

Maalämpöjärjestelmän mitoitus ja ympäristövaikutusten arviointi

Samuli Kyrö

Opinnäytetyö
Elokuu 2020
Tekniikan ja liikenteen ala
Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Kyrö, Samuli	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Elokuu 2020
	Sivumäärä 34	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Maalämpöjärjestelmän mitoitus ja ympäristövaikutusten arviointi		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
Työn ohjaaja(t) Nuutinen Marjukka, Flyktman Teppo		
Toimeksiantaja(t) LVI-Peltola Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli mitoittaa olemassa olevaan rakennukseen toimiva maalämpöjärjestelmä ja kartoittaa maalämpökaivojen paikallisia ympäristövaikutuksia. Toimeksiantajana toimi LVI-Peltola Oy. Kohde oli entinen koulurakennus Nyrölän kylässä, Jyväskylässä. Rakennuksen olemassa oleva lämmitysmuoto oli öljylämmitys, minkä korvaamiseksi laadittiin kaksi vaihtoehtoa uudeksi lämmitysjärjestelmäksi. Mitoitus tehtiin Kaukora Oy:n laatiman energialaskelman pohjalta.</p> <p>Toisessa suunnitelmassa öljylämmitys korvattiin kokonaan maalämmöllä ja näin ollen kohteeseen mitoitettiin täystehoinen maalämpöjärjestelmä. Asiakkaan toiveesta rakennukseen tehtiin myös osatehomitoitettu vaihtoehto, jossa maalämpöpumppu vastasi suurimmasta osasta lämmitysenergian tuotosta ja öljylämmitys aktivoitui tarvittaessa lisälämmönlähteeksi. Asiakkaan kannalta oleellista oli muutostyön kustannukset ja osatehomitoitettu järjestelmä osoittautuikin halvemmaksi.</p> <p>Ympäristövaikutusten kartoitus tehtiin paikallista luontoa, maa- ja kallioperää silmällä pitäen. Maalämpökaivojen vaikutukset maaperään ja pohjavesiin osoittautuivat haastaviksi tutkimustyön kohteiksi. Jyväskylän alueen maa- ja kallioperän homogeenisuus sekä pohjavesialueiden vähäinen määrä Nyrölän alueella viittasivat kuitenkin siihen, ettei energiakäivon tai -kaivokentän rakentamiselle ole estettä kyseisellä alueella.</p> <p>Kohteeseen valikoitui lopulta osatehomitoitettu maalämpöjärjestelmä, jonka lisälämpö tuotetaan öljyllä. Uudella lämmitysjärjestelmällä saavutettaisiin n. 58% vuosittaiset säästöt hiilidioksidipäästöissä ja lämmityskustannuksissa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Maalämpö, lämmitysjärjestelmä, ympäristövaikutus		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Kyrö, Samuli	Type of publication Bachelor's thesis	Date August 2020 Language of publication: finnish
	Number of pages 34	Permission for web publication: x
Title of publication Design of a ground source heat pump system and a survey for its environmental effects		
Degree programme Energy and environmental technology		
Supervisor(s) Nuutinen Marjukka, Flyktman Teppo		
Assigned by LVI-Peltola Oy		
Abstract <p>The goal of this thesis was to design a ground source heat pump system to an existing building and to survey its local environmental impacts. The client of this thesis was LVI-Peltola Oy.</p> <p>The subject building was a former school structure in Nyrölä, Jyväskylä. The existing heat source of the building was an oil boiler which could've been replaced with two different types of ground source heat pump systems. These designs were made based on the power consumption calculations made by Kaukora Oy.</p> <p>There were two options for the new heating system. First option was to completely replace the oil boiler with a ground source heat pump system. Second option was to leave the oil boiler as an additional heat source to support the ground heat source pump system in extreme temperatures. From the client's perspective the second option was more cost effective and therefore was chosen as the new heating system.</p> <p>The survey of the environmental impacts was made from the perspective of ground water and soil. Because of the homogenic nature of Jyväskylä's bedrock and soil, there was no discovered environmental risk for drilling a heat well in the area.</p> <p>As a result, the hybrid heating system was selected as the final heating solution for the building. This solution would reduce the annual carbon dioxide emissions by 58% and the same percentile in heating expenses.</p>		
Keywords/tags (subjects) Ground heat, heating system, environmental impact		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	4
2	Tutkimusasetelma	6
2.1	Energiamurros	6
2.2	Kohde	7
3	Maalämmön käyttö muutosrakentamisessa	8
3.1	Maalämpö yleisesti	8
3.2	Lämmönlähteet.....	9
3.3	Maalämpöpumppu	10
3.3.1	Lämpöpumppu ja lämpökerroin.....	10
3.3.2	Maalämpöpumpun toimintaperiaate.....	11
3.4	Maalämpöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus.....	12
3.4.1	Porakaivo	12
3.4.2	Lämmönkeruupiiri	14
3.4.3	Maalämpöpumpun mitoitus	15
3.5	Maalämmön ympäristövaikutukset.....	16
3.5.1	Ympäristövaikutukset maaperään	16
3.5.2	Ympäristövaikutukset pohjaveteen.....	17
3.5.3	Luvat ja vesilaki.....	18
4	Maalämpöjärjestelmän mitoitus kohteeseen	18
4.1	Kohteen lämmitysenergian kulutus.....	18
4.2	Maalämpö ja lisälämmitys öljyllä.....	19
4.3	Maalämpö ilman lisälämmitystä.....	21
5	Ympäristövaikutusten kartoitus	23
5.1	Pohjavesi	24
5.2	Maa- ja kallioperä	26

6 Johtopäätökset ja pohdinta	28
Lähteet	29
Liitteet	34

Kuviot

Kuvio 1 Maalämpöpumppujen lukumäärän, sähkön ja kevyen polttoöljyn hinnankehitys.....	7
Kuvio 2 Maalämmön lähteet ja keruutavat.....	9
Kuvio 3 Maalämpöpumpun osat ja toimintaperiaate.....	12
Kuvio 4 Lämmönkeruuputkiston mitoitus.....	13
Kuvio 5 Lämpökaivon periaatekuva.....	14
Kuvio 6 qi13-maalämpöpumpun suorituskyky kohteessa.....	20
Kuvio 7 Tehojen kuvaaja qi13 -maalämpöpumpulla.....	21
Kuvio 8 T232-maalämpöpumpun suorituskyky kohteessa.....	22
Kuvio 9 Tehojen kuvaaja T232 -maalämpöpumpulla.....	23
Kuvio 10 Nyrölän ja lähialueiden pohjavesialueet.....	24
Kuvio 12 Jyväskylän seudun maaperän lämpötilaprofiili ja geoterminen gradientti. .	27

1 Johdanto

Ilmaston lämpeneminen on nykypäivänä globaali huolenaihe. Sillä tarkoitetaan viime vuosikymmenten ajan tapahtunutta maapallon alailmakehän ja merien keskilämpötilan nousua ja ilmiön arvioitua jatkumista. Ilmaston lämpeneminen johtuu suurimaksi osaksi ihmisen aiheuttamista kasvihuonepäästöistä ja se aiheuttaa merkittäviä muutoksia ympäristössä (Human influence on climate clear, 2013, 1). Pohjoisen pallonpuoliskon kiinteistöjen lämmitykseen tarvittava energiateollisuus tuottaa merkittävän määrän päästöjä, jotka tahollaan kiihdyttävät ilmaston lämpenemistä. Suomessa rakennusten lämmittämiseen kuluu 27 prosenttia kaikesta käytetystä energiasta, mikä tarkoittaa, että lämmitysjärjestelmien päivittämisessä piilee huomattava monetaarinen ja ekologinen säästöpotentiali. (Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa 2018.)

Tässä opinnäytetyössä mitoitettiin entisen koulurakennuksen vanhan öljykattilan rinnalle maalämpöpumppu ja energiakaivo, joilla tuotetaan tulevaisuudessa valtaosa rakennuksen lämmitysenergiasta. Tämän lisäksi kartoitettiin maalämmön ympäristövaikutuksia maa- ja kallioperään sekä pohjaveteen. Työn ensisijainen tavoite oli mitoitaa kaksi toimivaa vaihtoehtoa tulevalle lämmitysjärjestelmälle, jotta myös asiakkaalle tulisi selkeä käsitys maalämmön variaatioista. Asiakkaana tässä työssä oli yksityishenkilö. Toinen tavoite oli, että energiakaivojen ympäristövaikutuksia saataisiin kartoitettua maaperän ja pohjaveden näkökulmista Nyrölän alueella. Työssä ei tehty vertailua maalämmön ja muiden lämmitysmuotojen välillä, sillä tällaista vertailua on tehty paljon jo aiemmin. Toisaalta kohde sijaitsee sen verran syrjässä, ettei kaukolämpöä ole edes saatavilla. Opinnäytetyön tilaaja on LVI-Peltola Oy, joka on lvi-urakointiin erikoistunut toimija Keski-Suomesta.

Maalämpö on uusiutuvaa lähienergiaa. Se on maaperän tai veden massaan varastoitunutta energiaa, joka on peräisin auringosta. Maalämpöä voidaan ottaa talteen maaperästä, kallioperästä tai vesistöistä. Maaperässä riittää lämpöä kovillakin pakkasilla, sillä lämpökaivossa tai syvällä maassa lämpötila ei laske nollan alapuolelle. Maalämpöä hyödynnetään lämmönkeruupiirillä, mikä asennetaan joko maalämpökaivoon

pystysuoraan tai vaakatasoon pintamaahan. Suomessa auringon tuottama lämpö ylittää n. 15 metrin syvyyteen ja syvemmältä hyödynnettävä lämpö on geotermistä lämpöä. Geoterminen lämpö on maan ytimessä tapahtuvien radioaktiivisten hajoamisten myötä syntyvää lämpöenergiaa. (Geoterminen lämpö on Suomen oloihin sopivaa maalämpöä 2017.)

Lämmitysjärjestelmien elinkaari on noin 20-30 vuotta. Tärkein motiivi niiden päivittämiseen on usein rahallinen säästö, mutta ekologisuuteen perehtynyt remontoija näkee myös ympäristön säästämisen tärkeänä asiana. Maalämmön verrattain edullinen hinta perustuu osittain siihen, että maaperästä tuleva lämpö ei ole kenenkään omaisuutta, eikä sitä ainakaan toistaiseksi veroteta. Kiinteistön omistajan omistusoikeutta syvyysuunnassa ei ole juridisesti määritelty. Ympäristöministeriö on valmistellut ohjeistusta aiheeseen liittyen, sillä maalämpökaivo voidaan porata satojen metrien syvyyteen, jolloin todennäköisesti poiketaan toiselle tontille. (Maan alla ei ole selvää rajaa 2012.)

Rakennusten lämmitysjärjestelmien päivittäminen ekologisempaan suuntaan on siis merkittävä tekijä kasvihuonepäästöjen vähentämisen kannalta. Ilmaston lämpenemisen ja ympäristön kuormittamisen ehkäiseminen on meidän kaikkien vastuulla. Tulevaisuudessa geotermisen lämmön ja maalämmön käyttö todennäköisesti lisääntyy ja siihen saadaan lisää insinööriosaaamista sekä investointeja. Vaikka tässä työssä tutkittiin vain yhden rakennuksen lämmitystarpeen täyttämistä maalämmöllä, on työn lopputulos helposti laajennettavissa muihinkin vanhoihin kohteisiin. Jopa neljännes suomalaisista asunnonomistajista pohtii energiaremonttia, ja uusiutuvat lähienergiat ovat nostaneet kiinnostustaan vuosi vuodelta. (Oma energiantuotanto kiinnostaa ihmisiä 2012.)

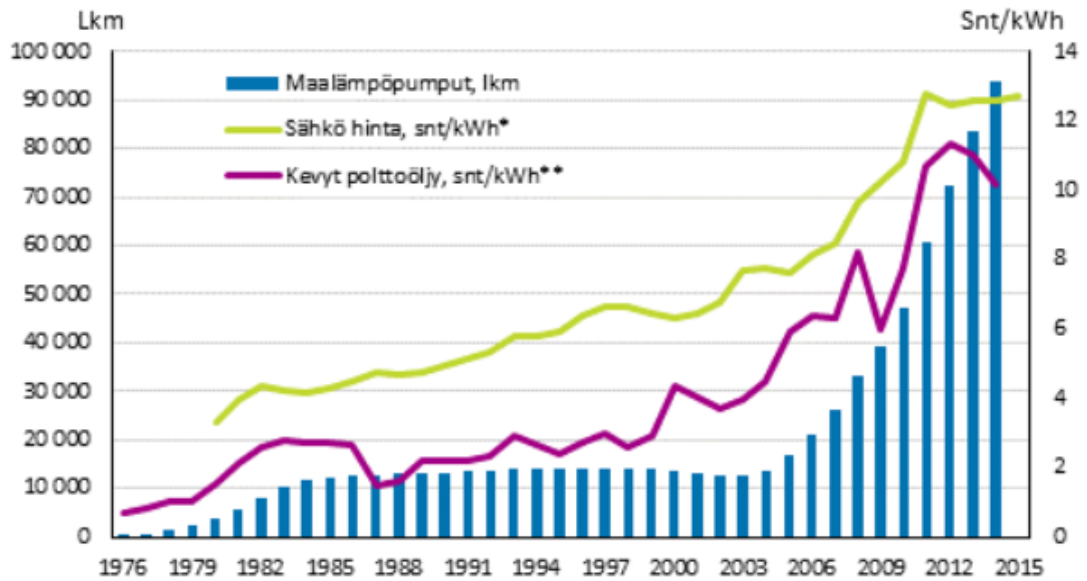
2 Tutkimusasetelma

2.1 Energiamurros

Kun energiaa tuotetaan kiinteistön käyttöön, se kuluttaa aina luonnonvaroja sekä aiheuttaa haittaa ympäristölle. Fossiilisia polttoaineita polttavat voimalat päästävät öljystä, maakaasusta tai kivihiilestä syntyvän hiilidioksidin ilmaan, mikä kiihdyttää ilmaston lämpenemistä. Puuta polttaessa samaa ongelmaa ei synny, sillä tilalle kasvaaviin uusiin puihin sitoutuu ilmasta hiilidioksidia. Puunpoltosta vapautuvissa savukaasuissa on sen sijaan terveydelle haitallisia pienhiukkasia, joiden suodattaminen omakotitalojen savuhormeista on ongelmallista kustannustehokkaasti. (Perälä, Perälä 2013, 9).

Lämmitysjärjestelmä on keskeinen tekijä rakennuksen käyttömukavuuden ja -kustannusten kannalta. Lämmitysjärjestelmät ovat kehittyneet valtavasti vuosikymmenten aikana, ja niitä uusitaan nykyään paljon. Saneerauskohteissa vaihtoehtoja on monia, eikä kukaan pysty varmuudella sanomaan, mikä järjestelmä on paras tulevien vuosikymmenien aikana. Ympäristön kannalta suositeltavaa on valita uusiutuva energiamuoto, kuten puu, pelletti, maalämpö, aurinko- tai tuulienergia. (Energiatehokas koti 2018.)

Lämmitysöljyn edullinen hinta houkutteli aikanaan talonrakentajat valitsemaan taloihinsa öljylämmityksen. Myöhemmin suosittiin suoraa sähkölämmitystä sen helppouden vuoksi. Nykyään energian hinta ja riittävyys aiheuttavat huolta rakentajien keskuudessa. (Perälä, Perälä 2013, 3.). Kevyen polttoöljyn litrahinta oli 1960-luvulla 6 penniä, kun nykyään se maksaa yli euron litralta. Öljypoltin oli helppokäyttöinen ja se piti rakennuksen lämpimänä lähes itsestään. (Perälä, Perälä 2013, 7.). Energian hinta onkin ilmastonmuutoksen ohella suurin syy siihen, että lämmitysjärjestelmiä uusitaan. Näissä tilanteissa maalämpöpumppu on usein kannattava ratkaisu asuinkustannusten alentamiseksi ja ne ovatkin nostaneet suosiotaan viimeisen kymmenen vuoden aikana (ks. Kuvio 1.).



Kuvio 1 Maalämpöpumppujen lukumäärän, sähkön ja kevyen polttoöljyn hinnankielitys.

(Tilastokeskus 2016)

2.2 Kohde

Opinnäytetyön kohteena oli vanha koulurakennus Nyrölän kylässä, Jyväskylässä. Rakennus oli öljylämmitteinen ja polttoaineena oli käytetty kevyttä polttoöljyä. Maalämpöpumput mitoitetaan joko täys- tai osateholle (Hanki hallitusti maalämpöjärjestelmä, 2). Työssä mitoitettiin molemmat vaihtoehdot uudelle lämmitysjärjestelmälle, jotta asiakkaalle tulisi selkeä kuva maalämmön eri vaihtoehdoista ja niiden eroista. Kaukora Oy:n laatima energialaskelma (Liite 1.) sisälsi myös mitoitusvaihtoehdon maalämpöpumpulle, mikä oli tässä työssä laadittujen järjestelmien välimaastossa. Ensimmäinen vaihtoehto oli, että öljylämmitysjärjestelmä puretaan kokonaan pois ja tilalle suunnitellaan täystehomitoitettu maalämpöjärjestelmä. Toinen vaihtoehto oli, että olemassa oleva öljylämmitys jätetään paikalleen ja sen rinnalle mitoitetaan osatehomitoituksella toimiva maalämpöjärjestelmä.

Opinnäytetyö on tyyliltään kehittämishanke. Tärkeimmät kohteeseen liittyvät aineistot tulivat toimeksiantajalta. Tutkimusaineistoa olivat kaikki rakennuksesta saatavilla olevat dokumentit, kuten energialaskelma ja pohjapiirros. Työssä käytettiin apuna lvisuunnittelijoiden käyttämää mitoitustyökalua, jonka sain käyttöni toimeksiantajalta. Kyseessä on excel-pohjainen Gebwellin maalämpöjärjestelmien mitoitukseen käytetty laskentatyökalu, mikä pitää sisällään mitoitukseen tarvittavat lähtöarvot. Kehittämishankkeen luotettavuutta voidaan arvioida esimerkiksi sen toistettavuudella; tämänkaltaisia hankkeita tehdään nykyään useita ja niihin sovelletaan samoja mitoituseriaatteita, kuin tähänkin työhön. Hanke on myös täysin aineistolähtöinen, eikä tutkijan henkilökohtaisella näkemyksellä ole suurta merkitystä

Nyrölän talo -nimellä nykyään toimiva rakennus oli huoneistoalaltaan 455 neliötä ja tilavuudeltaan 2016 kuutiometriä. Rakennuksessa oli vesikiertoinen patterilämmitys ja painovoimainen ilmanvaihto. Märkätiloissa oli koneellinen poistoilmanvaihto. Toimeksiantajalta saadun tiedon mukaan rakennus kulutti vuodessa n. 12 000 litraa kevyttä polttoöljyä ja kattilan hyötysuhde on n. 80 %.

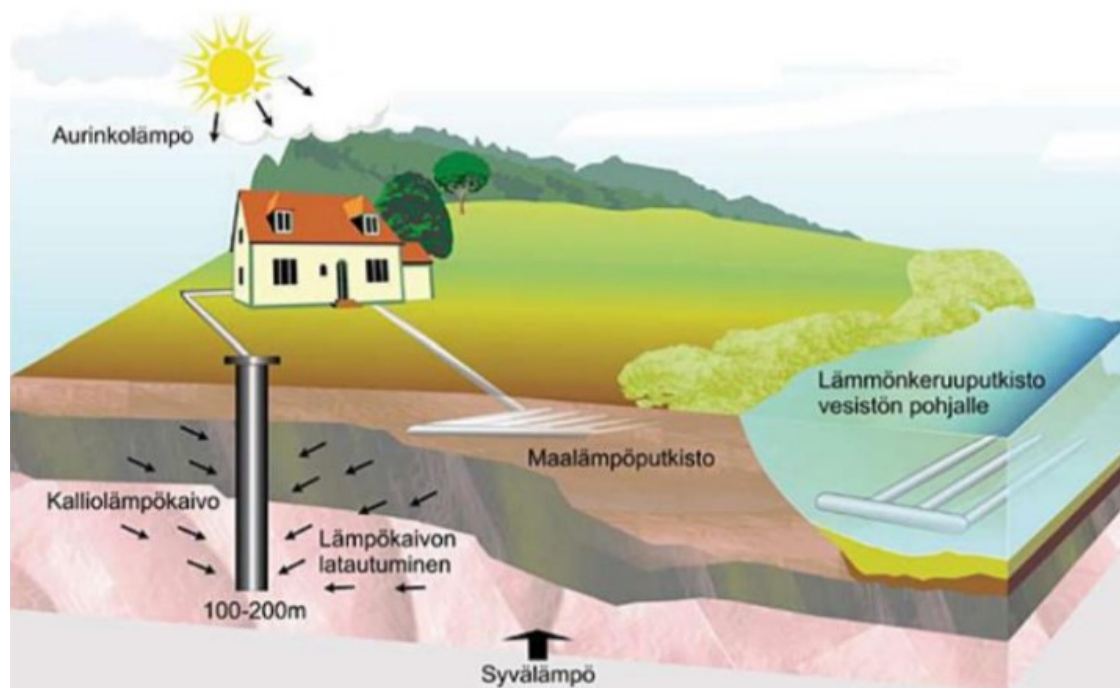
3 Maalämmön käyttö muutosrakentamisessa

3.1 Maalämpö yleisesti

Maalämpö on maaperän tai veden massaan varastoitunutta uusiutuvaa energiaa. Auringosta säteilevä lämpöenergia varastoituu maa- ja kallioperään kesäisin, eikä talvella eristävä lumipeite päästä sitä karkaamaan. Talvella maaperä on huomattavasti lämpimämpää, kuin ulkoilma, eikä sen lämpötila pääse laskemaan sijainnin vuotuisen keskilämpötilan alapuolelle. Maalämpöä hyödynnetään nykyisin useimmiten peruskallioon porattavasta kaivosta pumppaamalla. Maalämmöllä lämmitetään rakennusten käyttö- sekä kiertovettä. (Nibe n.d.)

3.2 Lämmönlähteet

Maalämpöä voidaan hyödyntää energiakaivosta pumpaamalla tai vaakatasoon asennettavan keruupiirin avulla (ks. Kuvio 2.). Energiakaivon lämpö on suurilta osin auringon energiaa ja pienempi osa siitä on maan sisäosan geotermistä lämpöä. Keruuputkisto sijoitetaan kallioperään pystysuuntaan. Kaivosta lämpöä keräävän putkiston tehollinen mitta on sama, kuin pohjaveden syvyys. Lämpökaivon rakennuskustannukset ovat huomattavasti suuremmat vaakasuoraan rakennettuun keruupiiriin verrattuna, mutta kaivosta myös saadaan lähes kaksinkertainen määrä energiaa putkimetriä kohti. Lämpökaivon etu on myös se, että se ei vaadi suurta maapinta-alaa. (Perälä, Perälä 2013, 60).



Kuvio 2 Maalämmön lähteet ja keruutavat.

(Heikkinen 2009)

Mikäli maalämpöä kerätään vesistön pohjasta, on keruuputket ankkuroitava vesistön pohjaan. Putkia ei tule sijoittaa virtaavaan veteen. Tällainen ratkaisu voi tulla kysymykseen esimerkiksi rantatontilla. Vesistön tulee olla riittävän syvä ja putkiston kiinnitys on luvanvaraista. Vaasan asuntomessualueella toteutettiin usean kiinteistön yhteinen maalämpöjärjestelmä vuonna 2008, joka kerää lämmitysenergian merenpohjasta. (Mts. 64.)

Maaperään asennettava keruuputkisto on hyvin samankaltainen, kuin vesistöissä käytettävä. Putkisto ei turmele tontin istutuksia tai puutarhaa. Maaperään asennettava keruuputkisto vaatii isohkon tontin, sillä normaalikokoinen talo vaatii keruuputkea 300-400 metriä, ja se on upotettava 600-800 neliömetrin alalle tasaisin välein. Lähes kaikki maalajit sopivat vaakatasoon asennettavalle lämmönkeruupiirille. (Mts. 65.)

3.3 Maalämpöpumppu

3.3.1 Lämpöpumppu ja lämpökerroin

Lämpöpumppu toimii kuten jääkaappi tai pakastin, eli se siirtää lämpöä kylmästä paikasta lämpimään. Jääkaapissa kompressori pitää elintarvikkeita kylmänä poistamalla kaapista lämpöä, joka vapautuu huoneilmaan. Lämpöpumppu toimii juuri päinvastoin, sillä se kerää lämpöä kylmästä ulkotilasta ja siirtää sen sisätiloihin. Lämpöpumpun toiminta perustuu höyrystimen ja lauhtuttimen välillä tapahtuvaan kylmäaineen kiertoon. (Perälä, Perälä 2013, 28.)

Lämpöpumpun tehokkuutta kuvaa lämpökerroin, mikä on parempi, mitä pienempi lämpötilaero on lämmönlähteen ja lämpöä rakennukseen luovuttavan patterin tai putkiston välillä. Maalämpöpumppu soveltuu erinomaisesti vesikiertoiseen lattialämmitykseen, sillä huoneita lämmittävä pinta on suurempi, kuin lämmityspattereissa. Lämmitysputkissa kiertävän veden ei myöskään tarvitse olla yhtä lämmintä, kuin pattereissa kiertävän veden. (Lämpöä omasta maasta n.d., 2) Lämpökerroin lasketaan kaavalla 1.

$$COP = \frac{T_2}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

missä COP = lämpökerroin

T1 = kohteen lämpötila, K

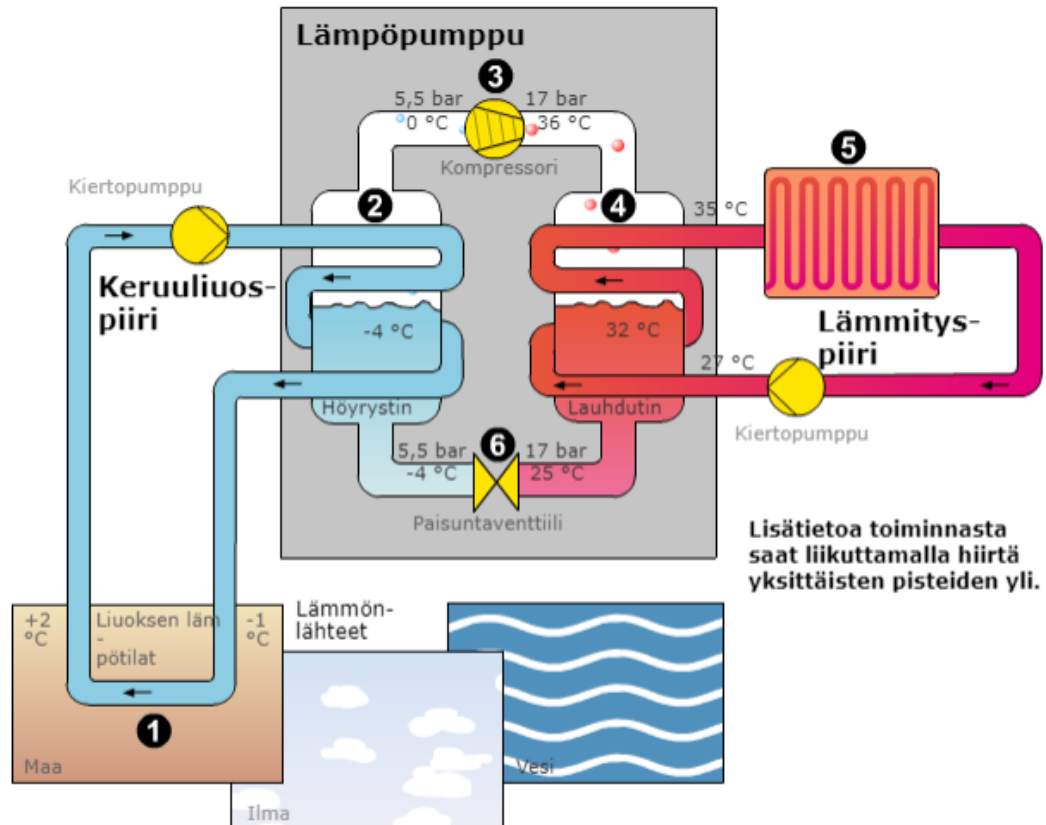
T2 = lämpötila, johon lämpö luovutetaan, K

Laskettaessa käytetään Kelvin-yksiköitä. Tällä tavoin laskeminen antaa teoreettisen lämpöarvon, ja lämpöpumppujen todelliset lämpöarvot ovat pienempiä. (Perälä, Perälä 2013, 30.)

3.3.2 Maalämpöpumpun toimintaperiaate

Maalämpöpumppu kerää lämpöä suoraan maasta muoviputkessa kiertävään jääty-mättömään vesialkoholiseokseen ja luovuttaa sen rakennuksen vesikiertoon. Läm-mönkeruuputki on upotettu joko porakaivoon, pihamaahan tai vesistön pohjaan.

Maalämpö nousee keruuputkea pitkin maalämpöpumppuun, jossa höyrystimen kyl-mäaine muodostaa maalämmöstä höyryä. Höyry nousee tämän jälkeen kompresso-riin, jossa korkea paine nostaa maalämmön lämpötilan toivottuun arvoon. Tämän jäl-keen lämmennyt kaasu ajetaan lauhduttimeen, jossa höyry kondensoituu takaisin nesteeksi. Neste ajetaan rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, mikä lämmittää rakennuksen haluttuun lämpötilaan (ks. Kuvio 3). Järjestelmä tarvitsee jonkin verran sähköä kompressorin toimintaan sekä maalämmön siirtämiseen maa-lämpöpumppuun (Maalämpöpumppu, näin se toimii n.d.).



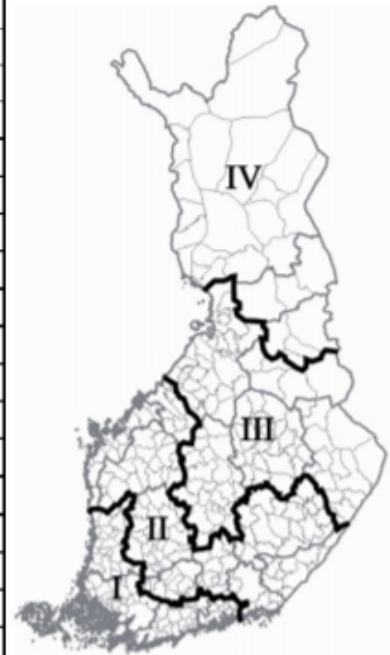
Kuvio 3 Maalämpöpumpun osat ja toimintaperiaate
(Dimplex 2019)

3.4 Maalämpöjärjestelmän suunnittelu ja mitoitus

3.4.1 Porakaivo

Maalämpöjärjestelmän tarvitseman porakaivon syvyyteen vaikuttavat monet tekijät, kuten maalämpöpumpun teho, rakennuksen lämmöntarve sekä sijainti Suomessa (ks. Kuvio 4). Kaivon syvyys on yleensä 100-200 metriä, mutta maksimissaan 200-250 metriä. Lämmitystarpeen täyttämiseksi voidaan tarvita useampi kaivo riippuen lämmitettävän kohteen suuruudesta. Lämmönkeruuputkiston oikea mitoitus on yhtä tärkeä tekijä lopputuloksen kannalta, kuin pumpun mitoitus. Peruskallioon poraaminen on halvempaa, kuin pehmeään maahan, sillä maahan porattaessa on käytettävä suoja-putkea, joka estää pintavesien pääsyn pohjaveteen. (Lämpöä omasta maasta n.d., 4).

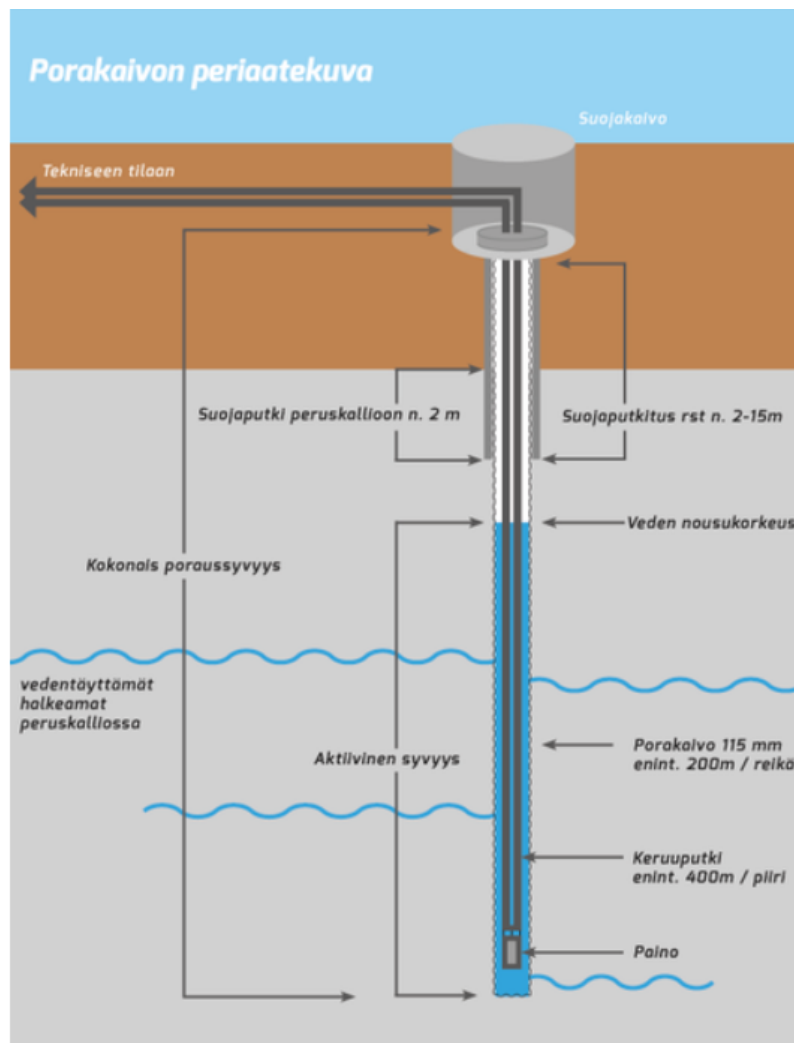
	I alue	II alue	III alue	IV alue
Keskilämpötila, °C	+5,3	+4,6	+3,2	-0,4
Mitoittava ulkolämpötila, °C	-26	-29	-32	-38
Lämpökaivo				
kWh/m	150	140	130	120
W/m	42 - 43	38 - 41	34 - 38	30 - 35
Liuksen keskilämpötila, °C	-2,5...+1	-2,5...+1	-2,5...+1	-2,5...+1
Pintamaa				
kWh/m	60	50	45	35
W/m	12 - 15	11 - 14	10 - 13	10 - 12
Liuksen keskilämpötila, °C	-2,5...+1	-2,5...+1	-2,5...+1	-2,5...+1
Vesistö				
kWh/m	90	80	70	50
W/m	20	20 - 25	15 - 20	15 - 20
Liuksen keskilämpötila, °C	+1...+2	+1...+2	+1...+2	+1...+2



Kuvio 4 Lämmönkeruuputkiston mitoitus.

(Maalämpöpumppuopas n.d., 20)

Mikäli tarvitaan useampi kaivo, on vähimmäisetäisyys toiseen kaivoon oltava 15-20 metriä. On huomioitava myös, että kaivot porataan vinoon, eli teoriassa on mahdollista, että ne kohtaavat toisensa. Tämä mahdollisuus täytyy eliminoida. Porakaivon aktiivisyvyys tarkoittaa syvyyttä, jolta se pystyy keräämään lämpöä. Se lasketaan siitä kohdasta, mistä kaivoon nousee vesi aina kaivon syvimpään kohtaan (ks. Kuvio 5). Yleensä kaivosta saatava teho on n. 30-35 W/m. Yksi yleisimmistä virheistä maalämmön mitoituksessa on porata liian matala kaivo ja asentaa ylitehokas maalämpöpumppu. Tällainen tilanne johtaa usein kaivon jäätymiseen ja saatavan lämmitystehon laskemiseen (Energiakaivon poraus n.d.).



Kuvio 5 Lämpökaivon periaatekuva.

(Innoair n.d.)

3.4.2 Lämmönkeruupiiri

Lämmönkeruupiiri sijoitetaan porakaivoon pystysuuntaisesti tai riittävän suurella tontilla tai rantatontilla on mahdollista käyttää vaakaputkistoa, mikä asennetaan joko metrin syvyyteen maahan tai vesistön pohjaan (ks. Kuvio 2.) Yleensä käytetään 40 mm paksua muoviputkea, minkä pituus vaihtelee 300-400 metrin välillä. Keruuputkiston mitoituksessa merkittävin tekijä on rakennuksen lämmitysenergian tarve, johon vaikuttavat esimerkiksi maantieteellinen sijainti, muut lämmönlähteet, eristykset ja

käyttöveden tarve. Kallioon ja kosteaan maahan poratessa keruupiirin ei tarvitse olla niin pitkä kuin kuivassa maaperässä. (Perälä, Perälä 2013, 65)

Keruuputkistossa kiertää lämmönkeruuneste, mikä on yleensä noin 70-prosenttisesti vettä ja noin 30-prosenttisesti bioetanolia. Lämmönkeruuneste kestää jäätymistä noin -15 pakkasasteeseen saakka. Lämpöenergia siirtyy maaperästä lämmönkeruunesteeseen johtumalla. (Mts. 65)

3.4.3 Maalämpöpumpun mitoitus

Maalämpöjärjestelmä mitoitetaan rakennuksen lämmityksen ja käyttöveden tarvitseman energiamäärän mukaisesti. Järjestelmän oikeanlainen mitoitus on tärkeää, sillä huonosti mitoitettu järjestelmässä tarvittavan lisäenergian tarve voi kasvaa liian suureksi, jolloin maalämpöpumpun hyötysuhde laskee. Mikäli pumppu mitoitetaan liian suureksi, niin sen käyntijaksot jäävät lyhyiksi, mikä myös heikentää hyötysuhteen lisäksi käyttöikä. (Perälä, Perälä 2013, 62)

Maalämpöpumppu voidaan mitoittaa joko täys- tai osateholle. Mitoituksen kanssa kannattaa olla huolellinen, sillä siihen vaikuttaa useat tekijät ja parhaimman ratkaisun valitsemiseksi vaihtoehtoja on syytä kartoittaa. Osatehomitoitettu järjestelmä on halvempi, kuin täystehomitoitettu. Lämmönkeruupiirin pituus ja lämpöpumpun teho ovat hintaan vaikuttavia tekijöitä. Osatehomitoituksessa on syytä ottaa huomioon tarvittavan lisäenergian vuosittainen hinta. (Mts. 65)

Täystehomitoitettu järjestelmä tuottaa 100 % rakennuksen lämmitystarpeesta, eikä se tarvitse mitään lisäenergianlähteitä. Täystehomitoitettu järjestelmä tulisi toteuttaa invertteriohjatulla maalämpöpumpulla parhaimman hyötysuhteen varmistamiseksi. Osatehomitoitettu järjestelmä mitoitetaan yleensä tuottamaan n. 60-80 % lämmitystehontarpeesta, mikä riittää kattamaan n. 80-95 % kokonaisenergiantarpeesta. Osatehomitoituksessa voidaan tapauskohtaisesti käyttää rakennuksen vanhaa lämmitysjärjestelmää lisälämmön tuottamiseen, tässä tapauksessa öljyä maalämmön rinnalla. (Öljylämmittäjät pohtivat muutoksia lämmitystapaan 2018.)

3.5 Maalämmön ympäristövaikutukset

Maalämpöjärjestelmä ei ole täysin ympäristöystävällinen, vaan se tarvitsee sähköä toimiakseen. Myös järjestelmän mitoitus vaikuttaa, sillä osa- tai täystehomitoituksella on eronsa ympäristön kannalta. Osatehomitoituksessa varalämmönlähde aktivoituu automaattisesti, kun maalämpöjärjestelmän kapasiteetti ylittyy kovilla pakka- silla. Huippupakkasilla rakennusta siis lämmitetään esimerkiksi öljyllä, mikä on ilmas- ton kannalta ongelmallinen fossiilinen polttoaine. Mahdollisimman pienet kasvihuo- nekaasupäästöt saavutetaan täystehomitoituksella. (Lämpöä omasta maasta n.d., 14.)

Maalämpöpumpuissa käytettiin aiemmin kylmäaineita, jotka aiheuttivat yläilmake- hän otsonikatoa. Nämä aineet ovat freoneita eli CFC-yhdisteitä, joiden käytöstä on nykyään luovuttu. Niitä kuitenkin on edelleen käytössä joissakin järjestelmissä ja jää- kaapeissa. CFC-yhdisteiden joutuessa stratosfääriin ne hajoavat auringon UV-säteilyn vaikutuksesta, jolloin niistä vapautuu klooria. Vapautunut kloori tuhoaa ilmakehän otsonia ja kiihdyttää kasvihuoneilmiötä. Maalämpöjärjestelmää huoltaessa tai käy- töstä poistettaessa on huolehdittava siitä, että kylmäaineet eivät pääse ympäristöön. (Mts. 14.)

3.5.1 Ympäristövaikutukset maaperään

Maalämpöjärjestelmä viilentää maaperää rakennusta lämmitettäessä ja lämmittää maaperää rakennusta viilennettäessä. Maaperän lämpeneminen parilla asteella vai- kuttaa moneen asiaan paikallisesti. Maaperän lämpötila säätelee voimakkaasti maa- perän prosesseja mikrobien entsyymiaktiivisuuden kautta eli kontrolloi orgaanisten yhdisteiden hajoamisaktiivisuutta ja maaperään varastoituneen hiilen vapautumista. Kun maaperän lämpötila nousee, mikrobien hajotusaktiivisuus kasvaa, mikä johtaa maaperästä ilmakehään vapautuvan hiilidioksidin määrän kasvuun. Maaperän lämpö- tilan noustessa ravinteiden mineralisaatio lisääntyy ja kasvava mineraaliravinteiden vapautuminen lisää puiden versonkasvua eli hiilen sitoutumista kasvibiomassaan. (Maaperän lämpö n.d.)

Maaperän viileneminen aiheuttaa juuristovaurioita puihin ja juuristokarikkeen muodostumista. Juuristokarikkeen lisääntyminen aiheuttaa mikrobien hajotusaktiivisuuden kiihtymistä ja hiilidioksidin vapautumista ilmakehään maaperästä. Toisaalta talvisin eristävä lumipeite vähentää lämpötilan heittelyä maaperässä, mutta ilmaston lämpeneminen on nyt ja tulevaisuudessa uhka lumipeitteelle. (Mt.)

Lapo Oy:n Miikka Peltokorpi sanoo Gebwellin sivuilla, että *”On huomioitava, että kaivo jäädyttää noin 100 metrin säteellä kallioperää ympäriltään, joten kaivokentissä kaivot alkavat jäädyttää toisiaan. Kaivojen etäisyydet sekä kaivokentän muoto vaikuttavat oleellisesti lämpökentän mitoitukseen”*. Tästä voitaisiin päätellä, että useamman kaivon kentässä joudutaan poraamaan syvempiä kaivoja, jolloin myös kallioperän jäähtymistä tapahtuisi enemmän.

Lämpötilan vaikutus maaperässä tapahtuviin prosesseihin on hyvin ajankohtainen tutkimusaihe, sillä maalämmön yleistyminen esimerkiksi tiheään rakennetuilla kerrostaloalueilla voi johtaa ennalta arvaamattomiin muutoksiin alueen ympäristössä. Mikäli maalämmöllä voitaisiin vähentää rakennusten lämmittämisestä aiheutuvia kasvihuonepäästöjä kokonaisuudessaan, niin voitaisiin tehdä oletus, että maalämmöstä itsestään aiheutuvat muutokset ilmakehässä jäisivät vähäisemmiksi. Tämä on kuitenkin aihe, mikä vaatisi tarkempaa tutkimusta.

3.5.2 Ympäristövaikutukset pohjaveteen

Maalämpökaivoilla on vaikutuksensa myös pohjaveden lämpötilaan ja sitä kautta sen liikkeeseen, mutta esimerkiksi amerikkalaisen Kansallisen pohjavesiyhdistyksen NGWA:n sivuilla todetaan, että alueilla, jossa maalämpöpumpulla lämmitetään vuodessa enemmän kuin viilennetään, pohjaveden lämpötilan laskeminen parilla asteella ei ole pitkäaikaisvaikutuksiltaan todennäköisesti merkittävä ympäristölle.

Maalämmöllä ei turvallisesti toteutettuna ole suurta riskiä pilata pohjavesien laatua, mutta huomioitavan riskin aiheuttaa poraaminen ja kaivutyöt, mikäli ympäristössä on pilaantunutta maata tai huonolaatuista pohjavettä. Ympäristöministeriön energia-kaivo -oppaassa todetaan, että pohjaveden kloridipitoisuutta ja sähkönjohtavuutta

tulisi mitata porauksen aikana. Näin toimimalla ehkäistään kallioperässä piileviä suolaisen veden esiintymiä sekoittumasta hyvälaatuiseen pohjaveteen. Jos poraamisen aikana huomataan, että alempien pohjavesikerrosten huonolaatuinen vesi pääsee sekoittumaan hyvälaatuiseen pohjaveteen, pitää porareikä täyttää bentoniitillä tai sementillä siten, ettei pohjavesi pääse virtaamaan keruuputkien ulkopuolella kaivossa. Keruuputkiston tiiveys tulee tarkistaa ennen, kun se lasketaan porakaivoon.

3.5.3 Luvat ja vesilaki

Maalämpöjärjestelmää rakennettaessa pohjavesialueelle kunnan ympäristönsuojeluviranomainen määrää tarvittaessa hakemaan vesilain mukaista lupaa luokkien 1 ja 2 pohjavesialueilla. Joissakin tapauksissa kunta voi siirtää päätäntäv vastuun ELY-keskukselle. Vesilaissa on määritelty, että jos maalämpöjärjestelmä rakennetaan esimerkiksi vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella, täytyy sille hankkia lupa (Energiakaivo 2013, 25).

Pohjavesialueilla vedenottamoiden tai hyvien vedenottoaikkojen läheisyyteen ei yleensä myönnetä lupaa rakentaa maalämpökaivoa. Lähialueiksi katsotaan alueet, joissa pohjaveden viipymä vedenottamolle on vähemmän kuin 60 vuorokautta. Mikäli viipymä ei ole tiedossa, voidaan lähialueena pitää 500 metrin etäisyyttä vedenottamosta. Suojaetäisyys pyrkii takaamaan riittävästi aikaa tarvittaville toimenpiteille, mikäli esimerkiksi lämmönkeruunestettä pääsee pohjaveteen (Mts. 25.)

4 Maalämpöjärjestelmän mitoitus kohteeseen

4.1 Kohteen lämmitysenergian kulutus

Toimeksiantajalta saadun tiedon mukaan Nyrölän talo kuluttaa kevyttä polttoöljyä 12 000 litraa vuodessa. Kevyen polttoöljyn energiasisältö on n. 10,2 kWh/l, eli vuositasolla rakennus kuluttaa 120 240 kWh ja hyötysuhteen ollessa 80 % lämmitykseen menevä osuus on 96 192 kWh/a. Kaukora Oy:n tekemässä energialaskelmassa (Liite 1.)

on käytetty tilojen lämmitykseen arvoa 96 000 kWh/a, josta veden lämmitykseen menee 2000 kWh/a. Tämän laskelman mukaan rakennus kuluttaa vuodessa 120 000 kWh ja kiinteistön lämmitystehontarve on 37,4 kW.

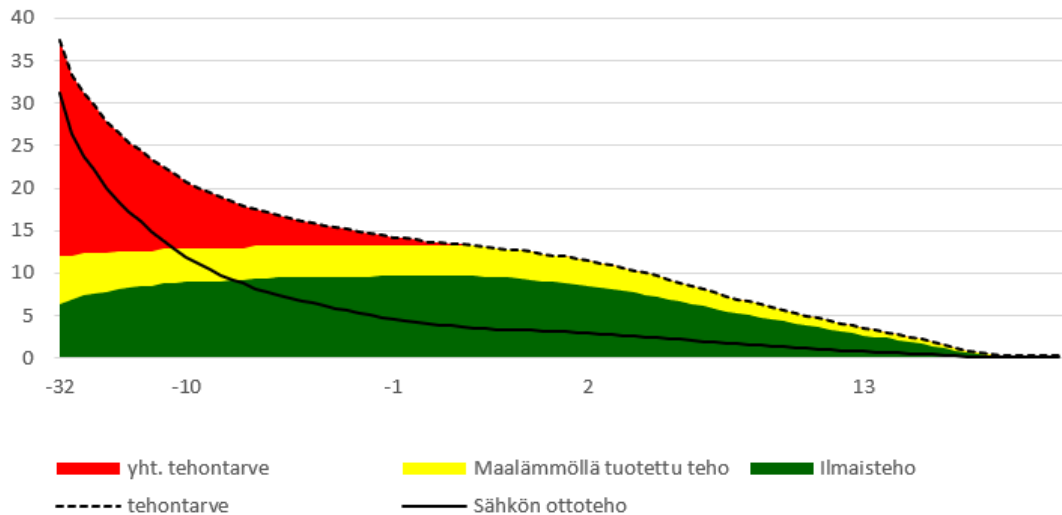
4.2 Maalämpö ja lisälämmitys öljyllä

Kohteessa käytetään Gebwellin maalämpöpumppuja. Osatehomitoituksessa öljylämmitys jää kohteeseen lisälämmönlähteeksi. Hankkeeseen valikoitui Gebwell qi13 -maalämpöpumppu, koska se sopi asiakkaan budjettiin parhaiten ja on myös qi -tuoterperheen tehokkain maalämpöpumppu. Se on teholtaan 12 kW, eli n. 32 % lämmitystehontarpeesta. Valmistajan ja mitoitusyökalun mukaan maalämpöpumpulla voidaan tuottaa 74 050 kWh vuodessa olosuhteissa (0°/70°), mikä tarkoittaa, että keruupiirin lämpötila on 0° ja lämmityspiiriin lähtee lämpöpumpulta 70-asteinen vesi. Lämmönkeruupiirin lämpötila ei laske pakkasen puolelle koskaan, joten nämä olosuhteet ovat kylmimmät mahdolliset. Ilmaisenergian osuus on 53 200 kWh ja kompressorin sekä apulaitteiden energiankulutus on 20 850 kWh (ks. Kuvio 6.) Maalämmöllä tuotettu osuus kokonaisenergiasta on kyseisellä järjestelmällä 77 %. Lisälämmityksen, eli tässä tapauksessa öljyn, vuotuinen tarve on 21 950 kWh eli n. 2150 litraa. Öljykattila aktivoituu automaattisesti, kun ulkolämpötila laskee alle 1 Celsius-asteen (ks. Kuvio 7). Arvot perustuvat mitoitusyökalulla saatuihin arvoihin.

Gebwell Qi13 Maalämpöpumppu	
Kiinteistön lämmitysenergian tarve	96 000 kWh/vuosi
Josta käyttöveden lämmityksen osuus	2 000 kWh/vuosi
Maalämpöpumpun tuottama energia	74 050 kWh/vuosi
Lisälämmitysenergian tarve	21 950 kWh/vuosi
Rakennuksen lämmitystehontarve	37,2 kW
Rakennuksen käyttöveden tehontarve	0,2 kW
Kokonaistehontarve	37,4 kW
Maalämpöpumpun antoteho	12,0 kW
Lisälämmitysteho	25,4 kW
Energianpeittoaste	77 %
Osuus huipputehon tarpeesta	32 %
Osuus huipputehon tarpeesta max.35 asteen lämmitysverkostolla	38 %
Mitoitusulkolämpötila DUT	-32 °C

Kuvio 6 qi13-maalämpöpumpun suorituskyky kohteessa.

Kuvion 4 mukaan järjestelmä vaatii laskennallisesti yhteensä n. 580 metriä syvät kaivot, eli kunkin kaivon syvyydeksi tulisi n. 193 metriä. Kaivon syvyyteen vaikuttaa kuitenkin sijainnin lisäksi maaperän ominaisuudet, minkä takia syvyyden tarkka määrittäminen vaatii tarkempaa tutkimusta maaperästä. Taulukon mukaan lasketun syvyyden sijaan olisikin syytä käyttää laitevalmistajan kohteeseen mitoittamia arvoja. Gebwellin mitoitusyökalun mukaan energiakenttään tarvitaan kolme kaivoa, joiden tarvittava aktiivisyvyys on yhteensä 527 metriä. Kokonaissyvyys on yhteensä 558 metriä, kun kaivoihin arvioitu suojausputkitus ja arvioitu kaivon vedenpinnan syvyys on 9 metriä kaivoa kohden. Kallion lämmönjohtavuus on 3 W/mK.



Kuvio 7 Tehojen kuvaaja q13 -maalämpöpumpulla.

Pystyakselilla lämmitystehontarve (kW) ja vaaka-akselilla lämpötila Celsius-asteina. Punainen alue kuvaa lisälämmityksen tarvetta, keltainen ja vihreä maalämmöllä tuotettua energiaa.

Mitoitetun järjestelmän vuosittaiset lämmityskustannukset ovat 4400 €, josta kompressorin ja apulaitteiden sähkön osuus on n. 2500 € ja öljyllä tuotetun lisälämmön osuus n. 1900 €. Säästö verrattuna olemassa olevaan järjestelmään (10 800 €) on tällöin 6400 €. Sähkön lähtöarvona käytetty arvoa 0,12 €/kWh ja öljyn lähtöarvona 0,9 €/l, nämä arvot ovat yleisesti mitoituksessa käytettäviä hinta-arvioita. Vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat öljyn osalta 6412 kg ja sähkön osalta n. 7960 kg eli yhteensä n. 14372 kg. Päästöt pienenevät alkuperäiseen (34284 kg) verrattuna 19912 kg. Päästölaskelmien lähtöarvot perustuvat mitoitustyökalussa määritettyyn hiilidioksidiekvivalenttiin, mikä kuvaa ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta. Sähkön arvo laskettu lähtöarvolla 374 kg CO₂-ekv/mWh ja öljyn arvo laskettu lähtöarvolla 286 kg CO₂-ekv/mWh

4.3 Maalämpö ilman öljyä

Tässä vaihtoehdossa öljylämmitys puretaan pois ja se korvataan kokonaisuudessaan maalämmöllä. Kaukora Oy:n energialaskelmasta (Liite 1.) löytyy mitoitus Jämä Star 30

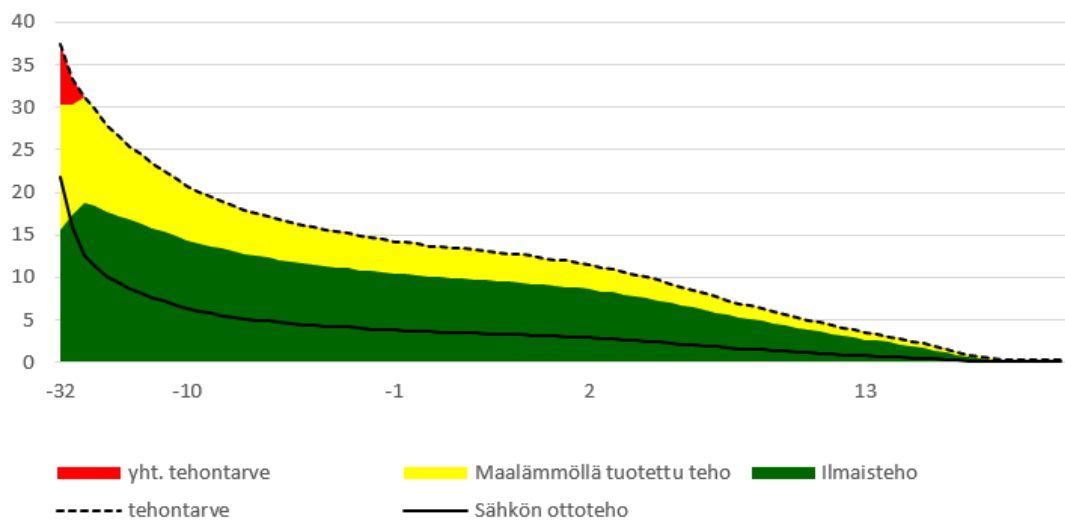
kW maalämpöpumpulle. Urakoitsija kuitenkin suosii Gebwellin pumppuja, joten tähän mitoitukseen valikoitui Gebwell T232-maalämpöpumppu, minkä teho on ääriolosuhteissa (0°/70°) 30,4 kW eli se kattaa lämmitystehontarpeesta 81 %. Lisälämmitys- tehoa tarvitaan 7,1 kW, mikä voidaan tuottaa puskurivaraajan sähkövastuksella. Niitä on kyseiseen pumppumalliin saatavilla 3,6 ja 9 kW, joten tähän tilanteeseen järkevin olisi yksi 9 kW sähkövastus. Lämpöpumpulla saadaan tuotettua 95 080 kWh ja sähkö- vastuksella tuotetun lisäenergian määräksi jää tuolloin 920 kWh (ks. Kuvio 8.). Tällai- nen järjestelmä tuottaa 100 % tarvittavasta lämmitystehosta. Puskurivaraajan käyttö vesikiertoisen patterilämmityksen kanssa on suositeltavaa, sillä kiertovesipumpun kanssa asennettuna se pitää asuintilojen ja pattereiden lämpötilan tasaisena ja vä- hentää patteriverkoston lämpöpulsseja. Sähkövastusta tarvitaan ulkolämpötilan las- kiessa -23 asteen alapuolelle (ks. Kuvio 9.).

Gebwell T232 Maalämpöpumppu	
Kiinteistön lämmitysenergian tarve	96 000 kWh/vuosi
Josta käyttöveden lämmityksen osuus	2 000 kWh/vuosi
Maalämpöpumpun tuottama energia	95 080 kWh/vuosi
Lisälämmitysenergian tarve	920 kWh/vuosi
Rakennuksen lämmitystehontarve	37,2 kW
Rakennuksen käyttöveden tehontarve	0,2 kW
Kokonaistehontarve	37,4 kW
Maalämpöpumpun antoteho	30,4 kW
Lisälämmitysteho	7,1 kW
Energianpeittoaste	99 %
Osuus huipputehon tarpeesta	81 %
Osuus huipputehon tarpeesta max.35 asteen lämmitysverkostolla	97 %
Mitoitusulkolämpötila DUT	-32 °C

Kuvio 8 T232-maalämpöpumpun suorituskyky kohteessa.

Porakaivojen syvyys kuvan 4 mukaan olisi n. 750 metriä, mutta pumppuvalmistajan mukaan kokonaissyvyys 693 metriä, josta aktiivisyvyys 664 metriä riittäisi. Tämä tar- koittaisi kolmea n. 222 metriä syvää kaivoa tai neljää 166 metriä syvää kaivoa.

Tämän järjestelmän vuosittaiset lämmityskustannukset ovat 3 480 euroa, jotka muodostuvat pumpun tarvitsemasta sähköstä (28 080 kWh) ja puskurivaraajan vastuksella tuotetusta sähköstä (920 kWh). Sähkön hintana on käytetty arvoa 0,12 €/kWh. Säästö edelliseseen järjestelmään on vuosittain 7 320€, kun aikaisempi järjestelmä maksoi 10 800€ vuodessa. Vuotuinen hiilidioksidipäästöjen vähennys on 23 214 kg, kun uusi järjestelmä tuottaa päästöjä 11 070 kg CO₂-ekv ja vanha 34 284 kg CO₂-ekv. Sähkön arvo laskettu lähtöarvolla 374 kg CO₂-ekv/mWh ja öljyn arvo laskettu lähtöarvolla 286 kg CO₂-ekv/mWh.



Kuvio 9 Tehojen kuvaaja T232 -maalämpöpumpulla.

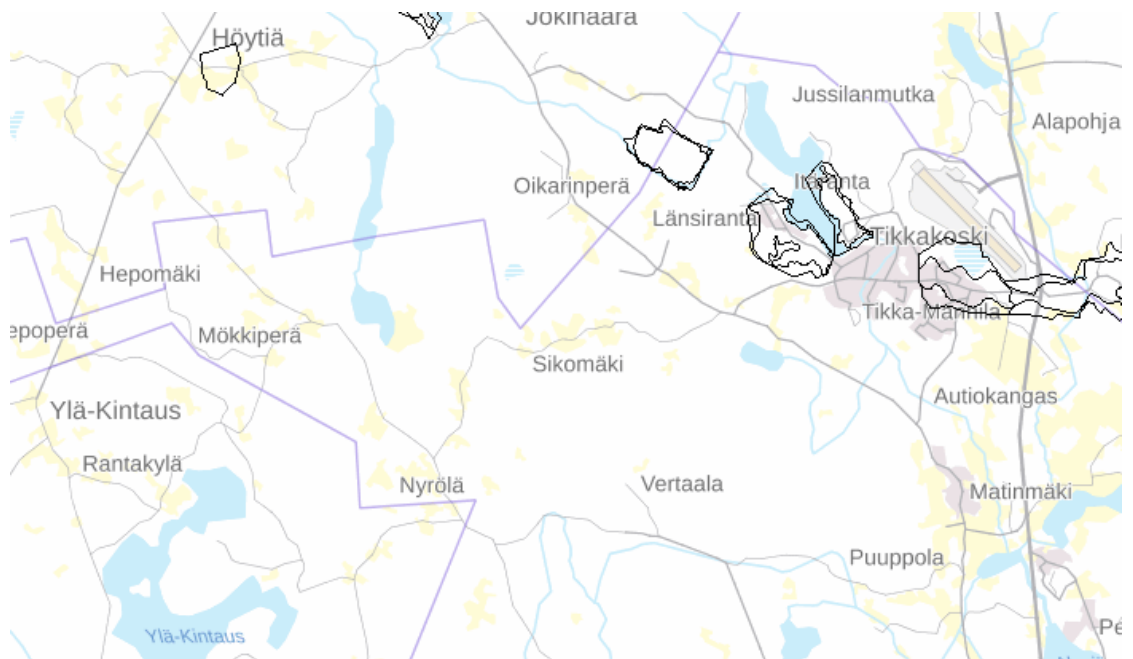
Pystyakselilla lämmitystehontarve (kW) ja vaaka-akselilla ulkolämpötila celsius-asteina. Punainen alue kuvaa lisälämmityksen tarvetta, vihreä ja keltainen alue maalämmöllä tuotettua energiaa.

5 Ympäristövaikutusten kartoitus

Maalämpöjärjestelmän ympäristövaikutuksia Nyrölän alueella oli tarkoitus kartoittaa pohjavesien sekä maa- ja kallioperän näkökulmasta. Hiilidioksidipäästöjen kannalta laskelmat tehtiin luvussa 4. Tikkakoski-Nyrölä alueella maa- ja kallioperä koostuu suurimmaksi osin moreenikerroksen peitossa olevasta peruskalliosta.

5.1 Pohjavesi

Työssä tutkittiin Keski-Suomen pohjavesialueita ja huomattiin, että Nyrölän kylä ei ole pohjavesialuetta. Näin ollen maalämpöjärjestelmän rakentaminen Nyrölään ei pitäisi olla ongelmallista. Nyrölän kylää lähimpänä sijaitsevat pohjavesialueet ovat Tikkakoskella ja Höytiällä (ks. Kuvio 10). Tällaisella alueella lupa maalämpöjärjestelmän rakentamiseksi saadaan todennäköisesti helposti.



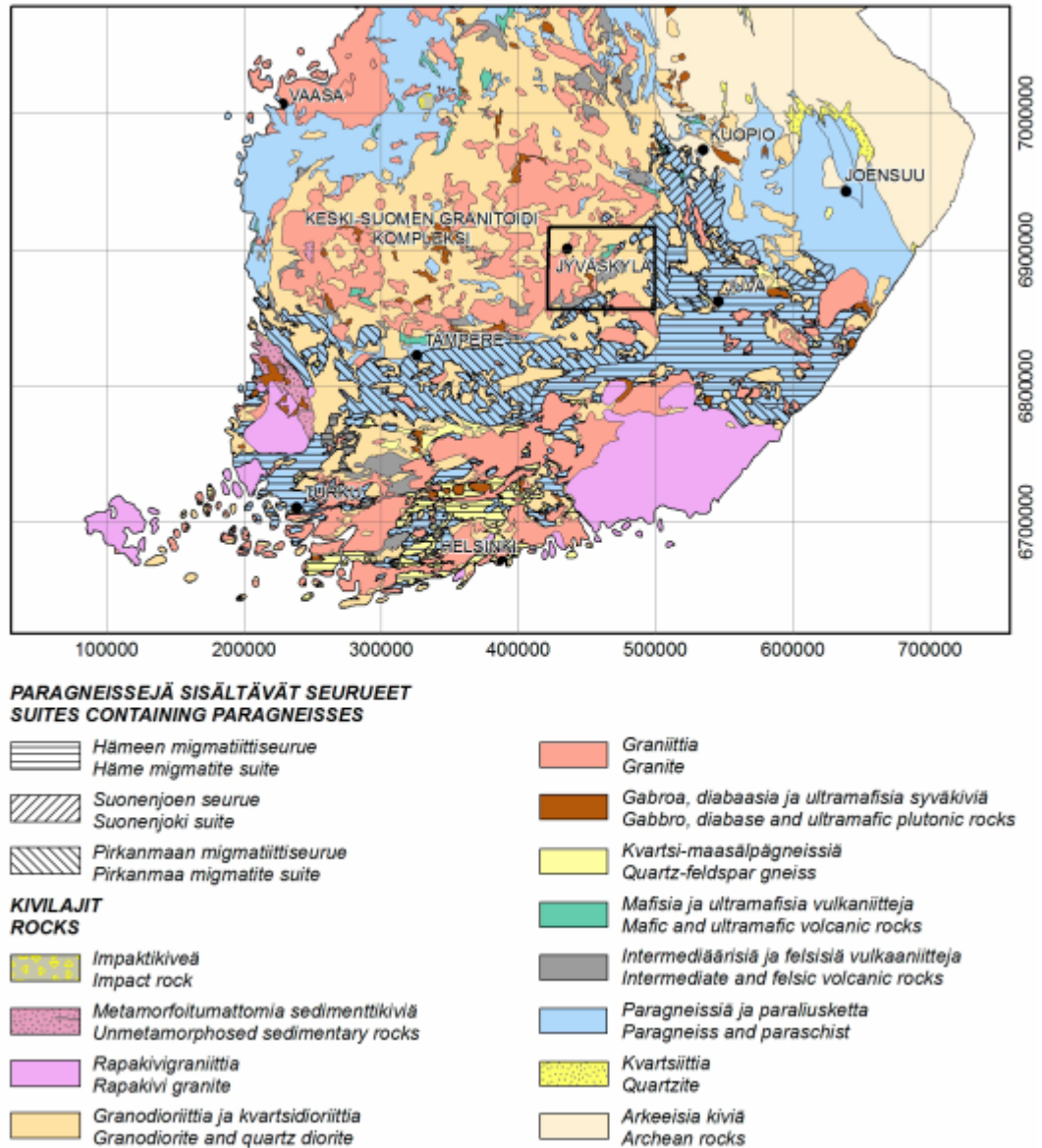
Kuvio 10 Nyrölän ja lähialueiden pohjavesialueet.

Pohjavesialueet rengastettu mustalla.

(Paikkatietoikkuna.fi)

Nyrölän alueesta itsessään ei löytynyt tarkempaa dataa liittyen maaperään ja pohjavesiin, mutta kuviossa 10 Nyrölän oikealla puolella näkyvä lähialue Vertaala sen sijaan oli ollut Geologian tutkimuskeskuksen tutkimustyön kohteena. Ottaen huomioon, että Keski-Suomessa maa- ja kallioperä on melko homogeenista, päädyttiin työssä käyttämään Vertaalan maaperän tutkimusta (Aimo Kejonen, 2009). Tutkimuksen mukaan pohjavettä esiintyy pieniä määriä kallioperän rakoilevissa osissa ja kartta-alueen maaperä muodostuukin suurimmaksi osaksi granittisista kivilajeista (ks.

Kuvio 11). Kejonen (2009) toteaa myös, että eräistä pohjaveden laatu­näytteistä löytyi kohon­neita kloridi- ja nitraattipitoisuuksia, jotka johtuvat ihmisen toiminnasta alueella. Pääpiirteittäin pohjaveden laatu oli hyvä.



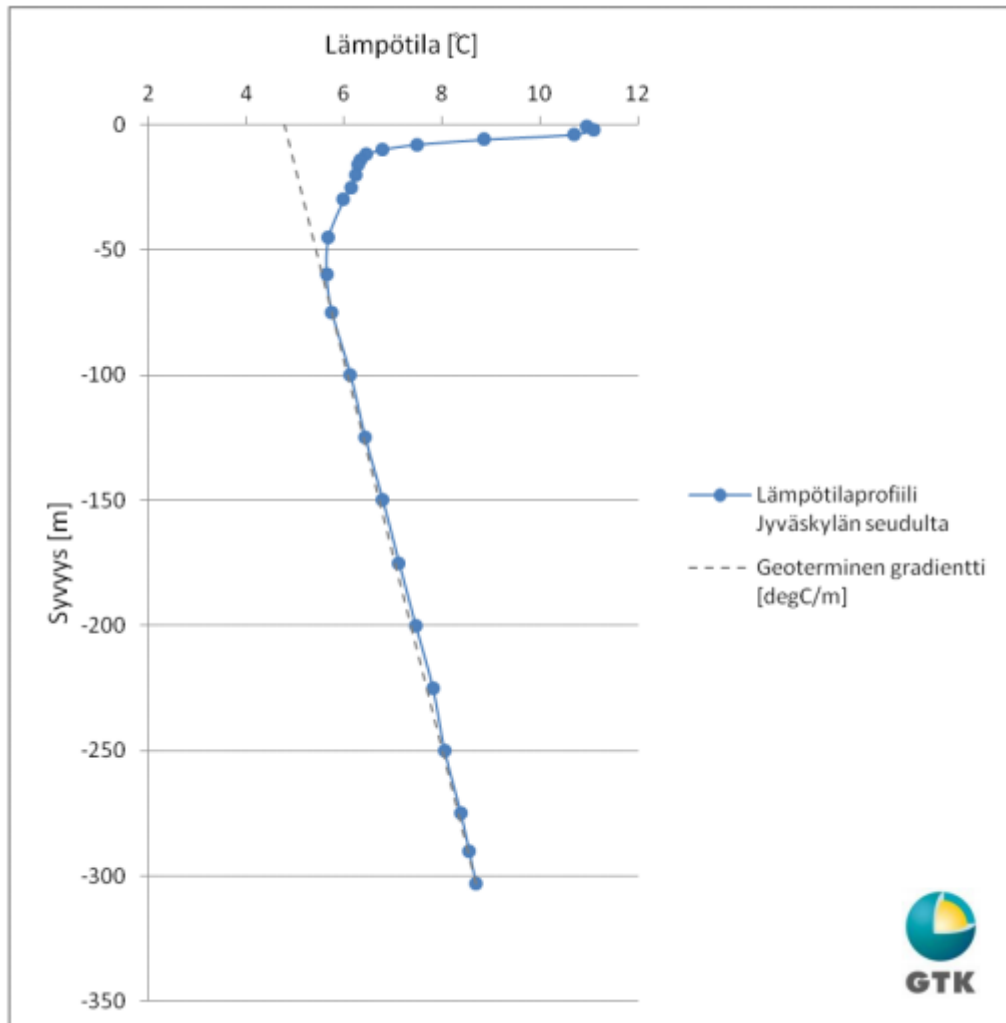
Kuvio 11 Suomen kallioperä.

(Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 227.)

5.2 Maa- ja kallioperä

Maalämpökaivojen ympäristövaikutukset maaperään ovat vähäiset (Maankäytön suunnittelu ja maalämpö, s. 59, 2020). Sweco talotekniikka Oy:n laatimassa tutkimuksessa todettiin, että pientalojen lähekkäin sijaitsevat kaivot vaikuttavat toisiinsa, mutta vaikutukset alkavat näkyä vasta muutaman kymmenen käyttövuoden jälkeen. Vaikutuksia voidaan myös vähentää ohjaamalla lämpöä takaisin kaivoon kesäaikana. Lämpökaivo saavuttaa stationääritilan eli vakiintuneen lämpötilan yleensä n. viisi vuotta käytön aloittamisesta (Mts. 60.)

Keski-Suomessa maanpinnan keskilämpötila on n. 4-6 °C (ks. Kuvio 12). Vaihtelu johtuu mm. kasvillisuuden, infrastruktuurin ja maaperän petrofysikaalisten ominaisuuksien eroista. Nyrölän alueella maa- ja kallioperään ei näyttäisi kohdistuvan maalämmöstä johtuvaa ympäristöriskiä.



Kuvio 11 Jyväskylän seudun maaperän lämpötilaprofiili ja geoterminen gradientti. (Geologian tutkimuskeskus.)

Suomessa pieneen osaan poratuista kaivoista ei tule vettä. Kuivakaivon lämmön-
tuotto on jonkin verran huonompi, kuin vedellä täyttyvän kaivon. Kuivakaivo voidaan
painehalkaista, mikä tarkoittaa, että kaivoon lasketaan korkeapainepumpulla vettä,
mikä johtaa siihen, että veden paine halkaisee kalliossa olevat halkeamat ja vesi saa-
daan virtaamaan porareikään. (Painehalkaisu n.d.) Painehalkaisun ympäristövaiku-
tuksia ei tässä työssä tutkittu.

Maaperän kasvillisuus on riippuvainen maan ylimpien kerrosten lämpötilasta, mihin maalämmön vaikutus on vähäinen (Maankäytön suunnittelu ja maalämpö, 66). Maalämpö ei käytännössä vaikuta maaperän lämpötilaan ylimmän 15 metrin syvyydessä. Rakentamisen aikana tulee turvata, ettei esimerkiksi porausjätettä päädy maaperään, eikä työkoneista vuoda mitään.

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Työn ensisijaisena tavoitteena oli mitoitaa maalämpöjärjestelmä olemassa olevaan rakennukseen. Mitoitus onnistui hyvin ja tuloksena saatiin kaksi toimivaa järjestelmää. Johdannossa todettiin, että Suomessa lämmitykseen kuluu huomattava osa kaikesta käytetystä energiasta ja että lämmitysjärjestelmien päivittämisessä piilee huomattava säästöpotentiaali niin ympäristön kuin rahankin kannalta. Työn tuloksen perusteella vanhan koulurakennuksen vuosittaiset hiilidioksidipäästöt pienenisivät n. 58 % osatehoisessa järjestelmässä ja n. 68 % täystehoisessa järjestelmässä. Rahallinen säästö vuosittain olisi osatehoisessa järjestelmässä n. 58 % ja täystehoisessa järjestelmässä n. 67 %. Tulokset olivat suuntaa antavia, sillä mitoitukseen käytettävä työkalu käyttää teoreettisia lähtöarvoja, eivätkä ne välttämättä täysin vastaa todellista tilannetta. Tämän luotettavampia tuloksia olisi kuitenkin käytettävissä olevilla resursseilla hyvin vaikea saada.

Kohteeseen valitaan todennäköisesti vaihtoehto, jossa öljykattila jätetään paikoilleen kattamaan osan rakennuksen lämmöntarpeesta. Tämä oli budjettiystävällisempi ratkaisu. Osatehoinen järjestelmä on myös halvempi investointi- ja purkutyökulujen osalta. Hankkeen investointikulut jätettiin tässä työssä käsittelemättä.

Työn tavoitteena oli myös kartoittaa maalämmön paikallisia ympäristövaikutuksia pohjaveden sekä maa- ja kallioperän näkökulmista. Käytännössä tuloksena pystyttiin vain toteamaan, ettei Nyrölän alueella todennäköisesti maalämpökaivoista aiheudu riskiä ympäristölle, sillä kohderakennus ei sijaitse pohjavesialueella, eikä alueella si-

jaitse herkkää maaperää. Sweco Oy:n Helsingin kaupungille laatimassa maalämpöohjessa todetaankin, ettei maalämpö aiheuta huomattavia muutoksia maaperään ja kasvillisuuteen, sillä maaperän lämpötilaa säätelee pääasiassa luonnonolosuhteet. Tältä osin voidaankin todeta, että ympäristövaikutusten arviointi jäi suppeammaksi, kuin työn alussa odotettiin.

Työn suurimmat rajoitukset koskivat ympäristövaikutusten tutkimista, sillä käytettävissä olevilla resursseilla se oli mahdollista lähinnä teoreettisellä ja pohtivalla tasolla. Geologisessa mielessä maaperän lämpötilojen muutokset vaikuttavat eri tavoin maaperän mikrobien toimintaan, mutta kuten työssä käytetyistä lähteistä ilmenee, maalämmöllä ei ole juurikaan vaikutusta maaperän pintakerrosten lämpötilaan, vaan sitä säätelee lähes kokonaan ulkolämpötila. Pohjavesien näkökulmasta suurimmat riskit liittyivät lähinnä vikatilanteisiin tai huolimattomuuteen maalämpöjärjestelmän rakennusvaiheessa. Ympäristövaikutusten kartoitus on mielenkiintoinen ja tärkeä tutkimuskohde, mitä tulevaisuudessa voitaisiin viedä pidemmälle. Työn tulosta voidaan hyödyntää suoraan tilattuun hankkeeseen, sillä mitoitus on laadittu lvi-suunnittelijoiden käyttämien lähtötietojen sekä mitoitusyökalun mukaisesti.

Lähteet

Dimplex. 2019. Lämpöpumput. Viitattu 23.2.2020.

<http://www.dimplex.de/fi/ammattilaisille/tekniikan-selitykset/laempopumput/naein-laempopumppu-toimii.html>

Energiakaivo. 2013. Energiakaivo-opas ympäristöministeriön www-sivuilla 15.3.2013.

Viitattu 13.8.2020. <https://www.ym.fi/download/noname/%7B3B0524D3-E4F6-4CC5-903F-CA21709D3052%7D/31318>

Energiakaivon poraus. N.d. Porakaivo-opas Innorairin www-sivustolla. Viitattu 13.8.2020. <https://www.innoair.fi/Porakaivo-poraus-maalampo-metrihinta>

Geoterminen lämpö on Suomen oloihin sopivaa maalämpöä. 2017. Uutinen Vindkraftin www-sivuilla 27.6.2017. Viitattu 13.8.2020.

<https://vindkraft.fi/geoterminen-lampo-on-suomen-oloihin-sopivaa-maalampo/>

Groundwater temperature's measurement and significance. Artikkelin pohjavesiyhdistyksen NGWA:n www-sivulta. Viitattu 20.3.2020.

<https://www.ngwa.org/what-is-groundwater/About-groundwater/groundwater-temperature's-measurement-and-significance>

Hanki hallitusti maalämpöjärjestelmä. N.d. Opas maalämmön hankintaan Motivan www-sivuilla. Viitattu 13.8.2020.

https://www.motiva.fi/files/4764/Hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.pdf

Heikkinen, S. 2009. Lämpöä maasta. Viitattu 13.8.2020.

<http://www.geofoorumi.fi/retkella/lampoamaasta.html>

Human influence on climate clear. 2013. Ilmastoraportti IPCC:n www-sivuilla 27.10.2013. Viitattu 13.8.2020.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/04/press_release_ar5_wgi_en.pdf

Huusko, A., Lahtinen, H., Martinkauppi, A., Putkinen, N., Putkinen, S., Wik, H. 2015. Keski-Suomen geoenergiapotentiaali. Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 24.5.2020.

https://www.keskisuomi.fi/filebank/24387-Keski-Suomen_geoenergiapotentiaali_4162018_loppuraportti.pdf

Ilmakehä-ABC. Sanakirjahakemisto ilmatieteenlaitoksen www-sivuilla 18.2.2020.

Viitattu 14.4.2020. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc/Freoni>

Kejonen, A. 2009. Vertaalan kartta-alueen maaperä. Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 24.5.2020. http://tupa.gtk.fi/kartta/maaperakartta20/mps_321203.pdf

Laasonen, N., Penttinen, M., Heinilä, M., Hilpinen, J., Ruuskanen, H., Mattila, V., Ranninen, M., Ojala, T., Miettinen, E. 2020. Maankäytön suunnittelu ja maalämpö. Helsingin kaupunki. Viitattu 24.5.2020. http://www.hel.fi/hel2/ksv/liitteet/2020_kaava/5066_9_Maalamposelvitys_Sweco_2019.pdf

Lämmitys. 2020. Yhteenveto lämmitysjärjestelmistä energiatehokkaan kodin www-sivuilla 21.7.2020. Viitattu 13.8.2020.

https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys

Lämpökaivon periaatekuva. N.d. Maalämpöjärjestelmän hintatiedot Innoairin www-sivuilla. Viitattu 20.3.2020. <https://www.innoair.fi/Porakaivo-poraus-maalampometrihinta>

Lämpöä omasta maasta. Maalämpöopas motivan www-sivuilta. Viitattu 14.4.2020. https://www.motiva.fi/files/7965/Lampoa_omasta_maasta_Maalampopumput.pdf

Maalämpö – maahan varastoitunutta energiaa. N.d. Tietoisku maalämmöstä Niben www-sivuilla. Viitattu 13.8.2020. <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/maalampo---maahan-varastoitunutta-energiaa>

Maalämpöpumppu, näin se toimii. Tietopankki maalämpöjärjestelmän toiminnasta. Viitattu 20.3.2020. <https://www.geodrill.fi/maalampo/maalampopumppu-nain-se-toimii/>

Maalämpöpumppuopas. N.d. Lämmönkeruuputkiston mitoitus. Viitattu 1.3.2020. <https://partner.nibe.eu/upload/haato/Ohjeet/NIBE%20MLP%20OPAS%201335-6.pdf>

Maalämpöpumpun ja porakaivon mitoitus. Artikkelit maalämmön www-sivuilla. Viitattu 15.4.2020. <http://www.maalampo.fi/artikkelit/maalampopumpun-ja-porakaivon-mitoitus/>

Maan alla ei ole selvää rajaa. 2012. Uutinen Yleisradion www-sivuilla 24.9.2012. Viitattu 13.8.2020. <https://yle.fi/uutiset/3-6304710>

Maankäytön suunnittelu ja maalämpö. Helsingin kaupungin aineistoja 2020. Viitattu 2.8.2020.

https://www.hel.fi/hel2/ksv/liitteet/2020_kaava/5066_9_Maalamposelvitys_Sweco_2019.pdf

Maaperän lämpötila. Artikkelit hiilipuun www-sivuilla 19.6.2018. Viitattu 15.4.2020. <http://www.hiilipuu.fi/fi/artikkelit/maaper%C3%A4n-l%C3%A4mp%C3%B6tila>

Mikkola, P., Heilimo, E., Aatos, S., Ahven, M., Eskelinen, J., Halonen, S., Hartikainen, A., Kallio, V., Kousa, J., Luukas, J., Makkonen, H., Mönkäre, K., Niemi, S., Nousiainen, M., Romu, I. & Solismaa, S. 2016. Jyväskylän seudun kallioperä. Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 20.4.2020. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_227.pdf

Oma energiantuotanto kiinnostaa ihmisiä. 2012. N.d. Projektin kuvaus 2007-2012 sitran www-sivuilla. Viitattu 13.8.2020.

<https://www.sitra.fi/aiheet/lahienergia/#mista-on-kyse>

Painehalkaisu. N.d. Painehalkaisun periaatteesta kertova tietoisuus Pt-energiaporauksen www-sivuilla. Viitattu 13.8.2020. <https://pt-energiaporaus.fi/painehalkaisu>

Perälä, O., Perälä, R. 2013. Lämpöpumput. Alfamer.

Pohjavesialueet. Paikkatietoikkunan www-sivut. Viitattu 24.5.2020.

https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?lang=fi&ver=1.17&zoomLevel=6&coord=426149.646_6927028.62&mapLayers=base_35+100+default,166+100+default&markers=2|3|ffde00|520000_7250000|__2|3|ffde00|491231.969_6912732.421|__2|3|ffde00|491231.969_6912732.421|&

Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. Artikkelit ilmasto-opaan www-sivuilla. Viitattu 10.3.2020. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/73fa2827-42d1-4fd7-a757-175aca58b441/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa.html>

Tilastokeskus. 2016. Maalämpöpumppujen lukumäärän sekä sähkön ja kevyen polttoöljyn hinnan kehitys 1976-2015. Viitattu 13.8.2020.

https://www.stat.fi/til/ras/2016/09/ras_2016_09_2016-11-25_kat_001_fi.html

Öljylämmittäjät pohtivat muutoksia lämmitystapaan. 2018. Uutinen Motivan www-sivuilla 19.11.2018. Viitattu 13.8.2020.

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2018/oljylammitajat_pohtivat_muutoksia_lammitystapaan.13750.news

Liitteet

JÄSPI
JAMA

ENERGIALASKELMA


YHTEYSHENKILÖ

 Arttu Eskola
 Kaukora Oy

Yhteenveto

Olemme käyneet läpi rakennuksenne tiedot valitaksemme oikean kokoisen ja tehosen pumpun juuri teidän kohteeseenne.

Laskelma perustuu sekä todettuihin arvoihin että oletuksiin, joten pienet poikkeamat lopullisissa arvoissa ovat mahdollisia. Jos teillä on mahdollisesti lisäkysymyksiä mitoituksesta tai laitteistosta, ole hyvä ja tutustu kotisivuihimme tai soita suoraan meille.

ASIAKAS

 Koulu
 LVI-Peltola Oy

KOHTEEN TIEDOT

Tilojen lämmityksen tarve	96000 kWh/vuosi
- josta käyttöveden osuus	2000 kWh/vuosi
Nykyinen lämmityksen pumpu	1959 kWh/vuosi
Lämmitystehontarve	37,4 kW

ENNEN LÄMPÖPUMPUN ASENNUSTA

Ostoenergia -Öljy (80%)	120000 kWh/vuosi
-Sähkö	1959 kWh/vuosi

LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia -Sähkö	27094 kWh/vuosi
--------------------	-----------------

SÄÄSTÖT

Energiansäästö	70865 kWh/vuosi
Reduced energy to purchase	92906 kWh/vuosi
CO2 säästöt	33118 kg/vuosi

SÄÄTIEDOT

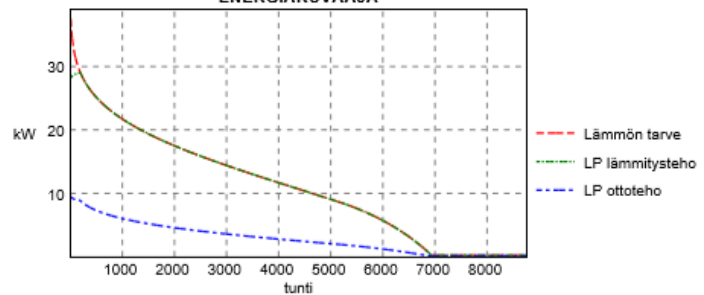
Vuoden keskilämpötila	3,2 °C
Mitoitettava ulkolämpötila, MUT	-32,0 °C

RAKENNUKSEN OLOSUHTEET

Sisälämpötila	21,0 °C
Tilojen lämmitys pysähtyy	17,0 °C
Lämmitys meno MUT:ssa	65 °C
Lämmitys paluu MUT:ssa	45 °C

ENERGIALASKENNAN TULOKSET
-JÄMÄ STAR 30 kW

LP:n tuottama energia	95292 kWh/vuosi
LP:n kuluttama energia	25986 kWh/vuosi
Lisäenergia, hyötysuhdekorjattu	708 kWh/vuosi
Lämmityksen kiertopumppu	401 kWh/vuosi
Energianpeitto	99 %
Vuosilämpökerroin, LP	3,7
Vuosilämpökerroin, järjestelmä	3,5
Kiinteä tai vaihteleva lauhdutus	Vaihteleva
Lämpöpumpun teho MUT:ssa	28,2 kW
Ottoteho MUT:SSA	9,5 kW
Laskennallinen lisäteho	9,2 kW
Tehopeitto	75 %

ENERGIAKUVAAJA




YHTEYSHENKILÖ

Arttu Eskola
Kaukora Oy

Yhteenveto

Olemme käyneet läpi rakennuksenne tiedot valitsemme oikean kokoisen ja tehosen pumpun juuri teidän kohteeseenne.

Laskelma perustuu sekä todettuihin arvoihin että oletuksiin, joten pienet poikkeamat lopullisissa arvoissa ovat mahdollisia. Jos teillä on mahdollisesti lisäkysymyksiä mitoituksesta tai laitteistosta, ole hyvä ja tutustu kotisivuihimme tai soita suoraan meille.

ASIAKAS

Koulu
LVI-Peltola Oy

EHDOT

Arvio perustuu oheiseen energialaskelmaan ja seuraaviin olosuhteisiin.

LÄMPÖPUMPPUINVESTOINTI

Pääomakulut	0 €
Lainan määrä	0 €
Lainan ehdot	0 vuosia
Korko	0,0 %
Vuosittaiset ylläpitokustannukset	0 €

ENERGIAKUSTANNUKSET ENNEN LÄMPÖPUMPUN ASENNUSTA

Öljy	1 000,00 €/m ³
Vuosittaiset kiinteät kustannukset	0 €
Vuosittaiset ylläpitokustannukset	0 €

ENERGIAKUSTANNUKSET LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Sähkö	0,12 €/kWh
Vuosittaiset kiinteät kustannukset	0 €
Vuosittaiset ylläpitokustannukset	0 €

ENERGIAN KULUTUS

ENNEN LÄMPÖPUMPUN ASENNUSTA

Ostoenergia -Öljy (80%)	12 m ³
-Sähkö	1959 kWh

LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia -Sähkö	27094 kWh
--------------------	-----------

VUOSITTAISET ENERGIAKUSTANNUKSET

ENERGIAKUSTANNUKSET ENNEN LÄMPÖPUMPUN ASENNUSTA

Energiakustannukset	12 000 €
Ylläpitokustannukset	0 €
Kiinteät kustannukset	0 €
Kustannukset yhteensä	12 000 €

ENERGIAKUSTANNUKSET ASENNUKSEN JÄLKEEN

Energiakustannukset	3 251 €
Ylläpitokustannukset	0 €
Kiinteät kustannukset	0 €
Kustannukset yhteensä	3 251 €

ENSIMMÄISEN VUODEN SÄÄSTÖT

Säästöt, energia	8 749 €
Säästöt, ylläpito	0 €
Säästöt, kiinteät kulut	0 €
Säästöt yhteensä	8 749 €

RAHOITUSKULUT (KORKO JA ERÄT)

Vuoden keskimääräiset lainakustannukset	0 €
---	-----

TAKAISINMAKSU

Takaisinmaksuaika	0,0 vuosia
-------------------	------------