



Pohjois-Karjalan geoenergiaselvitys

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
2	Geoenergiapotentiaalin arviointimenetelmä.....	2
2.1	Tausta	2
2.1.1	Geoenergian hyödyntäminen.....	2
2.1.2	Geoenergian hyödyntämisen rajoitukset	7
2.2	Lähtöaineistot.....	11
2.2.1	Avoimet paikkatietoaineistot	11
2.3	Analyysin kuvaus ja oletukset.....	11
2.3.1	Maanpeitteen paksuuden analyysi	12
2.3.2	Kallioperä- ja lämmönjohtavuusanalyysi.....	12
2.3.3	Lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto	12
3	Tulokset	13
3.1	Analyysin tulokset maakunnallisella tasolla	13
3.1.1	Maapeitteen paksuus	13
3.1.2	Maapeitteen kerrospaksuudet Pohjois-Karjalan alueella	13
3.1.3	Kallioperä ja lämmönjohtavuus	15
3.1.4	Geoenergiapotentiaalikartta	15
	Geoenergiapotentiaalikartan luokituksen selvennys:.....	18
3.1.5	Maalämmön hyödyntäminen pohjavesialueilla	20
3.2	Aineiston tarkkuus ja epävarmuustekijät.....	22
4	Geoenergiaa täydentävät järjestelmät	22
4.1	Energiatehokkuus	22
4.2	Geoenergia ja aurinkolämpö	23
4.3	Geoenergia ja aurinkosähkö	23
4.4	Geoenergia ja kaukolämpö.....	23
5	Lämmön varastointimahdollisuudet	23
5.1	Kiinteistöjen viilennyksen lauhde-energian talteenotto	23
5.2	Maaperävarastointi	24
5.3	Energiakaivovarastointi	24
5.4	Kaukolämpöverkko lämpövarastona.....	24
5.5	Lämpöakku/-varaaja varastointi.....	25
6	Kysely kunnille geoenergian/maalämmön hyödyntämisestä	25
7	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	31
8	Kirjallisuus ja lähteet	32

Pohjois-Karjalan geoenergiaselvitys

1 Johdanto

Maailmanlaajuisten ilmastotavoitteiden mukaisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöä tulisi huomattavasti lisätä tulevaisuudessa. Pohjois-Karjalan maakuntaliitto on mukana tammikuussa 2017 alkaneessa CLEAN - Technologies and open innovations for low carbon regions -hankkeessa. Hankkeen keskeisimpiä tavoitteita on julkisen sektorin rakentamisen energiatehokkuuden edistäminen sekä rakennetun ympäristön päästöjen vähentäminen. Hanke on rahoitettu Interreg Europe -ohjelmasta. Pohjois-Karjalan tavoitteena on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen 80 %:lla vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä, mikä edellyttää monenlaisia toimenpiteitä useilla eri sektoreilla. Esimerkiksi rakennusten lämmittämisestä aiheutuu huomattavia hiilidioksidipäästöjä, minkä vuoksi on tarpeen kartoittaa vaihtoehtoisia lämmitysratkaisuja erityisesti öljyn korvaamiseksi uusiutuvilla energiamuodoilla.

Pohjois-Karjalan maakuntaliitto on käynnistänyt selvityksen maakunnan geoenergiapotentiaalista, jonka myötä muun muassa maankäytön suunnittelussa, energia-alan toimijoilla ja maalämpöä harjoittavilla on parempaa tietoa siitä, miten voidaan edistää kestävästi energian käyttöä. Geoenergian suosio lämmitysjärjestelmänä on kasvanut voimakkaasti viimeisen kymmenen vuoden aikana Suomessa. Suomen geoenergiaa kutsutaan ns. matalan lämpötilan geoenergiaksi, jonka hyödyntämiseksi lämmitystarkoituksissa on käytettävä lämpöpumppua. Sen sijaan viilennystarkoituksissa on mahdollisuus hyödyntää ns. vapaakiertotekniikkaa. Geoenergiaa voidaan käyttää kiinteistöjen lämmityksessä, käyttöveden lämmityksessä ja kiinteistöjen viilennyksessä.

Selvityksessä kuvataan, millainen potentiaali Pohjois-Karjalassa on maalämmön hyödyntämiseen rakennusten lämmityksessä. Työssä on syntynyt maakunnan geoenergiapotentiaalikartta ja selvitys periaatteista, millä voidaan edistää geoenergian käyttöä julkisessa rakentamisessa. Selvityksessä osoitetaan maakunnan erityisen edulliset alueet maalämmön hyödyntämiselle. Tuloksia voidaan käyttää julkisen sekä yksityisten sektorin rakentamisen energiatehokkuuden edistämiseksi, joka johtaa rakennetun ympäristön päästöjen vähentämiseen. Tässä työssä ei tutkita vaakasuuntaisten maalämpöputkistojärjestelmien toteuttamispotentiaalia, eikä vesistöihin sijoitettavien lämmönkeruuputkistojen toteuttamismahdollisuuksia. Geoenergiapotentiaali-kartassa otetaan kantaa vain porattujen lämpökaivojen toteuttamispotentiaaliin.

Selvityksessä kartoitettiin Pohjois-Karjalan kunnille ja Heinävedelle suunnatun kyselyn avulla mahdollisuutta hyödyntää maalämpöä julkisen sektorin omistamissa kiinteistöissä sekä alueella toteutettuja ratkaisuja. Osion tulokset esitetään raportissa esimerkkikohteiden avulla.

Pohjois-Karjalan geoenergiapotentiaaliselvityksen on ohjannut Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. Työryhmään ovat kuuluneet Aino Heikura ja Jukka Nykänen Pohjois-Karjalan liitosta, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:ssä kartoitusta ovat laatineet Jan Tvrdý (projektipäällikkö) ja Ella Stark (suunnittelija).

26.2.2020

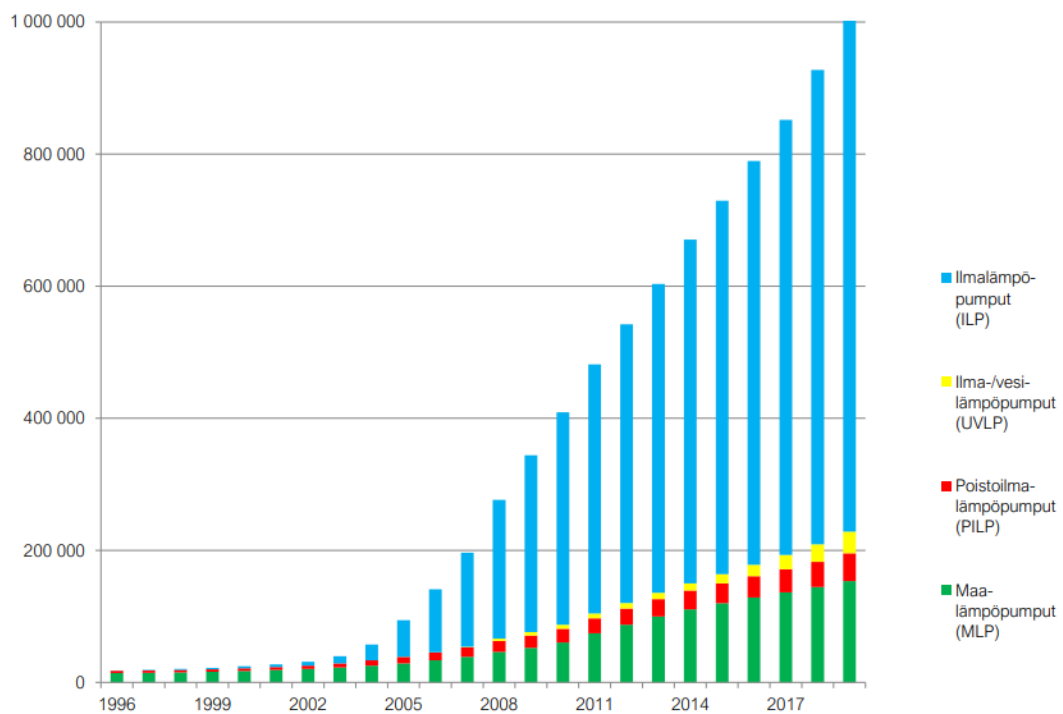
2 Geoenergiapotentialin arviointimenetelmä

2.1 Tausta

2.1.1 Geoenergian hyödyntäminen

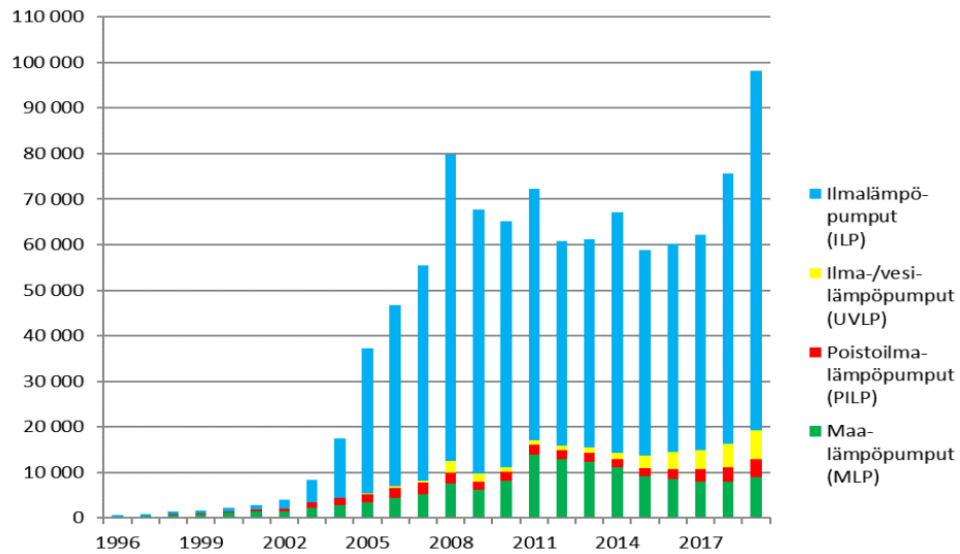
Maalämpö on uusiutuvaa auringon säteilystä saatavaa energiaa, jonka käyttö kiinteistöjen lämmitysratkaisuna on nykyisin yleistynyt huomattavasti. Maalämmöllä tarkoitetaan maaperään tai veden massaan varastoitunutta auringon lämpöenergiaa. Syvemmillä kallioperässä lämpöenergia on taas pääosin radioaktiivisten aineiden hajoamisesta peräisin olevaa geotermistä energiaa.

Maahan tai vesistöön varastoitunutta aurinkoenergiaa hyödynnetään lämpöpumppuratkaisulla. Suomen Lämpöpumppuyhdistyksen mukaan Suomessa oli käytössä vuonna 2019 noin 1 000 000 lämpöpumppua, joista noin 170 000 oli maalämpöpumppuja. Ilmalämpöpumput ovat selvästi suosituimpi ratkaisu edullisuutensa vuoksi. Ilmalämpöpumpuilla pääsääntöisesti vain täydennetään jo olemassa olevaa lämmitysratkaisua ja hoidetaan kesäajan jäähdytys, kun maalämpöpumppu soveltuu hyvin päälämmitysratkaisuksi.



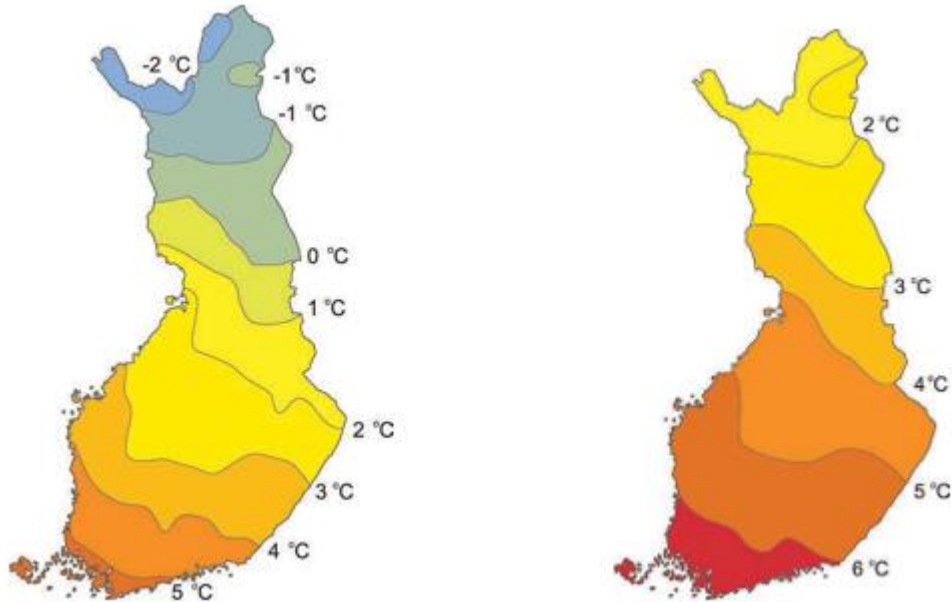
Kuva 1. Suomessa käytössä olevat lämpöpumput 1996 – 2019 (Lähde: Sulpu ry).

Maalämpöpumppujen myynti kasvoi voimakkaasti vuoteen 2011 saakka, mutta on sen jälkeen ollut laskussa (kuva 2). Vuoden 2011 voimakas kasvuhypäys johtui investointituesta, joka heijastui seuraaviin vuosiin. Yleinen rakentamisvolyymin lasku näkyy myös maalämpöpumppuinvestoinneissa, mutta kuitenkin maalämpöpumppujen markkinaosuus kiinteistöjen lämmitysratkaisuna on jatkanut tasaista kasvua viimeisten 20 vuoden aikana. Toteutuneista maalämpöratkaisuksista ei ole tarkkaa tilastotietoa kuinka suuressa osassa lämmönlähteenä on maaperä, kallio tai vesistö. Ylivoimaisesti suurin osa perustuu kuitenkin kalliin porattuun energiakaivoon.



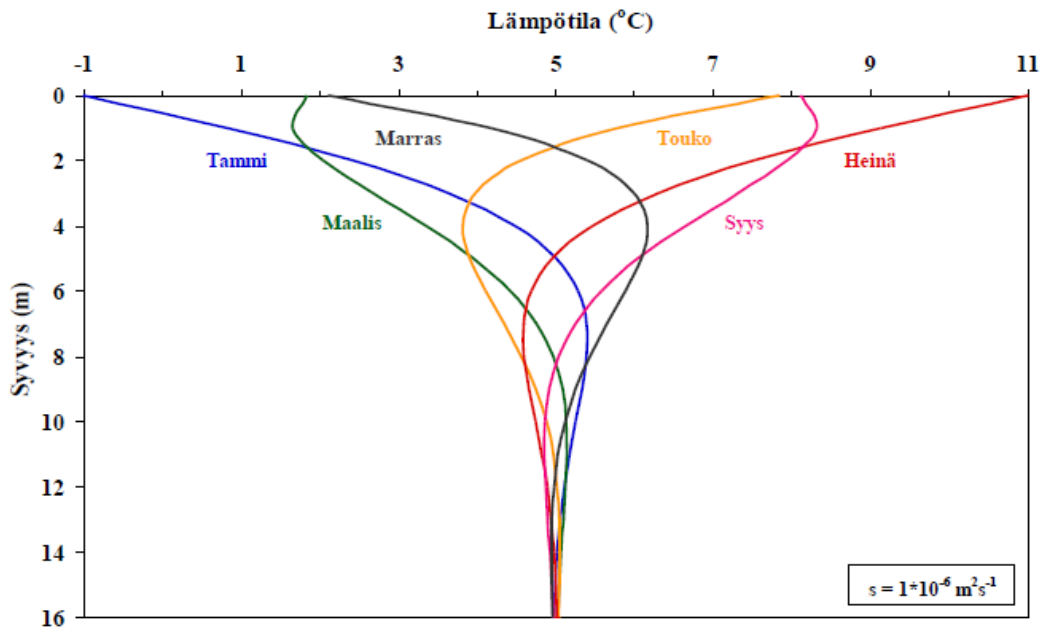
Kuva 2. Suomessa myytyt maalämpöpumput (kpl, vihreällä) 2006 – 2019 (Lähde: Sulpu ry).

Suomessa maa- ja kallioperän pintaosien vuotuinen keskilämpötila on keskimäärin kaksi astetta ilman vuotuisesta keskilämpötilaa korkeampi (kuva 3) ja se vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. Lämpötila vaihtelee myös paikallisesti. Rakennetuilla alueilla se voi olla useita asteita korkeampi kuin esimerkiksi luonnontilaisessa metsässä.



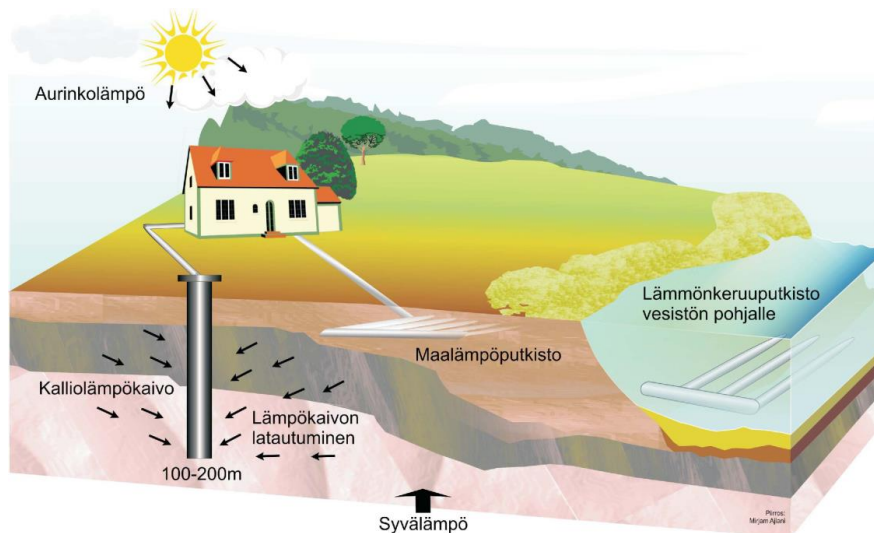
Kuva 3. Vasemmalla ilmalämpötilan vuotuinen keskiarvo ja oikealla maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo (Lähde: Ympäristöopas 2013).

Maankamaran keskilämpötila vaihtelee vuosittaisen ilmalämpötilan mukaan, mutta vakiintuu Suomessa n. 14–15 metrin syvyydessä 5–6 asteeseen (kuva 4). Syvemmällä kallioperässä geoterminen energia nostaa lämpötilaa keskimäärin 0,5–1 astetta / 100 m. Näin ollen maan eteläosissa kallioperän lämpötila 200 metrin syvyydessä on noin 6–8 °C.



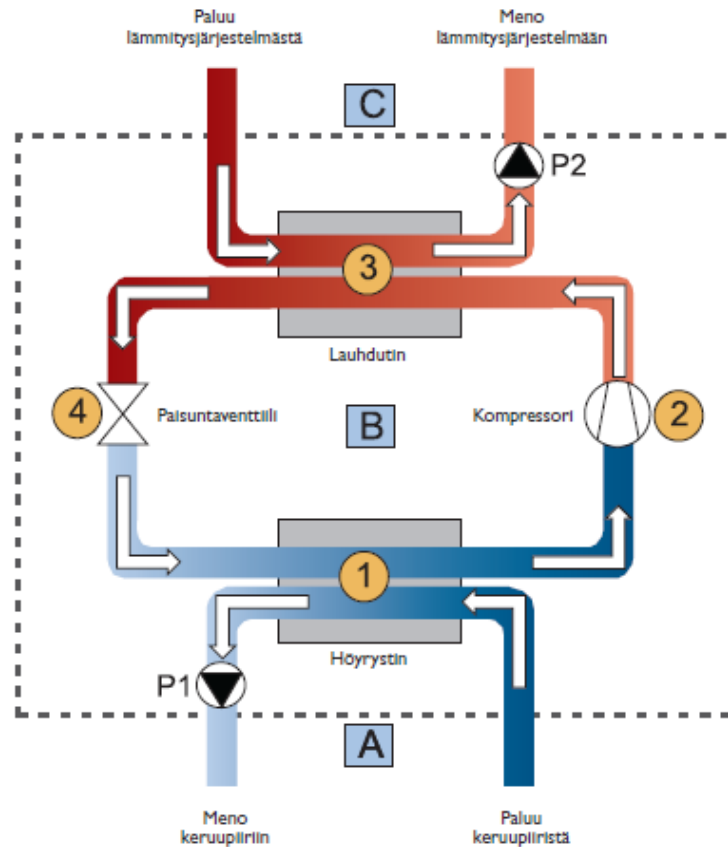
Kuva 4. Maanpinnan vuodenajan mukainen lämpötilavaihtelu (Lähde: Leppäharju 2008).

Lämpöpumpputekniikan avulla maa- ja kallioperään tai vesistöön sitoutunutta lämpöenergiaa voidaan käyttää rakennusten ja niiden käyttöveden ympärivuotiseen lämmittämiseen ja viilentämiseen. Lämpöpumpputekniikan toimintaperiaate on sama riippumatta lämmönlähteestä. Käytettävä lämmönlähde (maaperä, kallio tai vesistö) vaikuttaa investointikustannuksiin sekä käyttökustannuksiin.



Kuva 5. Lämpöpumpun lämmönlähteet (Lähde: Kallio 2012).

Lämpöpumppu koostuu suljetusta kylmäainekiertoapiiristä (B), kompressorista (2), höyrystimestä (1), lauhduttimesta (3) ja paisuntaventtiilistä (4). Lisäksi järjestelmä vaatii oman lämmönkeruupiirin (A) höyrystimeltä lämmönlähteeseen ja lämmönsiirtoapiirin lauhduttimelta rakennuksen lämmönluovutukseen (C). Lämpöpumpun pääkomponentit ja toimintaperiaatekaavio on esitetty kuvassa 6.

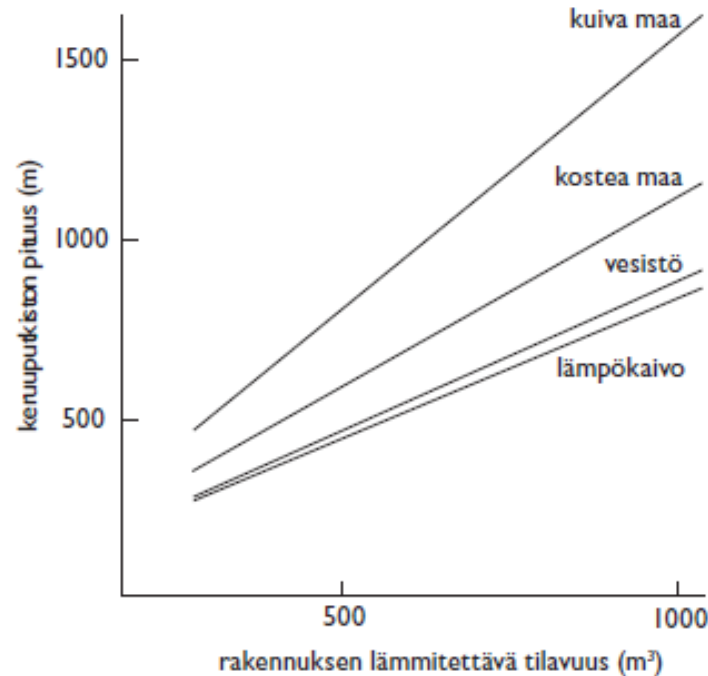


Kuva 6. Lämpöpumpun pääkomponentit ja toimintaperiaatekaavio (Lähde: Ympäristöopas 2013).

Lämmitystilanteessa lämmönlähteeseen varastoitunutta energiaa kerätään talteen omalla lämmönkeruuputkistolla, jolla lämpöä tuodaan höyrystimelle. Lämmönkeruuputkistossa kiertävä kylmäaine on yleisimmin etanolivesiliuos (tai bioetanolivesiliuos). Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy sitoen lämmönkeruuputkiston tuoman lämmön itseensä. Höyrystynyt kylmäaine puristetaan korkeampaan paineeseen ja lämpötilaan kompressorin avulla. Kompressorin käyttämä sähköenergia ja kylmäaineen sitoma lämpöenergia luovutetaan lauhduttimen kautta rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Lauhduttimessa kylmäaine muuntuu lauhtuessaan nesteeksi, jolloin sen painetta alennetaan paisuntaventtiilin avulla. Kylmäaineen lämpötila laskee ja se palautuu höyrystimelle.

Jäähdytystilanteessa ohjaus tapahtuu hieman eri tavalla. Prosessia ohjataan jäähdytysjärjestelmän tarvitseman menoveden lämpötilan mukaan siten, että kompressorin alentaa liuoksen lämpötilaa kiinteistön tarvitsemalle lämpötilatasolle. Höyrystyminen tapahtuu samoin matalassa lämpötilassa sitoen lämpöä itseensä ja lauhtuessaan palauttaa lämpöä ympäristöönsä, lämmönlähteeseen, lauhduttimeen tai kiinteistön lämmitysjärjestelmään.

Lämmönlähde vaikuttaa lämmönkeruupiirin mitoitukseen ja sitä kautta investointikustannuksiin (kuva 7).



Kuva 7. Lämpöpumpun lämmönlähteen vaikutus lämmönkeruupiirin putkistopituuteen (Lähde: Rakennustietosäätiö RTS 2001).

Lämpöpumpuissa käytettävistä lämmönlähteistä tehokkain on energiakaivo (lämpökaivo) eli lämmönkeruuputkistoa varten kallioperään porattu halkaisijaltaan noin 130–150 mm reikä. Energiakaivon syvyyteen vaikuttavat kallioperän lämmönjohtavuus, maanpeitteen paksuus ja pohjaveden virtaus. Yleinen kaivosyvyys on 160–200 metriä. Energiakaivoratkaisu on hankintakustannuksiltaan muihin lämmönlähteratkaisuihin verrattuna kalliimpi, mutta käyttökustannuksiltaan edullisempi. Lisäksi sen etuna on vähäinen tilantarve, joskin useaa energiakaivoa tarvittaessa kaivojen etäisyys toisistaan tulee olla vähintään 15 metriä. Energiakaivosta saatava lämpöteho vaihtelee Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä 30–45 W/m.

Maaperästä lämpöä kerätään noin metrin syvyyteen asennettavan keruuputkiston avulla. Parhaiten tähän tarkoitukseen soveltuva maa-aines on kostea savi, koska se luovuttaa aurinkoenergian tuottamaa lämpöä paremmin kuin kuivat hiekkamaalajit. Maaperään asennettava putkisto eli maapiiri vaatii kohtalaisen pinta-alan, noin 1,5 m²/putkimetri. Vaakaputkistolla kerättävä lämpöteho on Pohjois-Suomessa 10–13 W/m ja Etelä-Suomessa 12–15 W/m.

Vesistöön asennettava lämmönkeruuputkisto ankkuroidaan pohjaan. Vesistöksi soveltuvat kokeuksien mukaan parhaiten vähintään 2 metrin syvyiset järvet, lammet ja merenrannat. Virtaava vesi alentaa keruupiirin lämpötehoa. Vesistöistä kerättävä lämpöteho on Pohjois-Suomessa 15–20 W/m ja Etelä-Suomessa 20–25 W/m.

2.1.2 Geoenergian hyödyntämisen rajoitukset

Energiakaivoja koskeva lainsäädäntö

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)

Uuden rakennuksen 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. Mikäli jo olemassa olevan rakennuksen lämmitysjärjestelmä halutaan vaihtaa maalämpöjärjestelmäksi, tarvitaan toimenpidelupa (132/1999, 126 a §), ellei kunta ole toisin rakennusjärjestyksessään määrännyt.

Vesilaki (587/2011)

Maalämpöjärjestelmän rakentamiseen maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen toimenpide- tai rakennusluvan lisäksi tarvitaan mahdollisesti vesilain mukainen lupa. Vesilain mukainen lupa haetaan aluehallintovirastolta (AVI).

Ympäristönsuojelulaki (86/2000)

Pohjaveden pilaamiskiellosta on säädetty ympäristönsuojelulain 8 §:ssä. Ympäristönsuojelulain perusteella pohjaveden pilaaminen ja laadun vaarantaminen on kielletty, eikä siihen voida myöntää poikkeusta, eikä lupaa. Pohjavesialueelle sijoitettu maalämpöjärjestelmä voi aiheuttaa riskin pohjaveden laadulle ja antoisuudelle.

Kunnan lupaviranomainen määrittelee erikseen vedenhankinnan kannalta tärkeillä ja vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla (I ja II luokan pohjavesialueet) sijaitsevat suojavyöhykkeet. Suojavyöhykkeille ei tule sijoittaa maalämpökaivoja.

Kiinteistönmuodostamislaki (554/1995)

Energiakaivo voidaan naapurin suostumuksella porata naapurin kiinteistön puolelle ulottuvana vinoreikäenä. Myös energiakaivo ja maapiiri voidaan sopimuksen perusteella sijoittaa naapurin puolelle. Näissä tapauksissa on syytä perustaa rasite, joka kirjataan rakennusvalvonnan rekisteriin.

Kemikaalilaki (744/1989)

Kemikaalilaki liittyy maalämpöjärjestelmissä käytettäviin lämmönkeruunesteisiin. Keruuputkistossa käytettävä laimennettu denaturoidun etanolin ja veden kylmäaineliuos on pääsääntöisesti vahvuudeltaan 28–30 % (jäätymispiste -17 °C), joka luokitellaan syttyväksi (leimahduspiste +29 C). Syttyvillä kemikaaleilla ilmoitusvelvollisuuden raja on 5 tonnia ja lupavelvollisuuden raja 100 tonnia. Esim. omakotitalon maalämpöjärjestelmässä kylmäaineliuoksen määrä jää alle yhden tonnin.

Terveydensuojelulaki (763/1994)

Terveydensuojelulain määräykset eivät suoraan koske maalämpöjärjestelmän rakentamista, vaan ne liittyvät lämmitysjärjestelmän mitoitukseen, talousveden laatuun ja lämpimän käyttöveden lämpötilaan. Jos maalämpöjärjestelmää hyödynnetään käyttöveden lämmittämisessä, lämpöpumpun mitoi-

tuksessa on otettava huomioon ympäristöministeriön määräys vesijohtoveden lämpötilasta sekä Sosiaali- ja Terveysministeriön asumisterveysohjeessa annetut vaatimukset vesijohtoveden lämpötilasta.

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen ohje koskien energiakaivoja ja maalämpökenttiä pohjavesialueilla (POKELY/1313/2014)

Energiakaivon maankäyttö- ja rakennuslain mukainen luvanvaraisuus määräytyy pääsääntöisesti sen mukaan, onko kysymyksessä uuden rakennuksen yhteydessä rakennettava energiakaivo vai muutetaan olemassa olevan rakennuksen lämmitysjärjestelmä tai osa siitä maalämpöä hyödyntäväksi. Uuden rakennuksen yhteydessä rakennettava energiakaivo tai lämmönkeruuputkiston asentaminen käsitellään osana rakennuslupaa (MRL 125 §). Muuten energiakaivohankkeeseen liittyvät toimenpiteet edellyttävät pääsääntöisesti toimenpidelupaa (MRL 126 a §). Kunta voi kuitenkin tietyin edellytyksin määrätä rakennusjärjestyksessä, että toimenpidelupaa ei tarvita (MRL 126 a §, 3 mom.), vaan käytetään ilmoitusmenettelyä (MRL 129 §). Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen mielestä maalämpöjärjestelmän sijoittamiseen pohjavesialueelle tulisi kuitenkin vaatia aina vähintään toimenpidelupa.

Edellisen lisäksi on aina harkittava sitä, onko hankkeella vesilain mukaisen luvan tarvetta. Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen arvion mukaan tietyissä tapauksissa jo yksittäinen energiakaivo voi aiheuttaa pohjavesialueella vesilain 3 luvun 2 §:ssä tarkoitettuja vaikutuksia. Järjestelmä, joka sisältää esimerkiksi 10 tai useamman energiakaivon (energiakenttä) poraamisen pohjavesialueelle, vaatisi kuitenkin aina maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen luvan lisäksi vesilain mukaisen luvan. Vesilupaa ei kuitenkaan tarvita, jos on selvityksin voitu osoittaa, että toiminnasta ei aiheudu vesilain 3:2 §:ssä mainittuja muutoksia. Jos toimenpiteistä ennalta arvioituna voi aiheutua ympäristönsuojelulain 8 §:n (pohjaveden pilaamiskielto) vastaisia seurauksia, ei siihen voida myöntää vesilain mukaista lupaa.

Vesilain mukaisen lupatarpeen harkinta on tarkoituksenmukaista tehdä ennen maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen lupapäätöksen tekemistä, koska silloin kun rakennushankkeelle tarvitaan myös vesilain mukainen lupa, rakennus- tai toimenpideluvan mukaista toimenpidettä ei saa suorittaa ennen kuin vesilain mukainen lupa on saatu.

Pohjaveden suojelun kannalta ei ole toivottavaa, että pohjavesialueelle muodostuu vähitellen laajoja alueita, joiden lämmitys perustuu maalämpöön. Koska kuntalaisten tasapuolisen kohtelun näkökulmasta on käytännössä erittäin hankala rajoittaa maalämpöjärjestelmiin siirtymistä siten, että tilanne pysyisi alueen pohjaveden kannalta siedettävällä tasolla, Pohjois-Karjalan ELY-keskus esittää, ettei yhdyskuntien vedenottamoiden lähialueilla (noin 500-1000 m lähemmäksi) rakenneta lainkaan uusia maalämpöjärjestelmiä.

Vedenottamoille on myös mahdollista hakea vesilain mukaisia suoja-alueita tai päivitystä jo olemassa olevien suoja-alueiden suoja-alueääräykseen energiakaivojen rakentamisen ja käytön osalta.

Kuntien rakennusjärjestykset

Kaupunki / kunta	Maalämpöjärjestelmiin liittyvät maininnat rakennusjärjestyksessä
Ilomantsi	Ei mainintaa
Joensuu	Ei mainintaa
Juuka	Maalämpöputkiston asentaminen

	<ul style="list-style-type: none"> – rakennuslupa: asemakaava-alueet (myös ranta-asemakaava), suunnittelutarvealueet, ranta-alueet, muut alueet (haja-asutusalue)
Kontiolahti	<p>Energiakaivon porareiän minimietäisyydet eri kohteisiin on esitetty. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareiän kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen.</p> <p>Pohjavesialueella maalämpöjärjestelmien lämmönsiirtonesteiden tulee olla myrkyttömiä. Rakennettaessa maalämpöjärjestelmää luokitellulle pohjavesialueelle tulee lupahakemukseen liittää ympäristönsuojeluviranomaisen lausunto. Maininta, että lisätietoa asiasta Suomen ympäristökeskuksen julkaisussa Ympäristöopas 2013 Energiakaivot, maalämmön hyödyntäminen pientaloissa.</p>
Kitee	<p>Lämpökaivo tai maalämpöputkisto</p> <ul style="list-style-type: none"> – toimenpidelupa: kaava-alueet, suunnittelutarve-alue, rantavyöhyke <p>Lämpökaivo tai maalämpöputkisto pohjavesialueella</p> <ul style="list-style-type: none"> – toimenpidelupa: kaava-alueet, suunnittelutarve-alue, muut alueet, rantavyöhyke
Lieksa	<p>Maalämpökaivo tai lämmönkeruuputkisto (MRL 126a.1 § kohta 12). Maalämpökaivon tai lämmönkeruuputkiston rakentaminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - toimenpidelupa: asemakaava-alueet (myös ranta-asemakaava), ranta-alueet (myös suunnittelutarvealueet ja yleiskaava-alueet), muut alueet <p>Energiakaivon porareiän minimietäisyydet eri kohteisiin on esitetty taulukossa. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareiän kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen.</p> <p>Pohjavesialueella maalämpökaivon rakentamisesta pyydetään tarvittaessa ympäristönsuojeluviranomaisen lausunto. Pohjavesialueella maalämpöjärjestelmien lämmönsiirtonesteiden tulee olla myrkyttömiä. Maininta, että lisätietoa saa asiasta Suomen ympäristökeskuksen julkaisussa Ympäristöopas 2013 Energiakaivot, maalämmön hyödyntäminen pientaloissa.</p>
Liperi	<p>Maalämpöputkiston asentaminen</p> <ul style="list-style-type: none"> – toimenpidelupa: asemakaava-alueet (myös ranta-asemakaava) – ilmoitusmenettely: suunnittelutarvealueet, ranta-alueet, muut alueet (haja-asutusalue) – lisäksi maininta, että hanke tarvitsee mahdollisesti muitakin kuin maankäyttö- ja rakennuslain mukaisia lupia
Nurmes	<p>Maalämpöputkiston asentaminen</p> <ul style="list-style-type: none"> - rakennuslupa: asemakaava-alueet (myös ranta-asemakaava), suunnittelutarvealueet, ranta-alueet, muut alueet (haja-asutusalue)
Outokummun kaupunki	<p>Energiakaivon porareiän minimietäisyydet eri kohteisiin on esitetty. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareiän kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen.</p>

Pohjavesialueella maalämpöjärjestelmien lämmönsiirtonesteiden tulee olla myrkyttömiä. Rakennettaessa maalämpöjärjestelmää luokitellulle pohjavesialueelle tulee lupahakemukseen liittää ympäristönsuojeluviranomaisen lausunto.

Toimenpidelupa kaikilla alueilla (asemakaava-alueet, ranta-alueet sekä muut alueet).

Polvijärvi	Maalämpöputkiston asentaminen <ul style="list-style-type: none"> – toimenpidelupa: asemakaava-alueet (myös ranta-asemakaava), ranta-alueet, – ilmoitusmenettely: suunnittelutarvealueet, muut alueet (haja-asutusalue) – lisäksi maininta, että hanke tarvitsee mahdollisesti muitakin kuin maankäyttö- ja rakennuslain mukaisia lupia
Rääkkylä	Maalämpöjärjestelmän rakentaminen (putkisto, kaivo) <ul style="list-style-type: none"> – ilmoitusmenettely: asemakaava, ranta-asemakaava ja oikeusvaikutteiset yleiskaava-alueet, tienvarsialueet, muut alueet (haja-asutusalue), rantavyöhyke (leveys pääsääntöisesti 150 m)
Tohmajärvi	Lämpökaivo tai maalämpöputkisto <ul style="list-style-type: none"> – toimenpidelupa: kaava-alueet, suunnittelutarve-alue, rantavyöhyke Lämpökaivo tai maalämpöputkisto pohjavesialueella <ul style="list-style-type: none"> – toimenpidelupa: kaava-alueet, suunnittelutarve-alue, muut alueet, rantavyöhyke

Tekniset rajoitukset

Maalämpöjärjestelmän toteutukseen vaikuttavat tekniset rajoitukset liittyvät pääasiassa käytettävään lämmön lähteeseen (kallioperä, maaperä tai vesistö). Energiakaivon poraamisella kallioperään voi olla merkittäviä ympäristövaikutuksia ja siksi siihen liittyy eniten määräyksiä ja ohjeistusta. Mm. suojaetäisyyksillä pyritään minimoimaan energiakaivon vaikutukset muihin maanalaisiin infraraken-teisiin. Maaperään asennettavan vaakaputkiston asennuksessa tulee huomioida samat suojaetäisyydet.

Taulukko 1. Energiakaivon porareian suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareian kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen (Lähde: Ympäristöopas 2013).

Kohde	Suosittelut minimietäisyydet
Energiakaivo	15 m
Porakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja katuun	4 m
naapuriin	7,5 m
puistoon	ei rajoitusta
Kiinteistökohtainen jätevedenpuhdistamo	kaikki jätevedet 30 m, harmaat vedet 20 m
Viemärit ja vesijohdot	5 m
Kaukolämpöjohdot	3 m
Tunnelit ja luolat	25 m

2.2 Lähtöaineistot

2.2.1 Avoimet paikkatietoaineistot

Geologian tutkimuskeskus, Maapeitepaksuus 1:1 000 000

Maapeitepaksuus 1:1 000 000 -aineistossa olemassa oleva maapeitepaksuustieto esitetään luokiteltuna aluemaisena tietona. Aineisto on luokiteltu viiteen luokkaan <5m, <10 m, <20 m, <30 m ja >30 m. Maapeitepaksuudella tarkoitetaan kallioperää peittävän irtomaapeitteen paksuutta. Maapeitepaksuustieto pohjautuu maaperä 1:1 000 000 kartta-aineiston tulkintaan. Tulkintaa on tarkennettu geologisissa, geofysikaalisissa ja geoteknisissä tutkimuksissa saaduilla pistemäisillä tai viivamaisilla tiedoilla kalliopinnan tasosta. Tässä työssä maanpeitepaksuusaineisto toimi lähtötietona tarkemmalle maanpeitteen paksuuden ja geoenergiapotentiaalin tutkimiselle.

Geologian tutkimuskeskus, Kallioperä 1:200 000

Aineisto sisältää Geologian tutkimuskeskuksen vuosina 1948–2007 mineraalisten raaka-ainevarojen kartoituksen, yhteiskunnan kiviaineshuollon ja tieteellisen tutkimuksen tarpeisiin tuottamaa aineistoa. Tämä aineisto sisältää kivilajitiedot aluerajauksina, kallioperähavainto- ja kairauspisteet sekä olennaiset tektoniset havainnot, litologiset primäärirakenteet, malmimineraalit ja metamorfiset indeksimineraalit. Tässä työssä aineistoa käytettiin lähtötietoaineistona kivilajien määrittelemiseksi tutkittavilla alueilla. Kivilajien lämmönjohtavuudella on merkitystä geoenergiapotentiaalin kannalta.

Geologian tutkimuskeskus, kallioperäkairaukset

Kallioperän syväkairaukset sisältävät paikkatiedot yli 29 000 syväkairausreikään sekä tietoa maaperän paksuudesta. Kairausaineistoa on tuotettu pääasiassa Geologian tutkimuskeskuksen ja Outokumpu Oy:n kallioperä- ja raaka-ainekartoituksen yhteydessä 1920-luvulta lähtien.

Maanmittauslaitos, maastotietokanta

Maanmittauslaitoksen Maastotietokanta on koko Suomen kattava maastoa kuvaava aineisto. Sen tärkeimpiä kohderyhmiä ovat liikenneväyläverkosto, rakennukset ja rakenteet, hallintorajat, nimistö, maankäyttö, vedet ja korkeussuhteet. Geoenergiapotentiaaliselvityksessä maastotietokannasta käytetään lähtötietona maanpeiteluokkia (kallioalueet) maaperän syvyyden tarkistusta varten.

Maanmittauslaitos, maastokarttarasteri 1:500 000

Maanmittauslaitoksen maastokarttarasteri on koko Suomen maastoa kuvaava aineisto.

GTK:n kairauspisteaineistojen lisäksi kairauksen syvyydet saatiin alueella toimivilta porausyrityksiltä. Myös nämä aineistot toimivat lähtötietoaineistona analyysissä.

2.3 Analyysin kuvaus ja oletukset

Mahdollisuus hyödyntää geoenergiaa riippuu voimakkaasti maakerroksen paksuudesta, kallioperän ominaisuuksista ja pohjaveden pinnan korkeusasemasta. Mitä paksumpi maapeite on, sitä kalliimpaa on energiakaivon tai -kaivokentän poraus. Myös kallioperän ominaisuuksilla, kuten lämmönjohtavuudella on suora yhteys energiakaivon energian tuottoon ja -tehoon / metri. Alueellisen kallioperän

26.2.2020

ominaisuudet vaikuttavat siis geoenergiaporauksen kustannuksiin ja samalla koko menetelmän kannattavuuteen.

2.3.1 Maanpeitteen paksuuden analyysi

Maanpeitteen paksuuden arvioinnissa käytettiin GTK:n avointa maaperäaineistoa, joka on saatavissa 500 x 500 m ruututietona. Ruutuaineisto on muutettu pistemäiseksi aineistoksi ja interpolointia varten tarkennettu muilla aineistolla, esimerkiksi maaperäkairausten ja maalämpökaivojen paikkatietona sekä kallioalueilla. Analyysin tueksi käytettiin maanmittauslaitoksen KM-2 korkeusmallia ja olemassa olevaa geomorfologiaa käsittelevää aineistoa (OIVA – harjut, kallioalueet, moreenimuodostumat, yms.). Tämän työn yhteydessä ei ole tehty uusia erillisiä porauksia maanpeitteen paksuuden selvittämiseksi.

2.3.2 Kallioperä- ja lämmönjohtavuusanalyysi

Kallioperän ominaisuuksien tiedot alueilla on saatu GTK:n kallioperäaineistoista sekä lämmönjohtavuusarvot julkaisusta ”Peltoniemi, S ja Kukkonen, I: Kivilajien lämmönjohtavuus Suomessa, yhteenveto mittauksista 1964 – 1994”. Eri kivilajeilla on erilainen lämmönjohtavuus, joka vaikuttaa geenergian hyödyntämisen kannattavuuteen.

2.3.3 Lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto

Edellä esitellyt analyysit yhdistettiin spatiaaliseen data-analyysiin perustuvalla monimuuttujaisella mallinnuksella (kuva 8), jolla saatiin yhdistettyä lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto. Geoenergiapotentiaalikartan luokituksen selvennys sekä kallioperän lämmönjohtavuuden ja maanpeitteen paksuuden vaikutukset geoenergiapotentiaalihin hyödyntämiseen on esitetty luvussa 3.1.4.

Aineisto: Kallioperän ominaisuudet (KO)					
jäsenyyssarvo	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
luokka	1	2	3	4	5
kivilajin lämmönjohtavuus [W/mK]	> 3.50	3.30–3.50	3.10–3.30	2.55–3.10	< 2.55
Aineisto: Maanpeitteen paksuus (MP)					
jäsenyyssarvo	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
luokka	1	2	3	4	5
maanpeitteen paksuus [m]	< 5	5–10	10–20	20–30	> 30
Aineisto: Ehdottomat kieltoalueet (EK)					
jäsenyyssarvo	1.00			0.00	
arvo	ei ole			on	
Geoenergiapotentiaaliluokka (GL = $KO_{j,arv} \times MP_{j,arv} \times EK_{j,arv}$)					
jäsenyyssarvo	1.00–0.80	0.80–0.60	0.60–0.40	0.40–0.20	0.20–0.00
luokka	Erittäin hyvin soveltuvat alueet	Hyvin soveltuvat alueet	Kohtalaiset alueet	Huonosti soveltuvat alueet	Erittäin huonosti soveltuvat alueet

Kuva 8. Eri analyysien yhdistäminen geoenergiapotentiaalikartan luomiseksi. Ehdottomat kieltoalueet, esimerkiksi maanalaiset tilat, tunnelit ja vedenottamojen lähialueet ei käytetty tässä selvityksessä.

3 Tulokset

Selvitysalueen (Pohjois-Karjala ja Heinävesi) kallioperästä parasta lämmönjohtavuutta ja samalla geonergian lähdettä edustavat kvartsipitoiset kivilajit kuten graniitit ja kvartsiitit. Suomessa kivilajien lämmönjohtavuuden keskiarvo on 3,24 W/mK (Peltoniemi 1996) ja Pohjois-Karjalan alueella lämmönjohtavuus vaihtelee yleisesti välillä 2–6 W/mK. W/mK tarkoittaa watti / kelvin metriä ja yksikö kuvaa, miten hyvin jokin materiaali johtaa lämpöä. Geonergian hyödyntämispotentiaaliin vaikuttaa maapeitteen paksuus. Maanpeitteen paksuus vaikuttaa hankkeen toteuttavuuteen ja kannattavuuteen. Kaivon yläosa suojaputkitetaan aina. Tästä johtuen maaporauksen hinta on kaksin- tai jopa kolminkertainen kallioporauksen hintaan verrattuna, jolloin maaporaus muodostaa merkittävän osuuden koko geonergiajärjestelmän kustannuksista. Koko selvitysalueella maapeitteen paksuus vaihtelee nollassa yli 120 metriin. Geonergia potentiaalikartta syntyi kallioperän ominaisuuksien ja maapeitepaksuuden yhdistämällä paikkatietomenetelmiä käyttäen.

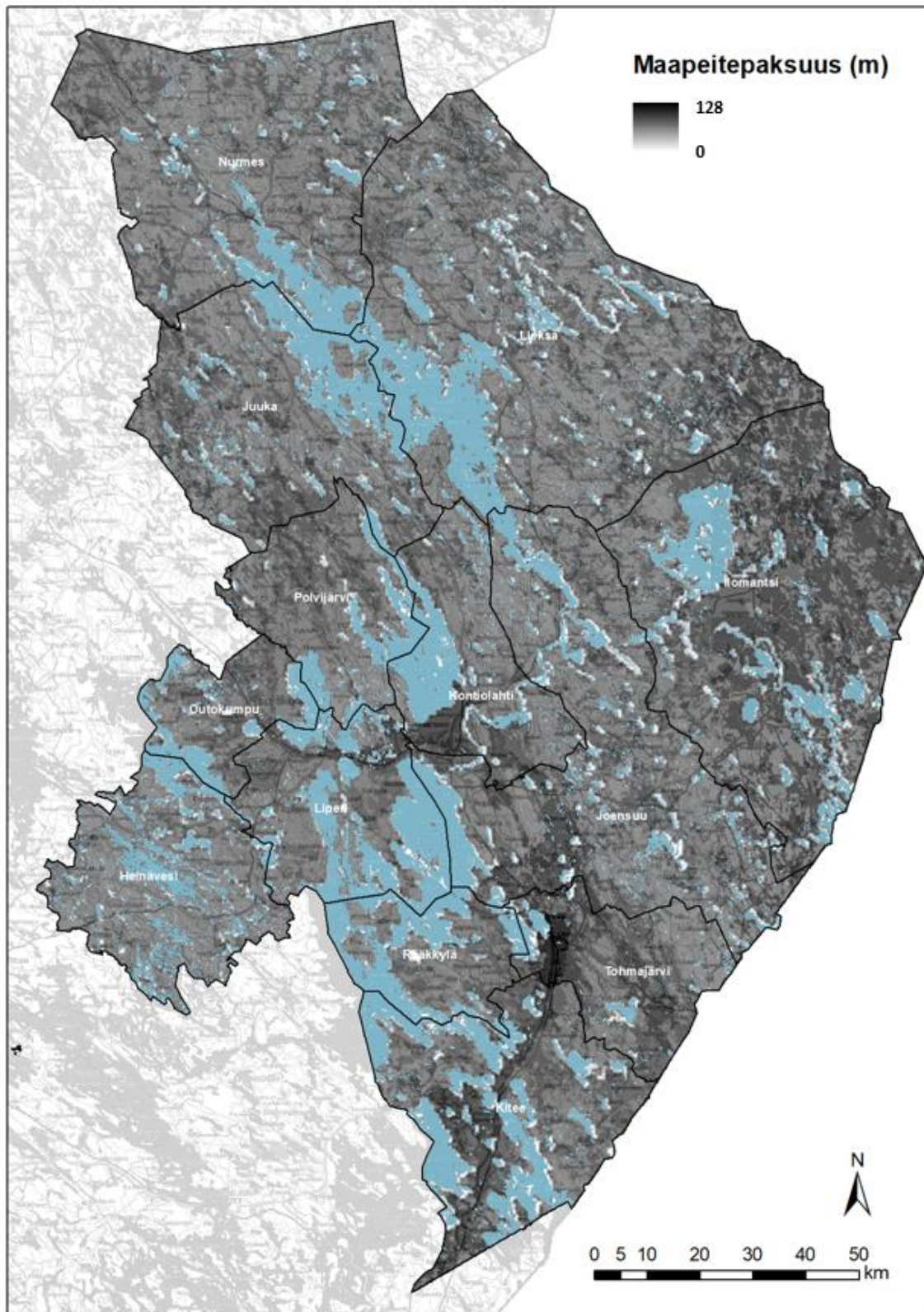
3.1 Analyysin tulokset maakunnallisella tasolla

3.1.1 Maapeitteen paksuus

Hyödynnettäessä kallioperää lämmönlähteenä on maanpeitteen paksuudella vaikutusta investointikustannuksiin. Lisäkustannukset muodostuvat porausreikään asennettavasta suojaputkesta ja mahdollisesti tarvittavasta syvemmästä porauksesta. Suojaputkea tarvitaan estämään maa-aineksen ja pintavesien valuminen energiakaivoon. Suojaputkena käytetään muoviputkea, mutta pääsääntöisesti maa-aineskerroksen ollessa yli kolme metriä käytetään teräsputkea. Maanpeitteen paksuus vaikuttaa lisäporaustarpeeseen, sillä maaperän lämmönsiirto-ominaisuudet ovat heikommat kuin kallioperässä. Maanpeitteen heikompi lämmönsiirto pitää kompensoida lisäämällä energiakaivon syvyyttä, jotta saavutetaan laskennallisesti määritelty riittävä aktiivinen keruupiirin pituus.

3.1.2 Maapeitteen kerrospaksuudet Pohjois-Karjalan alueella

Pohjois-Karjalaa halkovat useat hiekka- ja sora muodostumat. Näillä alueilla usein sijaitsevat myös alueen vedenhankinnan kannalta tärkeimmät pohjavesialueet. Harjalueilla esiintyy tyypillisesti 20–30 metrin paksuisia maakerroksia. Yli 50 metrin paksuisia maakerroksia esiintyy Tohmajärvellä, Kiteellä, Joensuussa ja Kontiolahdella. Lisäksi esimerkiksi Liperissä on pitkä muodostumajakso, jossa esiintyy pääosin 20–50 metrin paksuisia maakerroksia. Kalliopaljastumia tavataan koko Pohjois-Karjalan alueella. Kalliopaljastumien lähialueilla maakerrospaksuudet ovat matalampia (alle 10 metriä), kun pelto- ja turvealueilla esiintyy noin 10–30 metrin paksuisia maakerroksia. Maapeitteen paksuus Pohjois-Karjalan ja Heinäveden kunnan alueilla on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Maapeitteen paksuus (metriä) Pohjois-Karjalan ja Heinäveden kunnan alueella.

26.2.2020

3.1.3 Kallioperä ja lämmönjohtavuus

Kivilajien lämmönjohtavuus on merkittävin kivilajien ominaisuuksista, joka vaikuttaa geoenergian hyödynnettävyyteen. Energiakaivon ja ympäröivän kallion välille muodostuu lämpötilaero, kun energiakaivosta otetaan lämpöenergiaa. Kivilajin lämmönjohtavuudesta ja myös kallioperässä esiintyvistä pohjavedestä riippuu, miten hyvin energiakaivosta otetun lämpöenergian tilalle tulee korvaavaa lämpöä ympäröivästä kalliosta. Kivilajin lämmönjohtavuus vaikuttaa siihen, miten syvä energiakaivo tarvitaan kohteeseen. Suomen kivilajien lämmönjohtavuuksien keskiarvo on 3,24 W/(mK) (Peltoniemi, 1996). Geoenergiapotentiaalin selvityksessä on käytetty kirjallisuudessa esitettyjä lämmönjohtavuusarvoja. Kirjallisuuden perusteella on käytetty alueen yleisimpien kivilajien lämmönjohtavuuksina seuraavia arvoja:

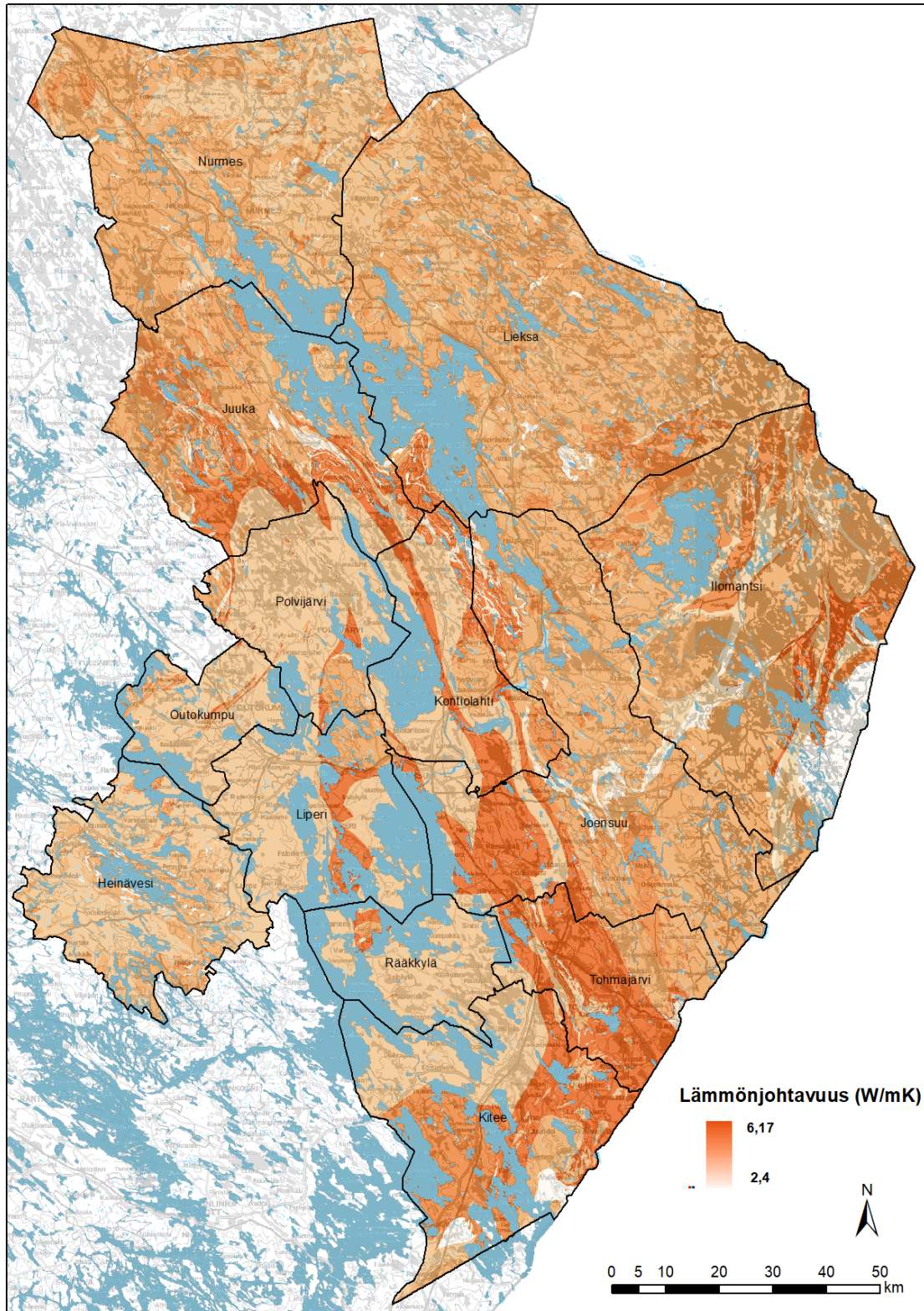
- Kiillegneissi ja -liuske, lämmönjohtavuus 2,8...2,99 W/(mK)
- Mafinen vulkaniitti (emäksinen vulkaniitti), lämmönjohtavuus 2,85 W/(mK)
- Granodioriitti, lämmönjohtavuus 3,19 W/(mK)
- Tonalittinen gneissi (pohjagneissi), lämmönjohtavuus 3,20 w/(mK)
- Graniitti, lämmönjohtavuus 3,55 W/(mK)
- Kvartsiitti, lämmönjohtavuus 5,02 W/(mK)

Kivilajien lämmönjohtavuuksien perusteella Pohjois-Karjalan alue (lämmönjohtavuuksien keskiarvo 3,12 W/mK) on Suomen kivilajien lämmönjohtavuuksien keskiarvoon (3,24 W/mK) verrattuna hieinan heikompi. Lämmönjohtavuudeltaan laajimmat esiintymät parhaimpien kivilajien osalta Pohjois-Karjalassa ovat Tohmajärvellä, Joensuussa ja Juuassa (kuva 10).

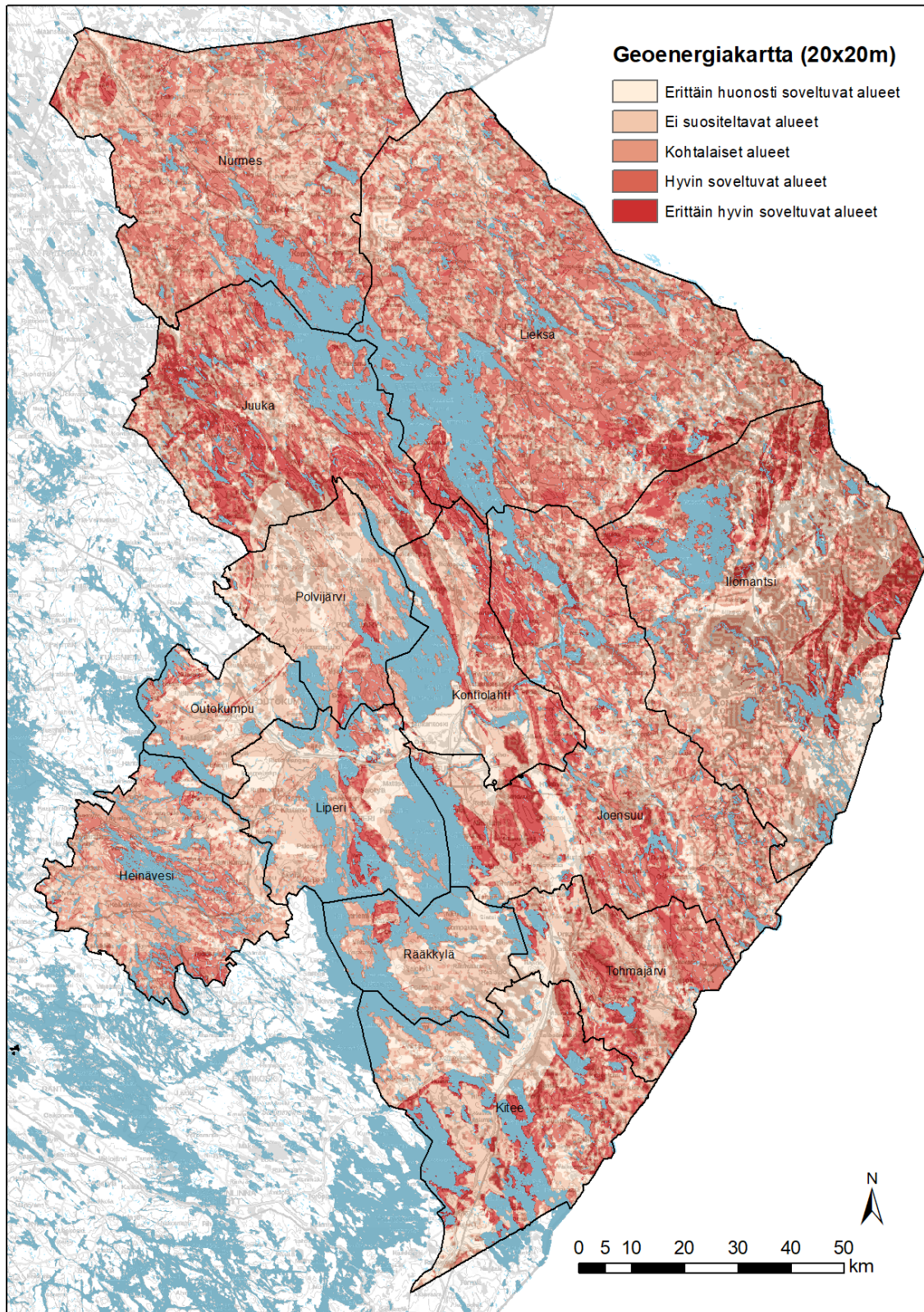
3.1.4 Geoenergiapotentiaalikartta

Geoenergiapotentiaalikartan rasteriaineisto (geotiff) on toteutettu 20 x 20 metrin resoluutiolla, Suomessa käytetyssä ETRS-TM35FIN koordinaatistossa (EPSG:3067). Korkeusjärjestelmänä on N2000 -korkeusjärjestelmä. Aineisto kattaa Pohjois-Karjalan maakunnan ja Heinäveden kunnan alueet. Kartta esitetään kuvassa 11.

Geoenergiapotentiaaliltaan paras laajahko alue ulottuu Juuasta Kontiolahteen. Tällä alueella geoenergiapotentiaali on pääosin hyvä tai erittäin hyvä. Vastaavantyyppiset geoenergian hyödyntämiin hyvin soveltuvat alueet löytyvät Lieksan ja Ilomantsin rajalta, Joensuusta, Tohmajärveltä ja Kiiteeltä. Heikoimmin geoenergian hyödyntämiseen soveltuvia alueita ovat harjualueet. Laajoja keskimääräistä heikommin soveltuvia alueita on kuitenkin myös esimerkiksi Polvijärvellä, Rääkkylässä, Oultokummussa ja Liperissä.



Kuva 10. Kallioperän lämmönjohtavuus Pohjois-Karjalan ja Heinäveden kunnan alueella.

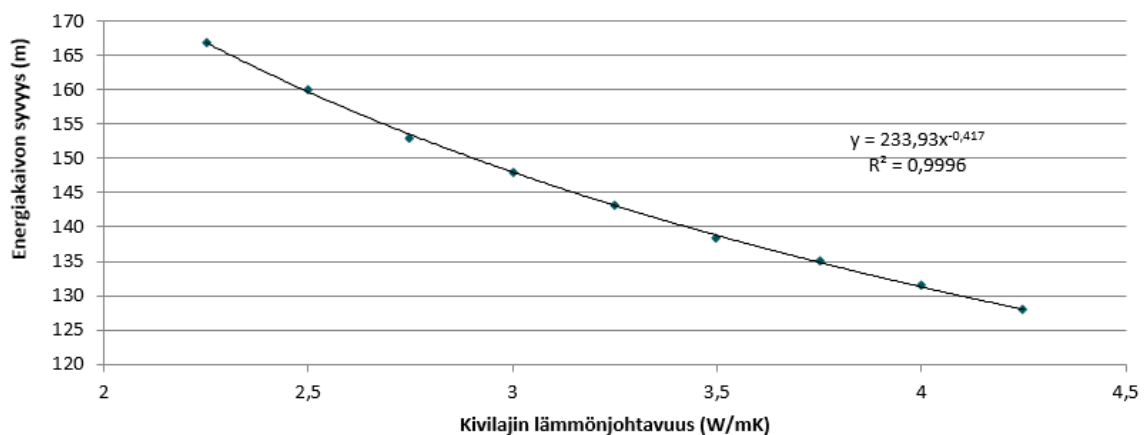


Kuva 11. Geoenergiapotentiaali Pohjois-Karjalan ja Heinäveden kunnan alueella.

Geoenergiapotentiaalikartan luokituksen selvennys:

- **Erittäin huonosti soveltuvat alueet** ovat alueita, joissa kivilajin lämmönjohtavuus on selvästi heikompi kuin keskimääräinen lämmönjohtavuus Pohjois-Karjalassa tai maapeitteen paksuus voi olla suuri. Alueilla on suositeltavaa panostaa tarkempiin tutkimuksiin ja arvioida huolellisesti investoinnin kannattavuutta.
- **Ei suositeltavia alueita** ovat alueet, joissa kivilajin lämmönjohtavuus on heikompi kuin keskimääräinen lämmönjohtavuus Pohjois-Karjalassa. Maapeitteen paksuus todennäköisesti vaikuttaa toteutumiskustannuksiin ja ratkaisun kannattavuuteen.
- **Kohtalaiset alueet** ovat alueita, joissa kivilajin lämmönjohtavuus tai maapeitteen paksuus voivat vaikuttaa jonkin verran toteutumiskustannuksiin.
- **Hyvin soveltuvat alueet** ovat alueita, joissa kivilajin lämmönjohtavuus on parempi kuin keskimääräinen ja maapeite ohuempi kuin keskimäärin Pohjois-Karjalassa.
- **Erittäin hyvin soveltuvat alueet** ovat alueita, joissa kivilajin lämmönjohtavuus on selvästi parempi kuin keskimääräinen ja / tai maapeite ohuempi kuin keskimäärin Pohjois-Karjalassa. Muihin alueisiin verrattuna toteuttamiskustannukset ovat todennäköisesti pienempiä.

On syytä ottaa huomioon, että geoenergiapotentiaalikartta antaa likimääräisen kuvan maalämmön hyödyntämisestä Pohjois-Karjalassa ja sen tarkkuutta määrittelevät käytetyt aineistot ja niiden tarkkuus. Erityisesti maapeitteen paksuuden arviointiin (interpolointimenetelmään) liittyy epävarmuuksia ja tilanne voi olla todellisuudessa erilainen. Konkreettisten paikkojen maalämpöenergiajärjestelmän toteuttamismahdollisuudet tulisi tarkastella tapauskohtaisesti, esimerkiksi markkinalla toimivien järjestelmätoimittajien kanssa. Myös eri alueiden suojelustatus, pohjavesiolosuhteet tai maanalaistilat voivat rajoittaa maalämmön hyödynnettävyyttä. Geoenergiapotentiaalikartassa huomiota otetut kallioperän geofysikaaliset ja geologiset tekijät vaikuttavat energiakaivon syvyyteen (kuva 12).



Kuva 12. Kivilajin lämmönjohtavuuden vaikutus energiakaivon syvyyteen (Lähde: Nina Leppäharju, 2008)

26.2.2020

Kallion lämmönjohtavuuden lisäksi geoenergiakartan luokituksessa huomioitu maanpeitteen paksuus vaikuttaa myös ratkaisun kustannuksiin. Porauskustannuksia ja maanpeitteen paksuuden vaikutusta kustannuksiin on selvitetty toisessa selvityksessä (FCG 2017), jossa tiedot kysyttiin kolmelta energiakaivojen poraajalta: Rototec Oy, Suomen Porakaivo Oy ja PT Energia Poraus Oy (taulukko 2). Kaikilla toimijoilla oli samansuuntainen hintavaikutusmekanismi, joskin Rototec eroaa kahdesta muusta siinä, että heidän näkemyksensä mukaan lisäporaustarve alkaa vasta, kun maanpeite ylittää 15 metriä. Esitetyt porauskustannukset sisältävät poraamisen lisäksi keruuputkiston sekä kylmäaineliuoksen täytön.

Taulukko 2. Maanpeitteen paksuuden vaikutus energiakaivon porauskustannuksiin.

	Rototec	Suomen porakaivo	PT Energia Poraus
Perusreikä (€/m)	28	28	28
Suojaputki (€/m)	60	40	30
Lisäporaus	Yli 15 m maanpeite	½ x maanpeite	Yli 3 m maanpeite
Maanpeitteen aiheuttama lisäkustannus (€)	0-15 m: 60 €/m yli 15 m: maanpeite x 60 + (maanpeite - 15) x 28	yli 0 m: maanpeite x 40 + ½ x maanpeite x 28	yli 3 m: 3 x 28 + (maanpeite - 3) x 44,36
Esim. kun maanpeite on 5 m niin lisäkustannus / kaivo	360 €	270 €	173 €
Esim. kun maanpeite on 20 m niin lisäkustannus / kaivo	1340 €	1080 €	838 €
Lisäkustannusta kuvaava laskentakaava	$172,38e^{0,76x}$, $R^2=0,99$	$181,64e^{0,66x}$, $R^2=0,98$	$119,35e^{0,70x}$, $R^2=0,98$

Seuraavaksi kuvataan geoenergiakartassa esitettyjen luokkien vaikutus lämmitysjärjestelmän mitoittamiseen ja kustannuksiin tyyppikiinteistöittäin. Kullekin tyyppikiinteistölle laskettiin tarvittava energiakaivon aktiivisyvyys. Laskennassa käytettiin mitoitusohjelmaa NIBE DIM (versio 1.24.0.1). Lämpöpumpun (pumppujen) mitoitusperusteena käytettiin lähes 100 %:n energiapeittoa sekä 60 %:n tehopeittoa, eli talvipakkasilla lämmityspiikit katetaan sähkövastuksilla. Laskennalliseen energiakaivojen kokonaissyvyyteen lisättiin vielä 5 metriä pohjapainolle ja lietesäälle sekä maanpeitteen paksuuden verran suojaputkellista reikää. Mitoituksessa energian ottoon vaikuttavat mm. kallioperän lämmönjohtavuus sekä lämpöpumpun teho, joka vaikuttaa esimerkiksi keruupiirin vesietanoli liuoksen määrään ja virtausnopeuteen.

Energiakaivojen mitoitus ja porauskustannuslaskelmat tehtiin hyvin soveltuville ja ei soveltuville luokille (taulukko 3). Tyyppikiinteistöinä käytettiin pientaloa, rivitaloa, päiväkotia-/koulurakennusta ja toimistorakennusta (taulukko 4). Lopputuloksena saatiin kustannuserot eri luokkien väliin sekä kaivojen määrä ja kokonaissyvyys (taulukko 5 ja 6). Esimerkiksi päiväkotia/koulurakennuksen (lämmittettävä kerrosala 1 800 k-m²) kokonaislämmitysenergian tarve on noin 383 MWh/v. Mikäli lämmitys toteutettaisiin geoenergialla siihen hyvin soveltuvalla alueella, energiakaivojen (8 kpl) vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 675 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyyvyys 280 metriä.

26.2.2020

Taulukko 3. Geoenergiapotentiaaliluokkien maanpeitteen paksuus ja kallioperän lämmön johtavuus.

		Hyvin soveltuva	Ei suositeltava
		Luokka 2	Luokka 4
Maanpeitteen paksuus	m	5	30
Kallioperän lämmönjohtavuus	W/mK	3,47	3,47

Taulukko 4. Tyyppikiinteistöinä käytettyjen pientalon, rivitalon, koulun/päiväkodin ja toimistorakennuksen taustatiedot.

		Pientalo	Rivitalo	Koulu/päiväkoti	Toimistorakennus
Lämmitettävä kerrosala	m ²	140	900	1800	8800
Asukkaita	lkm	4	21		
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	9	78	383	674
energiapeitto	%	100	96	98	96
tehopeitto	%	100	58	65	56
lämpöpumppu		NIBE F1155-12	NIBE F1145-17	3xNIBE F1345-30	3xNIBE F1345-60
energian otto	kWh/m	62	141	133	125
Tehon otto	W/m	23	32	33	34
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	0	3	7,8	30,3
Aktiivinen kaivosyvyys	m	106	405	2147	4027
Kaivojen lkm (á 100-270 m)	kpl	1	2	8	16

Taulukko 5. Poraus kustannusten ja kannattavuuden vaikuttavien tekijöiden vertailu eri geoenergiapotentiaaliluokissa tyyppikiinteistöittäin.

Kiinteistötyyppi		Pientalo	Pientalo	Rivitalo	Rivitalo	Koulu/päiväkoti	Koulu/päiväkoti	Toimistorakennus	Toimistorakennus
		luokka 2	luokka 4	luokka 2	luokka 4	luokka 2	luokka 4	luokka 2	luokka 4
Kaivon kokonais-syvyys	m	116	141	213	238	280	305	260	285
Poraus kustannukset	€	3518	5568	12468	16568	64880	81280	120800	153600
Poraus kustannukset / asukas	€	880	1392	594	789				
Maalämpöjärjestelmän investointikustannus	€	15 000	17 050	30 000	34 100	120 000	136 400	240 000	272 800
Takaisinmaksuaika		27 vuotta 8 kuukautta	30 vuotta 4 kuukautta	6 vuotta 5 kuukautta	7 vuotta 3 kuukautta	5 vuotta 1 kuukautta	6 vuotta 10 kuukautta	6 vuotta 12 kuukautta	7 vuotta 9 kuukautta
Sisäinen korkokanta IRR	%	4	3	16	14	20	17	17	15

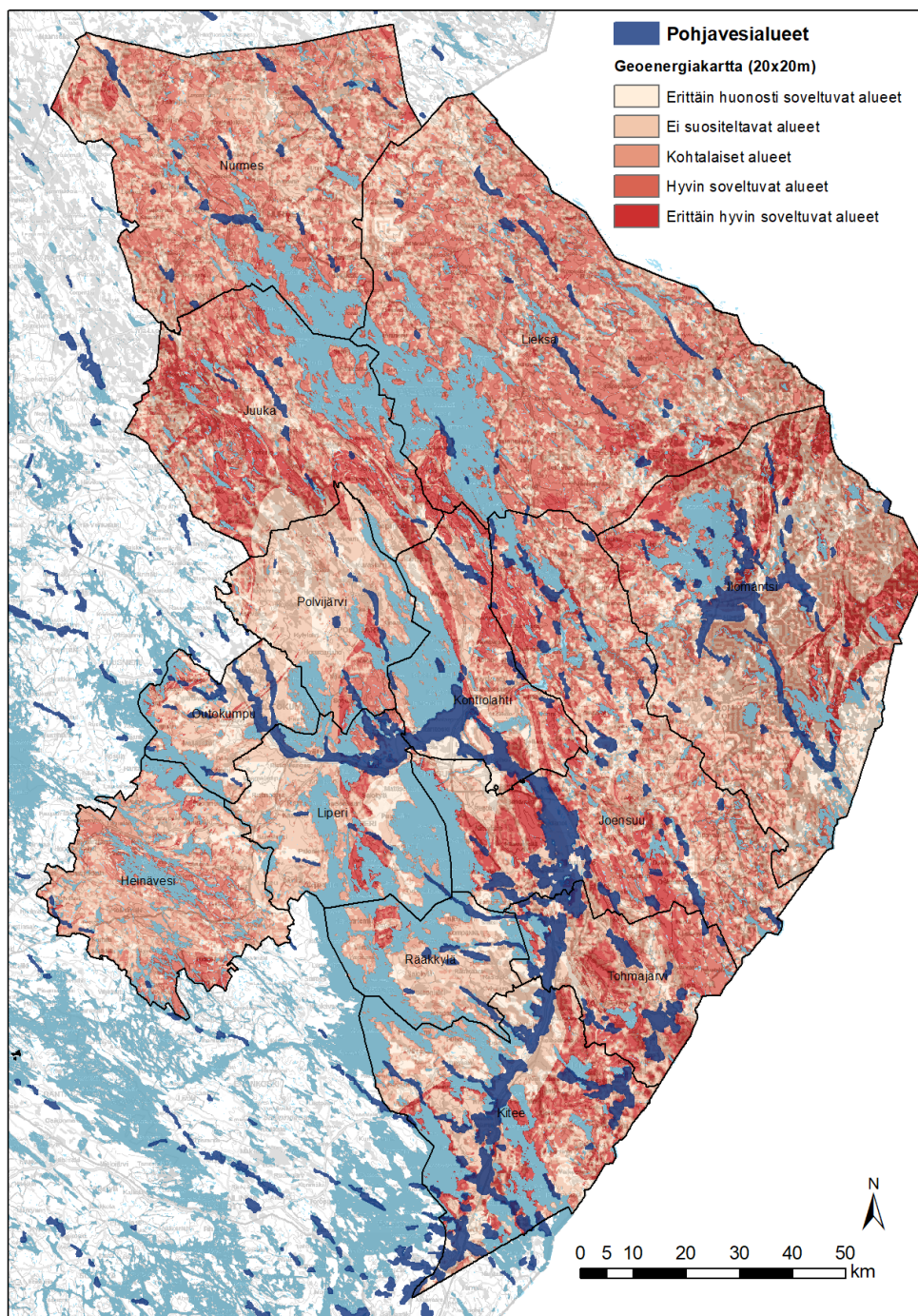
Taulukko 6. Poraus kustannusten vertailu geoenergiapotentiaaliluokkien välillä tyyppikiinteistöittäin.

		Pientalo	Rivitalo	Koulu/päiväkoti	Toimistorakennus
Luokkien 1 ja 4 kustannusero	€	-2 050	-4 100	-16 400	-32 800

3.1.5 Maalämmön hyödyntäminen pohjavesialueilla

Maalämpöjärjestelmästä voi aiheutua riskiä pohjaveden laadulle ja/tai antoisuudelle. Pohjaveden laadulle riskiä aiheutuu mahdollisesta kairauksen aikaisesta poltto- ja voiteluaineiden vuodoista, tärinän ja paineilman aiheuttamasta pohjaveden samentumisesta, paineellisesta pohjavedestä tai pak-susta pohjavesikerroksesta. Ruhjeisissa kallioperässä lämpökaivo voi sortua tai maalämpöjärjestelmän asentamisen aikana tapahtuvista virheistä tai käytön aikana tapahtuva rikkoontuminen, jolloin lämmönkeruuputkistot voivat vaurioitua ja lämmönkeruunestettä vuotaa pohjaveteen. Suurimmat

pohjavesialueet Pohjois-Karjalan alueella sijoittuvat Salpausselän alueelle (kuva 13). Maalämpökäivon poraamisen yhteydessä hyvälaatuiseen pohjaveteen voi sekoittua laadultaan heikompileatuista pohjavettä tilanteessa, jolloin muodostuu yhteys toisistaan erillä olevien pohjavesikerrosten välille. Pintavettä voi päästä porausreikään tai kaivorakenteen kautta, mikäli suojaus ei ole riittävä ja pohjaveden laatu voi heiketä. Uusissa maalämpöjärjestelmissä käytetään etanolia, joka on ympäristön kannalta turvallisempaa, kuin vanhemmissa maalämpöjärjestelmissä käytetyt glykolipohjaiset nesteet. Syvien maalämpökaivojen poraaminen maa- ja kallioperään voi muuttaa pohjaveden virtausolosuhteita ja heikentää vaikutusalueella sijaitsevien kaivojen vedenpinnan korkeusasemaa.



Kuva 13. Pohjavesialueet Pohjois-Karjalan ja Heinäveden alueella.

Haitallisia pohjavesivaikutuksia voidaan ennakoida ja estää kaivon tiivistämisellä sekä riittävällä tutkimustiedolla kallioperän rakenteesta ja pohjaveden virtausolosuhteista. Maanpinnan läheisyyteen sijoitettavien maalämpöjärjestelmien rakentamisen aikaiset pohjavesiriskit ovat maalämpökaivojen rakentamiseen verrattuna pienemmät. Maalämpöjärjestelmän vuotojen aiheuttama riski maanpinnan läheisissä järjestelmissä on pohjaveden laadulle suurempi, koska näissä järjestelmissä on enemmän lämmönsiirtoainetta.

Kunnissa ei välttämättä ole tarkkaa tietoa vanhemmista poratuista maalämpökaivoista (sijainti, syvyys, käytetty lämmönkeruuneste). Maalämpökaivojen määrän lisääntyessä, olisi hyvä tietää myös jo olemassa olevien maalämpökaivojen sijainti, mahdollisten haitallisten pohjavesiriskien välttämiseksi.

3.2 Aineiston tarkkuus ja epävarmuustekijät

Aineiston tarkkuus sekä kairauspistelähtöaineiston alueellinen jakauma ja havaintojen tiheys vaihtelevat merkittävästi. Tieto maanpeitteen paksuudesta on interpoloitu tarkemman kairauspisteaineiston lisäksi myös GTK:n avoimesta maanpeitteen paksuusaineistosta, jonka ”resoluutio” on 500 x 500 metriä. Tämä osaltaan heikentää lopullisen aineiston tarkkuutta. Tarkempia kairautietoja on maakunnan pinta-alaan suhteutettuna vähän ja näillä alueilla Geologian tutkimuskeskuksen maapeitepaksuus –aineisto edustaa tarkinta tietoa maakerroksien paksuuksista.

Kallioperäaineiston tarkkuus, 1:200 000 mittakaavainen aineisto, vaikuttaa myös lopullisen geoenergiakartan tarkkuuteen.

4 Geoenergiaa täydentävät järjestelmät

4.1 Energiatehokkuus

Maankäyttö- ja rakennuslaissa edellytettyjen energiaterhokkuuden vertailulukujen saavuttaminen pelkästään rakennusten lämmöneristystä ja hukkaenergioiden talteenottoa hyödyntämällä tulee olemaan haastavaa sekä kallista. Kuitenkin kaikki kiinteistöjen energiaterhokkuutta parantavat toimenpiteet sekä ostoenergian tehokasta hyödyntämistä ja kierrätystä tukevat toimenpiteet tulisi harkita ensisijaisina toimenpiteinä. Yleensä oikein mitoitettuna energian käyttöä ja kierrätystä tehostavat toimenpiteet ovat kustannustehokkain ja ekologisin tapa edesauttaa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Kiinteistöjen energiaomavaraisuutta voidaan lisätä omalla energiantuotannolla. Aurin- ja säteilyenergian aktiivinen hyödyntäminen on teknologian kehittymisen ja hintojen alenemisen myötä tullut kustannustehokkaaksi keinoksi. Aurinkolämpöä ja/tai –sähköä hyödyntämällä voidaan edesauttaa tiukentuvien laskennallisen energiaterhokkuuden vertailuluvun (E-luku) vaatimusten täyttymistä.

Kiinteistöjen lämmitysenergian tarve vähenee ja viilennysenergian tarve lisääntyy. Kiinteistöissä tarvitaan joustavuutta energialähteen valinnassa. Vesikeskus- tai ilmalämmitys mahdollistaa energialähteen vaihdon tai useamman energialähteen yhtäaikaisen käytön. Geoenergiajärjestelmä lämpöpumppuineen pystyy vastaamaan mainiosti kiinteistöjen energiankäytössä tapahtuviin muutoksiin.

4.2 Geoenergia ja aurinkolämpö

Geoenergiaa on käytettävissä samalla teholla läpi vuoden erityisesti, kun lämmönlähteenä käytetään kallioperää. Vesistö lämmönlähteenä vaikuttaa jonkin verran lämpöpumpun COP-kertoimeen (hyötysuhteeseen) veden lämpötilavaihteluiden mukaan: kesäaikaan COP-kerroin on korkeampi ja vastaavasti talviaikaan hieman alhaisempi. Aurinkolämmön tuotanto vaihtelee sääolosuhteiden, vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Eniten aurinkolämpöä on käytettävissä kesällä keskipäivän aikaan. Tällöin lämmön kulutus on kuitenkin yleensä vähäistä ja ”ilmaisenergia” menetetään ilman lämmönvarastointia. Aurinkolämpö ja geoenergia eivät yleensä ole kustannustehokas yhdistelmä.

4.3 Geoenergia ja aurinkosähkö

Aurinkosähköjärjestelmät ovat kannattavia investointeja, kun järjestelmän mitoitus on tehty vastaamaan omaa kulutusta. Sijoitetulle pääomalle saadaan hyvä tuotto, mutta investoinnin takaisinmaksuaika voi olla pitkä. Investoinnilla korvataan verkosta ostettavaa sähköä ja investoinnin kannattavuus riippuu ostosähkön hinnasta (sisältäen energiamaksun, siirtomaksun ja verot).

Aurinkosähkö sopii erinomaisesti täydentämään geonergiajärjestelmää, jossa käytetään lämpöpumppua lämmitys- ja viilennysenergian tuottamiseen. Aurinkosähkön tuotannolla vähennetään lämpöpumpun tarvitseman sähkön ostoa verkosta.

4.4 Geoenergia ja kaukolämpö

Yksittäisissä kiinteistöissä geoenergia-kaukolämpö-hybridiratkaisun kustannustehokkuus ei ole riittävä. Lämmitysratkaisuna ei ole taloudellisesti perusteltua rakentaa kiinteistöön kaukolämpöliittymä sekä geonergiajärjestelmä vaikkakin tällainen yhdistelmä toimitusvarmuuden kannalta olisikin kiinnostava.

Alueratkaisuna geoenergia-kaukolämpö-yhdistelmä voi osoittautua perustelluksi. Erityisesti uudisrakennusalueilla, joissa kiinteistöjen lämmitykseen riittää kaukolämpöä matalampi lämpötilataso, peruskuorman tuottaminen geonergialla ja täydennysenergian hankkiminen kaukolämpöverkosta voi olla perusteltua. Alueellinen matalalämpötilaverkko kytkeytyy varsinaiseen kaukolämpöverkkoon lämmönsiirtimen välityksellä. Matalalämpötilaverkkoa operoiva toimija käyttää lämmönsiirintä yhtenä lämmönlähteenä kaupallisen sopimuksen pohjalta. Mikäli matalalämpötilaverkkoa operoi sama toimija kuin kaukolämpöverkkoakin, niin operaattori voi optimoida tuotantoa geonergian ja kaukolämmön välillä hintojen vaihdellessa (sähkö ja kaukolämmön tuotannossa käytettävät polttoaineet). Lämpöpumpputekniikkaa sovellettaessa on mahdollista rakentaa myös alueellinen viilennysverkko. Viilennysenergia on ikään kuin ilmaisenergiaa, koska viilennyksessä syntyvä lauhdelämpö otetaan talteen ja käytetään kiinteistöjen käyttöveden tuotannossa.

5 Lämmön varastointimahdollisuudet

5.1 Kiinteistöjen viilennyksen lauhde-energian talteenotto

Lämpöpumppua käytetään Suomen olosuhteissa sekä kiinteistöjen lämmitykseen että viilennykseen. Kiinteistöt toimivat kesäaikana passiivisina aurinkolämmön kerääjinä. Kiinteistöön kertyneen aurinkoenergian määrä riippuu useista tekijöistä:

- sääolosuhteet eli auringon säteilyenergian määrä sekä tuulen jäädyttävä vaikutus

- kiinteistön rakenteelliset tekijät kuten seinien ja ikkunoiden eristykset, ikkunoiden pinta-ala, ikkunoiden ilmansuunnat

Olkkoon lämpöpumpun lämmönlähteenä maaperä, energiakaivo tai vesistö niin viiennyksen sivutuotteena syntyvä lämpö ("hukkalämpö") palautetaan lämmönlähteeseen. Tämä on geoenergiajärjestelmään luontaisesti kuuluva energianvarastoinnin toiminnallisuus. Lämmönlähteeseen palautettu lämpö voidaan huomioida keruupiirin mitoituksessa ja tällä tavoin hieman pienentää laskennallista keruupiirin kokoa. Vesistöön palautuksessa ei mitoitusyhtyä yleensä voida huomioida.

5.2 Maaperävarastointi

Maaperää lämmön lähteenä käyttävän geoenergiajärjestelmän keruupiiri asennetaan noin metrin syvyyteen. Lämpötila vaihtelee metrin syvyydellä normaalisti noin +2 asteesta +15 asteeseen. Lämpimin se on alkusyksyllä ja kylmin alkukevällä. Lämmityskauden aikana maalämmön lämmönkeruuputkisto voi jäähtyä ympäröivää maaperää useilla asteilla, ja keväällä maaperä voi putken ympärillä olla alimmillaan jopa -10 °C pakkasen puolella.

Kytkemällä aurinkolämpö maapiiriin voidaan maalämpöjärjestelmän lämmönkeruupiirin toimintakykyä elvyttää, jolloin maalämpöpumpun hyötysuhde ja teho paranevat. Samalla maalämpöpiirin matala lämpötila pitää aurinkokeräimen hyötysuhteen mahdollisimman korkeana. Maaperään lämpöä varautuu erityisen tehokkaasti keväällä ja vielä alkukesälläkin, jolloin maa ei ole vielä täysin lämmentynyt talven jäljiltä.

5.3 Energiakaivovarastointi

Oikein mitoitettuna energiakaivon lämpötilataso alenee aluksi hieman vuosi vuodelta, ja saavuttaa melko vakaan tason noin 5 käyttövuoden jälkeen. Väärin mitoitettu energiakaivo jatkaa jäähtymistä ja saattaa jäätä jo alle kymmenessä vuodessa. Jäätyminen sinänsä ei estä järjestelmää toimimasta. Keruupiirin kiertonesteena käytetään etanoli-vesiliuosta, jonka jäätympiste on vähintään -17 °C. Alhainen energiakaivon lämpötila kuitenkin heikentää lämpöpumpun hyötysuhdetta.

Maaperävarastointia suurempi hyöty lämmön varastoinnista saadaan kytkemällä aurinkolämpöjärjestelmä energiakaivoon. Aurinkolämmön siirtäminen lämpökaivoon elvyttää tehokkaasti lämpökai-voa lämmityskauden jäljiltä, joskin osa aurinkolämmöstä saattaa karata pohjavesivirtauksien myötä. Elvytystarve on suurin niin sanotuilla kuivakaivoilla, joissa ei ole vesivirtauksia. Kallioperävarastoinnin kautta maalämpöpumpulle saadaan parempi hyötysuhde, lämpökerroin ja suurempi teho, kuten maapiirin yhteydessäkin.

5.4 Kaukolämpöverkko lämpövarastona

Kaukolämpöverkon hyödyntäminen lämpövarastona on lähinnä teoreettinen vaihtoehto eikä varsinaisesti voida puhua varastoinnista. Ideaalilanteessa kiinteistössä syntyvä hukkalämpö siirrettäisiin kaukolämpöverkkoa hyödyntäen käytettäväksi muualla. Ratkaisun toteuttamiskelpoisuutta heikentää sekä tekniset että taloudelliset tekijät. Hukkalämpö on pääsääntöisesti matalalämpötilaista, joten sen siirtäminen korkeampi lämpötilaiseen kaukolämpöverkkoon edellyttäisi lämpötilan nostoa sekä meno- että paluupuolelle syötettäessä. Tästä hukkalämmön "priimaamisesta" aiheutuu lisäkustannuksia. Kiinteistöissä aurinkokeräimillä tuotetun lämmön lämpötilataso riittää sellaisenaan ilman lisätoimenpiteitä kaksisuuntaiseen tuotantoon, mutta ongelmana on tuotannon ajoittuminen alhaisen lämmön kysynnän ajankohtaan. Toisekseen kaupallisessa mielessä syötettävän lämmön tulisi olla

kaukolämmön tuotantokustannuksia edullisempaa, jotta lämmön verkkoon syöttäminen olisi liiketaloudellisesti perusteltua. Lisäksi kaukolämpöyhtiöllä tulisi olla valmiudet kaksisuuntaiseen lämmön tuotantoon.

5.5 Lämpöakku/-varaaja varastointi

Kallio, lämpöakku tai –varaaja voidaan käyttää energian varastointiin. Geoenergiajärjestelmissä ei ole tarvetta käyttää erillistä lämpövarastoa, mutta erityisesti aurinkolämpöjärjestelmässä lämpövarasto on oleellinen puskuri tasaamaan päiväajan tuotannon ja yöajan kulutuksen eroja. Puskurivarasto mahdollistaa aurinkolämpöjärjestelmän ylivoimattamisen hetkelliseen kulutukseen nähden. Mitoitustapana käytetään yleensä käyttöveden kulutusta vuorokaudessa, joka on keskimäärin sama kesällä ja talvella. Mikäli geoenergiajärjestelmän lämmönlähteenä käytetään vesistöä kallioperän asemasta, niin on järkevämpää palauttaa viilennyksen lauhde-energia mieluummin lämpövarastoon kuin vesistöön, jos tällainen lämpövarasto on käytettävissä.

6 Kysely kunnille geoenergian/maalämmön hyödyntämisestä

FCG:n toteuttamaan kyselyyn vastasi kahdeksan työntekijää Pohjois-Karjalan alueen eri kunnista ja kuntien omistamista yrityksistä (liite 1). Kyselyssä selvitetään seitsemän kysymyksen avulla muun muassa, että hyödynnetäänkö kunnissa geoenergiaa/maalämpöä, onko suunnitteilla siirtyä hyödyntämään niitä, missä hyödynnetään, mitä energiamuotoa maalämmöllä korvataan, mitä esteitä maalämmön hyödyntämiseen mahdollisesti on ja onko hybridijärjestelmien ajateltu korvaavan lämmitysjärjestelmiä.

Puolet vastaajista ilmoitti, että kunnan kiinteistöissä hyödynnetään maalämpöä; Tohmajärvellä, Kiteellä ja Liperissä hyödynnetään maalämpöä yhdessä kunnan kiinteistöissä (luonnontuotehallissa, koulurakennuksessa ja päiväkodissa) ja Joensuussa muutamassa kohteessa, missä pääasiainen tarkoitus on kesäajan viilennys.

Puolet vastaajista ilmoitti, että kunnassa on kartoitettu kuntaomisteisia kohteita, joissa lämmitysjärjestelmän voisi vaihtaa hyödyntämään maalämpöä. Joensuussa on kartoitettu kaikki kohteet. Tohmajärvellä on kartoitettu asuin- ja koulurakennuksia, Lieksassa koulukampus ja Nurmeksessa (Lehtovaaran) koulun ja Valtimon varikkorakennuksen osalta.

Missään kunnassa ei ole suunnitelmia siirtyä geoenergian/maalämmön hyödyntämiseen.

Kyselyn avulla on tunnistettu esteitä, joiden takia maalämpöä ei hyödynnetä kuntaomisteisten rakennusten lämmityksessä:

- Öljyllä lämmitettävät rakennukset ovat strategiassa merkitty poistettaviksi kokonaan. Vanha rakennuskanta ajetaan alas, joten ei ole toiminnallisesti järkevää tehdä investointeja.
- Rakennukset ovat kaukolämpöverkostossa ja taajama-alueella ja koska kaukolämmön tuotanto on varsin ympäristöystävällistä, ei ole mitään syytä siirtyä maalämpöön. Lämpö tuotetaan uusiutuvilla polttoaineilla
- Julkiset rakennukset ovat varsin isoja, jolloin maalämpö ei ole kilpailukykyinen kaukolämmön kanssa.

Kyselyn avulla selvitettiin myös Pohjois-Karjalan kuntien hallinnoimissa julkisissa rakennuksissa öljynkulutus. Esimerkkikohteita, jossa on käytetty maalämpöä, esitetään alla.

Luonnontuotehalli, tuotanto ja varastotila

Koivumahlatie 3, 82600
 Tohmajärven kunta
 noin 3 000 k-m²



Kuva 14. Esimerkki 1 luonnontuotehalli, tuotanto ja varastotila.

Kuvan 14 esimerkissä 1 maalämmön hyödyntäminen lämmityksessä tarkoittaa energiakulutuksessa sekä hiilijalanjäljessä merkittävää säästöä esimerkiksi polttoöljyn käyttöön verrattuna (energiakulutuksessa n. 60 %). Vastaavantyyppisessä rakennuksessa energiatarve on noin 200 MWh/vuosi eli polttoöljyratkaisuun verrattuna CO₂-ekv päästövähennys on vuositasolla noin 52 tonnia. Investoinnin takaisinmaksuaika on arviolta 10 vuotta.

Koulurakennus

Kartanontie 5, Puhos
 Kiteen kaupunki
 noin 2 000 k-m².



Kuva 15. Esimerkki 2 Koulurakennus.

Kuvan 15 esimerkissä käytössä oli öljylämmitys ja maalämpö. Öljyn kulutus on vähentynyt merkittävästi. Koulun tontin alueelle maahan on porattu kuusi kahdensadan metrin syvyistä maalämpökai-voa. Säästöä lämmityskustannuksissa on n. 20 000 euroa vuodessa. Vastaavantyyppisessä koulurakennuksessa energiatarve on arviolta noin 420 MWh/vuosi ja maalämpöjärjestelmän avulla pystytään kattamaan noin 90 % lämmitysenergiakulutuksesta. Laskennallinen CO₂-ekv päästövähennys on sitten vuositasolla noin 110 tonnia. Investoinnin takaisinmaksuaika on arviolta 10 vuotta.

Lautasuon päiväkotii

Ylämyllyntie 50
 Liperin kunta
 noin 800 k-m²



Kuva 16. Esimerkki 3 Lautasuon päiväkotii.

Kuvan 16 esimerkkiä 3 vastaavantyyppisessä päiväkotirakennuksessa energiatarve on arviolta noin 170 MWh/vuosi, ja maalämpöjärjestelmän avulla pystytään kattamaan noin 90 % lämmitysenergiakulutuksesta. Näin polttoöljyn kulutus pienenee vuositasolla noin 16 000 litralla, mikä tarkoittaa hiilijalanjäljessä merkittävää säästöä. Laskennallinen CO₂-ekv päästövähennys on sitten vuositasolla

noin 44 tonnia. Säästöä polttoöljykustannuksissa on noin 16 000 euroa vuodessa. Investoinnin takaisinmaksuaika on arviolta 10 vuotta.

Puolivälin päiväkoti

Viljatie 2, 804 00 Ylämylly
Liperin kunta
noin 1 300 k-m²



Kuva 17. Esimerkki 4 Puolivälin päiväkoti.

Kuvan 17 esimerkkiä 4 vastaavatyypisessä päiväkotirakennuksessa energiatarve on arviolta noin 270 MWh/vuosi, ja maalämpöjärjestelmän avulla pystytään kattamaan noin 90 % lämmitysenergiakulutuksesta. Näin polttoöljyn kulutus pienenee vuositasolla noin 27 000 litralla, joka tarkoittaa hiilijalanjäljessä merkittävää säästöä. Laskennallinen CO₂-ekv päästövähennys on vuositasolla noin 72 tonnia. Säästöä polttoöljykustannuksissa on noin 27 000 euroa vuodessa. Investoinnin takaisinmaksuaika on arviolta 10 vuotta.

Viinijärven linja-autoasema

Kauppatie 4
Liperin kunta
noin 500 k-m².



Kuva 18. Esimerkki 5 Viinijärven linja-autoasema.

Kuvan 18 esimerkkiä 5 vastaavatyypisessä rakennuksessa energiatarve on arviolta noin 105 MWh/vuosi, ja maalämpöjärjestelmän avulla pystytään kattamaan noin 90 % lämmitysenergiakulutuksesta. Näin polttoöljyn kulutus pienenee vuositasolla noin 10 000 litralla, joka tarkoittaa hiilijalanjäljessä merkittävää säästöä. Laskennallinen CO₂-ekv päästövähennys on sitten vuositasolla noin 28 tonnia. Säästöä polttoöljykustannuksissa on noin 10 000 euroa vuodessa. Investoinnin takaisinmaksuaika on arviolta 10 vuotta.

Sokos Hotel Break Koli

Ylä-kolintie 39, 839 60 Koli
Sokos Hotels



Kuva 19. Esimerkki 6 Sokos Hotel Break Koli.

Sokos Hotel Break Kolissa hyödynnetään myös kalliosta saatavaa kylmäenergia hotellin viilennykseen. Hotelliin rakennettiin energiaprojektin yhteydessä myös huoneistokohtaiset jäähdytykset, joiden käyttökustannukset ovat lähes ilmaiset. Jäähdytys otettiin käyttöön jo ennen kuin lämmityslaitos oli rakennettu. Jäähdytyksen hyötysuhde on jopa COP 20 (Lämpökerroin eli COP Coefficient Of Performance kertoo, mikä lämpöpumpun hyötysuhde on). Tässä tapauksessa laite tuottaa yhdellä kilowatilla sähköenergiaa 20 kilowattia lämpöenergiaa. Öljyrekkujen käynti kiinteistöön on loppunut ja vajaan kahdessa kuukaudessa hotelli on kuluttanut 20 000 litraa polttoöljyä vähemmän, mikä tarkoittaa hiilijalanjäljessä merkittävää säästöä. Säästöt alkuperäisiin laskelmiin ovat menneet suunnitelmien mukaisesti. Hotelli on jopa hivenen niistä edellä. Energiansäästö on 1 218 MWh/v eli 68 % ja CO₂-ekv päästövähennys 326 t/v eli 69 %.

Joensuun Elli, opiskelija-asunnot

Leinikkitie 4, Kiulu- ja Leilitie, Kimpikuja, Kalevankatu 26 B, Länsikatu 18 C, Suvikuja 8, Niskakatu 15 ja 16 D, Itäranta 18 ja Opiskelijankatu 7.



Kuva 20. Esimerkki 7 Joensuun opiskelija-asunnot.

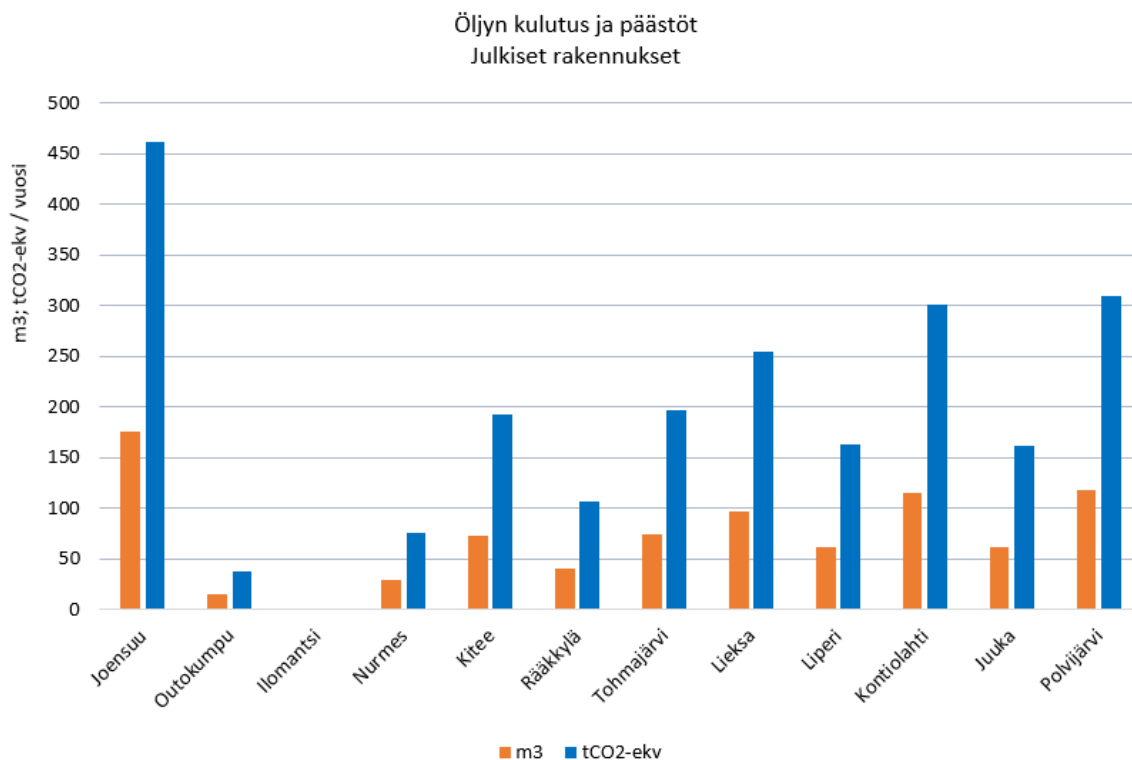
Opiskelija-asuntoja tuottavalla, ylläpitävällä ja vuokraavalla Joensuun Ellillä on tarjota opiskelija-asuntoja, joissa hyödynnetään maalämpöä. Kohteissa hyödynnetään maalämpöä kolmella eri tekniikalla, joista halvin on rakennuksen alla tai piha-alueella oleva maapiiri, jonka avulla tuloilmaa esilämmitetään – tai vastaavasti viilennetään kesäisin. Maalämpökaivot ja energiapaalut toimivat kaukolämmön rinnalla. Joensuun Ellillä ei ole tarkkaa tietoa maalämmön hyödyntämisen aiheuttamista kustannuksista, sillä muutokset ovat sisältyneet kokonais- tai LVI-urakkaan; takaisinmaksuajan arvioidaan olevan kuitenkin noin 10 – 15 vuotta. Kiulu- ja Leilitien kerrostalo sai kunniamaininnan vuoden 2013 *Suomen ympäristöystävällisin kerrostalo* -kilpailussa.

Tarkasteltaessa Pohjois-Karjalan lämmityssektorin vuoden 2017 kokonaisuutta (öljy, sähkö ja kaukolämpö) havaitaan sektorista aiheutuvien päästöjen olevan yhteensä 283 ktCO₂-ekv. Öljylämmityssektorin päästöjen määrä on 38 ktCO₂-ekv., sähkölämmityksen 119 ktCO₂-ekv. ja kaukolämmön 126 ktCO₂-ekv. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2019). On syytä huomioda, että vuoden 2020 alussa on valmistunut ns. Hinku-laskenta SYKE:n toimesta. Laskennan mukaan Pohjois-Karjalan maakunnan alueen vuoden 2017 öljylämmitys-sektorin päästöjen määrä on 56 ktCO₂-ekv., sähkölämmityksen 59,9 ktCO₂-ekv. ja kaukolämmön 145,5 ktCO₂-ekv. (SYKE 2020).

Öljylämmitys oli oman aikansa laatutuote, luotettava ja tehokas. Mutta nykyään öljylämmityksen päästöt ja ympäristöriskit nousevat järjestelmän etuja enemmän tapetille. Kiinteistöjen lämmityksen siirtyminen fossiilivapaaksi on huomattavan halpa ja tehokas keino vähentää CO₂-ekv päästöjä. Öljy rasittaa ympäristöä – niin lähiympäristöä pienhiukkaspäästöillään kuin maapalloa CO₂-ekv päästöillä.

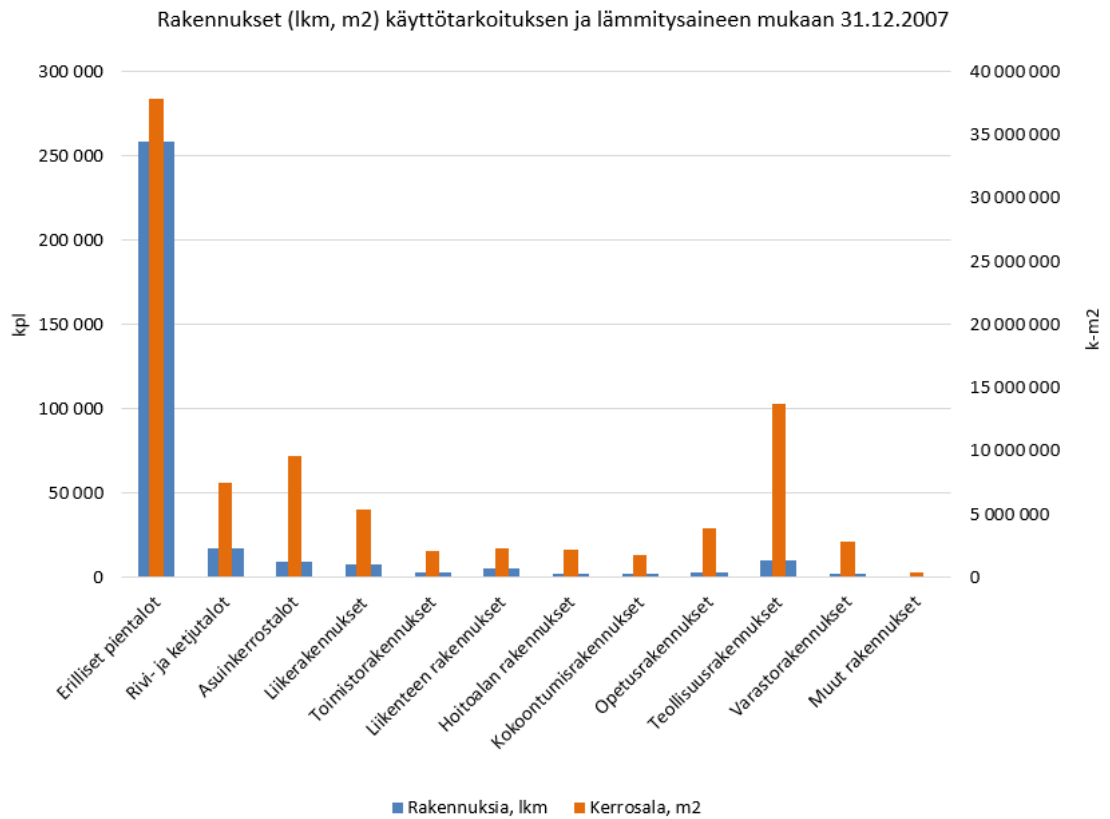
Kunnat ovat avainasemassa, kun kansalaisten ja yhdistysten päästöjä pyritään vähentämään. Kunnat voivat myös edesauttaa yritysten toimipaikan vähäpäästöisyyden kehittymistä muun muassa tuomalla teollisuusalueille vähäpäästöisen kaukolämpöverkon, joka on maalämpöä edullisempi vaihtoehto.

Kuvassa 21 on esitetty Pohjois-Karjalan kuntien julkisten rakennusten öljyn kulutus / vuosi sekä öljykulutuksen keskimääräiset CO₂-ekv päästöt (kulutusaineisto: Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2019).



Kuva 21. Öljylämmityksen kulutus vuodessa Pohjois-Karjalan kuntien julkisissa rakennuksissa ($1 \text{ m}^3 = n. 10\,000 \text{ kWh} = n. 2,63 \text{ tCO}_2\text{-ekv.}$).

Hallitusohjelman esityksen tavoitteena onkin asteittainen luopuminen öljyn käytöstä lämmityksessä 2030-luvun alkuun mennessä. Valtion ja kuntien kiinteistöissä öljylämmityksestä on tarkoitus luopua vuoteen 2024 mennessä ja muiden kiinteistöjen osalta aikaa annetaan 2030-luvun alkuun. Tilastokeskuksen tiedon mukaan Suomessa on ollut vuonna 2007 (viimeisin tieto, koska aineiston tuottaminen on lakkautettu) yhteensä 322 594 rakennusta (yhteensä n 90 milj. k-m²), jossa lämmityksessä käytettiin öljyä tai kaasua (kuva 22).



Kuva 22. Rakennukset (lkm, m2) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2007 (Tilastokeskus 2007, lakkautettu aineisto).

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Selvityksessä kuvataan, millainen potentiaali Pohjois-Karjalassa on maalämmön hyödyntämiseen rakennusten lämmityksessä. Työssä on syntynyt maakunnan geoenergiapotentiaalikartta ja selvitys periaatteista, millä voidaan edistää geoenergian käyttöä julkisessa rakentamisessa. Selvityksestä osoitetaan maakunnan erityisen edulliset alueet maalämmön hyödyntämiselle.

Lopputuloksena voidaan todeta, että geoenergiaa voidaan käyttää Pohjois-Karjalan kiinteistöjen lämmityksessä ja käyttöveden lämmityksessä sekä kiinteistöjen viilennyksessä. Vaikka pintamaan lämpötila vaihtelee paljonkin, niin lämpötila tasoittuu ja vakiintuu noin 15 metrin syvyydessä ollen vuoden ympäri maanpinnan keskilämpötilan luokkaa. Koska lämmönlähde, maankamara on Pohjois-Karjalassa suhteellisen viileä, se tarjoaa myös hyvät edellytykset viilennysenergian saannille ns. vapaalla viilennyksellä/kierrolla. Pohjois-Karjalassa geoenergian hyödyntämiseen lämmityksessä tarvitaan lämpöpumppu. Lämpöpumpuilla pystytään korvaamaan lämmöntuotannosta jopa 2/3 uusiutuvalla energialla.

Mahdollisuus hyödyntää geoenergiaa riippuu voimakkaasti maakerroksen paksuudesta, kallioperän ominaisuuksista ja sijaitseeko alue pohjavesialueella. Mitä paksumpi maapeite on, sitä kalliimpaa on energiakaivon tai –kaivokentän poraus. Myös kallioperän ominaisuuksilla, erityisesti lämmönjohtavuudella on suora yhteys energiakaivon energiantuottoon ja –tehoon / metri. Alueellisen kallioperän ominaisuudet vaikuttavat siten geoenergiaprojektin kustannuksiin ja samalla koko menetelmän kannattavuuteen.

Pohjois-Karjalan harjualueilla esiintyy tyypillisesti 20–30 metrin paksuisia maakerroksia. Yli 50 metrin paksuisia maakerroksia esiintyy Tohmajärvellä, Kiteellä, Joensuussa ja Kontiolahtella. Kivilajien lämmönjohtavuuksien perusteella Pohjois-Karjalan ja Heinäveden alue soveltuu keskimäärin kohtalaisesti geoenergian käyttöön. Geoenergiapotentiaaliltaan paras laajahko alue ulottuu Juuasta Kontiolahteen. Tällä alueella geoenergiapotentiaali on pääosin hyvä tai erittäin hyvä. Vastaavantyyppiset hyvät alueet löytyvät Lieksan ja Ilomantsin rajalla, Joensuussa, Tohmajärvellä ja Kiteellä. Heikoimmin geoenergian hyödyntämiseen soveltuvia alueita ovat harjualueet. Laajoja keskimääräistä heikommin soveltuvia alueita on kuitenkin myös esimerkiksi Polvijärvellä, Rääkkylässä, Outokumussa ja Liperissä. Alueella sijaitsevat vedenhankinnan kannalta tärkeät pohjavesialueet voivat rajoittaa geoenergiapotentiaalain hyödyntämistä.

Tämä selvitys on geoenergian hyödyntämiseen tähtäävän ketjun alkupäässä. Geoenergian lopullinen hyödynnettävyys ja energajärjestelmien mitoitukset selviävät geologisten tutkimusten, teknis-taloudellisten tarkastelujen ja tarkemman suunnittelun myötä.

8 Kirjallisuus ja lähteet

- Breilin, O. Huusko, A. Martinkauppi, A. Putkinen N. ja Wik, H. Geologian tutkimuskeskus, Länsi-Suomen yksikkö. 2013. Oulun Geoenergiaalipotentialin selvitys.
- FCG 2017. Pohjois-Savon kohdennettu geoenergiaselvitys. https://www.pohjois-savo.fi/media/seminaarit-ja-tapahtumat/2017/geoenergia/pohjois-savon_geoenergiapotentialiselvitys_raportti_fcg_2017.pdf
- Geologian tutkimuskeskuksen nettisivut: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/geoenergia/> Viitattu 7.6.2016.
- Huusko, A. Lahtinen, H. Martinkauppi, A. Putkinen, N. Putkinen, S. ja Wik, H. Geologian tutkimuskeskus, Länsi-Suomen yksikkö. 2015. Keski-Suomen geoenergiaalipotentiali.
- Juvonen, J. ja Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo, Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 2013.
- Kallio, J. 2012, GTK, Geoenergian hyödyntäminen lämmityksessä ja jäähdytyksessä, esityskalvosarja 12.9.2012.
- Leppäharju, N. 2008. Kalliolämmön hyödyntämiseen vaikuttavat geofysikaaliset ja geologiset tekijät.
- Motiva, Palvelusektorin ominaiskulutuksia 2009-2014.
- Peltoniemi, S. ja Kukkonen, I. Geologian tutkimuskeskus, Geofysiikan osasto. 1995. Kivilajien lämmönjohtavuus Suomessa: Yhteenveto mittauksista 1964 – 1994.
- Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2019. Pohjois-Karjalan maakunnan päästövähennyspotentialiselvitys, CLEAN –hanke. LCA Consulting Oy. <https://www.pohjois-karjala.fi/documents/33565/34574/Pa%CC%88a%CC%88sto%CC%88va%CC%88hennyspotentialiselvitys.pdf/3531db71-f0f0-d877-bf5e-e53a0d6f53e0>
- SYKE. 2020. Kuntien ja alueiden khk-päästöt. <https://paastot.hiilineutraalisuomi.fi/>
- Sulpu ry. 2020. Suomessa käytössä olevat lämpöpumput 1996 – 2019. <https://www.sulpu.fi/lampopumput>
- Tilastokeskus 2007. Rakennukset (lkm, m2) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2007. <http://tilastokeskus.fi/til/rak/index.html>