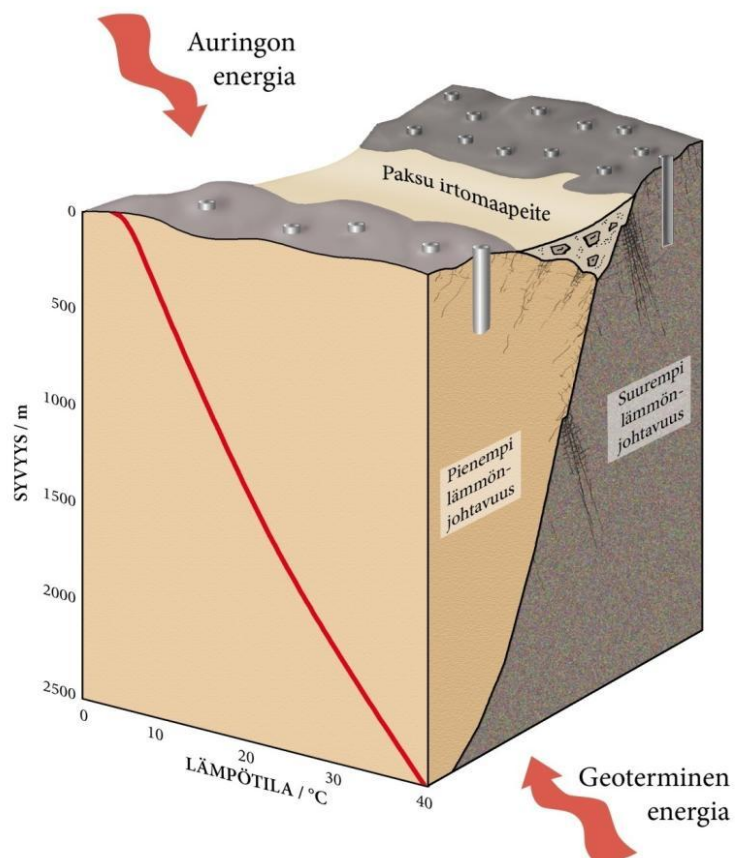




# Oulun geoenergiapotentialin kartoitus

## Geoenergiakenttä



26.4.2013



**Työn toteuttaja:**

**Geologian tutkimuskeskus  
Länsi-Suomen yksikkö  
PL 97 (Vaasantie 6)  
67101 Kokkola**

**Työ tilaaja:**

**Oulun kaupunki  
Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut, yleiskaavoitus  
PL 32  
90015 Oulun kaupunki**

**Tekijöiden yhteystiedot**

**Olli Breilin, Asmo Huusko, Annu Martinkauppi, Niko Putkinen ja Henrik Wik  
Geologian tutkimuskeskus  
PL 97  
67101 Kokkola**

**Puh. 029 503 0000  
Fax 029 503 5209  
Sähköposti: [etunimi.sukunimi@gtk.fi](mailto:etunimi.sukunimi@gtk.fi)**



26.4.2013



## GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

## KUVAILULEHTI

Päivämäärä / Dnro

26.4.2013 / M183L2012

Tekijät Olli Breilin, Asmo Huusko, Annu Martinkauppi, Niko Putkinen ja Henrik Wik		Raportin laji Tutkimusraportti	
		Toimeksiantaja Oulun kaupunki	
Raportin nimi Oulun geoenergiapotentialiaali			
Tiivistelmä Oulun kaupungin alueen geoenergiapotentialiaalia on selvitetty Oulun kaupungin tilaamassa ja Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) toteuttamassa selvityksessä. Toteutuksesta vastasi GTK:n Länsi-Suomen yksikkö. Geoenergiaa voidaan hyödyntää erikokoisten kiinteistöjen lämmityksessä ja viilennyksessä. Selvitys perustuu kallioperän eri kivilajien lämpöominaisuuksiin ja maapeitteen paksuustietoihin. Oulun geoenergiapotentialiaali on selvityksen perusteella pääosin hyvä ja kohtalainen. Geoenergian kannalta heikoimmat alueet sijoittuvat Oulunsalon, Oulun keskustan länsiosan ja Kiviniemen – Virpiniemen alueille. Heikoimmillakin alueilla geenergian hyödyntäminen on kuitenkin varauksin mahdollista.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Geoenergia, kalliolämpö, maalämpö, kallioperä, maaperä, kaavoitus ja rakentaminen.			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Oulun kaupunki, Pohjois-Pohjanmaa			
Karttalehdet -			
Muut tiedot -			
Arkistosarjan nimi -		Arkistotunnus -	
Kokonaissivumäärä 15 s	Kieli Suomi	Hinta -	Julkiisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue Länsi-Suomen yksikkö		Hanketunnus 1162052	
Allekirjoitus/nimen selvennys		Allekirjoitus/nimen selvennys	



26.4.2013

## Sisällysluettelo

### Kuvailulehti

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>TYÖN TAVOITTEET JA TULOSTEN KÄYTTÖ</b>	<b>3</b>
2.1	Tavoitteet	3
2.2	Geoenergiapotentiaalikartan hyödyntäminen	3
2.2.1	Yleiskaavoitus	3
2.2.2	Tontinluovutus ja asuminen	4
2.2.3	Rakennusvalvonta	4
2.2.4	Ympäristötoimi	4
<b>3</b>	<b>GEOENERGIA</b>	<b>5</b>
3.1	Yleistä	5
3.2	Geoenergian hyödyntäminen	5
3.3	Geoenergiakaivokentän mallinnus	7
<b>4</b>	<b>AINEISTOT</b>	<b>8</b>
4.1	Maapeitteen paksuus	8
4.1.1	Yleistä	8
4.1.2	Maapeitteen arvioinnissa käytetyt aineistot	8
4.1.3	Maapeitteen paksuuden luokittelu	9
4.2	Kallioperä ja kivilajialueet	9
4.2.1	Yleistä	9
4.2.2	Yli-Iin gneissi	10
4.2.3	Kiimingin liuskejakso ja kvartsiitti	10
4.2.4	Oulun ja Muhoksen graniitti	10
4.2.5	Muhoksen muodostuman savikivi	10
4.2.6	Kivilajialueiden luokittelu	11
<b>5</b>	<b>GEOENERGIAPOTENTIAALIKARTAN TOTEUTUS</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>TULOKSET - OULUN GEOENERGIAPOTENTIAALI</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>KIRJALLISUUSVIITTEET</b>	<b>15</b>

Liite 1.

Oulun Geoenergiapotentiaali - kartta

**GTK**

26.4.2013

## 1 JOHDANTO

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Länsi-Suomen yksikkö teki Oulun kaupungin Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelujen, yleiskaavoituksen toimeksiannosta Oulun geoenergiakartoituksen. Työssä selvitettiin Oulun geoenergiapotentiaalia olemassa olevaan tutkimusaineistoon perustuen. Työ oli osa laajempaa, vaiheittain toteutuvaa geoenergian hyödyntämiseen tähtäävää hankekokonaisuutta.

Tässä raportissa esitetään Oulun energiakartan laatimiseen liittyvä 1.vaiheen yleispiirteinen geoenergian hyödyntämiseen soveltuvien alueiden kartoituksen tulokset. Työ tehtiin perustuen GTK:n käytössä olevaan kallioperä-, maaperä- ja pohjavesiaineistoon sekä muuhun tutkimus- ja kokemustietoon. Työhön ei sisällynyt maastotutkimuksia kuten maastokartoituksia, maaperäkairauksia, koeporauksia tai muita vastaavia maastotutkimuksia. Tämän ensimmäisen vaiheen työn tarkoituksena oli tuottaa yleiskuva Oulun geoenergiapotentiaalista, jonka perusteella voidaan suunnitella tarkemmin geoenergian hyödyntämistä kaavoituksen ja rakentamisen yhteydessä. Työn ohjaamiseksi koottiin työryhmä, joka kokoontui 2 kertaa Oulussa: 31.1.2013 ja 15.3.2013. Kokouksista laadittiin kokousmuistiot.

### Hankkeen etenemistä ohjannut työryhmä:

- Paula Korkala, yleiskaavoitus, pj
- Anne Olsbo asemakaavoitus
- Maarit Kaakinen Oulun seudun ympäristötoimi
- Leena Olsbo-Rusanen maa ja mittaus
- Pekka Seppälä rakennusvalvonta
- Risto Haapalainen Oulun Energia
- Olli Breilin GTK
- Asmo Huusko, sihteeri GTK

### GTK:n hanketyöryhmä:

- Aluejohtaja Olli Breilin
- Toimialapäällikkö Miikka Paalijärvi (maaperä)
- Erikoisasiantuntija Asmo Huusko (geoenergia)
- Geofyysikko Annu Martinkauppi (geoenergia, geofysiikka)
- Geologi Niko Putkinen (maaperä)
- Geologi Henrik Wik (kallioperä)



26.4.2013

Kallioperätietojen kokoamisesta ja luokittelusta vastasivat geofyysikko Annu Martinkauppi ja geologi Henrik Wik. Maapeitteen paksuustietojen/kallionpinnan syvyystietojen kokoamisesta ja luokittelusta vastasi geologi Niko Putkinen ja geofyysikko Annu Martinkauppi. Geoenergiakartan mallinnuksesta vastasi geofyysikko Annu Martinkauppi. Kartan käyttötapaus -osuudesta ja raportin viimeistelystä vastasivat aluejohtaja Olli Breilin ja erikoisasiantuntija Asmo Huusko.

## 2 TYÖN TAVOITTEET JA TULOSTEN KÄYTTÖ

### 2.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena on osoittaa Oulun alueen geoenergiapotentialiaali yleiskaavoituksen, rakennusvalvonnan ja ympäristövalvonnan tarpeisiin. Kartan ja siihen liittyvien aineistojen käytössä on huomioitava aineistojen yleisluontoisuus.

### 2.2 Geoenergiapotentialikartan hyödyntäminen

#### 2.2.1 Yleiskaavoitus

Geoenergiakartoitus antaa perustietoa Oulun eri osa-alueille soveltuvista energiamuodoista. Myös tuulienergiapotentialista on tehty vastaava koko kaupungin kattava selvitys. Nämä molemmat selvitykset tulevat osaksi Uuden Oulun yleiskaavan energiakarttaa, jonka laatiminen on kirjattu mm. Oulun ERA 17-tiekarttaan.

Yleiskaavoituksessa geoenergiakartoitusta voidaan käyttää yhtenä lähtötietona yhdyskuntarakenteen laajentamis- ja täydentämisalueiden suunnittelussa ja vaihtoehtojen vertailussa. Siitä saadaan myös hyvää lähtötietoa CO<sub>2</sub>-laskelmien tekemiselle eri ratkaisuvaihtoehdossa. Taajama-alueilla voidaan vertailla kaukolämmön ja muiden ko. alueelle soveltuvien energiamuotojen kannattavuutta. Kyläalueiden suunnittelussa energiakartan perusteella voidaan nostaa esille vähäpäästöisiä kiinteistökohtaisia lämmitysmuotoja.

Asemakaavoitusvaiheessa tieto maa- ja kallioperästä auttaa profiloimaan alueita eri lämmitysmuodoille jo suunnittelun alkuvaiheessa. Karttaa voidaan hyödyntää arvioitaessa kiinteistömassojen esim. asuntoalueiden suositeltavaa lämmitysenergian tuotantotapaa. Mikäli asuntoalueelle tai kiinteistömassalle suositellaan geoenergian hyödyntämistä, on kohteella tehtävä ennen geoenergian käyttöönottoa paikkakohtaiset tutkimukset geoenergiakenttien mitoituksen ja käytön kestävyuden varmistamiseksi.



26.4.2013

### 2.2.2 Tontinluovutus ja asuminen

Kaupungin tarjotessa kaava-alueelta tontteja myös muille lämmitysmuodoille on hyväksyttävämpää ohjata voimakkaammin tontin saajia toisilla korttelialueilla kaukolämmön asiakkaiksi. Tonttivarauksia on myös mahdollista aikaistaa ja kerätä lämmitysmuodoittain ryhmiin jo asemakaavan laatimisen aikana; näin Oulun Energian on mahdollista saada selvitettyä ja kasattua investointinsa edellytykset kaavan voimaan tulon mennessä.

Asuntotoimen käsittelemät avustukset tuottavat tietoa yksittäisistä maaperään ja kallioon tukeutuvista energiahankkeista muun kaupungin tiedon täydennykseksi.

### 2.2.3 Rakennusvalvonta

Kartan tietoja voidaan hyödyntää myös arvioitaessa yksittäisten lämpökaivojen sijoitusmahdollisuuksia. Kartan perusteella ei voida arvioida tarkkaan kallioperän syvyyttä tai kallioperän tarkkoja lämpöominaisuuksia.

Niillä alueilla, joilla geoenergian hyödyntämismahdollisuudet ovat heikot voidaan pienkiinteistölle vaihtoehtoisesti asentaa pintaputkisto (maakeruupiiri), joka vaatii tontilta arviolta 1000-2000 neliötä vapaata pinta-alaa. Pintaputkiston sijaintialuetta ei voida käyttää rakentamiseen. Suositeltavaa on myös, ettei maapiirin aluetta aurata talvella. Tästä johtuen ei kiinteistön pihatienkään alle voida asentaa pintaputkia. Maapiirin asentamisessa on huomioitava maaperän laatu.

Kun kiinteistölle on tehty rakentamismääräyskokoelman määräysten ja ohjeiden mukainen energialaskelma ja LVI-suunnitelma, niin lämpökaivoa suunniteltaessa suunnitelmista tulisi selvittää mitä kivilajia ja keskimääräistä lämmönjohtavuuden arvoa on laskelmissa käytetty ja onko myös sijoituspaikan maapeitteen paksuusoletus huomioitu järjestelmän mitoituksessa, ns. "varmuuskertoimessa". Tämä siis koskee pientaloja ja muita pienkohteita, joiden lämpöpumpputeho on alle 100 kW. Tällaisissa kohteissa tarkat kenttätutkimukset ja varsinkin kallioperän lämmönjohtavuuden mittaaminen eivät ole taloudellisesti perusteltavissa.

### 2.2.4 Ympäristötoimi

Karttaa voidaan hyödyntää ympäristönsuojelun suunnittelu- ja kehittämistehtävissä. Selvitys on osa ilmastostrategian toimeenpanoa ja palvelee uusiutuvan energian kuntakatselmusta. Kartta on tarpeen ympäristön tilan raportoinnissa ja hyödyllinen myös erilaisten hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Karttaa voidaan käyttää hyvien käytäntöjen esimerkkinä esiteltäessä Oulua muille tahoille.

26.4.2013

### 3 GEOENERGIA

#### 3.1 Yleistä

Geoenergialla tarkoitetaan yleisellä tasolla kaikkea maa- ja kallioperästä sekä vesistöistä saatavaa lämmitys- ja viilennysenergiaa. Geolämpö ja geoterminen lämpö käsittävät kaiken ihmisen hyödynnettävissä olevan maan lämpöenergian. Vakiintuneita termejä ovat maalämpö ja kalliolämpö sekä vesistölämpö, joilla eri lämmön lähteet erotetaan toisistaan näitä hyödyntävistä järjestelmistä puhuttaessa.

Maankamaran pintaosassa lämpöenergia on peräisin auringosta ja syvemmällä maan sisäosista kohoavasta lämmöstä, joka voi olla ns. geotermistä tai radioaktiivisten aineiden hajoamisesta vapautunutta lämpöä. Suomen olosuhteissa maankamaran lämpötila on keskimäärin 2 - 7 °C astetta. Oulun seudulla maankamaran pintaosassa lämpötila on keskimäärin 4 - 4,5 °C. Vuodenaikaisvaihtelut aiheuttavat maankamaran pintaosassa suhteellisen suuria lämpötilamuutoksia mutta jo noin 15-20 metrin syvyydessä lämpötila on vakio kuvan 1 mukaisesti.

Kallioperän lämpötila kasvaa syvemmälle mentäessä. Kasvuva kuvaava geoterminen gradientti on Suomessa noin 0,8–1,5 °C / 100 m, eli karkeasti sanottuna lämpötila nousee maankamarassa noin asteen sataa metriä kohden. Erot jopa saman alueen kallioperään porattujen kaivojen lämpötilaprofiileissa johtuvat yleensä siitä, että aurinko on päässyt lämmittämään esimerkiksi asfalttikentän vieressä olevaa kaivoa enemmän kuin metsän varjostamaa kaivoa. Oheisessa kuvassa on esitetty Haukiputaalla mitattujen kolmen lämpökaivon lämpötilaprofiilit. Riittävän syvälle mentäessä paikalliset lämpötilaerot lopulta häviävät ja lämpötilat noudattavat alueelle tyypillistä tasoa.

#### 3.2 Geoenergian hyödyntäminen

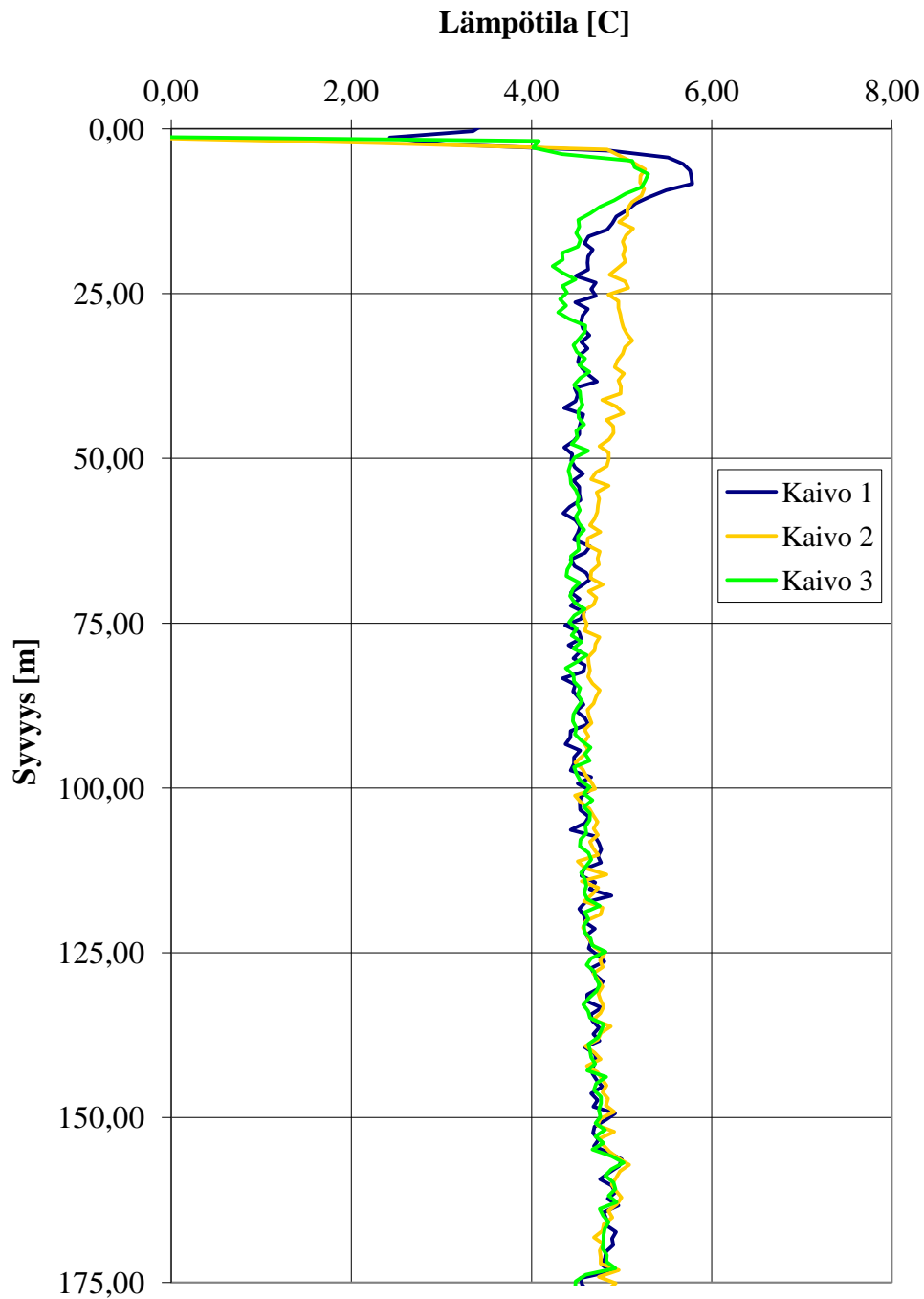
Suomen geoenergiaa kutsutaan ns. matalan lämpötilan geoenergiaksi, jonka hyödyntämiseksi lämmitystarkoituksissa on käytettävä lämpöpumppua. Sen sijaan viilennystarkoituksissa on mahdollisuus hyödyntää ns. vapaakiertotekniikkaa.

Geoenergiaa voidaan käyttää kiinteistöjen lämmityksessä ja käyttöveden lämmitykseen sekä kiinteistöjen viilennyksessä. Kesäaikaisen viilennyskäytön yhteydessä lämmennyt kiertoneste viilennetään putkistossa ja samalla geoenergiakenttään siirtyy lämpöenergiaa talven lämmityskautta varten. Koska lämmityskausi on Suomen olosuhteissa pitkä ja viilennystarve keskittyy lyhyemmälle ajalle, niin kentän lämpötila yleensä laskee käyttövuosien myötä. Tämä tulee huomioida erityisesti useista kaivoista koostuvien kaivokenttien mitoituksessa ja mallintamisessa (ks. kohta 3.3.).

Geoenergiaa voidaan kerätä erityyppisillä putkistojärjestelyillä. Maankamaran pintaosaan on mahdollista asentaa ns. vaakaputkisto. Myös vesistöjen pohjaan tai vesistöjen pohjaosien sedimenttiin on asennettava vaakaputkisto lämmön keräämiseksi. Nykyisin ylivoimaisesti suosituin tapa kerätä lämpöä on asentaa lämmönkeruuputkisto porakaivoon eli ns. lämpökaivoon (YM Lämpökaivo-opas - viite).



26.4.2013



*Kuva 1. Lämpökaivon lämpötilamittausten tuloksia Haukiputaalta.*

26.4.2013

Lämmönkeruuputkisto on polyeteeni-muovinen ns. mustaa muovia oleva putki, joka asennetaan lämpökaivoon. Samaa putkityyppiä voidaan hyödyntää myös vaakaputkistoissa. Lämmönsiirtonesteenä käytetään nykyisin yleisesti denaturoitua etanoli - vesiseosta, joka on laimennettu 30 % väkevyyteen. Lämmönsiirtonesteen tulisi kestää pakkasta n. - 15 – -20 °C. Varsinkin vaakaputkistoasennuksissa ja huolto-kaivoja rakennettaessa pakkaskestoon tulee kiinnittää huomiota.

Lämpökaivon poraukseen on oltava toimenpidelupa, joka haetaan Oulun kaupungin rakennusvalvonnalta. Lupakäytäntö on kuvattu kattavasti osoitteessa

[http://www.oulu.ouka.fi/rakennusvalvonta/pdf/MAALAMPO\\_lupa.pdf](http://www.oulu.ouka.fi/rakennusvalvonta/pdf/MAALAMPO_lupa.pdf)

Mikäli lämpökaivoja suunnitellaan sijoitettavaksi pohjavesialueille, on sijoitukselle saatava myös Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskuksen lausunto.

### 3.3 Geoenergiakaivokentän mallinnus

Geoenergiakaivokentän mallintaminen tarkoittaa kaivojen määrän, syvyyden ja sijainnin optimoimista energiantarpeen, käytössä olevan pinta-alan ja maankamaran ominaisuuksien mukaan. Energiakaivokentän mallinnuksella varmistetaan, että kaivot tuottavat tarvittavan määrän energiaa vuosien ja vuosikymmenten ajan mahdollisimman tasapainoisesti ja kestävästi välttämällä kallioperän lämpötilan liiallista laskua. Jos energiakaivokenttä on alimitoitettu, kallioperästä otetaan liian paljon energiaa kaivojen määrään ja syvyyteen nähden, jolloin kallioperä viilenee voimakkaasti. Ylimitoidussa energiakaivokentässä on puolestaan tarpeettoman monta ja/tai tarpeettoman syviä kaivoja energiantarpeeseen ja maankamaran ominaisuuksiin nähden, jolloin syntyy turhia kustannuksia.

Mallinnuksen kannalta tärkeimpiä kallioperän ominaisuuksia ovat erityisesti sen lämmönjohtavuus ja lämpötila. Kallioperän lämmönjohtavuus voidaan mitata ns. TRT- testimittauksella (Thermal Response Test). Mitoitukseen vaikuttavat myös energiakaivon ja lämmönkeruuputkiston ominaisuudet, kuten energiakaivon halkaisija, putkiston tyyppi ja lämmönkeruuneste. Alueen geologisten olosuhteiden selvittäminen on tärkeää, jotta saadaan käsitys alueen kallioperän koostumuksesta ja rakenteesta, irtomaan paksuudesta alueella sekä pohjaveden korkeudesta ja sen mahdollisesta liikkumisesta kallioperässä. Kukin mallinnustulos pätee vain juuri niillä parametreilla, joilla se on määritelty, eli esimerkiksi energiantarpeen tai pinta-alan muutos tarkoittaa uutta mallinnusta.

Ideaalitapauksessa energiakaivokenttää käytetään sekä rakennuksen lämmittämiseen että sen viilentämiseen, ja kallioperään ladataan lämpöä viilennyksen aikana yhtä paljon kuin sieltä otetaan lämmityksen aikana. Käytännössä suurin osa Suomen geoenergiakohteista on lämmityspainotteisia. Tällöin energiakaivokentän läheinen kallioperä jäähtyy vähitellen vuosien kuluessa. GTK:n tavoitteena energiakaivokentän mallinnuksessa on varmistaa energiakaivokentän tuotto ja pysyvyys pitkälle ajalle, aina vuosikymmenien päähän.

26.4.2013

## 4 AINEISTOT

### 4.1 Maapeitteen paksuus

#### 4.1.1 Yleistä

Maaperäolosuhteet ja kallionpinnan syvyys maanpinnasta vaihtelevat Oulun alueella merkittävästi. Kallionpinnan syvyys on suurin ns. Muhosmuodostuman savikivialueella, jota esiintyy Oulun länsiosassa. Alueen kivilaji on kulutuskestävyydeltään muuta aluetta heikompi ja on siksi vuosimiljoonien aikana kullunut ja kallionpinta sijaitsee ympäröiviä kiteisen kallioperän alueita selvästi alemmalla tasolla. Savikivialueella maapeitteen paksuus (ts. kallionpinnan syvyys maanpinnasta) on yleisesti kymmeniä metrejä, jopa yli sata metriä. Oulunsalon – Perävainion alueella maapeitteen paksuus on savikivialueella vaihteleva. Todetut maapeitteenpaksuudet ovat vaihdelleet 20 – 70 metrin luokassa. Myös Virpiniemen – Isoniemen alueella on maapeitteen paksuus yli 60 metriä. Tarvittaessa näillä savikivialueilla on maapeitteen paksuus suositeltavaa selvittää jo suunnitteluvaiheessa lämpökaivon tai -kaivokentän rakentamismahdollisuuksien varmistamiseksi. Suuresta maapeitteen paksuudesta johtuen ei savikivialue sovellu parhaalla tavalla geoenergian hyödyntämiseen lämpökaivotekniikalla. Sen sijaan geoenergian hyödyntäminen vaakaputkistojen avulla on mahdollista. Muualla Oulun alueella maapeitteen paksuus on yleisesti selvästi pienempi, vaihdellen avokallioista noin 20 metrin paksuuksiin. Poikkeuksena tästä on Oulujokilaakson alue, jossa maapeitteen paksuus voi olla paikoin jopa 40 metrin luokkaa.

#### 4.1.2 Maapeitteen arvioinnissa käytetyt aineistot

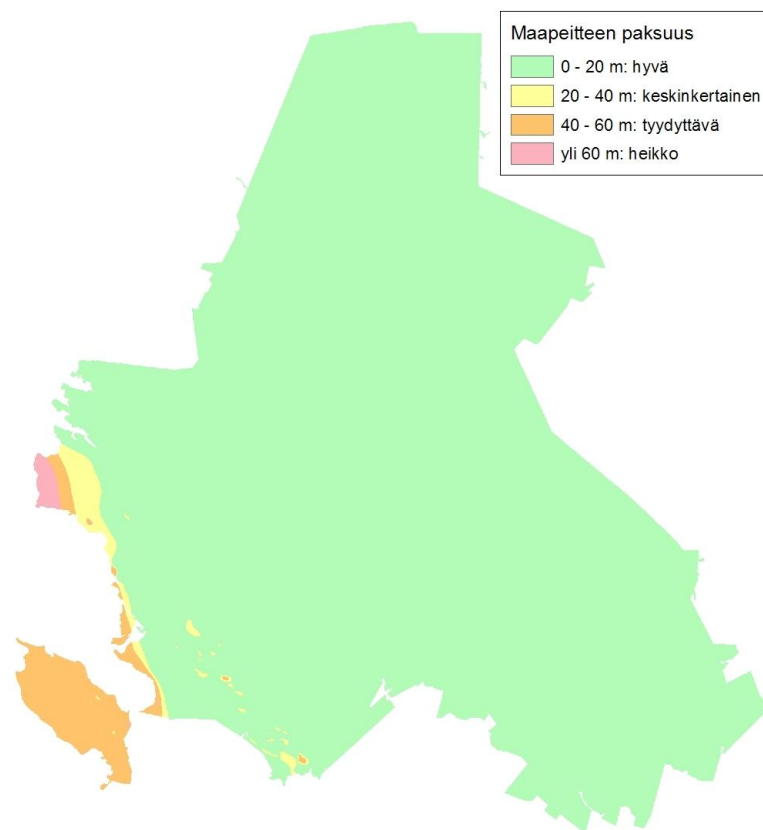
- GTK:n Loppi-kannan kairaustiedot
- GTK:n maaperäkairaustiedot (Maapeli)
- GTK:n valtakunnallinen pohjatutkimusrekisteri
- GTK:n numeerinen pohjakartta-aineisto (avokalliotiedot)
- GTK:n maa- ja kallioperäkartojen paljastumatiedot
- GTK:n geofysikaaliset aineistot, aeromagneettinen aineisto ja seismiset luotaustiedot
- MML korkeusmallit (Laser ja 25/10 m korkeusmallit)
- Oulun kaupungin kairaus/geotekniset tiedot
- Oulun seudun harjuseelvitys 1990
- Geodrill www-sivut
- Rototec www-sivut
- Puhelinkeskustelu Hannu Vehkaperän (Geopudas OY) kanssa.



26.4.2013

### 4.1.3 Maapeitteen paksuuden luokittelu

Maapeitteen paksuuden arviointiin on käytetty raportin kohdassa 4.1.2. mainittuja aineistoja. Aineisto luokiteltiin 4 luokkaan: 1) 0 – 20 metriä, 2) 20 – 40 metriä, 3) 40 – 60 metriä ja 4) yli 60 metriä. Luokittelulla alueilla saattaa esiintyä pienialaisia luokkaa paksumpia maapeitteen alueita vähäisen aineiston johdosta.



*Kuva 2. Maapeitteen paksuuden luokittelu Oulun alueella.*

## 4.2 Kallioperä ja kivilajialueet

### 4.2.1 Yleistä

Kallioperän kivilajialueet saatiin GTK:n numeerisesta kallioperäkartta aineistosta, DigiKP200KP. Aineisto on luonteeltaan yleiskarttamainen ja se on laadittu mittakaavaan 1:200 000.

26.4.2013

#### 4.2.2 Yli-iin gneissi

Yli-iin gneissialue on seudun vanhinta kallioperää. Alueen para- ja ortogneissit ovat iältään Arkeaisia (>2440 milj.v.) ja koostumukseltaan granodioriittista ja tonaliittista. Yli-lin Maalismaalla esiintyy useissa paljastumissa homogeenista, keski- tai karkearakeista granodioriittia. Keskirakeinen granodioriitti on tassarakeista ja massamaista, karkearakeinen granodioriitti on pilsteistä missä selvä suuntaus (Honkamo 1988).

#### 4.2.3 Kiimingin liuskejakso ja kvartsiitti

Suurin osa Oulun seudun alueesta koostuu Kiimingin jakson pintakivilajeista. Kiimingin liuskejakso on osa Pohjois-Pohjanmaan liuskevyöhykkeestä ja koostuu pääosin kiilleliuskeesta, grauvakasta, mustaliuskeesta ja kvartsiittista. Laajin kvartsiittialue on Kiimingin kirkon itäpuolella oleva Koitelin kvartsiittikonglomeraattimuodostuma, joka on pinta-alaltaan noin 60 km<sup>2</sup>. Koitelin muodostuman kvartsiitti on rae-kooltaan karkeata (1-2 mm), sisältäen erillisiä kookkaita kvartsirakeita ja -mukuloita (2-20 mm). Muodostumaan kuuluvan konglomeraatin iskos on kvartsiittia ja mukuloina esiintyy monia eri kivilajeja. Mukuloiden koot vaihtelevat suuresti ja voivat paikoin olla jopa useita metrejä. Konglomeraatti esiintyy kvartsiitin yhteydessä vaihtelevan paksuisina kerroksina (Honkamo 1988). Kiimingin jakson vulkaaniset kivet ovat pääosin massiivisia emäksisiä (Thoeliittista basalttia) laavoja ja tyynylaavoja. Vulkaanisten kivilajien yhteydessä esiintyy yleisesti dolomiittia ohuina linssimäisinä välikerroksina

#### 4.2.4 Oulun ja Muhoksen graniitti

Alueen syväkivet leikkaavat Kiimingin jakson liuskeet Oulun-seudun lounaisosassa. Alue on melko laajamittainen ja koostuu pääosin homogeenisesta punertavasta graniitista joka paikoin muuttuu porfyri-mäiseksi. Karkearakeista Pegmatiitti-graniittia esiintyy alueella vähäisessä määrin. Graniittia ei ole alueella tavattu paljastuneena paitsi eräällä työmaalla Toppilassa missä oli jonkin aikaa graniittikalliota näkyvissä. Kartoille graniitit on merkitty geofysikaalisten piirteiden perusteella (Honkamo 1988).

#### 4.2.5 Muhoksen muodostuman savikivi

Muhoksen muodostuman kivilajit ovat pääosin saviliuskeita. Jonkin verran esiintyy myös metamorfoitunutta konglomeraattia. Näitä esiintyy lähinnä alueen länsireunassa Oulunsalon ja Haukiputaan välisellä alueella. Alueella on paikoin hyvin paksu maapeite, joten tietoa näistä on lähinnä saatu kairaamalla ja luotauksella.



26.4.2013

#### 4.2.6 Kivilajialueiden luokittelu

Kallioperän kivilajialueet luokiteltiin neljään luokkaan pääosin niiden lämmönjohtavuuden perusteella. Luokittelussa pidettiin mielessä lisäksi mm. kivilajin vaikutus porattavuuteen. Kallioperän lämmönjohtavuus voi vaihdella myös samassa kivilajissa riippuen mineraalien jakautumisesta energiakaivossa ja sen läheisyydessä. Alla olevaan taulukkoon on koottu tässä työssä käytettyjen kivilajiluokkien lämmönjohtavuuksia perustuen joko kirja-arvoihin tai GTK:n tekemiin geofysikaalisiin mittauksiin.

**Taulukko 1.** Kivilajiluokkien lämmönjohtavuus.

Kivilajiluokka	lämmönjohtavuus [W/(m·K)]	
	TRT-mitattu*	tyypillinen kirja-arvo
Luokka I **	-	4.60
Luokka II	3.17 - 3.61	3.08
Luokka III	2.63 - 2.95	2.74
Luokka IV	-	2.0 - 2.4

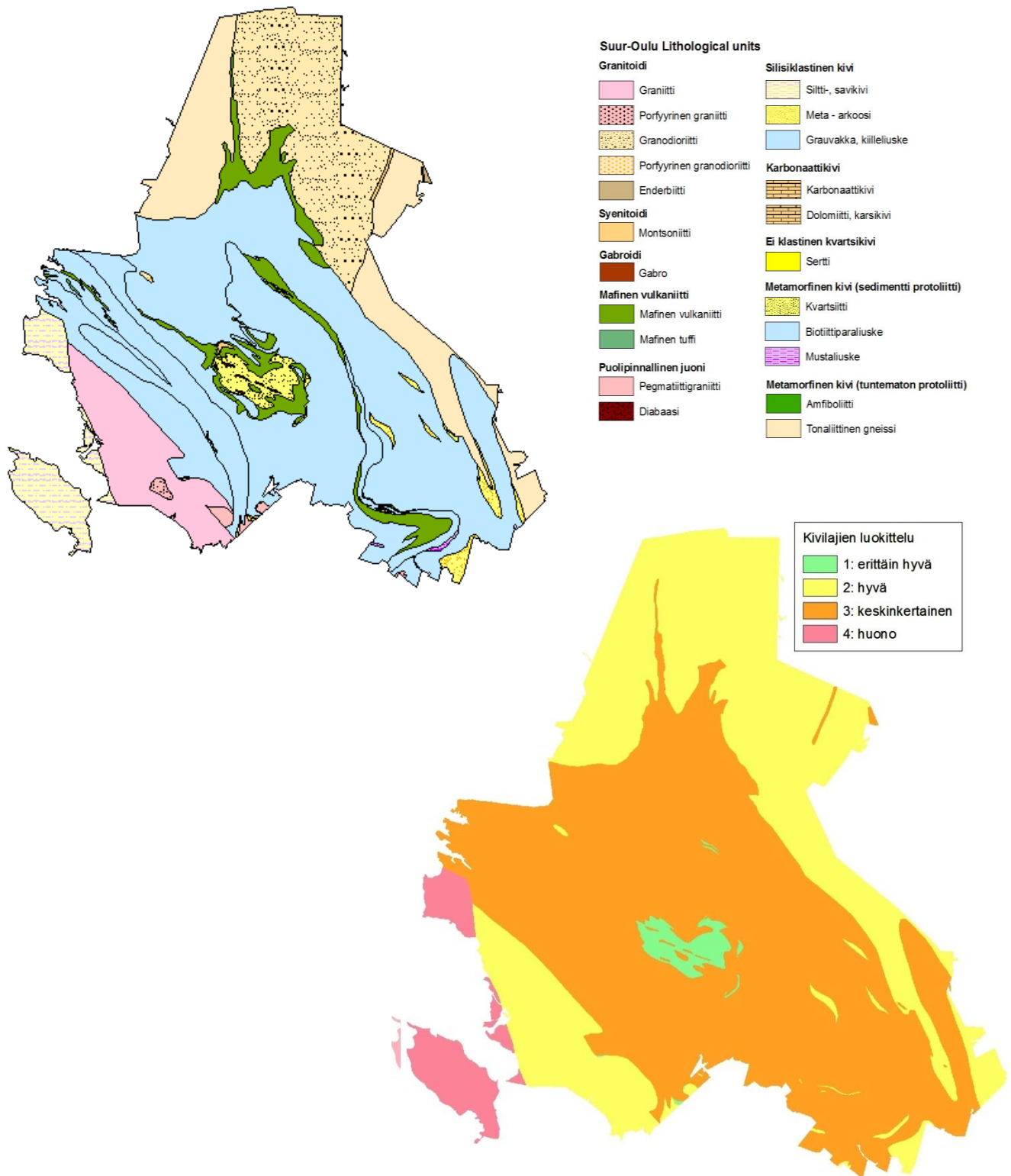
\* vaihtelualue GTK:n tekemissä mittauksissa Suomessa

\*\* ns. superluokka (ml. kvartsiitti)

Kivilajiyksiköiden luokittelussa (kuva 3) huomioitiin Oulun alueella vallitsevien geologisten pääalueiden linjaukset seuraavasti:

- Luokkaan I kuuluu kvartsiitti, jota esiintyy Kiimingin seudulla. Kvartsiitin lämmönjohtavuus on poikkeuksellisen hyvä verrattuna Suomen kivilajien keskimääräiseen lämmönjohtavuuteen, joten tästä syystä luokkaa kutsutaan myös superluokaksi.
- Luokkaan II kuuluvat Oulun - Muhoksen graniitti- ja Yli-Iin gneissialueet, jotka ovat lämmönjohtavuuden suhteen hyvin potentiaalisia geoenergian tuotannolle. Ne ovat myös rakoilultaan edullisia pohjaveden liikkeille parantaen näin lämmönsiirtymistä. Porattavuus on hyvä johtuen massamaisesta rakenteesta.
- Luokkaan III kuuluu Kiimingin liuskejakso, jossa lämmönjohtavuus vaihtelee kivilajista riippuen. Lämmönjohtavuus on Suomen kivilajien keskimääräistä arvoa alhaisempi. Liuskeisuus voi vaikuttaa ohjaavana/kääntävänä pintana poraussuuntaan voimakkaastikin.
- Luokkaan IV kuuluu Muhos-muodostuman savikivi, jonka lämmönjohtavuus on edellisiä luokkia huomattavasti alhaisempi.

26.4.2013



**Kuva 3.** Oulun kallioperä ja kallioperän kivilajiyksiköiden luokittelu geoenergiapotentialin mallinnusta varten.

26.4.2013

## 5 GEOENERGIAPOTENTIAALIKARTAN TOTEUTUS

Oulun geoenergiapotentiaalia kuvaava kartta laadittiin käyttäen spatiaaliseen data-analyysiin perustuvaa monimuuttujamallinnusta. Kartta tuotettiin ArcGIS-ohjelmistolla. Analyysityökaluina käytettiin Spatial Analyst -laajennusta sekä Spatial Data Modeller Tools -työkalupakkia, joka on U.S. Geological Survey ja Geological Survey of Canadan kehittämä. Lähtöaineistojen luokittelussa ja integroimisessa hyödynnettiin sumeaa logiikkaa, joka on ns. käsitteellinen eli taito-ohjattu lähestymistapa mallinnettavan asian kuvaamiseen. Menetelmä vastaa Boolean logiikkaa, mutta klassiseen joukko-oppiin verrattuna sumean joukon jäsenyys kuvataan jatkuvalla skaalalla nollan ja ykkösen välillä arvojen 'tosi' tai 'epätosi' sijaan.

Jokainen lähtöaineisto luokiteltiin haluttuihin määriin luokkia ja tämän jälkeen arvot skaalattiin sumeiksi jäsenyyssarvoiksi välillä [0, 1] taulukon 2 mukaisesti.

**Taulukko 2.** Lähtöaineistojen luokkien muuntaminen sumeiksi jäsenyyssarvoiksi.

Aineisto: kivilajiyksiköt				
Alkuperäinen luokka	1	2	3	4
Sumea jäsenyyssarvo	1.0 – 0.66	0.66 – 0.33	0.10 - 0.33	0.0 – 0.10
Tärkeysaste	Erittäin hyvä	Hyvä	Keskinkertainen	Heikko
Aineisto: maapeitteen paksuus				
Alkuperäinen luokka	1	2	3	4
Maapeitteen paksuus [m]	0-20	20 - 40	40 - 60	> 60
Sumea jäsenyyssarvo	0.75 -1.00	0.4 – 0.75	0.10 – 0.4	0.0 – 0.10
Tärkeysaste	Hyvä	Keskinkertainen	Tyydyttävä	heikko

Edellä määritetyt sumean jäsenyyden arvot kuvaavat siis kunkin lähtöaineiston suhteellista tärkeysastetta geoenergiapotentiaalin kannalta. Tämän jälkeen aineistot integroitiin yhteen käyttäen erilaisia sumeita loogisia operaattoreita. Lopputulokseksi valittiin operaattorin Fuzzy Gamma tuottama sumea jäsenyyss-kartta. Se kuvaa geoenergian hyödynnettävyyden astetta siten, että arvon ollessa

- yksi (1.0), kyseessä on erittäin potentiaalinen alue
- > 0.5, kyseessä on potentiaalinen alue
- 0.5, kyseessä on potentiaalisen keskivaiheilla oleva alue, joka voidaan ilmaista 'ehkä, mahdollisesti'
- < 0.5, voidaan ilmaista 'ei niin' potentiaaliseksi alueeksi
- nolla (0.0), kyseessä on ei-potentiaalinen alue



26.4.2013

Lopputulokset ja tulkinta geoenergiapotentiaalista esitetään kartalla aluemaisena tasona luokiteltuna neljään esiintymisen todennäköisyyttä kuvaavaan luokkaan: hyvä, kohtalainen, tyydyttävä ja heikko. Lopullisessa kartassa Kiimingin kivilajiominaisuuksiltaan erinomaista kvartsiittialuetta ei haluttu korostaa liikaa, vaan se jätettiin samaan luokkaan graniittialueiden kanssa.

## 6 TULOKSET - OULUN GEOENERGIAPOTENTIAALI

Oulun alueen geoenergiapotentiaali on pääosin hyvä (liite 1). Geoenergian hyödyntäminen on laajoilla alueilla mahdollista ja se antaa hyvän mahdollisuuden eri energiamuotojen vertailuun lämmitys- ja viilennystekniikkaa valittaessa.

Parhaita alueita kallioperän ominaisuuksien perusteella ovat Kiimingin Välikylän – Huttukylän alueen kvartsiittialue sekä Oulun ja Muhoksen graniittialueet. Oulujokilaaksossa maapeitteen paksuudet ovat kuitenkin paikoin selvästi yli 20 metriä, mikä on huomioitava suunnitteluvaiheessa. Kaupungin alueen keskiosassa on myös laaja geoenergian hyödyntämiseen soveltuva alue, jonka kallioperäominaisuudet ovat keskinkertaisia ja maapeitteen paksuus pääosin alle 20 metriä. On kuitenkin huomioitava, että alueelta ei ole kattavasti maapeitteen paksuustietoa saatavilla, joten maapeitteen paksuus voi olla satunnaisesti yli 20 metriä.

Muhoksen savikivialueella, Oulun länsilaidalla, geoenergian hyödyntämismahdollisuudet ovat muuta aluetta heikommalla johtuen maapeitteen paksuudesta ja savikiven muita kivilajilajia heikommasta lämmönjohtokyvystä. Maapeitteen paksuus voi tällä alueella olla jopa yli 100 metriä. Oulunsalon – Perävainion alueella maapeitteen paksuus on savikivialueella vaihteleva 20 – 70 metriä. Virpiniemen - Isoniemen alueella on maapeitteen paksuus yli 60 metriä. Savikiven ja kiteisen kallioperän kontaktissa kallionpinnan syvyys voi muuttua jo pienellä matkalla huomattavasti.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Geologian tutkimuskeskuksen Länsi-Suomen yksikkö on Oulun kaupungin toimeksiannosta selvittänyt kaupungin alueen geoenergiapotentiaalia. Selvitys tehtiin olemassa olevaan aineistoon perustuen. Aineistoina käytettiin GTK:n 1:200 000 mittakaavaista numeerista kallioperäkarta-aineistoa ja eri tietolähteistä koottuja maapeitteen paksuustietoja. Kallioperäaineisto luokiteltiin lämmönjohtavuusominaisuuksien perusteella 4 luokkaan ja maapeitteen paksuusaineisto 4 syvyysluokkaan. Luokiteltujen aineistojen perusteella laadittiin kartta käyttäen spatiaaliseen data-analyysiin perustuvaa monimuuttujamallinnusta.

Selvityksen perusteella voitiin osoittaa pääosan Oulun alueesta soveltuvan hyvin geoenergian hyödyntämiseen. Poikkeuksena on Muhoksen savikivialue kaupungin länsiosassa, jossa geoenergian hyödyntämismahdollisuudet ovat heikommalla paksun maapeitteen ja savikiven muita kivilajeja heikommalla lämmönjohtavuuden takia.



26.4.2013

Karttaa voidaan hyödyntää kaavoituksessa, rakennusvalvonnassa ja ympäristövalvonnassa. Esimerkiksi kaavoituksessa karttaa voidaan hyödyntää mietittäessä asuntoalueiden tai teollisuusalueiden suositeltavia lämmitys/viilennysratkaisuja.

Kartan käyttöä suuremmassa mittakaavassa kuin 1:100 000 tulee ensisijaisesti välttää aineiston yleiskarttamuotoisuuden takia. Kartan perusteella tai sen tietoja hyväksikäyttäen ei voida suoraan mitoittaa lämpökaivoa kiinteistön lämmitys ja/tai viilennystarpeita varten.

Geoenergiaan perustuvien energiaratkaisuja varten on erittäin suositeltavaa suorittaa lämpöpumpputeholtaan yli 100 kW:n kohteissa paikkakohtaiset tutkimukset ja kaivokenttien mitoituslaskelmat ja –mallinnukset lämpökaivokentän kestävä hyödyntämisen varmistamiseksi. GTK suosittelee ehdottomasti lämpöpumpputeholtaan useiden satojen kilowattien suurkohteissa tehtäväksi paikkakohtaiset TRT-mittaukset kallioperän todellisen lämmönjohtavuuden selvittämiseksi. Samalla kyetään selvittämään kaivon lämpövastus ja lämpötilaprofiili. Parametrit vaikuttavat oleellisesti energiakaivokentän mitoitukseen.

Pienemmissä kohteissa (omakotitalot, paritalot, pienet rivitalot ja muut vastaavat kiinteistöt) on mahdollista käyttää myös lämpökaivourakoitsijoiden ja laitemyyjien mitoitus tapoja, jos mitoitukseen vaikuttavat olosuhteet ja parametrit tunnetaan. Kartan perusteella ja sen tietoja hyväksikäyttäen voidaan hakea raja-arvoja lämpökaivon mitoitusta varten. Asiantunteva LVI-suunnittelija pystyy näiden perusteella huomiomaan pienkohteiden mitoitukseen vaikuttavien tekijöiden merkityksen järjestelmän toiminnan ja rakentamiskustannuksien kannalta.

## 8 KIRJALLISUUSVIITTEET

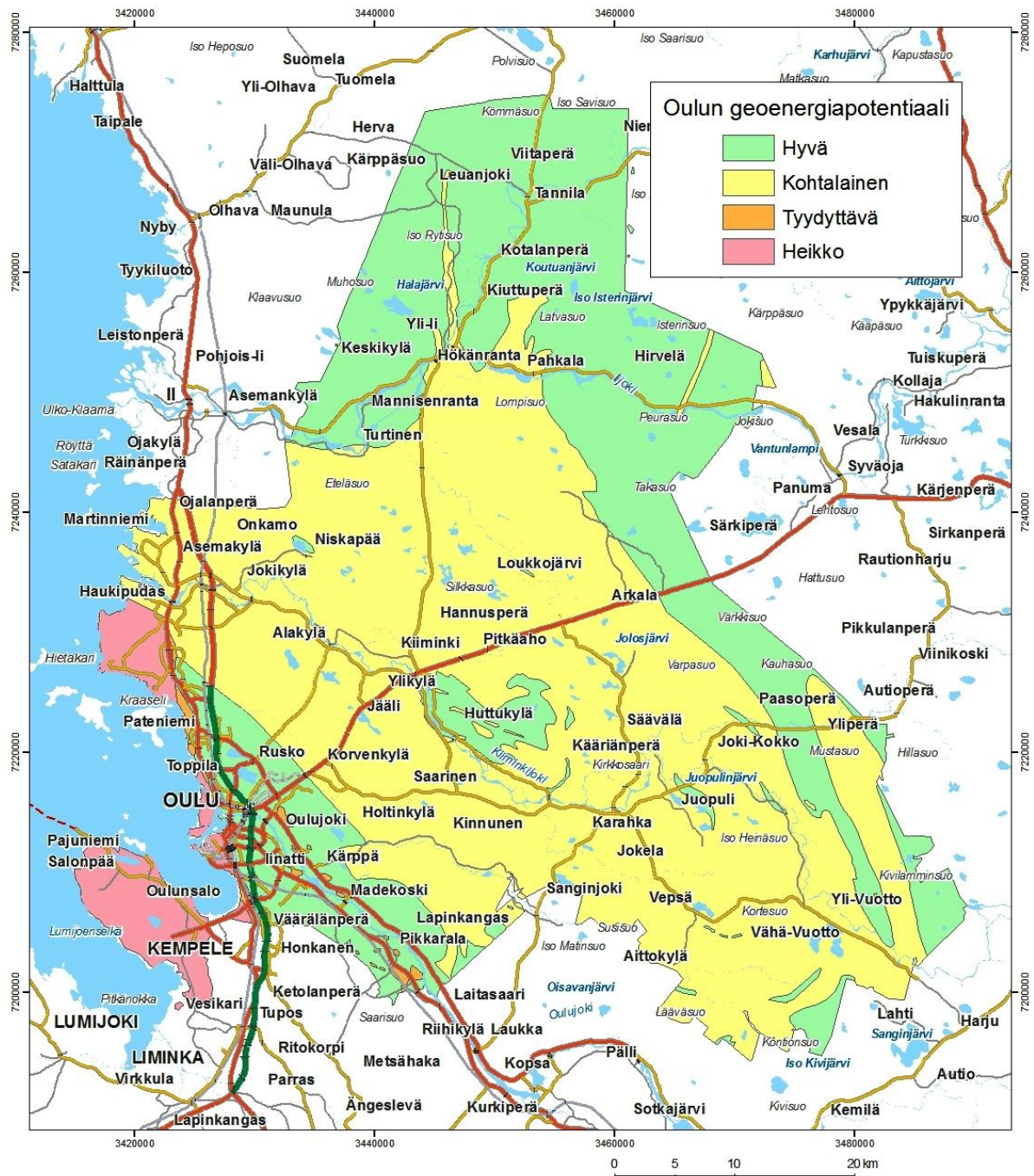
Honkamo M. 1988. Haukiputaan ja Kiimingin kartta-alueiden kallioperä. Kallioperäkarttojen selitykset. Lehdet 3511 ja 2533. 48 s.

Janne Juvonen (toim.), 2009. Lämpökaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas / 2009, 44 s. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=335527&lan=fi&clan=fi>

Uusi lämpökaivo-opas ilmestyy v. 2013. Opas löytyy osoitteesta: Suomen ympäristökeskus [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Suomen ympäristökeskus > Hankkeet > Hankkeet aakkosittain > Lämpökaivo-opas



26.4.2013



Pohjakartat: © Maanmittauslaitos, 2013

Geologiset tiedot: © Geologian tutkimuskeskus

Maapeitteen paksuustiedot: © Oulun kaupunki ja Geologian tutkimuskeskus

