



**Etelä-Savon
maakuntaliitto**

FCG ●

Etelä-Savon geoenergiaselvitys

GEOENERGIAN TUOTANTOON SOVELTUVAT ALUEET

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
2	Geoenergiapotentiaalin arviointimenetelmä.....	4
2.1	Tausta.....	4
2.1.1	Geoenergian hyödyntäminen.....	4
2.1.2	Geoenergian hyödyntämisen rajoitukset.....	9
2.2	Lähtöaineistot.....	10
2.2.1	Avoimet paikkatietoaineistot.....	10
2.3	Analyysin kuvaus ja oletukset.....	11
2.3.1	Maanpeitteen paksuuden analyysi.....	11
2.3.2	Kallioperä- ja lämmönjohtavuusanalyysi.....	11
2.3.3	Lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto.....	12
3	Tulokset.....	12
3.1	Analyysin tulokset maakunnallisella tasolla.....	12
3.1.1	Maapeitteen paksuus.....	12
3.1.2	Maapeitteen kerrospaksuudet Etelä-Savon alueella.....	13
3.1.3	Kallioperä ja lämmönjohtavuus.....	14
3.1.4	Geoenergiapotentiaalikartta.....	14
	Geoenergiapotentiaalikartan luokituksen selvennys:.....	17
3.1.5	Maalämmön hyödyntäminen pohjavesialueilla.....	20
3.2	Analyysin tulokset taajamien tasolla.....	21
3.2.1	Mikkeli.....	21
3.2.2	Enonkoski.....	22
3.2.3	Hirvensalmi.....	23
3.2.4	Kangasniemi.....	24
3.2.5	Mäntyharju.....	25
3.2.6	Pertunmaa.....	26
3.2.7	Pieksämäki.....	27
3.2.8	Puumala.....	28
3.2.9	Rantasalmi.....	29
3.2.10	Savonlinna.....	30
3.2.11	Sulkava.....	31
3.2.12	Juva.....	32
3.3	Aineiston tarkkuus ja epävarmuustekijät.....	32
4	Geoenergiaa täydentävät järjestelmät.....	34
4.1	Energiatehokkuus.....	34

4.2	Geoenergia ja aurinkolämpö	34
4.3	Geoenergia ja aurinkosähkö	35
4.4	Geoenergia ja kaukolämpö	35
5	Lämmön varastointimahdollisuudet	35
5.1	Kiinteistöjen viilennyksen lauhde-energian talteenotto	35
5.2	Maaperävarastointi	36
5.3	Energiakaivovarastointi	36
5.4	Kaukolämpöverkko lämpövarastona	36
5.5	Lämpöakku/-varaaja varastointi	36
6	Esimerkkejä Suomesta ja maailmalta	37
6.1	Esimerkkejä geoenergian hyödyntämisestä julkisissa rakennuksissa	38
7	Yhteenveto ja johtopäätökset	41
8	Kirjallisuus ja lähteet	42

Etelä-Savon geoenergiaselvitys

1 Johdanto

Maailmanlaajuisten ilmastotavoitteiden mukaisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöä tulisi huomattavasti lisätä tulevaisuudessa. Selvitys liittyy vireillä olevaan 3. vaihemaakuntakaavan laatimiseen, jonka yksi keskeinen tavoite on edistää vihreää siirtymää ja osoittaa uusiutuvan energian tuotantomahdollisuuksia Etelä-Savossa. Etelä-Savon geotermisen energiaselvityksen tavoitteena on tuottaa maakuntakaavan ja energiastrategian valmistelua varten tarvittavat tiedot Etelä-Savon maakunnallisen ja paikallisen geoenergian edellytyksistä sekä edistämiskeinoista ja arvioida geoenergian vaikutuksia Etelä-Savon maakunnan alueella. Etelä-Savon geoenergiaselvitys palvelee osaltaan maakunnan alueella tehtävää ilmastotyötä. Etelä-Savon tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä, mikä edellyttää monenlaisia toimenpiteitä useilla eri sektoreilla. Esimerkiksi rakennusten lämmittämisestä aiheutuu huomattavia hiilidioksidipäästöjä, minkä vuoksi on tarpeen kartoittaa vaihtoehtoisia lämmitysratkaisuja erityisesti öljyn korvaamiseksi uusiutuville energiamuodoilla.

Hankkeen hallinnoijana toimii Etelä-Savon maakuntaliitto. Ympäristöministeriö myönsi hankkeelle valtionavustuksen vihreän siirtymän investointihankkeita edistäviin selvityksiin ja kaavoitukseen.

Yksi selvityksen tavoitteista on tuottaa parempaa tietoa siitä, miten voidaan edistää kestäväen energian käyttöä muun muassa maankäytön suunnittelussa, energia-alan toimijoilla ja maalämpöä harmitsevilla. 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 Etelä-Savossa on maalämmön hyödyntämiseen rakennusten lämmityksessä. Työssä on syntynyt maakunnan geoenergiapotentiaalikartta ja selvitys periaatteista, joilla 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 vaakasuntaisten maalämpöputkistojärjestelmien toteuttamispotentiaalia, eikä vesistöihin sijoitettavien lämmönkeruuputkistojen toteuttamismahdollisuuksia. Geoenergiapotentiaalikartassa otetaan kantaa vain porattujen lämpökaivojen toteuttamispotentiaaliin.

Etelä-Savon geoenergiapotentiaaliselvityksen laatimista ohjasi Etelä-Savon maakuntaliitto. Työryhmään kuuluivat Päivi Rahikainen ja Sanna Poutamo Etelä-Savon liitosta, Finnish Consulting Group Oy:ssä kartoitusta ovat laatineet Jan Tvrdý (projektipäällikkö) ja Mikko Salminen (suunnittelija).

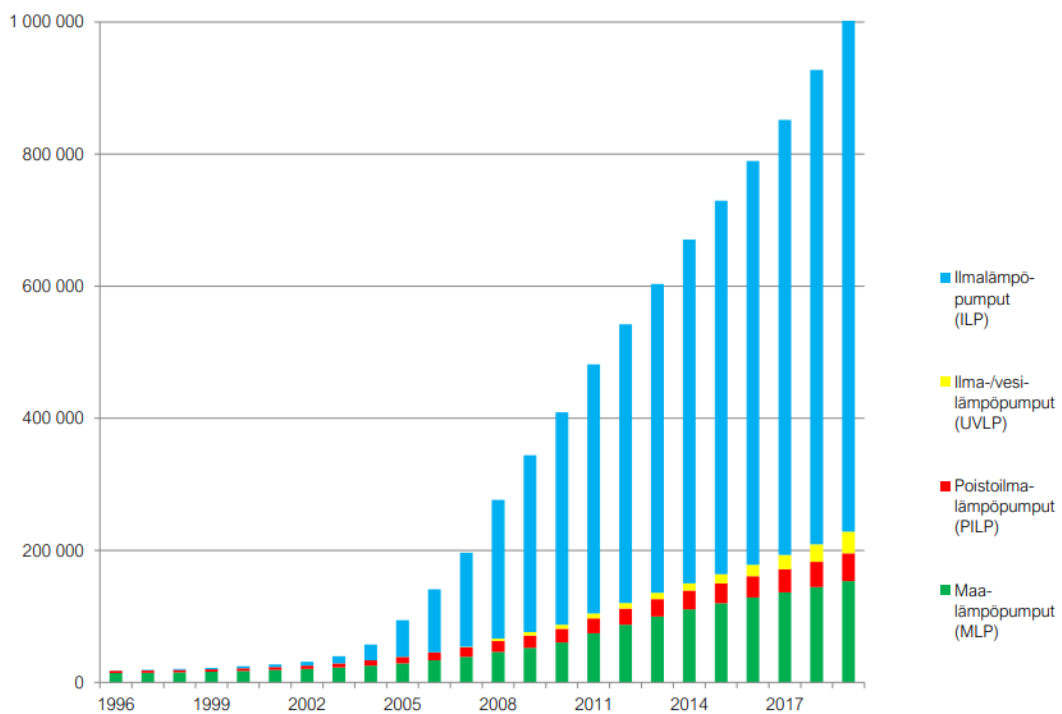
2 Geoenergiapotentiaalin arviointimenetelmä

2.1 Tausta

2.1.1 Geoenergian hyödyntäminen

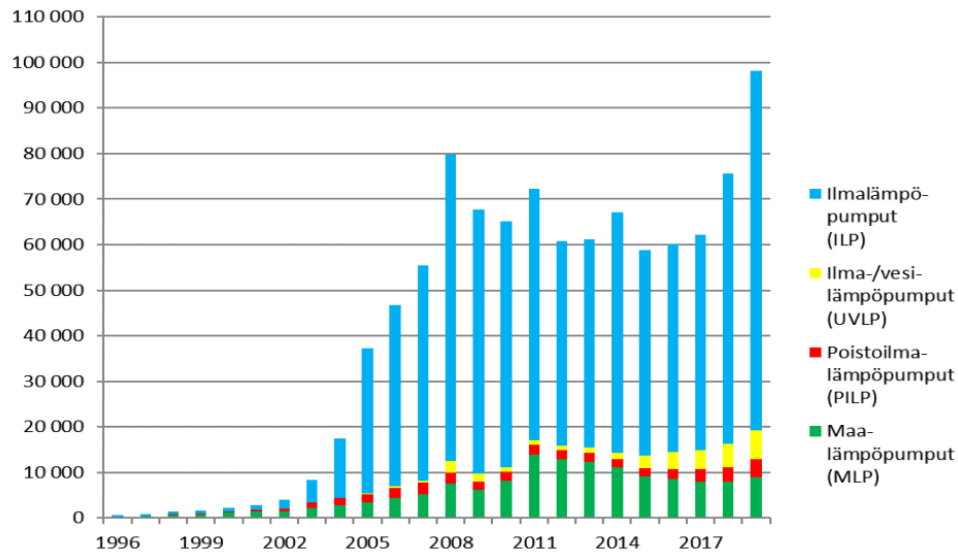
Maalämpö on uusiutuvaa auringon säteilystä saatavaa energiaa, jonka käyttö kiinteistöjen lämmitysratkaisuna on nykyisin yleistynyt huomattavasti. Maalämmöllä tarkoitetaan maaperään tai veden massaan varastoitunutta auringon lämpöenergiaa. Syvemmillä kallioperässä lämpöenergia on taas pääosin radioaktiivisten 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 taas maalämpöpumppu soveltuu hyvin päälämmitysratkaisuksi.



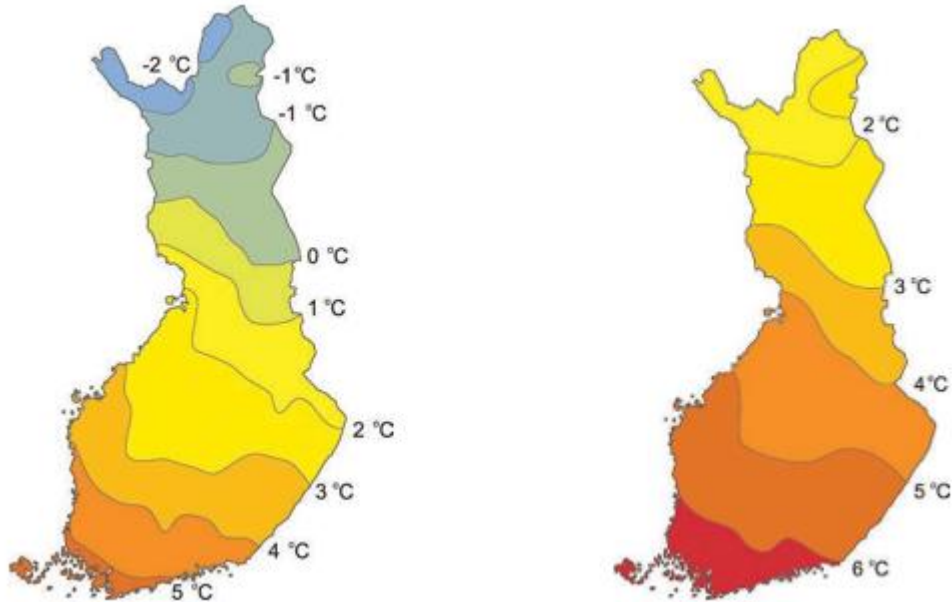
Kuva 1. Suomessa käytössä olevat lämpöpumput 1996–2019 (Lähde: Sulpu ry).

Maalämpöpumppujen myynti kasvoi voimakkaasti vuoteen 2011 saakka, mutta on sen jälkeen ollut laskussa (kuva 2). Vuoden 2011 voimakas kasvuhypäys johtui investointituesta, joka heijastui seuraaviin vuosiinkin. 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 toteutetuista maalämpöratkaisuksista perustuu kuitenkin kalliioon porattuun energiakaivoon.



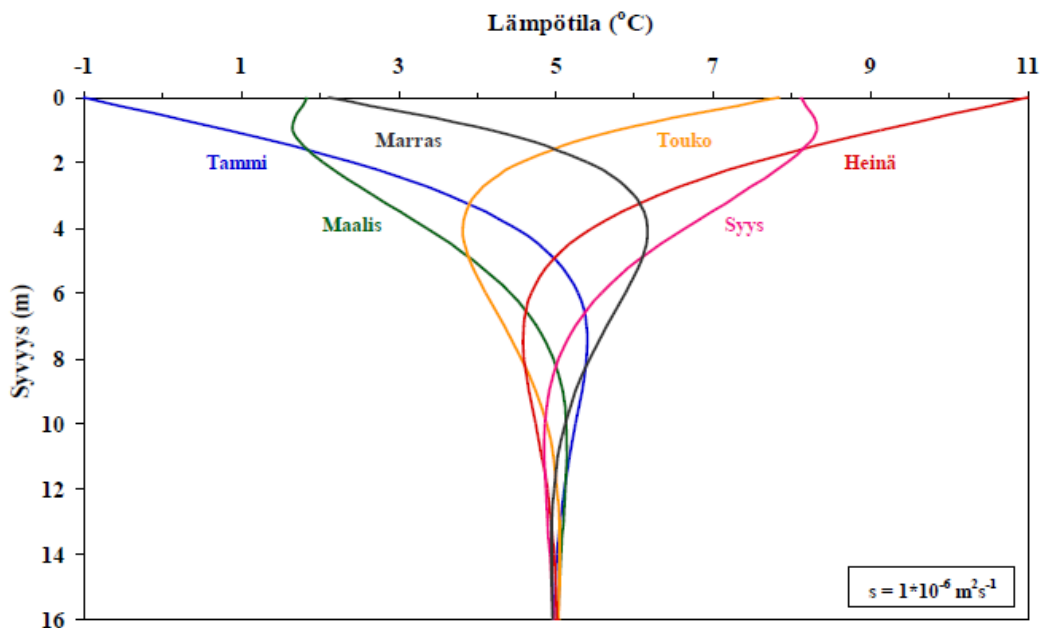
Kuva 2. Suomessa myydyt maalämpöpumput (kpl, vihreällä) 2006–2019 (Lähde: Sulpu ry).

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.



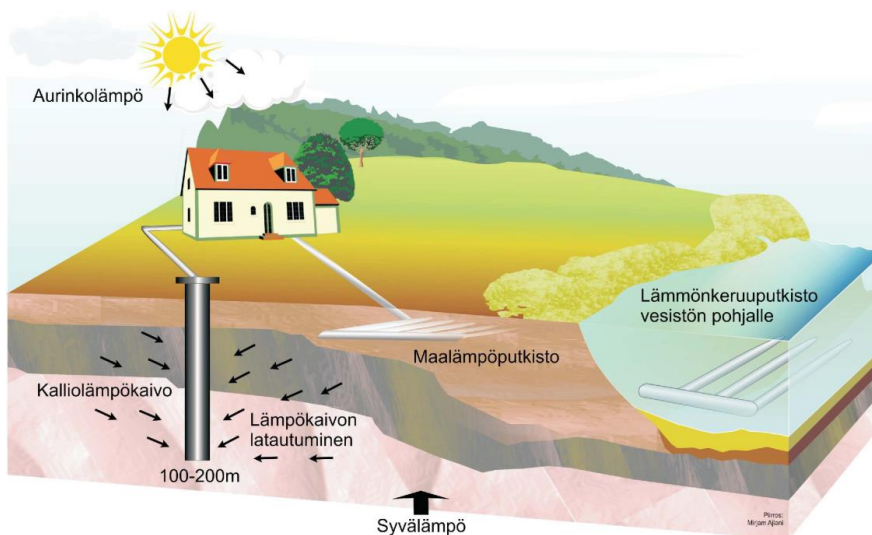
Kuva 3. Vasemmalla ilmalämpötilan vuotuinen keskiarvo ja oikealla maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo (Lähde: Ympäristöopas 2013).

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.



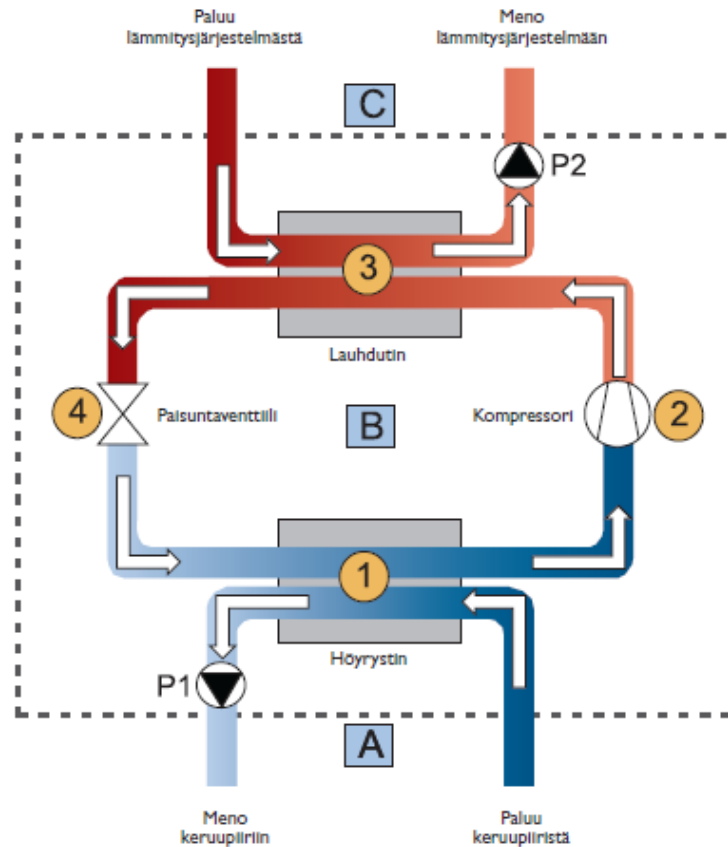
Kuva 4. Maanpinnan vuodenajan mukainen lämpötilavaihtelu (Lähde: Leppäharju 2008).

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 lämmönluvutukseen (C). Lämpöpumpun pääkomponentit ja toimintaperiaatekaavio on esitetty kuvassa 6.

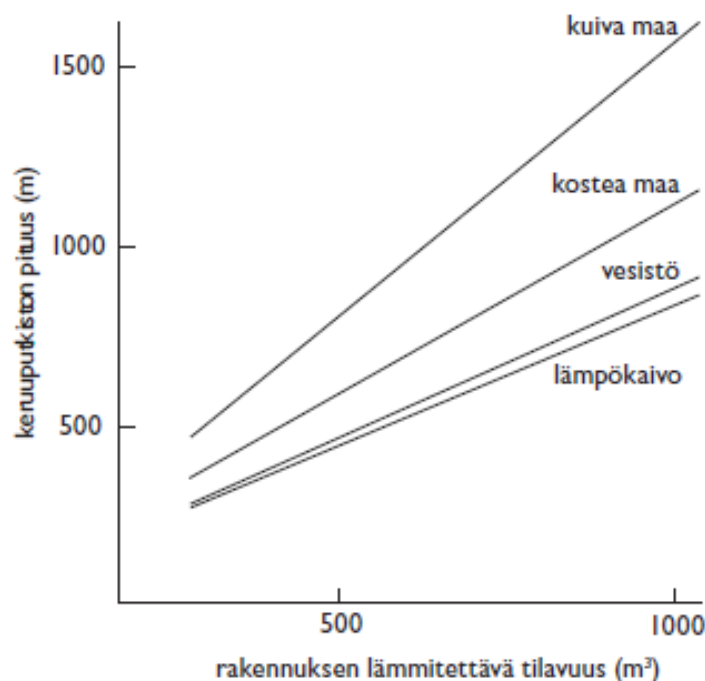


Kuva 6. Lämpöpumpun pääkomponentit ja toimintaperiaatekaavio (Lähde: Ympäristöopas 2013).

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 alentama liuoksen lämpötila 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. Vesistöstä 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 rakennuslupan 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 vi-noreikäenä. 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.

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. Vaakaputkiston asennuksessa maaperään 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	Suositteltu minimietäisyys
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 <5 m, <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 tarkem-malle maanpeitteen paksuuden ja geoenergiapotentialin 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 aineis-toa. Tämä aineisto sisältää kivilajitiedot aluerajauksina, kallioperähavainto- ja kairauspisteet sekä olennaiset tektoniset havainnot, litologiset primäärirakenteet, malmimineraalit ja metamorfiset indeksimineraalit. Tässä työssä aineistoa käytettiin lähtötietoaineistona kivilajien määrittämiseksi tutkittavilla alueilla. Kivilajien lämmönjohtavuudella on merkitystä geoenergiapotentialin 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 kairausten syvyystietoja saatiin Rototec Oy:n porausaineistosta. 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 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 ole-massa olevaa geomorfologiaa käsittelevää aineistoa (SYKE – 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 geoenergian 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 maapeitteen paksuuden vaikutukset geoenergiapotentiaalin hyödyntämiseen on esitetty luvussa 3.1.4.

Aineisto: Kallioperän ominaisuudet (KO)					
jäsenyysarvo	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: Maapeitteen paksuus (MP)					
jäsenyysarvo	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
luokka	1	2	3	4	5
maapeitteen paksuus [m]	< 5	5–10	10–20	20–30	> 30
Aineisto: Ehdottomat kieltoalueet (EK)					
jäsenyysarvo	1.00			0.00	
arvo	ei ole			on	
Geoenergiapotentiaalin luokka ($GL = KO_{j.arv} \times MP_{j.arv} \times EK_{j.arv}$)					
jäsenyysarvo	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 (Etelä-Savo) kallioperästä parasta lämmönjohtavuutta ja samalla geoenergian lähdettä edustavat kvartsipitoiset kivilajit kuten graniitit ja kvartsiitit. Suomessa kivilajien lämmönjohtavuuden keskiarvo on 3,24 W/mK (Peltoniemi 1996) ja Etelä-Savon alueella lämmönjohtavuus vaihtelee yleisesti välillä 2–6 W/mK. W/mK tarkoittaa watti / kelvin metriä ja yksikkö kuvaa, miten hyvin materiaali johtaa lämpöä. Geoenergian hyödyntämispotentiaaliin vaikuttaa maapeitteen paksuus. Maanpeitteen paksuus vaikuttaa hankkeen toteuttavuuteen ja kannattavuuteen. Kaivon yläosa suojaputkitetaan aina. Tämän takia maaporauksen hinta on kaksin- tai jopa kolminkertainen kallioporauksen hintaan verrattuna, jolloin maaporaus muodostaa merkittävän osuuden koko geoenergiajärjestelmän kustannuksista. Koko selvitysalueella maapeitteen paksuus vaihtelee nolasta yli 120 metriin. Geoenergiapotentiaalikartta syntyi kallioperän ominaisuuksien ja maapeitepaksuuden yhdistämisellä paikkatietomenetelmiä käyttäen.

3.1 Analyysin tulokset maakunnallisella tasolla

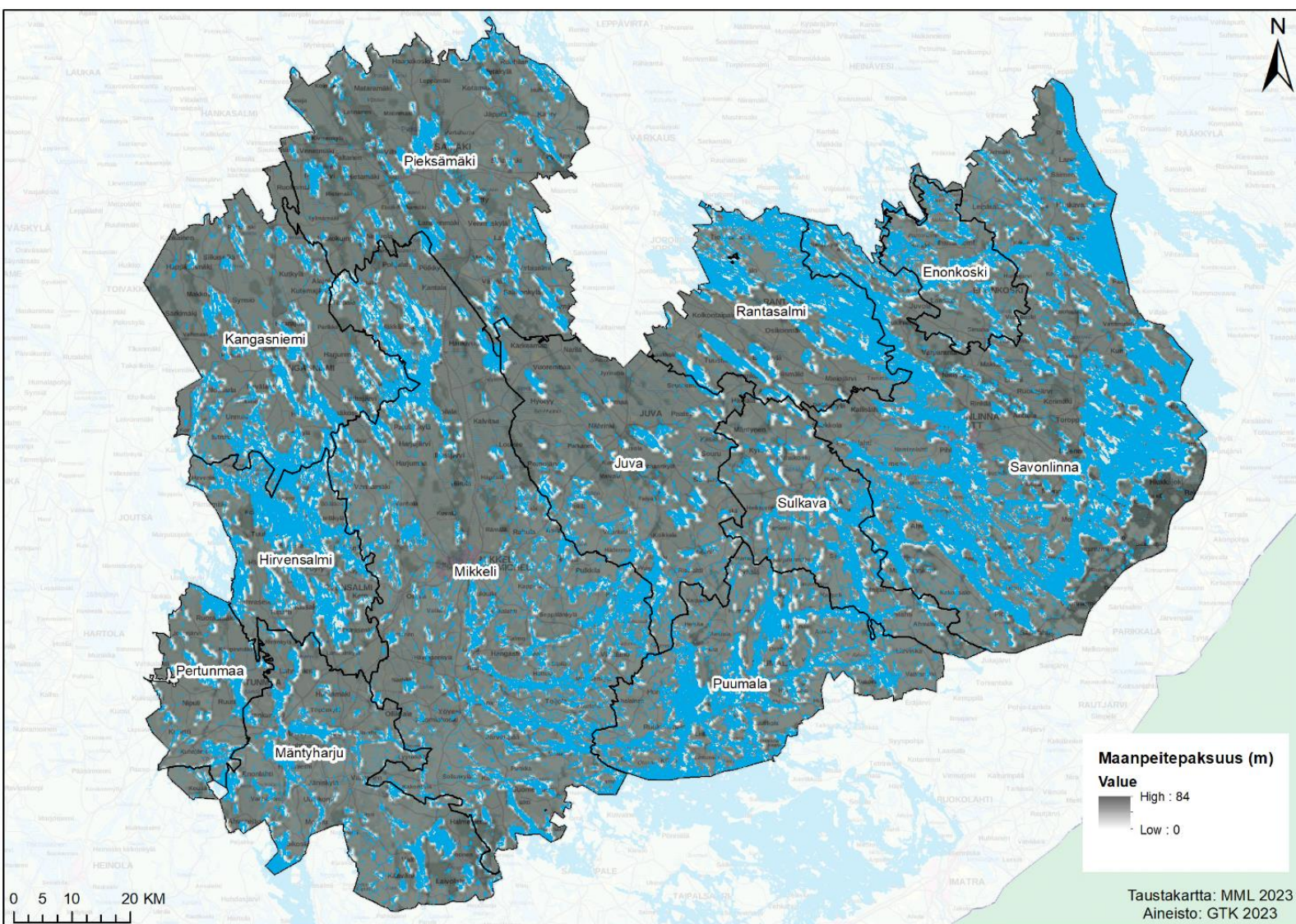
3.1.1 Maapeitteen paksuus

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 valumisen energiakaivoon. Suojaputkena käytetään muoviputkea, mutta pääsääntöisesti maa-aineskerroksen ollessa yli kolme metriä käytetään teräsputkea. Maanpeitteen paksuus vaikuttaa lisäporaustarpeeseen, sillä maaperän lämmönsiirto-ominaisuudet ovat heikommät kuin kallioperässä. Maanpeitteen heikompi lämmönsiirto pitää kompensoida lisäämällä energiakaivon syvyyttä, jotta saavutetaan laskennallisesti määritelty riittävä aktiivinen keruupiirin pituus.

3.1.2 Maanpeitteen kerrospaksuudet Etelä-Savon alueella

Etelä-Savossa maanpeitteen paksuudet ovat pääasiassa alle 10 metriä. Harjualueilla ja hiekkamailla maanpeitteen paksuus on noin 30 metriä. Salpausselän reunamuodostuma sijoittuu maakunnan kaakkoisosiin, tällä alueella maanpeitteen paksuus on noin 50 metriä. Näillä alueilla usein sijaitsevat myös alueen vedenhankinnan kannalta tärkeimmät pohjavesialueet. Kalliopaljastumia tavataan koko Etelä-Savon alueella. Kalliopaljastumien lähialueilla maakerrospaksuudet ovat matalampia (alle 10 metriä), kun pelto- ja turvealueilla esiintyy noin 10–30 metrin paksuisia maakerroksia. Maanpeitteen paksuus Etelä-Savon alueilla on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Maanpeitteen paksuus (metriä) Etelä-Savon maakunnan alueella.

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). Geoenergiapotentialin selvityksessä on käytetty kirjallisuudessa esitettyjä lämmönjohtavuusarvoja. Kirjallisuuden perusteella on käytetty alueen yleisimpien kivilajien lämmönjohtavuuksina seuraavia arvoja:

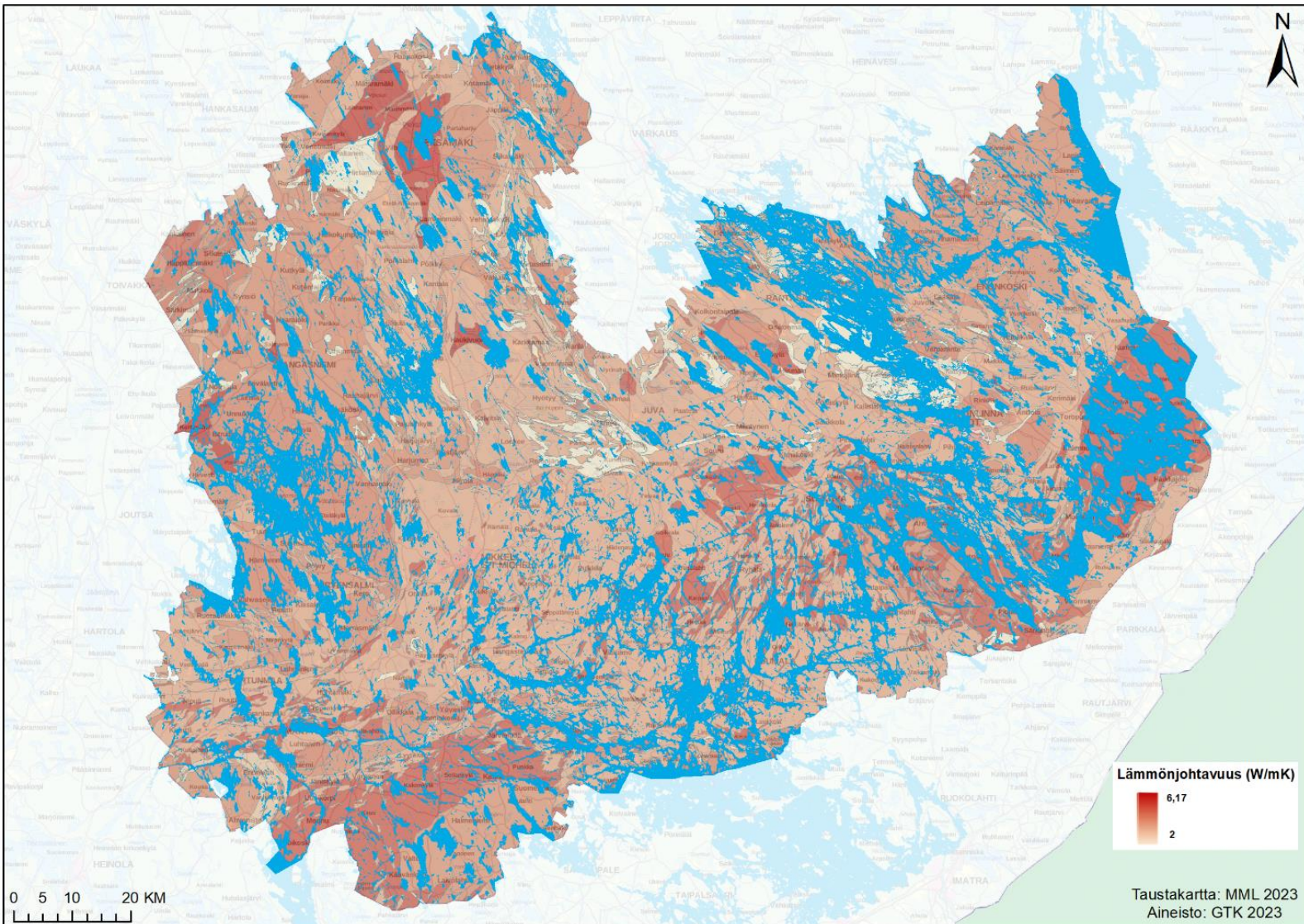
- Kiillegneissi ja -liuske, lämmönjohtavuus 2,8...2,99 W/(mK)
- Mafinen vulkaniitti (emäksinen vulkaniitti), lämmönjohtavuus 2,85 W/(mK)
- Granodioriitti, lämmönjohtavuus 3,19 W/(mK)
- Tonalittinen gneissi (pohjagneissi), lämmönjohtavuus 3,20 W/(mK)
- Graniitti, lämmönjohtavuus 3,55 W/(mK)
- Kvartsiitti,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

Kivilajien lämmönjohtavuuksien perusteella Etelä-Savon alue (lämmönjohtavuuksien keskiarvo 3,08 W/mK) on Suomen kivilajien lämmönjohtavuuksien keskiarvoon (3,24 W/mK) verrattuna hieman heikompi. Lämmönjohtavuudeltaan laajimmat esiintymät parhaimpien kivilajien osalta Etelä-Savossa ovat Pieksämäellä, Kangasniemellä ja Mäntyharjulla (kuva 10).

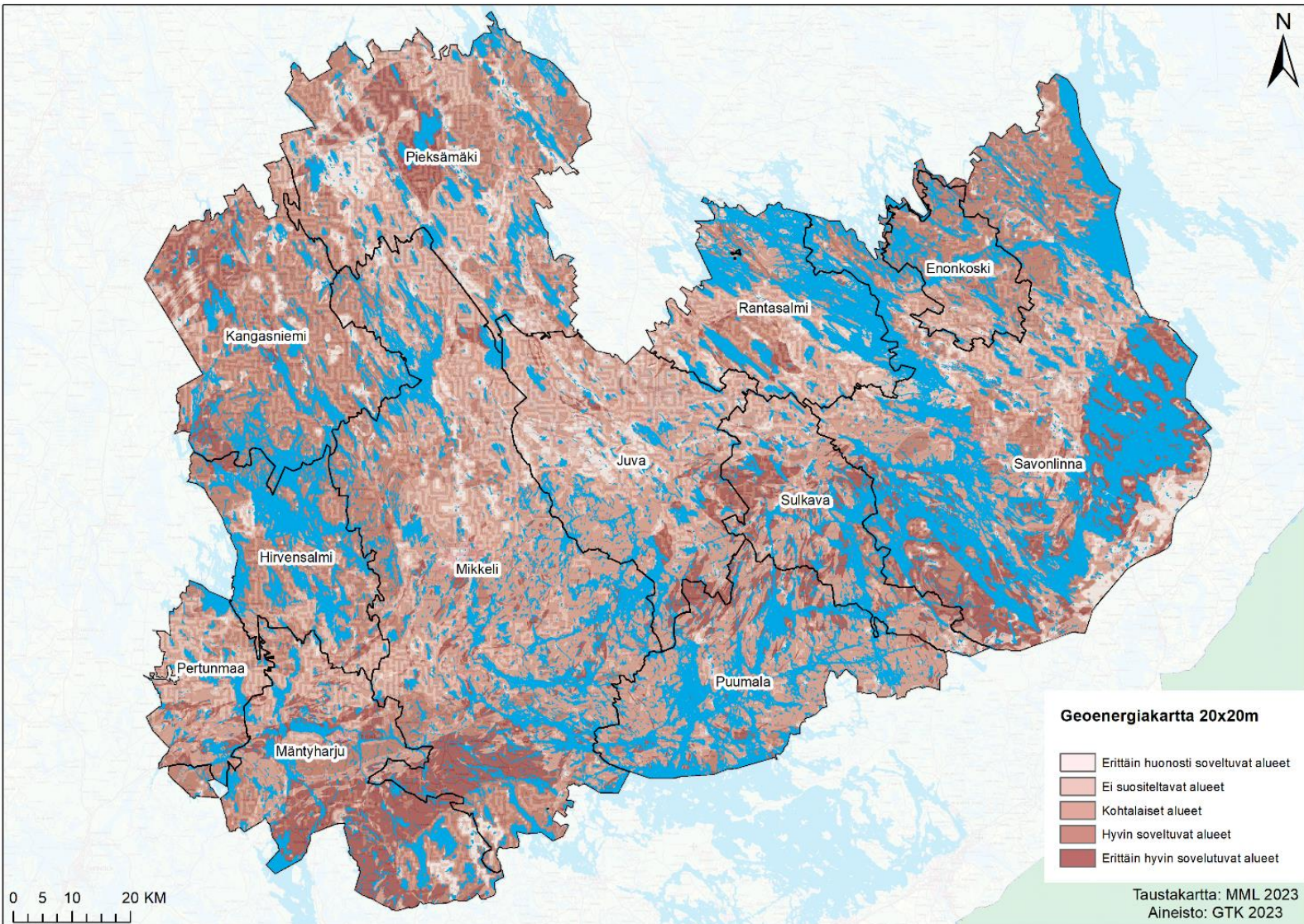
3.1.4 Geoenergiapotentialikartta

Geoenergiapotentialikartan rasteriaineisto (geotiff) on toteutettu 20 x 20 metrin resoluutiolla, Suomessa käytetyssä ETRS-TM35FIN koordinaatistossa (EPSG:3067). Korkeusjärjestelmänä on N2000 -korkeusjärjestelmä. Aineisto kattaa Etelä-Savon maakunnan. Kartta esitetään kuvassa 11.

Geoenergiapotentialiltaan paras laajahko alue sijoittuu Pieksämäelle. Tällä alueella geoenergiapotentialiaali on pääosin hyvä tai erittäin hyvä. Vastaavantyyppiset geoenergian hyödyntämiseen hyvin soveltuvat alueet löytyvät Kangasniemeltä ja Mäntyharjulta. Heikoimmin geoenergian hyödyntämiseen soveltuvia alueita ovat harjualueet. Laajoja keskimääräistä heikommin soveltuvia alueita on kuitenkin myös esimerkiksi Rantasalmella ja Pieksämäellä.



Kuva 10. Kallioperän lämmönjohtavuus Etelä-Savon maakunnan alueella.

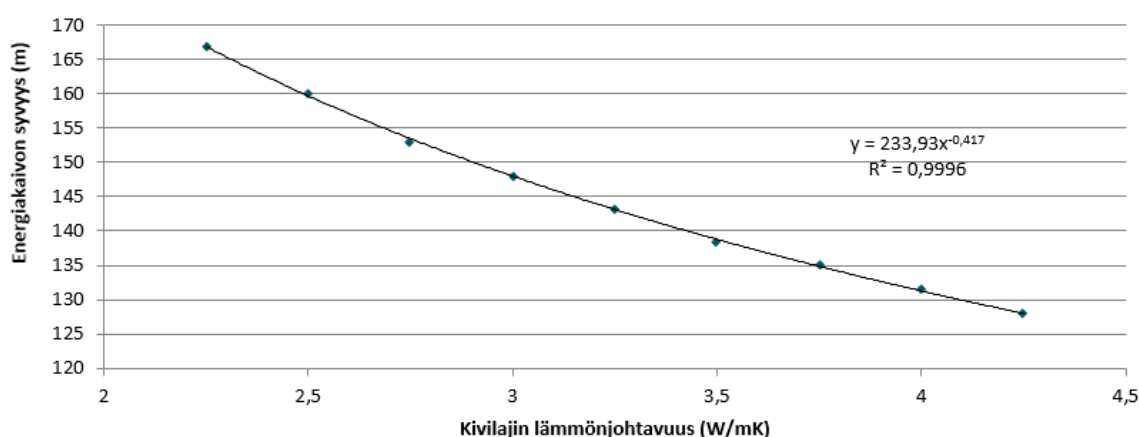


Kuva 11. Geoenergiapotentiaali Etelä-Savon maakunnan alueella.

Geoenergiapotentiaalikartan luokituksen selvennys:

- **Erittäin huonosti soveltuvat alueet** ovat alueita, joissa kivilajin lämmönjohtavuus on selvästi heikompi kuin keskimääräinen lämmönjohtavuus Etelä-Savossa 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 Etelä-Savossa. 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 Etelä-Savossa.
- **Erittäin hyvin soveltuvat alueet** ovat alueita, joissa kivilajin lämmönjohtavuus on selvästi parempi kuin keskimääräinen ja / tai maapeite ohuempi kuin keskimäärin Etelä-Savossa. Muihin alueisiin verrattuna toteuttamiskustannukset ovat todennäköisesti pienempiä.

On syytä ottaa huomioon, että geoenergiapotentiaalikartta antaa likimääräisen kuvan maalämmön hyödyntämisestä Etelä-Savossa 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 maanlaiset tilat voivat rajoittaa maalämmön hyödynnettävyyttä. Geoenergiapotentiaalikartassa huomioon otetut kallioperän geofysikaaliset ja geologiset tekijät vaikuttavat energiakaivon syvyyteen (kuva 12).



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

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 mitoitukseen 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 energiapitoa sekä 60 %:n tehopeittoa, eli talvipakkasilla lämmityspiikit katetaan sähkövastuksilla. Laskennalliseen energiakaivojen kokonaissyvyyteen lisättiin vielä 5 metriä pohjapainolle ja lietesepälle 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 päiväkoti/koulurakennuksen (lämmitettävä 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 keskisyvyys 280 metriä.

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. Tyypikiinteistöinä 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 kannattavuuteen vaikuttavien tekijöiden vertailu eri geoenergiapotentiaaliluokissa tyypikiinteistöittäin.

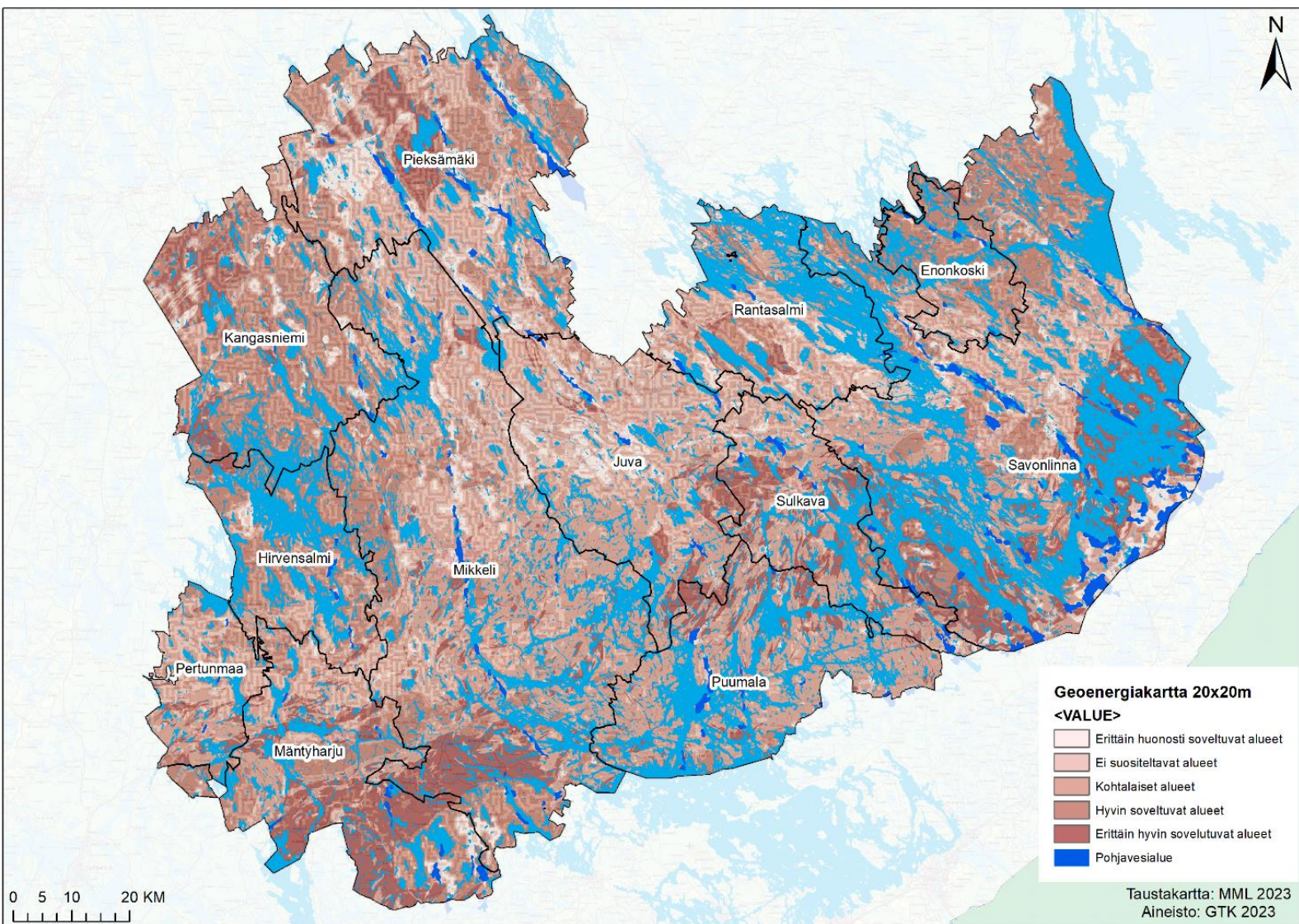
Kiinteistötyyppi		Pientalo	Pientalo	Rivitalo	Rivitalo	Koulu/päiväkoti	Koulu/päiväkoti	Toimistorakennus	Toimistorakennus
		luokka 2	luokka 4	luokka 2	luokka 4	luokka 2	luokka 4	luokka 2	luokka 4
Geoenergiapotentiaali									
Kaivon kokonais-syvyys	m	116	141	213	238	280	305	260	285
Poraus kustannukset	€	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 tyypikiinteistöittäin.

		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 aiheuttaa mahdollisesta kairauksen aikaisesta poltto- ja voiteluaineiden vuodoista, tärinän ja paineilman aiheuttamasta pohjaveden samentumisesta, paineellisesta pohjavedestä tai pakusta pohjavesikerroksesta. Ruhjeisessa 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 Etelä-Savon alueella sijoittuvat Salpausselän alueelle (kuva 13). Maalämpökaivon poraamisen yhteydessä hyvälaatuiseen pohjaveteen voi sekoittua laadultaan heikompilaatuista 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.



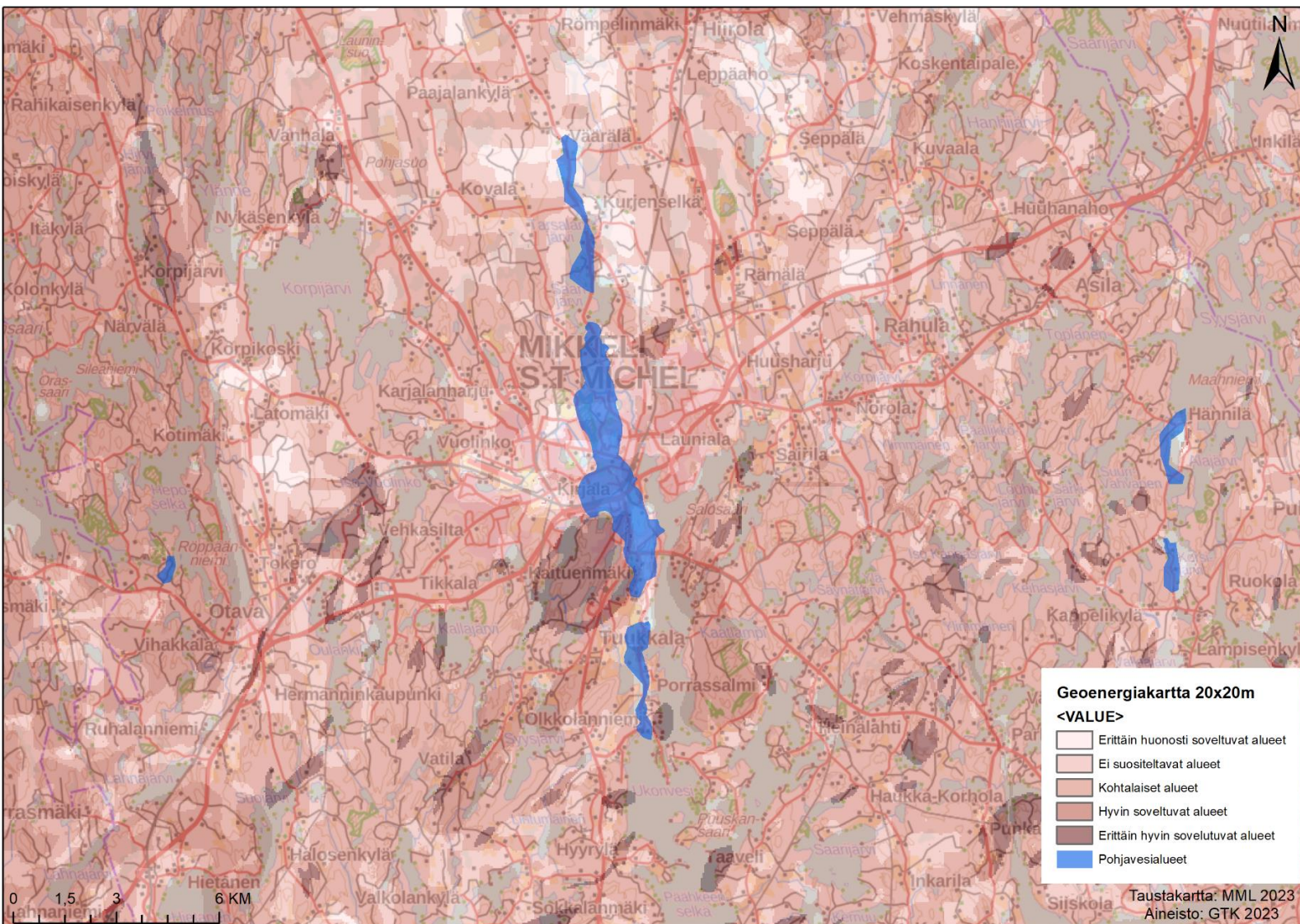
Kuva 13. Pohjavesialueet Etelä-Savon alueella

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 Analyysin tulokset taajamien tasolla

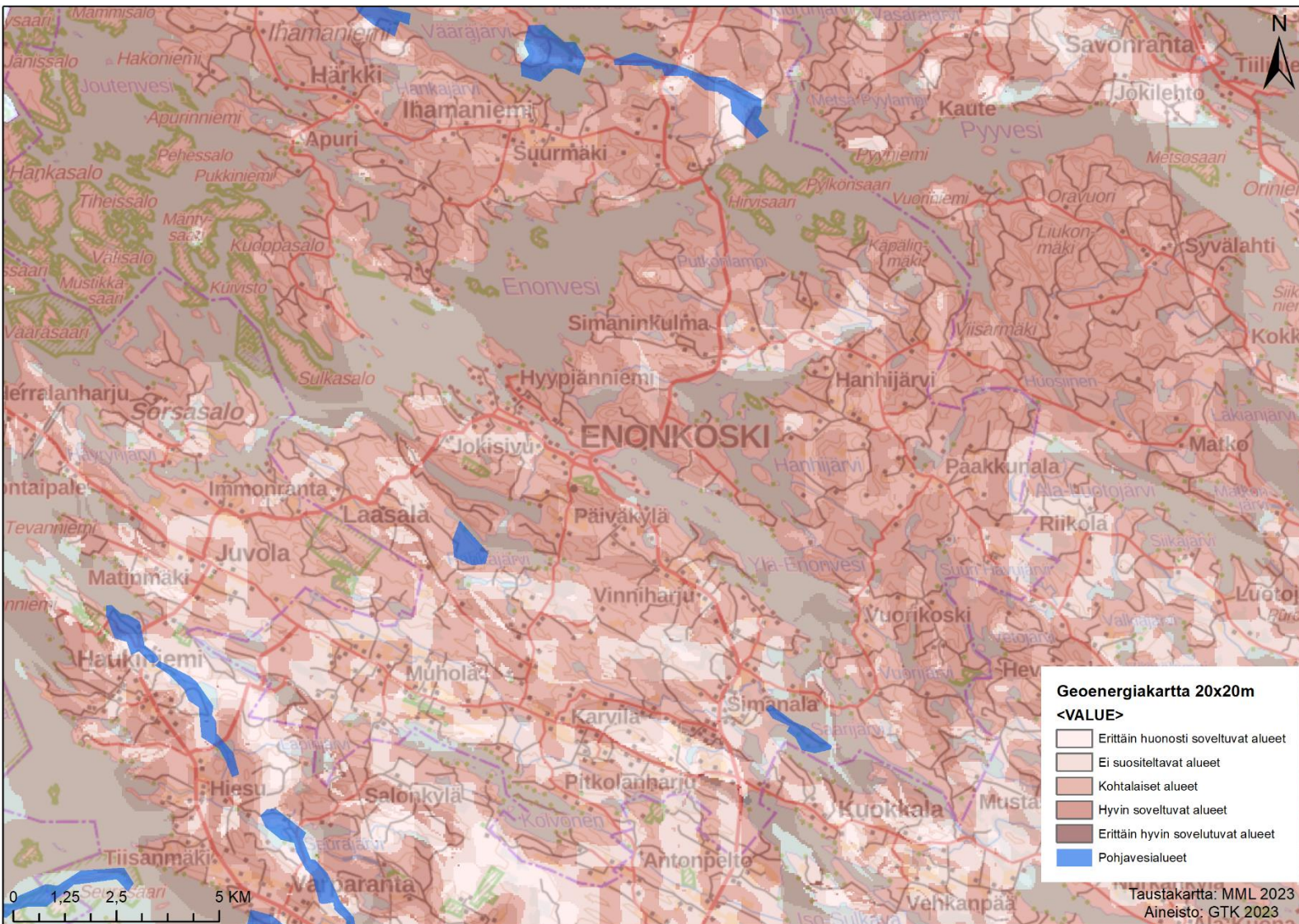
3.2.1 Mikkeli



Kuva 14. Mikkelin taajaman geoenergiapotentialiaali

Mikkelin taajaman läheisyydessä lämmönjohtavuuden osalta parhaita alueita sijoittuu Kaituenmäen alueelle, sekä taajaman länsipuolelle Tattalanlammen alueelle. Maanpeitteen paksuus Mikkelin taajama-alueiden läheisyydessä rajoittaa potentiaalin hyödyntämistä. Maanpeitteen paksuuden näkökulmasta Salonsaaren ja Helppanalan alue nousee edukseen. Maanpeitteen paksuus alueella on pääosin alle 5 metriä.

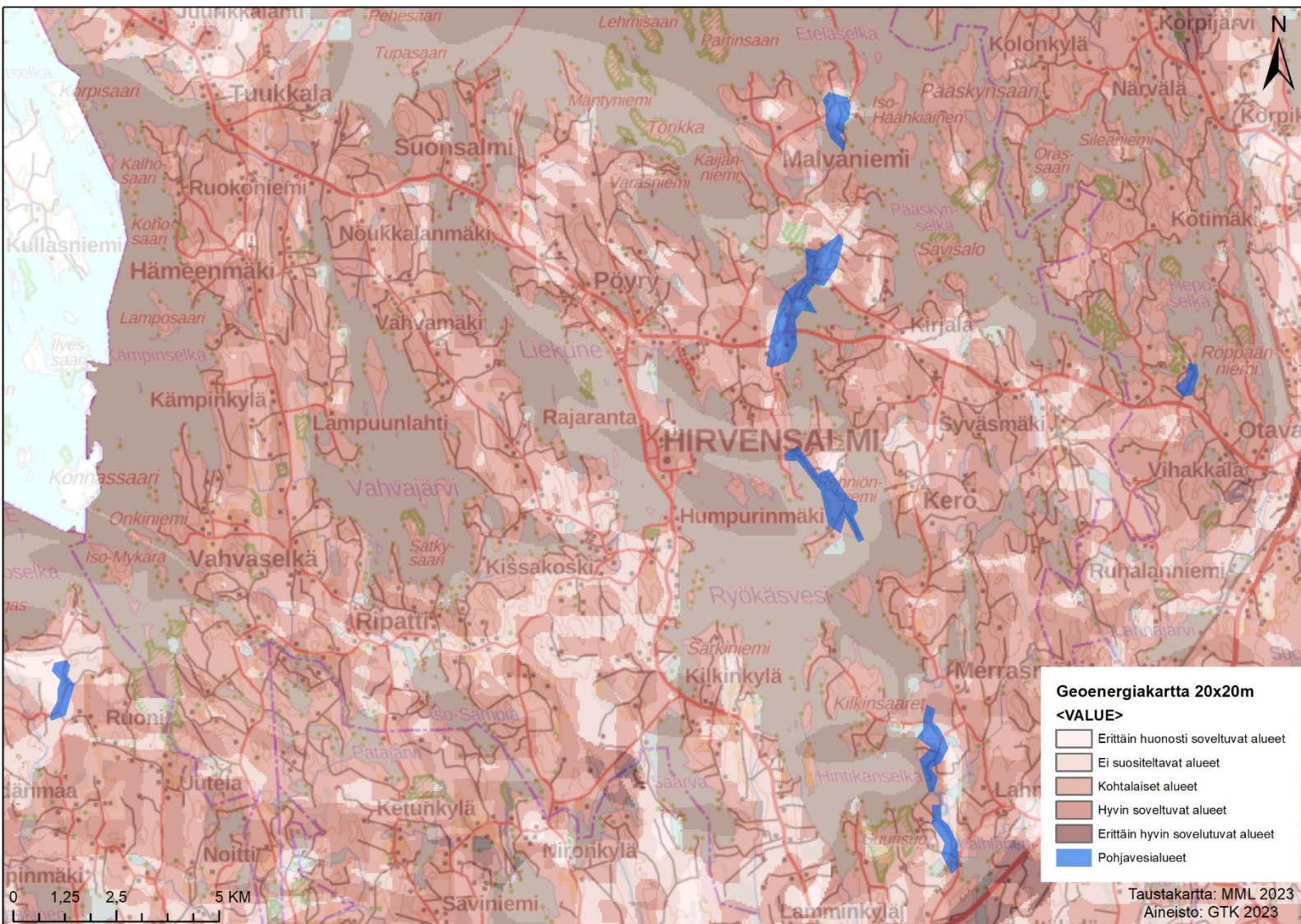
3.2.2 Enonkoski



Kuva 15. Enonkosken taajaman geoenergiapotentiaali

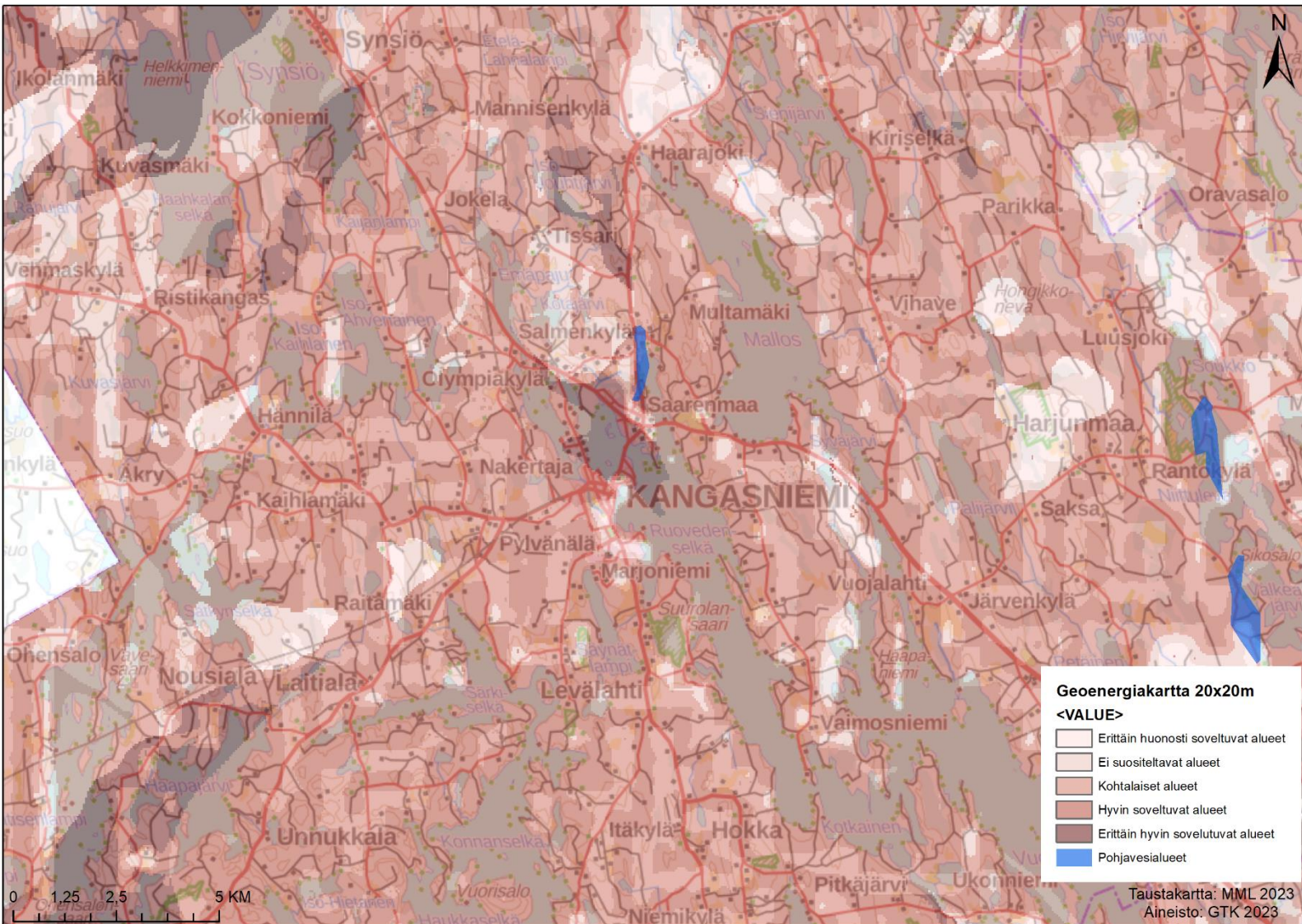
Enonkosken taajaman läheisyydessä maanpeitteen paksuus on laajalti alle 5 metriä. Kallioperän lämmönjohtavuudet eivät ole erityisen hyviä, mutta eivät myöskään erityisen heikkoja alueella. Potentiaalisimmat alueet geonergian hyödyntämiselle sijoittuvat taajaman etelä- ja pohjoispuolelle.

3.2.3 Hirvensalmi



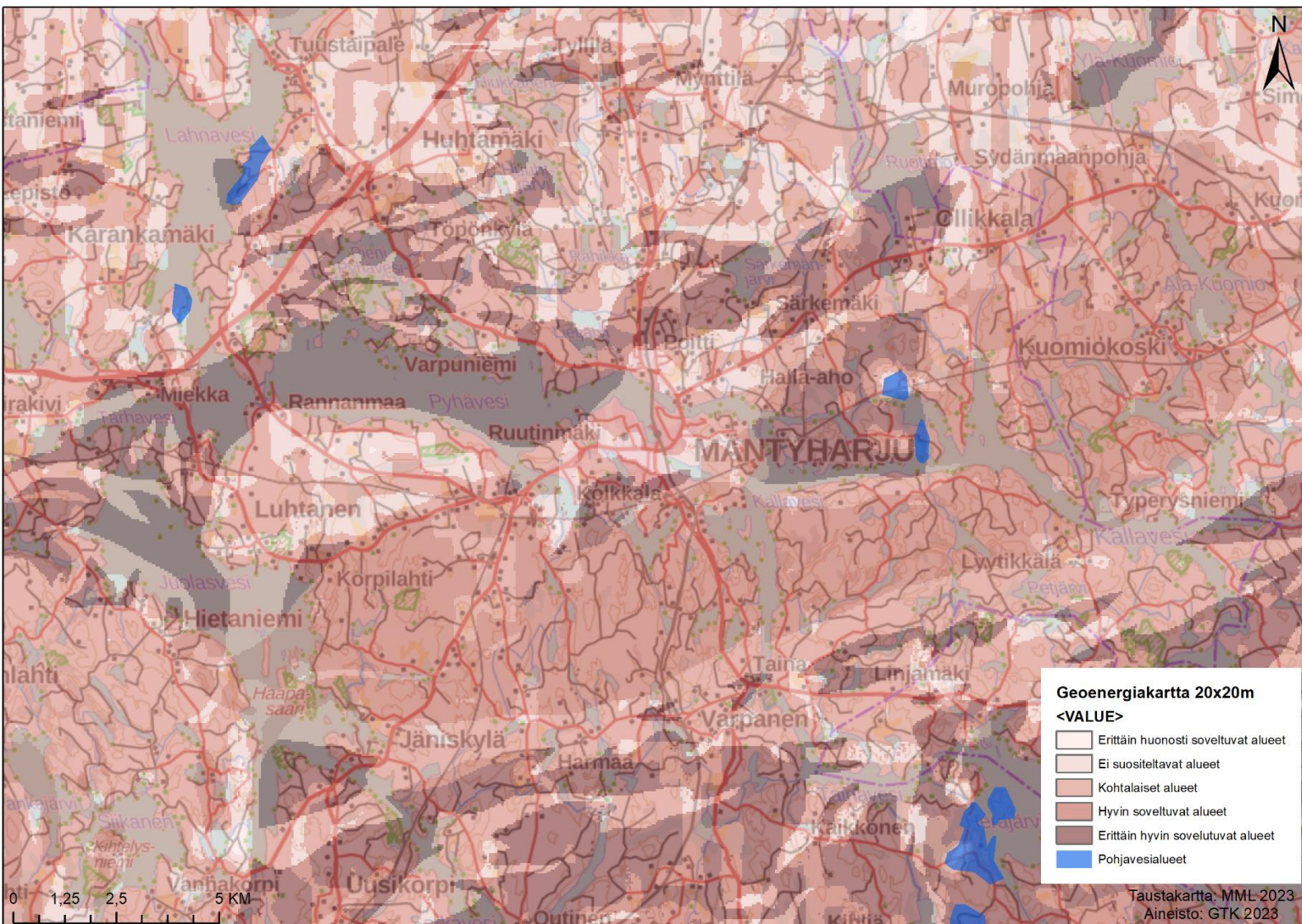
Kuva 16. Hirvensalmen taajaman geoenergiapotentiaali

Hirvensalmen taajama-alueen läheisyydessä maanpeitteen paksuus vaihtelee voimakkaasti. Geoenergiatarkoituksen tarkalla sijoittamisella voidaan päästä kustannustehokkaasti lämmönjohtavuudeltaan hyvään kallio-perään käsiksi. Näitä alueita on erityisesti taajamassa ja Pöyryn alueella



Kuva 17. Kangasniemen taajaman geoenergiapotentialia

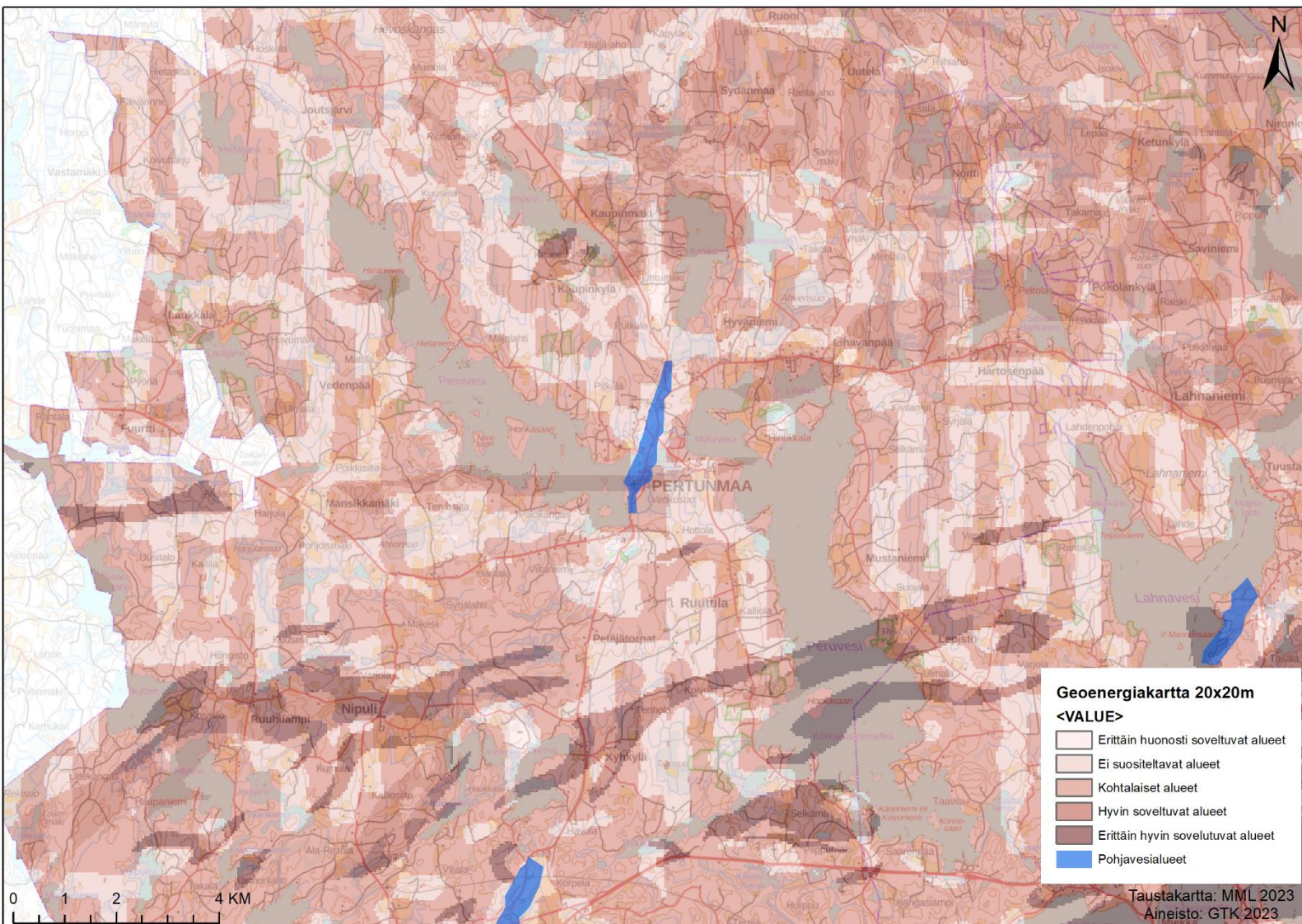
Kangasniemen taajaman pohjoisosaan, Lapasniemen alueelle sijoittuu Lämmönjohtavuudeltaan erinomaista kallioperää. Maanpeitteen paksuus alueella vaihtelee 0–40 metrin välillä. Alueella sijaitsee teollisuusalue ja jäteasema. Alue soveltuu erittäin hyvin geenergian hyödyntämiseen ja se sijaitsee lähellä kuntakeskusta.



Kuva 18. Mäntyharjun taajaman geoenergiapotentiaali

Mäntyharjulla maanpeitteen paksuus muodostaa haasteita erinomaisen kallioperän lämmönjohtavuuden hyödyntämiseen. Geoenergialaitoksen tarkalla sijoittamisella voidaan kustannustehokkaasti päästä käsiksi erinomaiseen lämmönjohtavuuteen. Hyvä esimerkkialue on Kolkkala.

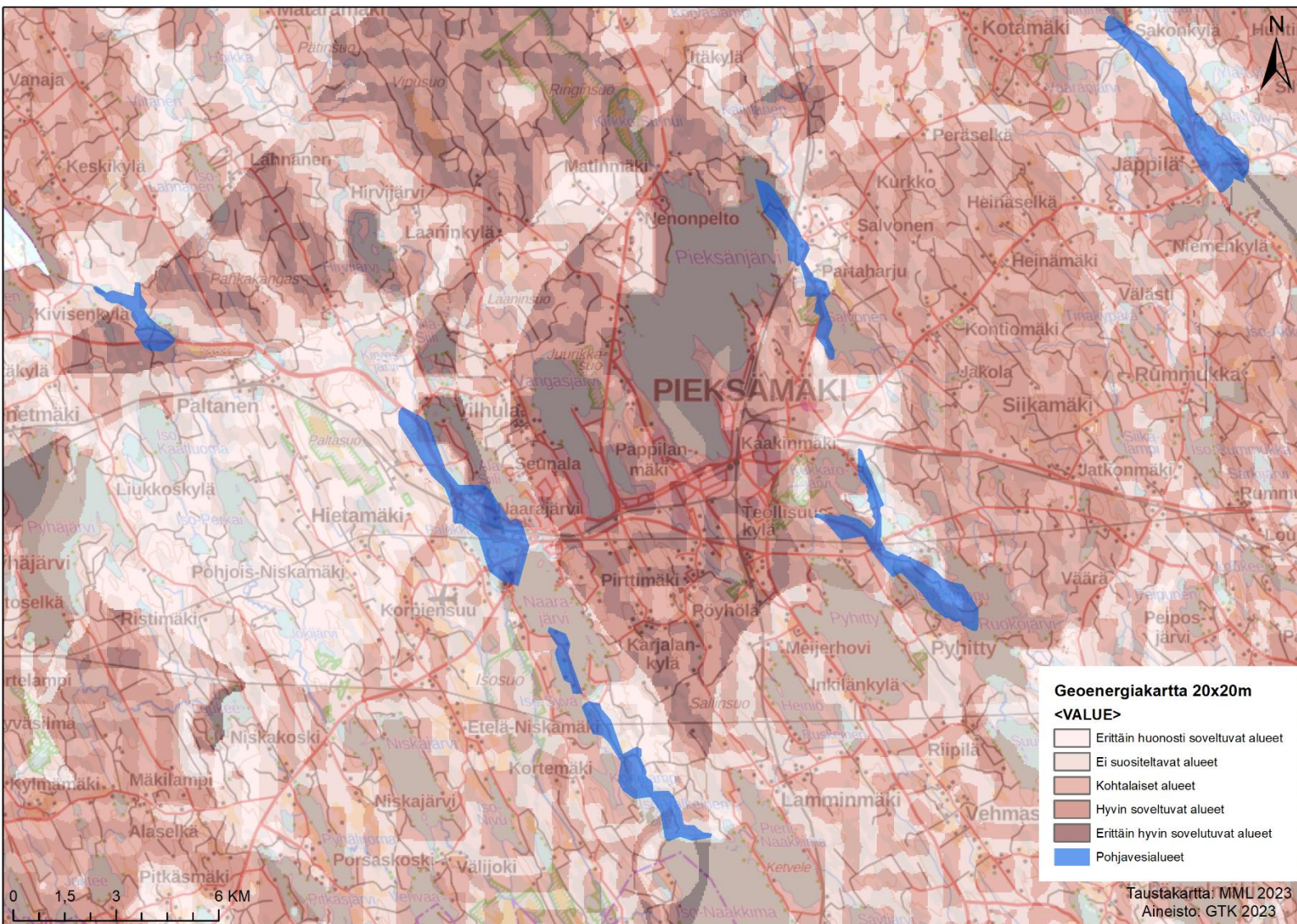
3.2.6 Pertunmaa



Kuva 19. Pertunmaan taajaman geoenergiapotentiaali

Pertunmaan taajama alue soveltuu heikosti geoenergian hyödyntämiseen. Potentiaalinen alue sijaitsee taajamasta noin 3,5 km lounaaseen Kärnelälammen alueella, jossa maanpeitteen paksuun on pieni ja kallioperän lämmönjohtavuus erinomainen. Myös Kyhkylän ja Kuortin alue on potentiaalisempaa aluetta geoenergian hyödyntämiseen.

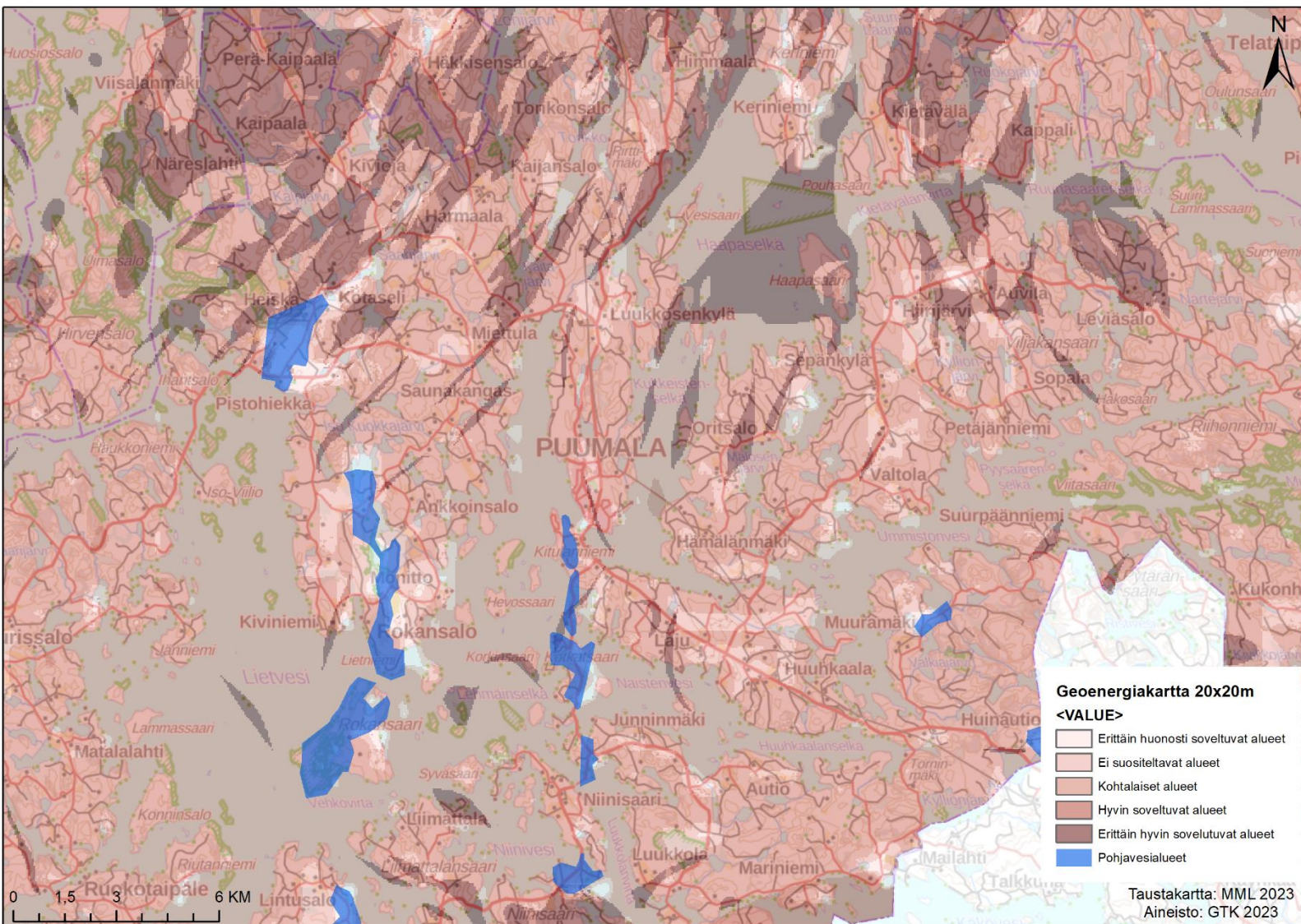
3.2.7 Pieksämäki



Kuva 20. Pieksämäen taajaman geoenergiapotentiaali

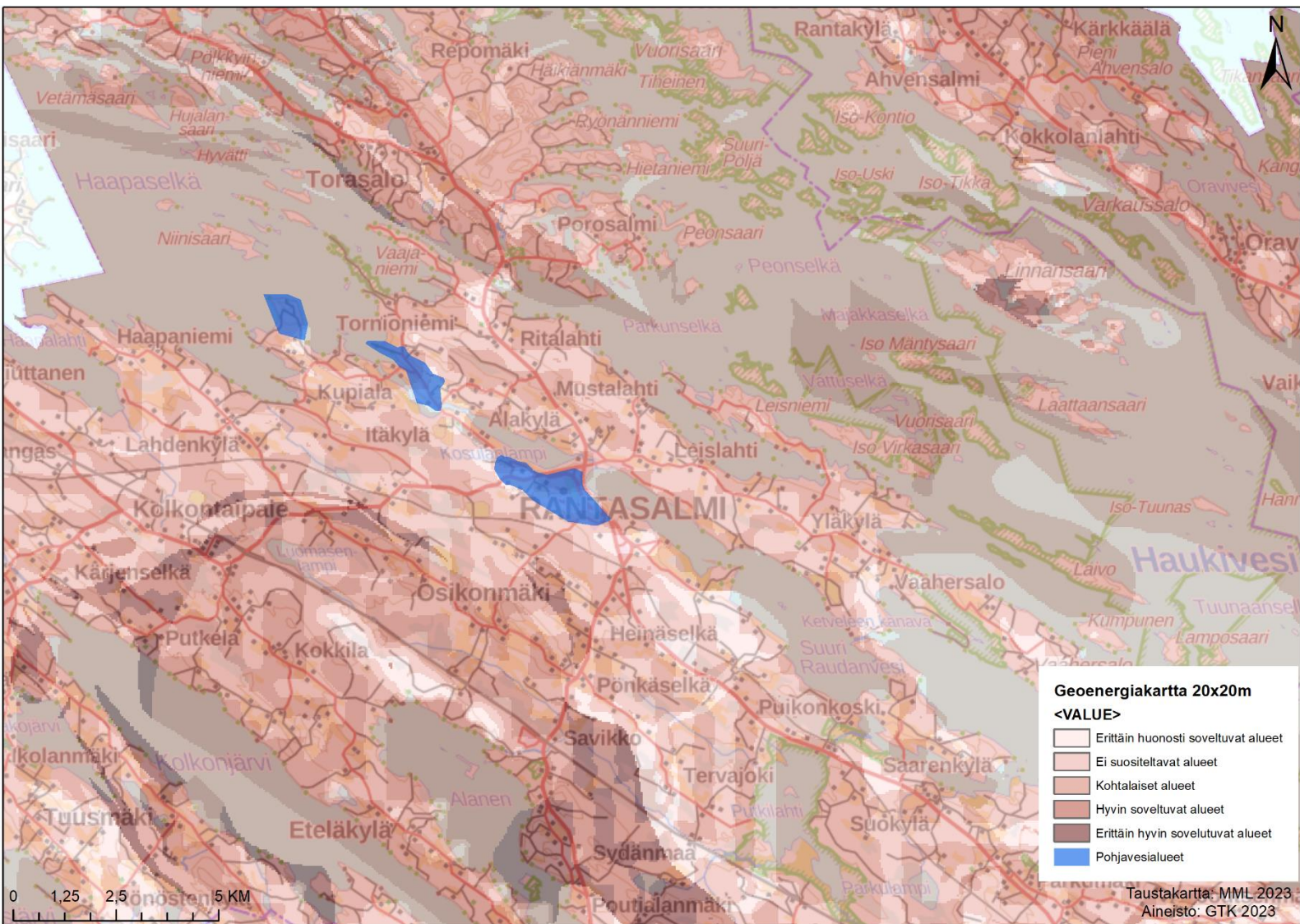
Pieksämäen geoenergiapotentiaali on huomattava. Laaja lämmönjohtavuudeltaan erinomainen kallioperä leviää koko keskustan alueelle ja vieläkin laajemmalle. Maanpeitteen paksuus alueella on 10 metriä, joka ei vielä lisää rakentamisen kustannuksia huomattavasti.

3.2.8 Puumala



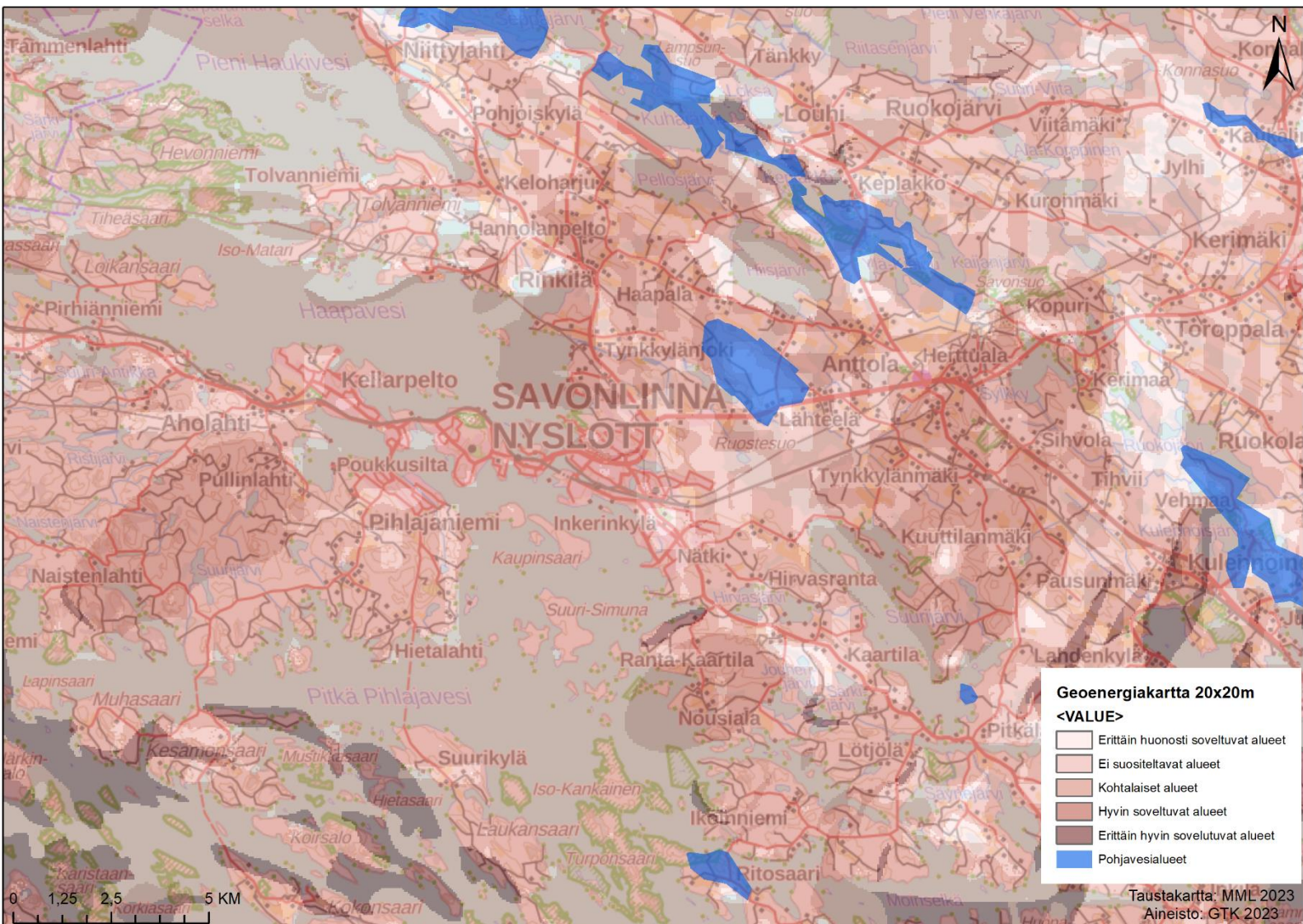
Kuva 21. Puumalan taajaman geoenegiapotentiaali

Puumalan taajaman alue soveltuu kohtalaisesti geoenegian hyödyntämiseen. Maa-alueiden pirstaleisuus ja korkeusvaihtelut vaikeuttavat geoenegian hyödyntämistä, toisaalta maanpeite on ohutta ja lämmönjohtavuudeltaan erinomaista kallioperää löytyy alueelta.



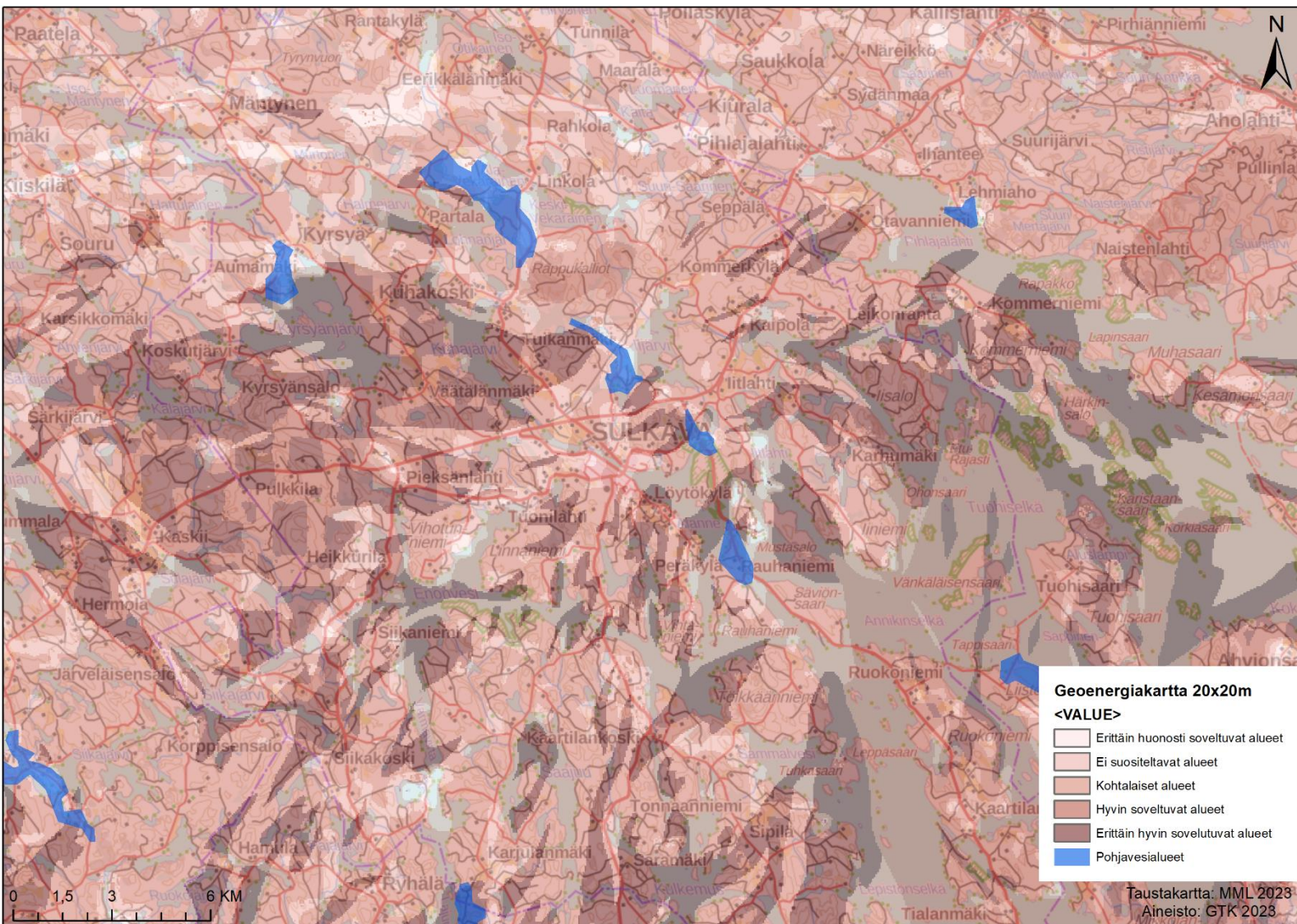
Kuva 22. Rantasalmen taajaman geoenergiapotentiaali

Geoenergian kannalta potentiaalisimmat alueet sijaitsevat Rantasalmen taajaman lounaispuolella noin 2–3 km etäisyydellä. Maanpeitteen paksuus taajaman läheisyydessä vaihtelee 10–40 metrin väliltä. Erityisesti taajamassa, potentiaali on huonompi.



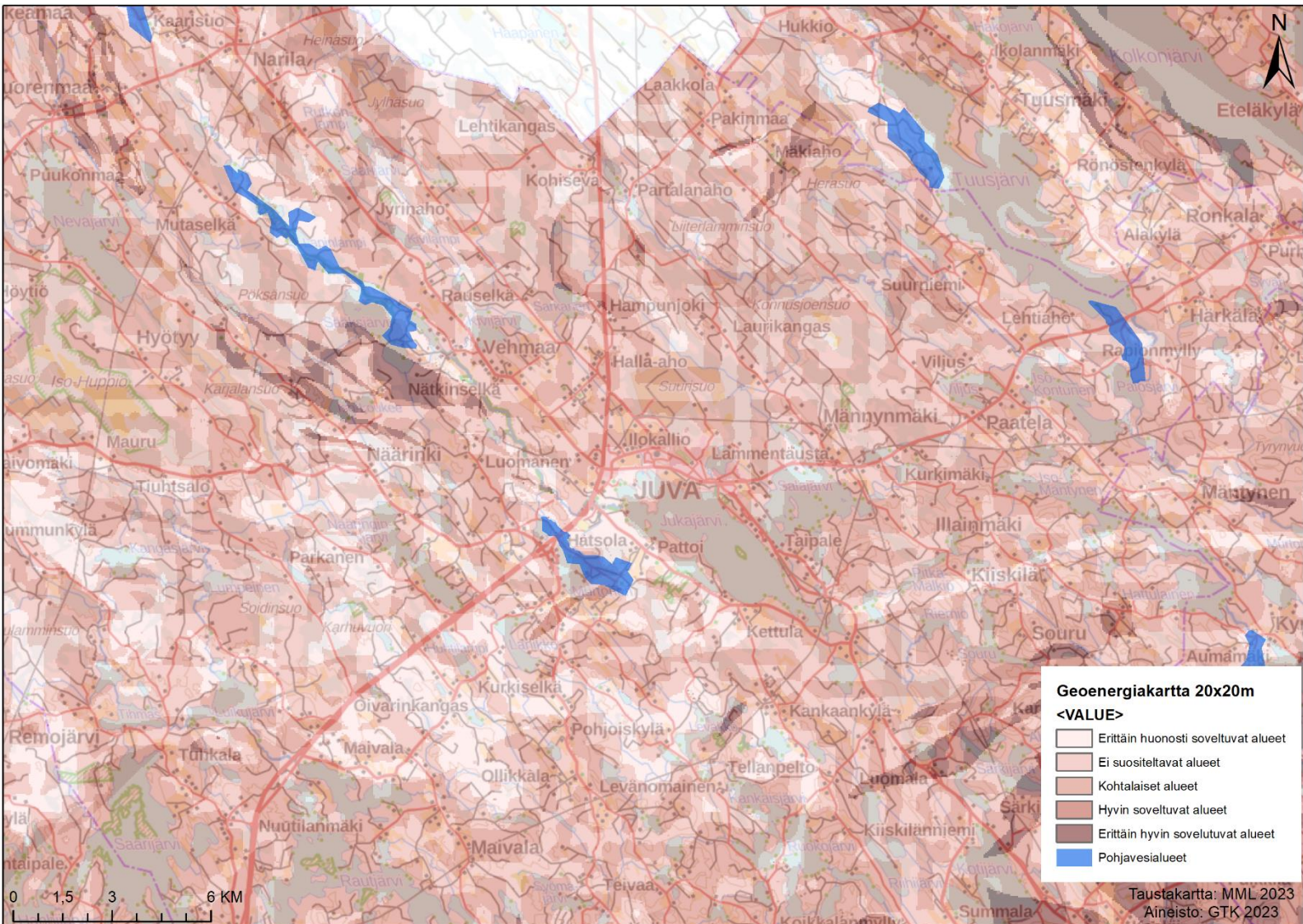
Kuva 23. Savonlinnan taajaman geoennergiapotentialia

Savonlinnassa geoennergian kannalta potentiaalisimmat alueet sijoittuvat taajaman läheisyyteen, sen ulkopuolelle. Parkkolanmäen ja Pullinlahden alue nousevat selkeimmin esille. Näiden alueiden kallioperän lämmönjohtavuus on hieman parempi kuin ympäröivillä alueilla, lisäksi maanpeite on alle 5 metriä, joka laskee perustamiskustannuksia.



Kuva 24. Sulkavan taajaman geoennergiapotentiaali

Sulkavan taajaman läheisyydessä sijaitsee paljon lämmönjohtavuudeltaan erinomaista kallioperää. Maanpeitteen paksuus ja maanpinnan korkeus vaihtelevat alueella voimakkaasti. Tarkasti sijoitettuna geoennergian hyödyntäminen voi olla erittäinkin kustannustehokasta.



Kuva 25. Juvan taajaman geoenergiapotentiaali

Juvan taajaman lähelle ei sijoitu erittäin potentiaalisia geenergian hyödyntämisen alueita, johtuen paksusta maanpeitteestä. Potentiaali on kohtalaista. Lähin erinomainen geenergiapotentiaalialue sijaitsee Vehmaan länsipuolella.

3.3 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 maankunnan 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.

3.3 Vaikutusten arviointi

Alla olevaan taulukkoon on koottu geoenergian hyödyntämisen vaikutuksia eri kohteisiin.

Vaikutuksen kohde	Vaikutukset
Maankäyttö	Geolämpövoiman rakentaminen muokkaa rakennettavan alueen ympäristöä, riippuen rakennettavan kaivon tai kentän laajuudesta. Geoenergiakaivo vaatii rakennus- tai toimenpideluvan, jonka yhteydessä otetaan kantaa alueen maankäyttöön. Suuremman mittaluokan geolämpölaitos voi vaatia asema- tai yleiskaavan laatimista alueelle. Kaavoituksessa otetaan huomioon muut ympäristövaikutukset.
Maanalaiset rakenteet	Geoenergian hyödyntämistä voivat rajoittaa kaavassa osoitetut rajoitteet ja kiellot, koskien maanalaisia tiloja. Näitä tiloja ovat mm. tunnelit, väestönsuojat ja pysäköintihallit. Lämpökaivon poraaminen näiden kohteiden lähellä voi aiheuttaa vaurioita tiloihin.
Ihmiset	Geoenergiakenttien rakentaminen erityisesti kaupunkiympäristössä voi aiheuttaa häiritsevää melua. Taajama-alueilla poraajan on tehtävä asiasta ilmoitus kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle.
Virkistysalueet ja viheralueet	Virkistys- ja viheralueet rajoittavat geoenergian hyödyntämistä, erityisesti jos niihin liittyy luonnonsuojelulain, metsälain tai vesilain nojalla rauhoitettuja kasveja, eläimiä, vesistöjä tai muita luonnonesiintymiä. Virkistysalueiden rajoitteisiin voi kuulua myös meluun liittyvät rajoitteet. Energiakaivoja voidaan rakentaa mahdollisuuksien mukaan puisto-urheilu- tai katualueille. Tämä edellyttää kuitenkin hyväksyntää kaavassa, sekä lämpöenergian hyödyntämistä lähellä. Väylät ja niiden suojavyöhykkeet ovat usein geoenergian hyödyntämismahdollisuuksien ulkopuolella.
Elinkeinoelämä	Geoenergia tarjoaa vakaita ja pitkäkestoisia energialähteitä, koska se ei ole riippuvainen sääolosuhteista tai vuorokauden ajasta. Geoenergiaa hyödyntävät tuotantolaitokset eivät kuormita ilmastoa ja niiden rakentaminen tuo alueelle työllisyyttä. Geoenergian suorat vaikutukset elinkeinoelämään ovat vähäisiä.
Pohjavesi	Riski pohjaveden pilaantumiselle on aina tapauskohtaista ja riippuu läpäistävien maa-aineskerroksien määrästä ja pohjavesialueen ominaisuuksista. Maa-aineskerroksien läpäisy voi mahdollistaa likaisen tai suolaisen pinta- ja pohjaveden sekoittumisen hyvänlaatuiseen pohjaveteen.

Ympäristövaikutukset	Energiakaivojen poraaminen ja lämmönotto energiakaivoista ei normaalioloissa ja oikein toteutettuna aiheuta merkittäviä ympäristövaikutuksia (Uudenmaan liitto 2020). Poraamisvaiheeseen liittyy suurempia ympäristöhaittoja ja riskejä kuin tuotantovaiheeseen. Riskit liittyvät pääasiassa pohjaveteen.
Seisminen riski	Seismisellä riskillä tarkoitetaan maanjäristyksiä ja siirtymiä kallioperässä, joita voi mahdollisesti syntyä kallioperän särötyksen seurauksena. Suomessa tapahtuvat maanjäristykset ovat pieniä, mutta voivat aiheuttaa vaurioita rakennuksissa ja muodostaa geoenergiavastaista asenneilmapiiriä
Tonttirajat	Lämpökaivo ei saa ylittää tonttirajaa ilman naapurin lupaa syvälläkään kallioperässä. Aiheeseen otetaan kantaa lämpökaivon MRL:n mukaisessa toimenpideluvassa. Teollisen mittakaavan voimalassa lämpöenergiaa kerätään tehokkaasti ja ajan kuluessa myös kiinteistörajoiden ulkopuolella olevassa kallioperässä voidaan havaita muutoksia. Nykyisen lainsäädännön mukaan lämpöenergian omistusoikeus on epäselvä.

4 Geoenergiaa täydentävät järjestelmät

4.1 Energiatehokkuus

Maankäyttö- ja rakennuslaissa edellytetyjen energiategokkuuden vertailulukujen saavuttaminen pelkästään rakennusten lämmöneristystä ja hukkaenergioiden talteenottoa hyödyntämällä tulee olemaan haastavaa sekä kallista. Kuitenkin kaikki kiinteistöjen energiategokkuutta 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. Aurinon säteilyenergian aktiivinen hyödyntäminen on teknologian kehittymisen ja hintojen alenemisen myötä tullut kustannustehokkaaksi keinoksi. Aurinkolämpöä ja/tai –sähköä hyödyntämällä voidaan edesauttaa tiukentuvien laskennallisen energiategokkuuden 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 geoenergialla 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 geoenergian 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 jäähdyttävä vaikutus
- kiinteistön rakenteelliset tekijät kuten seinien ja ikkunoiden eristykset, ikkunoiden pinta-ala, ikkunoiden ilmansuunnat

Olkkoon lämpöpumpun lämmönlähteenä maaperä, energiakaivo tai vesistö niin viilennyksen sivutuotteena syntyvä lämpö (”hukkalämpö”) palautetaan lämmönlähteeseen. Tämä on geonergiajärjestelmään luontaisesti kuuluva energianvarastoinnin toiminnallisuus. Lämmönlähteeseen palautettu lämpö voidaan huomioida keruupiirin mitoituksessa ja tällä tavoin hieman pienentää laskennallista keruupiirin kokoa. Vesistöön palautuksessa ei mitoitushyötyä 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 alkukeväällä. 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 etanolivesiliuosta, jonka jäätymispiste 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. Ideaalitulanteessa kiinteistössä syntyvä hukkalämpö siirrettäisiin kaukolämpöverkkoa hyödyntäen käytettäväksi muualla. Ratkaisun toteuttamiskelpoisuutta heikentää sekä tekniset että taloudelliset tekijät. Hukkalämpö on pääsääntöisesti matalalämpötilaista, joten sen siirtäminen korkeampilämpötilaiseen 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. Puskuriva-

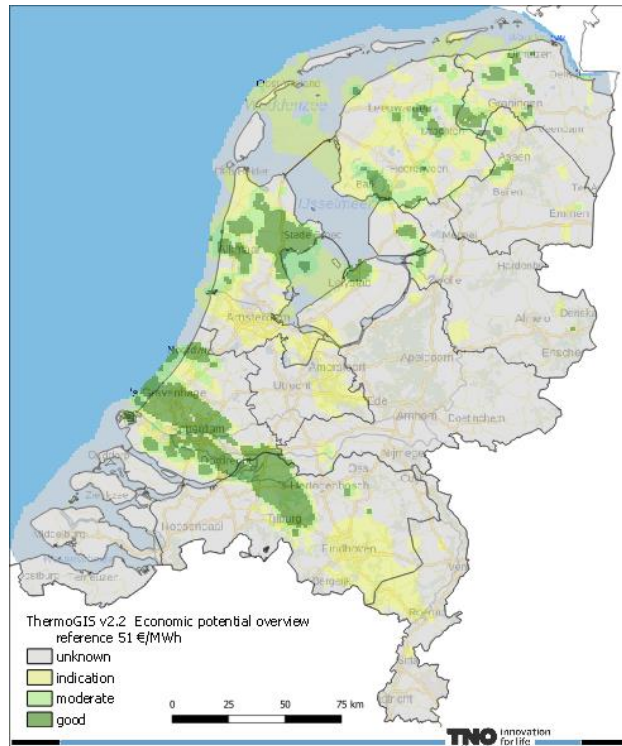
rasto mahdollistaa aurinkolämpöjärjestelmän ylivoimaisen kulutukseen nähden. Mitoitustapana käytetään yleensä käyttöveden kulutusta vuorokaudessa, joka on keskimäärin sama kesällä ja talvella. Mikäli geenergiajärjestelmän lämmönlähteenä käytetään vesistöä kallioperän asemasta, niin on järkevämpää palauttaa viilennyksen lauhde-energia mieluummin lämpövarastoon kuin vesistöön, jos tällainen lämpövarasto on käytettävissä.

6 Esimerkkejä Suomesta ja maailmalta.

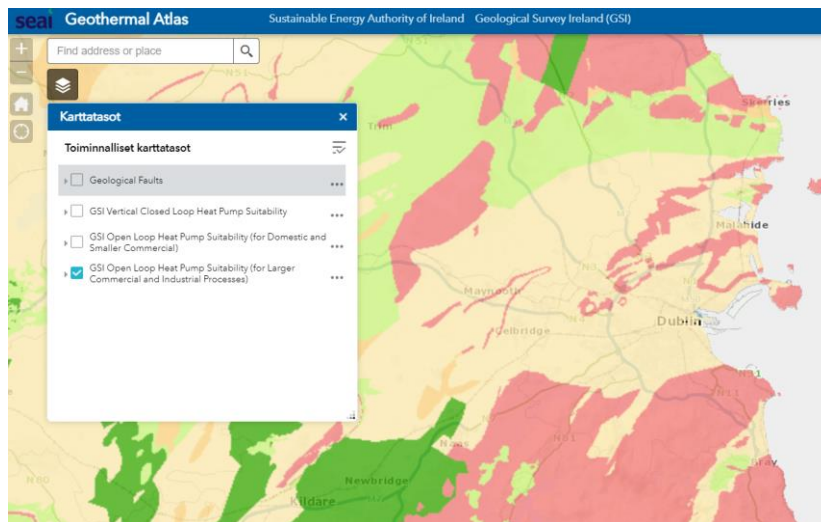
Geoenergiaselvityksiä on toteutettu Suomessa esimerkiksi Pohjois-Karjalassa, Uudellamaalla, Pohjois-Savossa, Oulussa ja Kuopion Savilahdessa. FCG on toteuttanut näistä selvityksistä Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Kuopion selvitykset. Savilahden alueelle laaditun geenergiapotentiaalikartan perusteella alueen pinta-alasta vähän yli puolet kuuluu luokkaan ei suositeltava alue. Toisaalta lähes puolet pinta-alasta kuuluu luokkaan hyvin tai erittäin hyvin soveltuva alue matalalämpötilaverkko, jonka hyödyntää sekä geenergiata että kaukolämpöä. Energiakaivot voidaan sijoitella energiakaivokentiksi ja lämpöpumput keskittää suuremmiksi yksiköiksi. Geenergian osuus uudisrakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergiasta voisi olla jopa 50 % vuositasolla.

Oulun alueella toteutetun selvityksen perusteella geenergiapotentiaali alueella on pääosin hyvä. Poikkeuksena on Muhoksen savikivialue kaupungin länsiosassa, jossa geenergian hyödyntämismahdollisuudet ovat heikot paksun maapeitteen ja savikiven muita kivilajeja heikot lämmönjohtavuuden takia. Uudenmaan maakunnan selvityksen tulosten perusteella alueen geenergian ja geotermisen energian potentiaali vaihtelee hyvän ja erinomaisen välillä.

Geenergiata on ulkomailla tutkittu paljon ja sitä hyödynnetään vaihtelevissa määrin. Yhdysvallat on maailman suurin geenergian tuottaja, vaikka tuotanto kattaa vain 0,4 % koko maan sähköntuotannosta vuonna 2022, tuotetun sähkömäärän ollessa 17 miljardia kilowattituntia (kWh). Prosentuaalisesti suurin osuus yhden maan sähköntuotannosta geenergiata katetaan Keniassa (43 % vuotuisesta sähköntuotannosta). (EIA 2023)



Kuva 26. Alankomaiden geoenergiapotentiaali (ThermoGis 2023)



Kuva 27. Irlannin geoenergiapotentiaali (GSI 2023)

6.1 Esimerkkejä geoenergian hyödyntämisestä julkisissa rakennuksissa

FCG toteutti Pohjois-Karjalan geoenergiapotentiaaliselvityksen (2020) yhteydessä kyselytutkimuksen alueen kuntien mahdollisuudesta hyödyntää maalämpöä julkisen sektorin omistamissa kiinteistöissä sekä esitellä jo alueella toteutettuja ratkaisuja. Puolet vastaajista ilmoitti, että kunnan kiinteistöissä hyödynnetään maalämpöä; Tohmajärvellä, Kiteellä ja Liperissä hyödynnetään maalämpöä yhdessä kunnan kiinteistössä (luonnontuotehallissa, koulurakennuksessa ja päiväkodissa) ja Joensuussa muutamassa kohteessa, missä pääasiallinen 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 kartoituksia on tehty (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.

Koulurakennus

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



Kuva 28. Esimerkki 2 Koulurakennus.

Kuvan 27 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.

Sokos Hotel Break Koli
Ylä-kolintie 39, 839 60 Koli
Sokos Hotels



Kuva 29. 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 vajaassa 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 30. 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.

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.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Selvityksessä kuvataan, millainen potentiaali Etelä-Savossa on maalämmön hyödyntämiseen rakennusten lämmityksessä. Työssä on syntynyt maakunnan geoenergiapotentiaalikartta ja selvitys periaatteista, joilla voidaan edistää geoenergian käyttöä julkisessa rakentamisessa. Selvityksestä osoitetaan maakunnan erityisen edulliset alueet maalämmön hyödyntämiselle. Näitä alueita voidaan osoittaa maakuntakaavassa geoenergiapotentiaalisina alueina, jos se katsotaan hyödylliseksi. Selvityksen pääasiallinen hyöty on yrityksille ja kotitalouksille, jotka miettivät investointia geoenergiakaivoon ja vihreään lämmöntuotantoon Etelä-Savon alueella.

Lopputuloksena voidaan todeta, että geoenergiaa voidaan käyttää Etelä-Savon 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 Etelä-Savossa suhteellisen viileä, se tarjoaa hyvät edellytykset viilennysenergian saannille ns. vapaalla viilennyksellä/kierrolla. Etelä-Savossa geoenergian hyödyntämiseen lämmityksessä tarvitaan lämpöpumppu. Lämpöpumpuilla pystytään korvaamaan lämmöntuotannosta jopa 2/3 uusiutuvalla energialla.

Mahdollisuus hyödyntää geoenergiaa riippuu voimakkaasti maakerroksen paksuudesta, kallioperän ominaisuuksista ja sijainnista, esimerkiksi 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.

Etelä-Savon harjualueilla esiintyy tyypillisesti 20–30 metrin paksuisia maakerroksia. Yli 50 metrin paksuisia maakerroksia esiintyy Salpausselällä, Savonlinnassa. Kivilajien lämmönjohtavuuksien perusteella Etelä-Savon alue soveltuu keskimäärin kohtalaisesti geoenergian käyttöön. Geoenergiapotentiaaliltaan paras laajahko alue sijoittuu Pieksämäen alueelle, sekä Mikkelin ja Mäntyharjun rajalle. Tällä alueella geoenergiapotentiaali on pääosin hyvä tai erittäin hyvä. Heikoimmin geoenergian hyödyntämiseen soveltuvia alueita ovat harjualueet. Laajoja keskimääräistä heikommin soveltuvia alueita on kuitenkin myös esimerkiksi Pieksämäellä ja Juvalla. Alueilla sijaitsevat vedenhankinnan kannalta tärkeät pohjavesialueet voivat rajoittaa geoenergiapotentiaalın hyödyntämistä.

Tämä selvitys on geoenergian hyödyntämiseen tähtäävän ketjun alkupäässä. Geoenergian lopullinen hyödynnettävyys ja energiajärjestelmien mitoitukset selviävät geologisten tutkimusten, teknistaloudellisten 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 2020. Pohjois-Karjalan Geoenergiaalipotentialiselvitys. <https://pohjois-karjala.fi/wp-content/uploads/2022/01/Pohjois-Karjalan-geoenergiaalipotentialiselvitys-1.pdf>
- FCG 2017. Pohjois-Savon kohdennettu geoenergiaselvitys.
- 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.
- 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>
- ThermoGIS. 2023. <https://www.thermogis.nl/>
- Tilastokeskus 2007. Rakennukset (lkm, m2) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan 31.12.2007. <http://tilastokeskus.fi/til/rak/index.html>
- U.S. Energy Information Administration, use of geothermal energy. 2023. <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/use-of-geothermal-energy.php>
- Uudenmaan liitto. 2020. Uudenmaan geoenergiaselvitys. https://uudenmaanliitto.fi/wp-content/uploads/2021/10/Uudenmaan_geoenergiaselvitys.pdf