusta ja määrästä on pidettävä näkyvillä tai muuten saatavissa. Hyvä menetelmä on kiinnittää tarra (kuva 14) lämpöpumpun kylkeen.

**PORATEKIN
NORMILÄMPÖKAIVO**
tuottaa energiaa tälle lämpöpumpulle

porauspaikan osoite

kaivojen määrä syvyydet

vinoreikä ja sen suuntaus kaivontekijän kuittaus

lämmönkeruuliuos määrä/l pakk.kesto

putkimateriaali koeponnistus/bar/h

valmistumisvym koeponnistuksen tekijän kuittaus

urakoitsijan kuittaus


JÄSENLIIKE
www.poratek.fi

Kuva 14. Poratekin normilämpökaivon keskeisimmät tiedot kirjoitetaan tarraan, joka liimataan esimerkiksi lämpöpumpun kylkeen.

LÄHTEET

1. Drebs et al. 2002. Tilastoja Suomen ilmastosta 1971-2000. Ilmatieteen laitos, Helsinki. 99s. ISBN-951-697-568-2
2. Leppäharju, N. 2008. Kalliolämmön hyödyntämiseen vaikuttavat geofysikaaliset ja geologiset tekijät. Pro Gradu -tutkielma, Oulun yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos. 79s.
3. Rakennustietosäätiö 2001. Maalämmitys. RT 50-10755. 4s.
4. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto 2002. Lämpöpumput. LVI 11-10332. 8s.
5. Lund, J., Sanner B., Rybach, L., Curtis, R., ja Hellström, G. 2004. Geothermal (Ground Source) Heat Pumps – A world Overview. Geo-Heat Center Quarterly Bulletin 25:3, 1-10.
6. Sveriges geologiska undersökning 2008. Att borra brunn för energi och vatten - en vägledning. Sveriges geologiska undersökning, 36s.
7. Aittomäki, A., Kianta, J., Haapalainen, H. ja Simppala, M. 1999. Pientalolämpöpumppujen toiminta käyttökohteissa. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tampere. 35 s.
8. Suomen lämpöpumppuyhdistys 2009. Tilastoja - maalämpöpumppu. Sivulla vierailtu 24.3.2009. http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=113
9. Koivula, P. 2009. Suomessa myytyjen maalämpöpumppujen määrä vuonna 2008. Sähköpostiviesti 24.3.2009.
10. Sosiaali- ja terveysministeriö 2003. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. 88s. ISBN 952-00-1301-6
11. Ympäristöministeriö 2007. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 72s.
12. Rakennustietosäätiö 2003. Radonin torjunta. RT 81-10791. 16s.
13. Arvela, H. ja Reisbacka, H. 2008. Asuntojen radonkorjaaminen. Säteilyturvakeskus, Helsinki. 135s. ISBN 978-952-478-370-5 (pdf)
14. Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto 2008. Lämpöpumppujen porareikien ja porakaivojen poraaminen maaperään. http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/4ca849004a172306a10ce93d8d1d4668/MAALAMPOPUMPPUJEN_JA_KAIVOJEN.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=4ca849004a172306a10ce93d8d1d4668
15. Tampereen kaupunki 2009. Lämpökaivojen tekeminen. Sivulla vierailtu 31.3.2009. <http://www.tampere.fi/rakentaminen/laitjaohjeet/lvi-tekniikanohjeet/lampokaivontekeminen.html>
16. Hatva et al. 2008. Kaivon paikka - Selvitykset ja tutkimukset kiinteistön kaivon paikan määrittämiseksi. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas. 150s. ISBN 978-951-37-5417-4 (nid.)
17. Ympäristöministeriö 2009. Haja-asutusalueiden jätevesihuollon tehostamisen toimeenpano. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2009. 96s. ISBN 978-952-11-3526-2 (PDF)
18. Motiva 2008. Lämpöä omasta maasta. 16s.
19. Suomen kallionporausurakoitsijat Poratek r.y. 2009. Poratekin normilämpökaivo. Sivulla vierailtu 31.3.2009. <http://www.poratek.fi/>
20. Dehon Kälte- Fachvertriebs GmbH 2009. Thermera heat transfer fluid. Sivulla vierailtu 25.6.2009. <http://www.thermera.com/files/Thermera%20brochure%20english.pdf>
21. Lehtonen, M. 1995. Kaliumformiaatti lämmönsiirtoaineena. Diplomityö, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Konetekniikan osasto. 79s.
22. Työterveyslaitos 2008. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet. Sivulla vierailtu 25.8.2008. <http://www.occuphealth.fi/internet/ova/default.htm>
23. Suomen ympäristökeskus 2008. Kemikaalien ympäristötietorekisteri. Sivulla vierailtu 26.6.2009. <http://www.ymparisto.fi/scripts/Kemrek/Kemrek.asp?Method=MAKECHEMSEARCHFORM>
24. Stuart 2004. Betaine in human nutrition. American Journal of Clinical Nutrition 80:3, 539-549.
25. BfB Oil Research Sa, 2003. Biodegradability Test Report (According to OECD 301 B). Sivulla vierailtu 21.4.2008. <http://www.thermera.com/Files/OECD%20301B%20Btaine.pdf>
26. Möller, B., Ossmer, R., Howard, B. H., Gottschalk, G. ja Hippe, H. 1984. Sporomusa, a new genus of gram-negative anaerobic bacteria including Sporomusa sphaeroides spec. nov. and Sporomusa ovata spec. nov. Archives of Microbiology 139, 388-396.
27. Hormann ja Andreesen 1989. Reductive cleavage of sarcosine and betaine by Eubacterium acidaminophilum via enzyme systems different from glycine reductase. Archives of Microbiology 153, 50-59.

28. Klotzbücher, T., Kappler, A., Straub, K. L. ja Haderlein, S. B. 2007. Biodegradability and groundwater pollutant potential of organic anti-freeze liquids used in borehole heat exchangers. *Geothermics* 36, 348-361.
29. Kemira 2004. Käyttöturvallisuustiedote Freezium. Sivuilla vierailtu 26.6.2009. http://www.vesiteknno.fi/_doc/freezium.pdf
30. Ilves, A. 1996. Lämmönsiirtonesteet. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Kemiantekniikan osasto. 95s.
31. Hillerns, F. 2001. Thermophysical properties and corrosion behavior of secondary coolants. ASHRAE Winter Meeting.
32. Dehon Kälte- Fachvertriebs GmbH 2009. Material safety data sheet Thermera. Sivuilla vierailtu 25.6.2009. <http://www.thermera.com/files/Thermera.pdf>
33. Giger et al. 2007. Benzotriazole anticorrosives in municipal wastewaters and in the aquatic environment. Julk.: Dulio, V. (toim.). Workshop on Emerging Environmental Pollutants; Key Issues and Challenges. European Commission. ISBN 978-92-79-06227-8

SANASTO

Akviferi	Pohjaveden kyllästämä ja vettä hyvin johtava maa- tai kivilajiyksikkö.
Bentoniitti	Savilaji, joka voi absorboida itseensä suuria määriä vettä.
Geoenergiakenttä	Koostuu useammasta (kymmenistä tai jopa sadoista) energiakaivoista, jotka mallinnetaan tapauskohtaisesti toimimaan yhtenäisenä geoenergian tuotantokenttänä/-kokonaisuutena tiettytyypiselle kohteelle.
Geoterminen energia	Maan sisuksissa radioaktiivisten aineiden hajoamisesta syntynyt energia.
Harmaa vesi	Erilaisista pesutoiminnoista syntyvä jätevesi, joka ei sisällä käymäläjätevesiä.
Kalliopohjavesi	Kallioperän vedellä kyllästyneissä osissa oleva vesi, Suomen oloissa yleensä raoissa ja ruhjeissa oleva pohjavesi.
Kinemaattinen viskositeetti	Dynaaminen viskositeetti (virtaavan aineen kyky vastustaa leikkausrasitusta) jaettuna aineen tiheydellä.
Leimahduspiste	Alin lämpötila, jossa nesteestä normaalipaineessa haihtuu niin paljon höyryä, että se muodostaa nestepinnan päällä olevan ilman kanssa palavan kaasuseoksen.
Lämmitysjärjestelmä	Lämmitysjärjestelmä koostuu erilaisista toiminnallisista osista, joita ovat lämmönkehityslaitteisto, lämmön varastointi ja lämmönjakojärjestelmä.
Lämmönjohtavuus	Lämmönjohtavuus kertoo aineen kyvyn johtaa lämpöä. Lämmönjohtavuuden määrä ilmaistaan wattia/ kelvin metri (W/mK).
Lämmönkehityslaitteisto	Lämmönkehityslaitteisto muuttaa ulkopuolisesta lähteestä tulevan energian hyödynnettäväksi lämmöksi.
Lämmönkeruupiiri	Lämmönkeruupiiri on pintamaahan, peruskallioon tai veteen sijoitettu putkisto, jonka sisällä kiertää lämmön-siirtoaine.
Lämmönsiirtoaine/lämmönkeruuneste/ lämmönkeruuliuos	Lämmönkeruuputkistossa kiertävä pakkasen kestävä neste, joka siirtää ympäristöstään kerääntyneen lämmön lämpöpumpun höyrystimelle.
Lämpöpumppu	Maaperän, kallioperän, vesistön, ulkoilman tai poisto-ilman lämpöä hyödyntävä laite, joka siirtää keräämänsä lämmön huonetilojen lämmitykseen tai jäähdytykseen.
Manklaus/mankelointi	Teräsputken laajentaminen kallioseinämää vasten pyörivää työkalua käyttäen.

Ominaislämpö/ominaislämpökapasiteetti	Ominaislämpö kuvaa, miten paljon lämpöenergiaa materiaaliin sitoutuu lämpötilaeroa ja massaa kohti. Ominaislämmön määrä ilmaistaan jouleina kelviniä ja kilogrammaa kohti (J/kgK).
Paineellinen pohjavesi/arteesinen pohjavesi	Pohjavesi, jonka paine on suurempi kuin ilmakehän paine, ja pohjaveden pinnan painetaso on maanpintaa ylempänä. Vettä salpaavan kerroksen läpi tehdyssä kaivossa vedenpinta kohoaa maanpinnan yläpuolelle.
Pohjavesi	Pohjavesi on vettä, joka täyttää maaperän huokostilan kokonaan.
Porakaivo	Talousvesikäytössä oleva kallioporakaivo.
Suojaputki	Muovinen tai teräksinen putki, jolla estetään vesien ja irtoaineksen pääsy kaivoon.
Vinoreikä	Kaltevaan kulmaan porattu lämpökaivon reikä.
Viskositeetti	Suure, joka kuvaa nesteen tai kaasun kykyä vastustaa muodonmuutoksia.

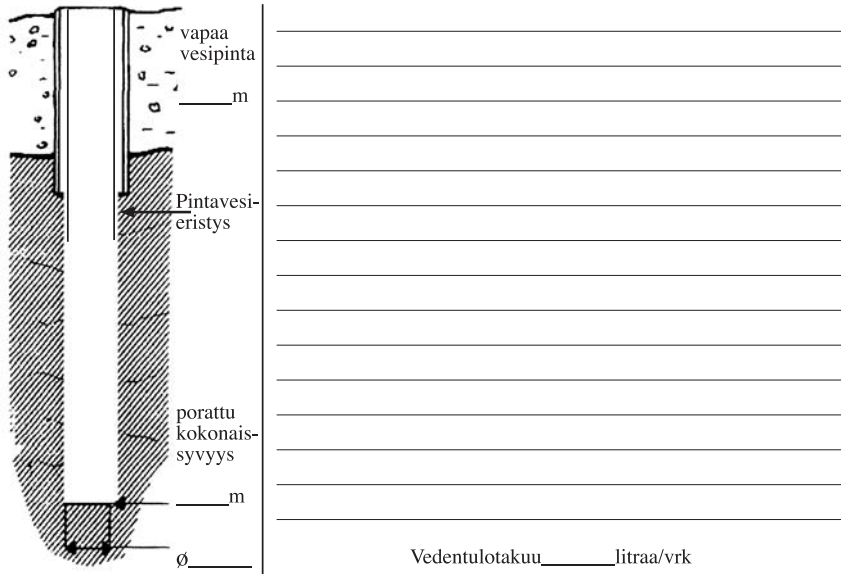
Liite I. Porausraportti

**PORAUSRAPORTTI/
TYÖSELOSTUS** nro _____



Tilaja _____ Puhelin _____
 Osoite _____
 Porauspaikan osoite _____
 _____ Kunta _____

Suojaputkiporausta _____ m teräsputki _____ m, Ø _____ / _____ mm, muoviputki _____ m, Ø _____ / _____ mm
 Kallioporausta _____ m, Ø n. _____ mm porausajankohta _____ / _____ 200 _____
 Pintavesieristysputkitus _____ m vesipaineaukaisu ei tehty _____ / _____ 200 _____
 Vedentuotto _____ l/tunti; mitattu puhaltamalla pumppaamalla _____ / _____ 200 _____



Takuu aika _____ vuotta valmistuspäivästä. Urakoitsija ei vastaa luonnon-katastrofien, räjäytystöiden tai muiden olosuhdemuutosten vaikutuksista. Takuu ei koske veden laatua.

Suositus vesipumpuksi: Uppopumppu _____
 malli _____ Upotussyvyys _____ m _____

Erityisohjeita: _____

_____ / _____ 200 _____
 paikka _____ aika _____ urakoitsijan edustajan allekirjoitus

Suomen Kaivonporausurakoitsijat Ry:n jäsenliike
 © Poratek

KUVAILEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			Julkaisu-aika	Elokuu 2009
Tekijä(t)	Janne Juvonen (toim.)				
Julkaisun nimi	Lämpökaivo Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa				
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöopas / 2009				
Julkaisun teema					
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana internetistä: www.ymparisto.fi/julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Lämpökaivojen suosio Suomessa on kasvanut 2000-luvulla hyvin nopeasti, mutta silti niistä tiedetään melko vähän. Oppaan tarkoituksena on lisätä yleistä tietämystä lämpökaivoista ja myös ehkäistä lämpökaivoihin liittyviä ympäristö- ja toimintaongelmia edistämällä laadukasta rakentamistapaa. Oppaassa käsitellään lämpökaivojen suunnittelua, rakentamista, käyttöä ja huoltoa.</p> <p>Ennen lämpökaivon tilaamista ja rakentamista pitää selvittää mahdolliset esteet rakentamiselle ja miettiä onko tontilla sopivaa paikkaa lämpökaivon sijoittamiseen. Oppaassa käydään läpi ennen tilaamista ja tilaamisvaiheessa huomioitavia asioita. Tilaajan kannattaa pyytää kokonaistarjous, joka kattaa koko työn ja materiaalit alusta loppuun. Oppaassa esitetään myös suosituksia lämpökaivojen sijoittamisesta ja rakentamistavasta sekä tarkastellaan yleisimmin käytettyjen lämmönsiirtoaineiden ominaisuuksia.</p> <p>Opas on suunnattu tilaajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja viranomaisille. Sisällössä painotetaan lämpökaivojen hyödyntämistä lähinnä pientalojen lämmityksessä.</p>				
Asiasanat	lämpökaivo, maalämpö, lämmönsiirtoaine, maalämpöpumppu				
Rahoittaja/ toimeksiantaja					
	ISBN (nid.)	ISBN (PDF) 978-952-11-3531-6			
	ISSN (pain.)	ISSN (verkkoj.) 1796-167X			
	Sivuja 44	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis.alv 8 %) -	
Julkaisun myynti/ jakaja					
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki puh. 020 610 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.ymparisto.fi/syke				
Painopaikka ja -aika					

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)		Datum Augusti 2009	
Författare	Janne Juvonen (red.)			
Publikationens titel	Lämpökaivo Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa (Energibrunnar - utnyttjande av jordvärme i småhus)			
Publikationsserie och nummer	Miljöhandledning / 2009			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: www.ymparisto.fi/julkaisut (på finska)			
Sammandrag	<p>Energibrunnarnas popularitet har vuxit snabbt i Finland under 2000-talet fastän det inte finns mycket kunskap om dem. Handboken är avsedd för att öka den allmänna kännedomen om energibrunnar och för att förebygga miljö- och funktionsproblem som förekommer i samband med att bygga och underhålla brunnarna. Handboken behandlar planeringen, monteringen, användningen och skötseln av energibrunnarna.</p> <p>Före beställningen och monteringen av energibrunnen måste möjliga hinder för byggandet klarläggas och det bör redas ut ifall det finns ett lämpligt läge på tomten vart brunnen placeras. Saker som bör utredas före beställning och i samband med beställningen föreställs även i handboken. Det lönar sig att be för offert som täcker ackordens alla arbets- och materialkostnader. Handboken ger även rekommendationer för placeringen och monterings sättet för energibrunnen. Det mest allmänt använda köldbärningsvätskorna och deras egenskaper behandlas också.</p> <p>Handboken är avsedd för värmepumps beställare, entreprenörer och myndigheten och betonar främst utnyttjande av energibrunnar i uppvärmning av småhus.</p>			
Nyckelord	energibrunnar, jordvärme, köldbärningsvätska, bergvärmepump			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN (hft.)	ISBN (PDF) 978-952-11-3531-6		
	ISSN (print)	ISSN (online) 1796-167X		
	Sidantal 44	Språk finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) -
Beställningar/ distribution				
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 610 123, Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.miljo.fi/syke			
Tryckeri/tryckningsort och -år				

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)		<i>Date</i> August 2009	
<i>Author(s)</i>	Janne Juvonen (ed.)			
<i>Title of publication</i>	Lämpökaivo Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa (Energy well – ground-source heat in one-family houses)			
<i>Publication series and number</i>	Environment guide / 2009			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available on the internet: www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>The number of energy wells in Finland during this decade has increased substantially but very little is yet known about energy wells. The purpose of this guide is to increase general knowledge of energy wells and to prevent environmental and functional problems related to them by enhancing good practice of building them. The guide deals with planning, building, operation and maintenance of energy wells.</p> <p>The first thing to do before contacting a contractor is to find out possible obstacles to building the energy well and figure out where it could be placed. The issues that need to be taken in to account before contacting a contractor and choosing between them are gone through in the guide. It is easier to compare the offers when they include all the work and materials. The guide gives recommendations to the placement and methods of constructions of energy wells and views the properties of most commonly used heat carrier fluids.</p> <p>The target of this guide are the customers, designers, contractors and authorities. The main focus is how to use energy wells as a heat source for one-family houses.</p>			
<i>Keywords</i>	energy well, ground-source heat, heat transfer fluid, ground-source heat pump			
<i>Financier/ commissionere</i>				
	ISBN (pbk.)	ISBN (PDF) 978-952-11-3531-6		
	ISSN (print)	ISSN (online) 1796-167X		
	<i>No. of pages</i> 44	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> -
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE), P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland			
<i>Printing place and year</i>				

Maalämmön ja etenkin lämpökaivojen käyttö pientalojen lämmityksessä on lisääntynyt 2000-luvulla hyvin nopeasti. Tämän oppaan tarkoituksena on ehkäistä lämpökaivoihin liittyviä ympäristö- ja toimintaongelmia edistämällä oikein toteutettua ja laadukasta rakentamista. Tavoitteena on myös lisätä yleistä tietämystä lämpökaivoista. Opas on suunnattu lämpökaivojen tilaajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja viranomaisille.

Oppaassa käsitellään lämpökaivojen suunnittelua, rakentamista, käyttöä ja huoltoa. Lisäksi tarkastellaan myös lämpökaivoihin liittyviä riskejä, lainsäädäntöä, lämpökaivojen tarkastamista ja valvontaa. Oppaassa esitetään suosituksia lämpökaivojen sijoittamisesta ja rakentamistavasta sekä tarkastellaan yleisimmin käytettyjen lämmönsiirtoaineiden ominaisuuksia.



ISBN 978-952-11-3531-6 (PDF)

ISSN 1796-167X (verkkokj.)