

Olli Heikkinen

Maalämmön kannattavuus  
teollisuuskiinteistössä

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikka


Huhtikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>
<b>Tekijä(t)</b> Olli Heikkinen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Sähkötekniikan koulutusohjelma
<b>Nimeke</b>  Maalämmön kannattavuus teollisuuskiinteistössä	
<b>Tiivistelmä</b>  Opinnäytetyön tilaajana on Mikkelin kiinteistö Oy, jonka toimialana on kiinteistöjen vuokraus Mikkelin alueella. Kohteeksi valittiin Teollisuuskadulla sijaitseva teollisuuskiinteistö. Kiinteistössä on lattiapinta-alaa 6110 nelimetriä ja kohteessa on tilavuutta 35200 kuutiometriä. Kiinteistö lämmitetään tällä hetkellä kaukolämpöjärjestelmällä. Kiinteistön yläkerrassa sijaitsevassa toimistotilassa lämmitys tapahtuu lämpöpattereilla ja alakerrassa hallissa käytetään lisäksi puhallinkonvektoreita, jolla saadaan lämpötila pidettyä tasaisena.  Työssä tehtiin kannattavuuslaskema teollisuuskiinteistön lämmitysjärjestelmän vaihtamiselle. Kohteesta haluttiin myös tietää maalämmön takaisin maksuaika kyseiselle kiinteistölle. Korkokantana laskuissa käytettiin maltillista 5 % vuosikorkoa ja kannattavuutta laskettiin 20 vuoteen asti. Työssä otettiin kantaa myös mahdollisiin rakennuslupiin, mitä tulee ottaa huomioon maalämpöjärjestelmää hankittaessa.  Kiinteistössä suoritettiin lämpökuvauksia, joissa selvitettiin kohteen energiankulutuksen pienentämistä minimiin. Kohteeseen ehdotin vaihdettavaksi uudet ikkunat etelä- ja pohjoispuolelle energiansäästön maksimoimiseksi. Lämpökuvaukset suoritettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun Fluke-lämpökameralla. Kuvauksia suorittaessa ulkolämpötila oli noin -8 astetta.  Maalämmön takaisinmaksuajaksi saatiin 6-8 vuotta riippuen laina-ajasta. Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa huomattavasti nykyisestä kaukolämmön perusmaksusta luopuminen. Myös sääolosuhteet vaikuttavat takaisinmaksuaikaan, talven ollessa kylmä takaisinmaksuaika on nopeampi. Maalämpöjärjestelmän hinta voi vaihdella suuresti riippuen sen toimittajasta. Tarjouksia pyydettiin useasta firmasta ja näistä valittiin hinnan ja luotettavuuden mukaan paras paketti. Kiinteistön ollessa yritys kiinteistö siihen ei voi saada kotalousvähennyksiä.  Lämmityksen tehontarve kaukolämpöjärjestelmälle on ollut 836 MWh vuodessa. Lämmityksen tehontarve maalämpöjärjestelmälle olisi 345 kilowattia, ja se saadaan toteutettua neljällä Niben maalämpöpumpulla. Uudella maalämpöjärjestelmällä saadaan laskettua vuosittaisia huoltokustannuksia noin tuhannella eurolla vuodessa. Kiinteistö saadaan lämmitettyä poraamalla 20 porakaivoa, joista maalämpöjärjestelmän lämpö tuotetaan. Jokaisen porakaivon syvyydeksi tulee 200 metriä.	
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Maalämpö ,kaukolämpö, maalämpöpumppu, lämpökuvaus, elinkaari	
<b>Sivumäärä</b> 21+4	<b>Kieli</b> Suomi
<b>Huomaus (huomautukset liitteistä)</b>	
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Hannu Honkanen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Mikkelin kiinteistö Oy

## DESCRIPTION

	<b>Date of the bachelor's thesis</b>
<b>Author(s)</b>	<b>Degree programme and option</b>
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Profitability calculation in factory when switching from district heating to geothermal heating	
<b>Abstract</b>  <p>This thesis was commissioned by Mikkelin kiinteistö Oy, a company which leases real estate in Mikkeli area. The building in consideration is a factory located on Teollisuuskatu in Mikkeli. The factory has 6110 square meters and 35200 cubic meters. Factory is currently heated with district heating. On the upstairs there is an office which is heated with radiators and the factory hall has convention blowers to assist radiators and to keep the temperature constant.</p> <p>A part of the thesis was a profitability calculation where changing of the heating system was considered. Customer also requested to find out the payback time for geothermal heating. Interest rate which was used was a moderate 5 % yearly rate and for profitableness until 20 years. Possible reconstruction permissions which are a must for geothermal heating installation were also considered in the thesis.</p> <p>Thermal imaging was done to the building and helped me to find the bad leaks. I proposed new windows to be installed on the northern and southern side of the building to increase the energy savings. The thermal images were taken with the Fluke heat camera, which Mikkeli University of applied sciences owns. During the imagining the temperature outside was around -8 °C.</p> <p>The payback time for geothermal heating is around 6-8 years depending on loan period. The payback time is greatly affected by the cancelling of the basic charge of the current district heating. Weather conditions also affect to pay back time, since during cold winters there will be more profits. The investment cost of the geothermal heating depends greatly on the vendor. Offers were asked from multiple companies and the vendor with the best price and reliability was picked. Since the factory is an business building there is no way to get household discount.</p> <p>Heating requirement for the geothermal system is around 345 kilowatts and it can be made with four ground-source heat pumps. With the new geothermal system the yearly costs can be reduced with thousand euros. Around 20 drilled wells which are used to produce the heat are enough to heat the building. Each drilled well will be 200 meters deep.</p>	
<b>Subject headings, (keywords)</b> District heating, Factory, Geothermal heating, Profitability calculation, Life cycle	
<b>Pages</b> 21+4	<b>Language</b> Finnish
<b>Remarks, notes on appendices</b>	
<b>Tutor</b> Hannu Honkanen	<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Mikkelin kiinteistö Oy

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	TOIMEKSIANTO.....	1
2.1	Yritys .....	1
2.2	Tutkittava kohde .....	2
3	KAUKOLÄMPÖ .....	3
3.1	Toimintaperiaate .....	4
4	MAALÄMPÖ .....	5
4.1	Maaperän vaikutukset .....	6
4.2	Toimintaperiaate .....	7
4.3	Maalämpöpumpun sijoitus.....	8
4.4	Hankinta.....	9
4.4.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	9
4.4.2	Vesilaki .....	11
4.4.3	Ympäristönsuojelulaki .....	12
4.4.4	Kiinteistönmuodostamislaki .....	12
5	LÄMPÖKUVAUS .....	13
5.1	Rakennusten lämpöhäviöt.....	14
5.2	Korjausehdotus .....	14
6	MAALÄMMÖN KUSTANNUKSET .....	15
6.1	Investointikustannukset .....	15
6.2	käyttö- ja huoltokustannukset .....	16
7	TULOSTEN ANALYSOINTI .....	16
7.1	Energian säästö .....	16
7.2	Rahallinen säästö .....	17
7.3	Maalämmön takaisinmaksuaika.....	17
7.4	Tuottolaskelmat .....	18
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	19
	LÄHTEET .....	21

## LIITTEET

1 Kiinteistön tilavuus

- 2 Pohjapiirros
- 3 Lämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio
- 4 Lämpövesiputkiston päälinjat

## **1 JOHDANTO**

Suurin osa kiinteistön energiankulutuksesta tulee lämmityksestä. Kun kyse on suuresta kiinteistöstä, maalämpö on luonnollinen vaihtoehto lämmitysjärjestelmäksi. Työn tarkoituksena on selvittää kannattavuus teollisuuskiinteistön lämmitysjärjestelmän vaihtaminen nykyisestä kaukolämmöstä maalämpöön. Kiinteistöön ei ole mahdollista saada kotitalousvähennystä, koska kyseessä on yritysrakennus.

Työssä lasketaan maalämmön takaisinmaksuaikaa kiinteistöstä saaduilla kaukolämpölaskuilla. Työn tarkoituksena on myös vertailla maalämpöä sekä kaukolämpöä yleisellä tasolla sekä kertoa, mitä tulee ottaa huomioon lämmitysjärjestelmää vaihtaessa.

Kohteessa suoritettiin lämpökuvauksia, joista nähdään mahdolliset lämpimän ilman vuotokohdat. Useassa vanhassa kiinteistössä ikkunoista, nurkista ja liitoksista karkaa huomattava määrä lämmintä ilmaa, mikä nostaa kiinteistön energiankulutusta.

Kaukolämpölaitteiden tekninen käyttöikä on noin 20 - 25 vuotta, joten lämmitysjärjestelmän uusiminen tai vaihtaminen on todella ajankohtaista. Tulevan maalämpöjärjestelmän tekniseksi käyttöikäksi arvioitiin 20 vuotta.

## **2 TOIMEKSIANTO**

Sain toimeksiannoksi selvittää takaisinmaksuajan ja energiasäästölaskelman teollisuuskiinteistössä tapahtuvan lämmitysjärjestelmän vaihtamisen vuoksi. Kiinteistön omistaja Jarmo Hyttinen oli valinnut uudeksi lämmitysmuodoksi maalämmityksen.

### **2.1 Yritys**

Mikkelin Kiinteistö Oy on Mikkelissä toimiva kiinteistöjen vuokraukseen ja hallintaan erikoistunut yritys. Yhtiön yritysmuoto on osakeyhtiö ja sen toimitusjohtaja on Jarmo Hyttinen.

## 2.2 Tutkittava kohde

Kohde on Mikkelissä Teollisuuskatu 8:ssä sijaitseva teollisuuskiinteistö. Kiinteistössä toimii metallialan yritys Opa muurikka ja sen tehtaanmyymälä. Kiinteistössä työskentelee vakituisena 10 henkilöä. Tuotantoa on vähennetty tehtaassa. Kiinteistöstä on jo poistettu kiillotuskone, levynleikkaustako, pyöryläleikkuri, hionta- ja oikaisupaikat, syvävetorobotti, juotos ja pesupaikat.

Kiinteistön itäpuolella on 26 ikkunaa, mitoiltaan 156 x 103 cm, jotka on vaihdettu uusiin. Länsipuolella kiinteistöä ei ole ikkunoita. Pohjois- ja eteläpuolella kiinteistöä on yhteensä 120 kappaletta ikkunoita mitoiltaan 125 x 125 cm. Kattoikkunoita on 9 kappaletta mitoiltaan 125 x 125 cm. Kaikissa ikkunoissa on kaksinkertainen lasi ja ikkunoiden runkokehä on höylättyä mäntyä.

Kiinteistön tilavuus on 35200 kuutiometriä ja yhteenlaskettu lattiapinta-ala on 6110 neliometriä. Muuntamolle ja maalivarastolle on varattu yhteensä 43,5 neliometriä. Rakennuksen ulkomitat ovat 75 x 75 metriä.

Rakennuksessa on 3 kappaletta pölynpoistoimureita teholtaan 15 kilowattia kappale. Prosessilämpöpesukoneita on 2 kappaletta, joiden teho on 100 kilowattia kappaleelta. Muiden koneiden yhteisteho on noin 100 kilowattia.

Kiinteistö on rakennettu vuonna 1978, jolloin siihen on asennettu öljylämmitys. Vuonna 1988 kiinteistö on siirtynyt kaukolämpöön ja öljykattila on poistettu rakennuksesta. Rakennuksen yläkerrassa sijaitsevassa toimistossa on vesikiertoiset lämpöpatterit. Rakennuksen alakerrassa sijaitsevassa teollisuushallissa on vesikiertoiset puhallinkonvektorit. Kuvassa 1 esitetään kiinteistö itäpuolelta kuvattuna.



**KUVA 1. Tutkittava kiinteistö**

### **3 KAUKOLÄMPÖ**

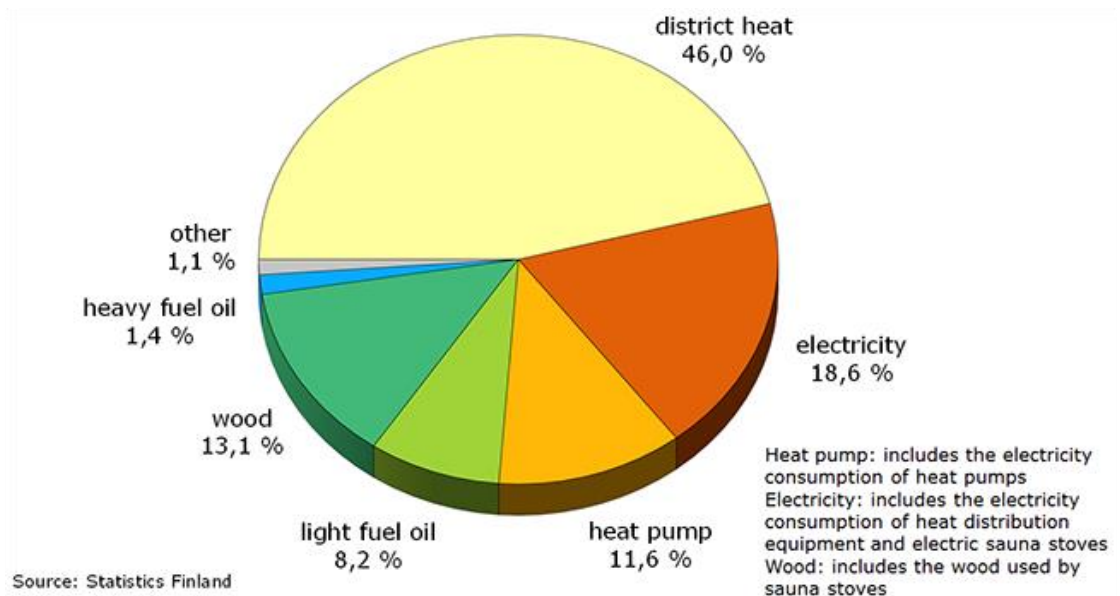
Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Se soveltuu erityisesti taajamiin sen varman ja tasaisen lämmitysenergian tuoton ansiosta. Lähes jokaisessa Suomen kaupungissa käytetään kaukolämmitystä. Suomeen kaukolämpö tuli 1950-luvun alussa.

Kaukolämmityksen taloudellisuus kasvaa, mitä tiheämpään asuinalue on rakennettu ja mitä isompia kiinteistöt ovat. Kaukolämmitys on todella energiatehokas lämmitysmuoto ja jopa 2,6 miljoonaa suomalaista asuu kaukolämpötaloissa. 95 % asuinkerrostaloista ja suurin osa julkisista rakennuksista lämmitetään kaukolämmöllä. Kaukolämmön osuus lämmitysmarkkinoista on lähes 50 %, mutta suurimmissa kaupungeissa sen osuus on jopa 90 % lämmitysmarkkinoista.

Kaukolämmön suuri energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys perustuvat siihen, että kaukolämmitys hyödyntää myös hukkaan menevän lämpöenergian. Teollisuudesta tuleva jätelämpö voidaan myös hyödyntää kaukolämmityksessä muuttamalla se lämpöenergiaksi.



Kaukolämpöä voidaan tuottaa usealla eri polttoaineella, kuten maakaasulla, puulla, turpeella ja kivihieillä. 70 – 75 % kaukolämmöstä saadaan lämmitysvoimalaitoksien jäte­lämmöstä. Kuvassa 2 näytetään Suomen lämmitys­järjestelmien jakautuminen prosentteina. [11.]



**KUVA 2. Kaukolämmön osuus suomen lämmitysmarkkinoista [11]**

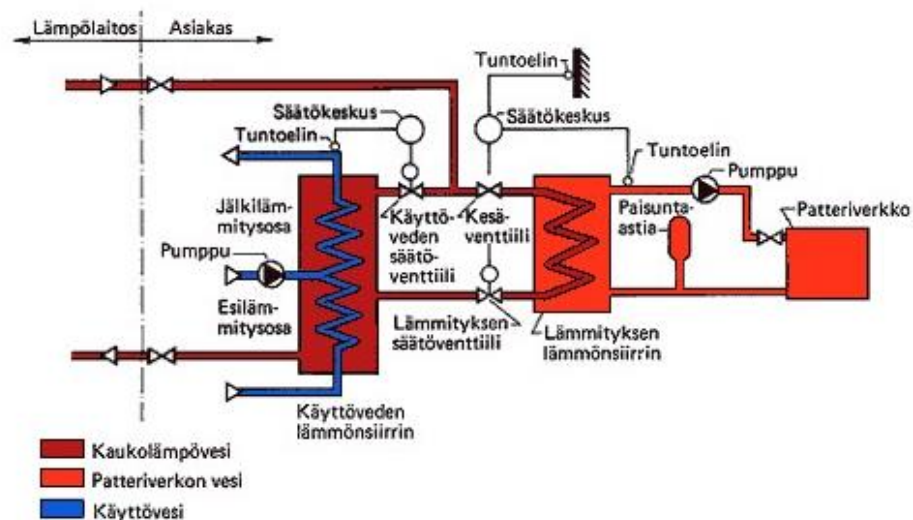
### 3.1 Toimintaperiaate

Kaukolämmössä lämpö saadaan polttamalla polttoainetta lämpövoimalaitoksen isossa kattilassa. Kuumaa vettä kierrätetään maan alle asennettuihin putkiin, joista se kiertää lähialueiden rakennuksiin ja takaisin kattilaan. Kaukolämpöä ei ole mahdollisuus saada kaikkialle, sillä sen tehokkuus kärsii, mitä kauemmas voimalaitoksesta vesi joutuu kiertämään. Varsinkin silloin, kun putket kulkevat valmiiksi läheltä, kaukolämpö voi olla mainio vaihtoehto öljystä luopuvalle. Se on hyvin huoleton lämmitysmuoto, ja kaukolämpöön siirtyminen on melko vaivatonta. Talon seinään porataan kaksi reikää, yksi tulo- ja yksi menovedelle. Sisälle tarvitaan lämmönjakokeskus, joka sijoitetaan yleensä entiseen pannuhuoneeseen.

Lämmönjakokeskuksessa sijaitseva lämmönsiirrin siirtää kaukolämpöveden lämpö­energian talon omaan lämmitysveteen esimerkiksi kierukan välityksellä. Normaalisti keskukseseen on asennettu käyttövedelle toinen lämmönsiirrin. Maalämpöputkissa kul-

keva kaukolämpövesi ei kierrä talon pattereissa, eikä sitä tule suihkusta. Kaukolämpökeskuksessa ei käytetä varaajaa, sillä laitteisto säätelee automaattisesti lämmitys- sekä käyttöveden lämpötilan. Talossa on oma suljettu vesikierto, johon osa kaukolämpöveden energiasta siirretään.[1,s. 81.]

Kaukolämmityksen tarkoituksena on keskistettynä tuotantona tuottaa rakennuksille lämpöä sekä lämmintä käyttövettä. Kaukolämmityksen keskiseinä ideana on, että sitä varten on luotu organisaatio, joka toteuttaa toimintaansa liiketoiminnan muodossa. Kuvassa 3 esitetään pelkistettynä kaukolämmön toimintaperiaate.[7,s. 25.]



**KUVA 3. Kaukolämmön toimintaperiaate [3]**

## 4 MAALÄMPÖ

1970-luvun alusta lähtien maalämmöllä on lämmitetty pientaloja. Maalämpö on kasvatanut suosiotaan lämmitysjärjestelmänä 2000-luvulle tultaessa. Joka viidenteen uuteen pientaloon valittiin lämmitysjärjestelmäksi maalämpö vuonna 2006.

Maalämpöpumppu tuottaa lämmitysenergiaa melko edullisesti. Järjestelmän hankintahinta on kuitenkin melko korkea. Maalämpöpumppu on huomattavasti kannattavampi valinta suureen kiinteistöön. Jatkuva energianhinnan nousu kuitenkin mahdollistaa

maalämmön kannattavaksi myös pienempiin taloihin. Maalämmön suosiota on kasvat-  
tanut sähkön ja öljyn hinnan nousu, kun samaan aikaan lämpöpumpuista on saatu te-  
hokkaampia ja luotettavampia. [8.]

Vaikka monessa osassa maapalloa vuodenaikojen takia lämpötila vaihtelee paahtavasta  
kuumuudesta kylmään pakkaseen, maa on muutaman metrin syvyydessä suhteellisen  
tasaisessa lämpötilassa. Vaikka maalämpöjärjestelmän asentaminen voi tulla maksa-  
maan moninkertaisen hinnan muihin lämmitysjärjestelmiin, maksaa se yleensä itsensä  
takaisin 5 - 10 vuodessa. Maalämpöjärjestelmän tekninen käyttöikä on noin 20 - 25  
vuotta. [10.]

#### **4.1 Maaperän vaikutukset**

Maa- ja kallioperään varastoituu lämpöenergiaa auringosta. Syvemmälle kallioperään  
mentäessä suurin osa lämpöenergiasta koostuu radioaktiivisten aineiden hajoamisesta  
syntyvästä geotermisestä energiasta. Suomessa maan pintaosien keskilämpötila on kes-  
kimäärin kaksi asetetta ilman lämpötilaa korkeampi, mutta se vaihtelee maantieteellisen  
sijainnin mukaan. Luonnontilaisessa metsässä se voi olla useita asteita matalampi kuin  
rakennetuilla alueilla.

Syvemmälle kallioperään mentäessä geotermisen energia nostaa lämpötilaa 0,5 - 1 as-  
tetta / 100 m. 300 metrin syvyydessä kallioperässä lämpötila on noin 6,5 - 9 astetta.  
Kivilajien lämmönjohtavuudessa on vaihtelua. Kallioperän lämmönjohtavuuksiin vai-  
kuttavat kallioperän koostutus, pohjaveden liikehdintä sekä maalajin rikkonaisuus.  
Maalajin ollessa rikkonaisempi lämpö siirtyy maankamarassa paremmin. Kallioperän  
ollessa rikkonaista se voi hankaloittaa poraamista sekä aiheuttaa porareian seinämien  
sortumista. [2,s. 7.]

Maan lämpötilaan vaikuttavat pääasiallisesti kesäaikana maahan varastoituneen aurin-  
gonlämmön määrä ja maakerrosten lämmönjohtavuus. Sen sijaan maan sisäisen läm-  
möntuoton merkitys on vähäinen maan pintakerroksissa. Koska ilman lämmönjohta-  
vuus on huonompi kuin veden, on esimerkiksi kuohkean tai muokatun maan lämmön-  
johtavuus huonompi kuin kostean maan.

Parhaiten lämpöä johtaa kallio, ja huonoin lämmönjohtavuus on turvemaalla. Kesällä ilman lämpötilanvaihtelu vaikuttaa lämpöoloihin noin 500 mm:n syvyyteen ja turvemaassa vain 200 - 300 mm:n syvyyteen. Talvella maan lämpötila ei vaihtele suuresti, sillä lumi on hyvä lämmöneriste.. Talvella maan pintakerrosten lämpötilat nousevat mitä syvemmälle maaperään mennään, josta maaperän aiheuttama lämpövirta suuntautuu kohti pintaa. Maassa oleva lumipeite hidastaa lämmönluovutusta, joten ylöspäin nouseva lämpövirtaus jatkuu aina lumen sulamiseen asti.

Maan luovuttamaa lämpöä kutsumaan lämpögradientiksi, joka aiheutuu maahan varastoituneesta auringonlämmöstä sekä maan sisältä kulkeutuvasta lämmöstä. Suurimmillaan maahan varastoitunut lämpömäärä on syyskuun alkupuolella. Kokeellisesti maasta mitatut lämpötilagradientit vaihtelevat noin 1,5 - 4 astetta/m. Keskimääräinen talven lämpötilagradientti lähellä maan pintaa on noin 2,4 astetta/m. [4, s. 28.]

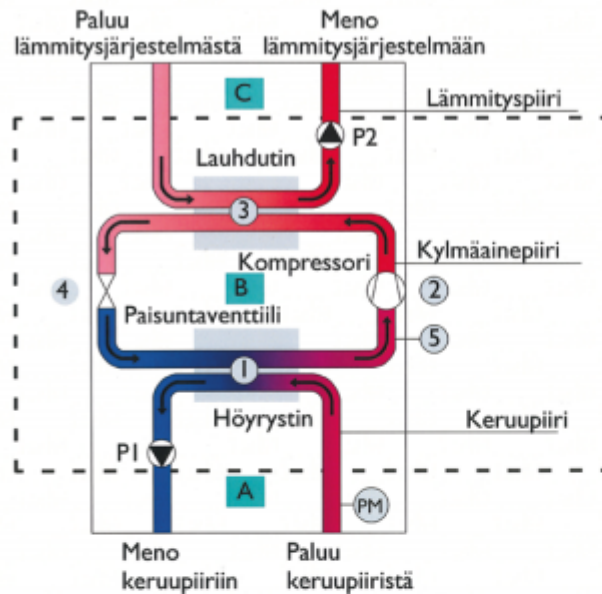
Vaikka erilaiset maalajit ja vesistöt poikkeavat toisistaan lämmönlähteinä, melkein kaikki kelpaavat maalämpöputkiston sijoituspaikaksi. Maaputkiston sijoituspaikan olosuhteet vaikuttavat pääasiassa putkiston pituuteen. Paras mahdollinen maalaji sijoittaa putkisto on kostea savi, koska se sitoo itseensä runsaasti energiaa, jotka voidaan kerätä talteen putkiston avulla. Maalajin merkitystä ei kuitenkaan kannata yliarvioida, sillä myös kuivemmista maalajeista saa lämpöä. Kivikkoiset alueet ovat hankalampia sijoituspaikkoja, koska kaivaminen on vaikeaa ja mahdollisuutena on putkien vaurioituminen täyttövaiheessa. [5, s. 15 – 16.]

## 4.2 Toimintaperiaate

Maaperästä kerätty energia siirretään maalämpöpumpun avulla rakennusten käyttöön sähkön avulla. Lämmönkeruuneste sitoo energiaa josta se siirtyy keruupiiristä pumpun avulla kylmäainepiiriin. Kylmäaine kierrätetään lämpöpumpun kompressoria käyttäen lauhduttimelle, jossa kylmäaine luovuttaa energian lämmityspiiriin. [2, s. 10.]

Kesän aikana maahan sitoutunut auringonlämpö siirretään maasta maalämpöjärjestelmän putkia käyttäen. Maalämpöpumppu ottaa putkien keräämän lämmön talteen ja lähettää sen pattereihin tai lattialämmityksen putkiin. Yleensä samassa laitteessa on myös lämminvesivaraaja. Pumpun toimintaa voidaan yleensä seurata laitteen kyljessä ole-

vasta digitaalinäytöstä. 66 % maalämpöpumpun energiasta tulee maasta ja on päästö-  
töntä energiaa. 33 % tulee pumpun käyttämästä sähköstä. Yleisenä nyrkkisääntönä pi-  
detään, että maalämpö maksaa noin kolmasosan suoraan sähkölämmitykseen verrat-  
tuna, mikä tekee siitä todella kannattavan. Kuvassa 4 näytetään maalämpöjärjestelmän  
toimintaperiaate. [1, s. 76.]



1. Höyrystimessä keruepiiristä (A) lämpöenergia siirtyy lämpöpumpun kylmäainepiiriin (B). Kylmäaine muuttuu nesteestä kaasuksi
2. Lämpöpumpun kompressori puristaa kylmäainehöyryn korkeapaineiseksi kaasuksi, jolloin lämpötila kohoaa. Puristamiseen käytetty sähköenergia muuttuu lämmöksi ja nostaa myös kylmäaineen lämpötilaa.
3. Lämpöpumpun lauhduttimessa lämpöenergia siirtyy kylmäaineesta rakennuksen lämmitysjärjestelmään (C). Samalla kylmäaine muuttuu nesteeksi. Lämpöenergia voidaan hyödyntää sekä lämmitysverkostossa että käyttöveden lämmityksessä.
4. Lämpöpumpun paisuntaventtiilissä kylmäaineen painetta alennetaan, jolloin kylmäaineen lämpötila laskee. Kylmäaine virtaa höyrystimeen ja prosessi jatkuu kohdan I mukaisesti.
5. Vuodonilmaisimena toimii laitteen matalapainekytkin, joka sammuttaa kompressorin ja kiertoopin pumpun, sekä antaa samalla hälytyksen, mikäli lämmönkeruunesteen määrä tai kierto ei ole riittävä.

**KUVA 4. Maalämmön toimintaperiaate [2, s.12]**

### 4.3 Maalämpöpumpun sijoitus

Maalämpöpumpun sijoitus kannattaa valita tilaan, jossa se on helppo huoltaa ja ylläpitää. Pumpulle kannattaa varata riittävästi tilaa, joka pitää ottaa huomioon teknistä tilaa mitoittaessa. Lämmitysjärjestelmä saattaa tarvita pumpun lisäksi lämminvesivaraajan,

jolloin tilantarve kasvaa. Tilaa valittaessa tulee ottaa huomioon myös pumpusta tulevat meluhaitat. [2, s.10.]

#### **4.4 Hankinta**

Maalämpölaitteistoa ostaessa täytyy ottaa huomioon, että hankittava laitteisto suoriutuu sille asetetuista tehtävistä, eli sen teho riittää lämmitykseen. Ei riitä, että laitteisto toimii täydellisesti, vaan lämpöä sekä lämmintä vettä riittää kaikissa olosuhteissa.

Suunnittelu kannattaa jättää myyjäliikkeelle tai laitteiston valmistajalle. Heidän tehtävä on selvittää kohteen lämmöntarve sekä maaperän laatu, joista suunnittelija mitoittaa laitteiston ja putkiston. Tehtävä vaatii erityiskoulutusta sekä hyvää ammattitaitoa. Suunnittelijan kanssa kaikki kannattaa sopia kirjallisesti jo tarjouspyynnöstä lähtien. Tarjouspyyntöön tulee liittää tärkeimmät asiat rakennuksesta ja sen lämmitystarvetta koskevat tiedot. Tärkeimpiä tietoja suunnittelijalle ovat nykyiseen lämmitystapaan ja energiankulutukseen liittyvät tiedot, pinta-alat, rakennuksen ikä ja sen eristykset, asukkaiden lukumäärät ja mahdolliset erityistarpeet, jos lämmintä käyttövedtä käytetään normaalia enemmän. Muita huomioon otettavia tietoja on, jos esimerkiksi asiakas haluaa ottaa ennen kylmänä olleen tilan lämmityksen piiriin. Lämmitysjärjestelmä voi jäädä alimitoitetuksi ja vastuu siitä on asiakkaan.

Kirjalliseen tarjouspyyntöön on saatava vastaus kirjallisesti. Tarjouksen tulee sisältää toimitussisältö ja toimitusrajat. Jos tarjoukseen on pyydetty laitteiston hinta täydelliseen käyttökuntoon laitettuna, tulee tähän saada selvä vastaus. Asennusliike voi pyrkiä jättämään sähkötyön osuuden pois, jos liikkeellä ei ole sähkötyöiden asennusoikeuksia. [5, s. 55 – 57.]

##### **4.4.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki**

”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. Rakennuslupa tarvitaan myös sellaiseen rakennuksen vaippaan tai teknisiin järjestelmiin kohdistuvaan korjaus- ja muutostyöhön, jolla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen.

Mikä jo olemassa olevan rakennuksen lämmitysjärjestelmä halutaan vaihtaa maalämpöjärjestelmäksi, tarvitaan toimenpidelupa (132/1999, 126 a §), ellei kunta ole toisin rakennusjärjestyksessään määrännyt. Sama koskee myös tilannetta, jossa halutaan käyttää energiakaivoa lisälämmönlähteenä. Energiakaivon poraamisella voi olla vaikutusta ympäröivän alueen maankäyttöön mm. sellaisissa tapauksissa, joissa maaperän lämmön hyödyntäminen saattaisi rajoittaa naapurin yhtäläistä mahdollisuutta. Rakennuksen omistajan ja haltijan on huolehdittava rakennuksen kunnosta. Maankäyttö- ja rakennuslain 166 §:n mukaan rakennus ja sen energiahuoltoon kuuluvat järjestelmän on pidettävä sellaisessa kunnossa, että ne täyttävät energiatehokkuudelle asetetut vaatimukset.

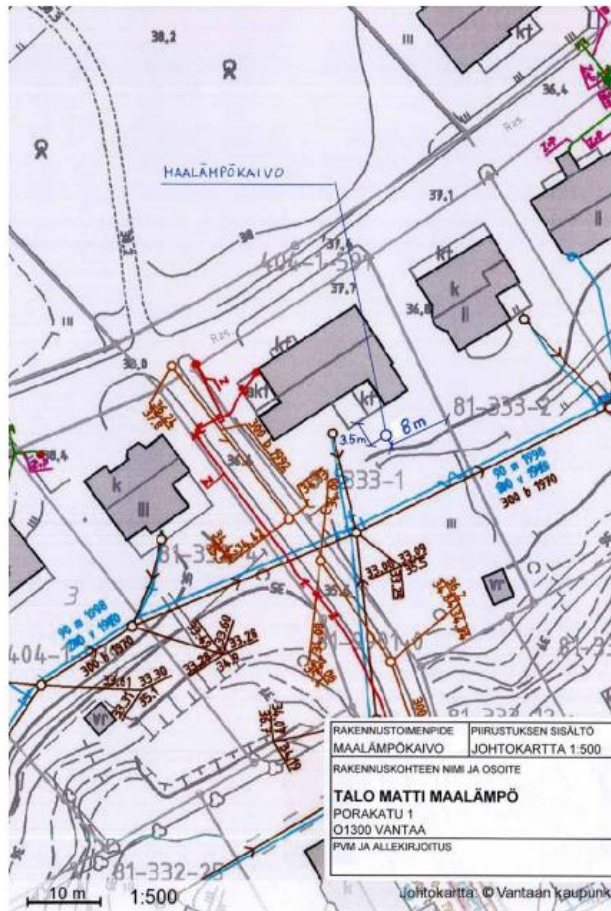
Kunta voi ohjata maalämpöjärjestelmien rakentamista kunnan eri alueilla olosuhteiden vaatimusten mukaan (esimerkiksi pohjavesiolosuhteet, pilaantuneet maat tai maanalainen rakentaminen) rakennusjärjestyksen tai asemakaavan avulla. Vastaava työnjohtaja vastaa lupaa edellyttävästä rakennustyöstä ja sen laadusta. Tarpeen mukaan rakennustyössä tulee olla erityisalan työnjohtajia sen mukaan kuin asetuksella säädetään. Maalämpöjärjestelmän toimenpidelupahakemus (tai ilmoitus, jos kunta on rakennusjärjestyksessä niin sallinut) jätetään kunnan rakennusvalvontaan. Kunnan rakennusvalvontaviranomainen antaa tarkemmat ohjeet luvan hakuun tarvittavista asiakirjoista. Vähimmäisvaatimuksensa yleensä on hallintaoikeusselvityksen lisäksi ollut väestörekisterikeskuksen rakennushankeilmoituksesta koskeva lomake RH1 ja asemapiirros, johon kaivon paikka on merkitty.

Asemapiirros laaditaan riittävän yksityiskohtaiselle kartalle, esimerkiksi ajantasaisella pohjankartalla olevalle kunnan johtokartalle, mikäli kunnassa sellainen on. Kunta on velvollinen RH1-lomakkeessa mainittujen tietojen keräämiseen ja toimittamiseen Väestörekisterikeskuksen väestötietojärjestelmään rakennustietojen ylläpitoa varten, mutta monet kunnat edellyttävät luvanhakijalta myös edellä mainittuja tarkempia tietoja.

Toimenpidelupahakemuksen laatiminen, luvan hakeminen, käsittely ja päätöksen saaminen kestää keskimäärin 1,5 kuukautta, kun hakija on toimittanut kaikki tarpeelliset asiakirjat. Tästä ajasta luvan käsittely rakennusvalvonnassa kestää muutamia päiviä. Lisäksi kunnan viranomaisen päätöksestä voidaan hakea muutosta, jonka käsittelyn jäl-

keen hanke voidaan toteuttaa, ellei muutoksenhaun vuoksi toisin päätetä. Jos hankkeeseen tarvitaan vesilain mukainen lupa aluehallintovirastosta, haetaan se ensin, koska mahdollisen kielteisen päätöksen vuoksi maalämpöjärjestelmää ei saa rakentaa. Maan käyttö- ja rakennuslaki ei tällaista menettelyä edellytä, mutta hankkeen kannalta on yksinkertaisempaa jos muut tarvittavat luvat haetaan ennen toimenpideluvan hakemista.” Kuvassa 5 esitetään esimerkki rakennuslupaan tarvittavasta johtokartasta. [2, s. 15 - 16].

Liite 4: Esimerkkikarttaote energiakaivon sijoittumisen ilmoittamisesta



**KUVA 5. Johtokartta [2, s.56]**

#### 4.4.2 Vesilaki

”Vesitaloushankkeella on oltava vesilain mukainen aluehallintoviranomaisen lupa, jos se voi muuttaa pohjaveden laatua tai määrää, ja tämä muutos voi aiheuttaa pohjavesiesiintymän tilan huononemista tai olennaisesti vähentää tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuutta tai muutoin huonontaa sen käytökelpoisuutta taikka muualle tavalla aiheuttaa vahinkoa tai haittaa vedenotolle tai veden käytölle talousvetenä (VL3:2§).



Vesilain ja ympäristönsuojelulain välinen suhde on muuttunut uuden vesilain myötä, siten, että ympäristönsuojelulain pilaantumisen torjuntaa koskevien lupamääräysten asettamista koskevia säännöksiä sovelletaan kaikissa vesilain mukaisissa lupa-asioissa. Maalämpöjärjestelmän rakentamiseen maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen toimenpide tai rakennusluvan lisäksi tarvitaan mahdollisesti vesilain mukainen lupa. Vesilain mukainen lupa haetaan aluehallintavirastolta (AVI). Aluehallintovirasto antaa tärkeämmät ohjeet hakijalle, mitä tietoja, selvityksiä ja asiakirjoja lupahakemuksen tulee sisältää.” [2, s. 16.]

#### **4.4.3 Ympäristönsuojelulaki**

”Pohjaveden pilaamiskiellosta on säädetty ympäristönsuojelulain 8§:ssa. Pilaamiskiellon mukaan:

Aihetta tai energiaa ei saa panna tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että

1. tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai sen laatu muutoin olennaisesti huonontua;
2. toisen kiinteistöllä oleva pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua.” [2, s.16.]

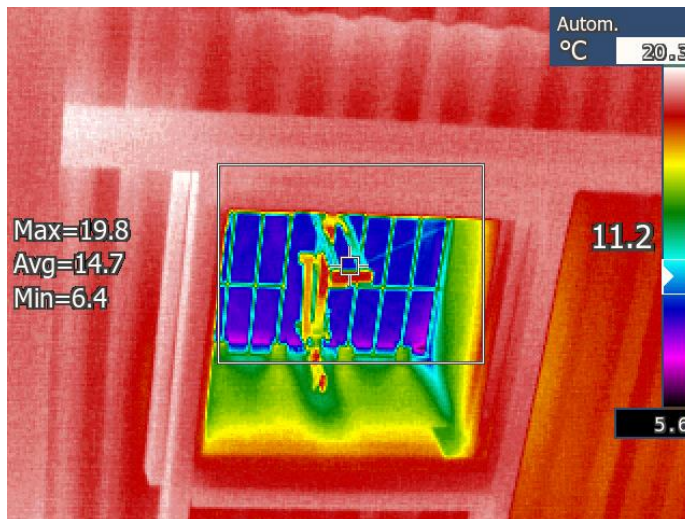
#### **4.4.4 Kiinteistönmuodostamislaki**

”Energiakaivo voidaan naapurin suostumuksella porata naapurin kiinteistön puolelle ulottuvana vinoreikänä. Myös energiakaivo ja piiri voidaan sopimuksen perusteella sijoittaa naapurin puolelle. Näissä tapauksissa saattaa olla syytä perustaa rasite. Rasite turvaa laitteiston ulottamisen tai sijoittamisen pysyvyyden naapurikiinteistön puolella, vaikka naapurikiinteistön omistaja vaihtuu. Rasitteen perustamisesta on säädetty kiinteistönmuodostamislain luvussa 14. Naapurin kanssa tehty rasitesopimus liitetään mukaan toimenpidelupahakemukseen.” [2, s. 17.]

## 5 LÄMPÖKUVAUS

Lämpökuvauksella osoitetaan rakenteissa olevia lämpövuotoja. Koska rakennusten sisäpinnat eivät ole tasalämpöisiä, suuret lämpövuodot ovat helppo havaita. Vaikka suuria pintalämpöeroja tai ympäristöstä poikkeavia lämpötiloja havaitaan, se ei välttämättä tarkoita sitä, että rakenteissa olisi virheitä. Rakenteissa olevat kylmäsillat laskevat myös pintalämpötilaa. Yleensä nämä kohdat sijaitsevat ulkonurkissa ja lattioiden rajoissa. Sisällä suoritettavissa lämpökuvauksissa rakennusten nurkat, katon ja seinän liitokset ovat aina ympäristöään kylmempiä. Materiaalien ja pintojen rakenteiden lämpötilaerot saattavat johtua myös rakennusvirheistä ja niistä koituvista ongelmista.

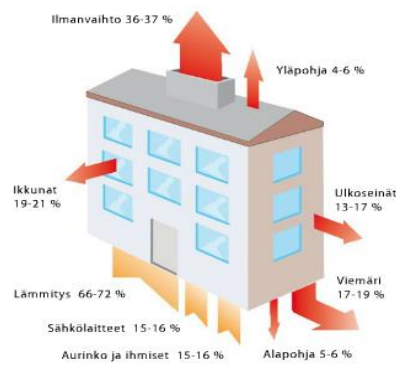
Ulkopuolelta kuvattuna eristevirheet ja kylmäsillat näkyvät lämpimämpinä kuin ympäristö. Rakennusten ulkoseinien ja lattian sekä katon liitoskohtien pintalämpötiloihin vaikuttavat lämmitysjärjestelmä, ilmastointi sekä sää. Tästä johtuen ei ole yksiselitteistä, mikä on matalin hyväksyttävä pintalämpötila, siksi lämpökuvauus ja kuvien analysointi kannattaa jättää ammattilaisille. Kuvista voidaan myös arvioida rakenteiden lämpöteknillistä toimivuutta valmiissa rakennuksessa sekä rakennustyön aikana. Kuvassa 6 näytetään kiinteistön kattoikkuna Fluke-lämpökameralla kuvattuna.[6, s. 52 – 53.]



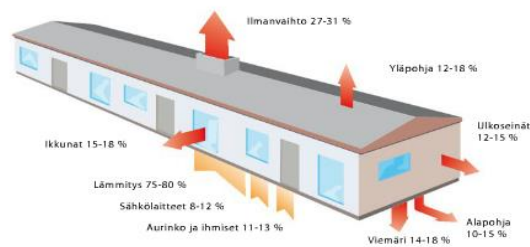
**KUVA 6. Kattoikkuna kiinteistön sisäpuolelta kuvattuna**

## 5.1 Rakennusten lämpöhäviöt

Jotta rakennusten energiansäästö voitaisiin maksimoida, täytyy tietää, mistä rakennukseen tulee ja häviää lämpöä. Lämpöenergioiden ja lämpöhäviöiden jakaantumista havainnollistetaan lämpöenergiataseella, mistä nähdään rakennusten suurimmat lämpövuodot. Kuvassa 7 esitetään talojen lämpöenergiatase prosentteina. [6, s. 18.]



Kuva 2.3. Lämpöenergiatase 1960–1980-lukujen asuinkerrostaloissa.



Kuva 2.4. Lämpöenergiatase 1970–1990-lukujen rivitaloissa.

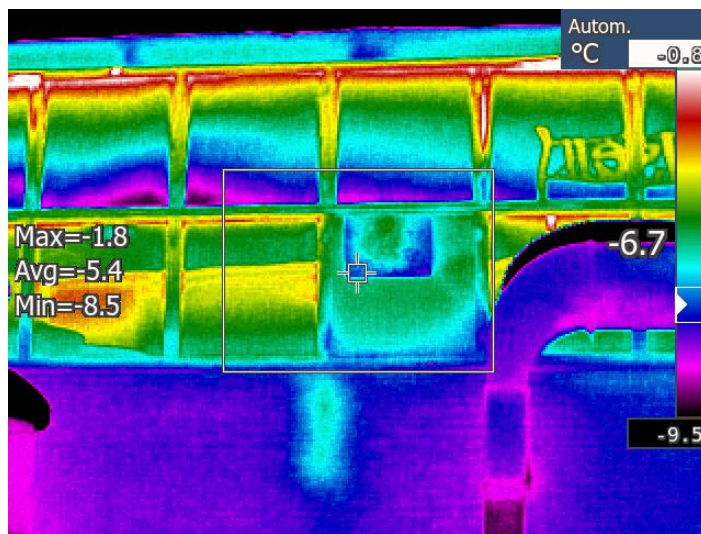
## KUVA 7. Lämpöenergiatase [6, s. 19]

## 5.2 Korjausehdotus

Rakennus oli hyvin eristetty, vaikka kiinteistö on melko vanha. Ulkoseinien nurkissa, katonrajassa eikä lattianrajassa näkynyt lämpövuotoja.

Etelä- ja pohjoispuolella olevat 120 ikkunaa sekä yhdeksän kattoikkunaa ovat alkuperäisiä. Kiinteistön alkuperäiset ikkunat tulisi vaihtaa matalaenergia ikkunoihin energiansäästön maksimoimiseksi. Kesällä auringonlämpö nostaa rakennuksen sisälämpötilaa, mikä lisää energiankulutusta. Kiinteistön suuren koon ja ikkunoiden lukumäärän vuoksi

ikkunoiden uusiminen säästäisi huomattavasti energiaa vuositasolla. Kuvassa 8 on kiinteistön ikkunat lämpökameralla kuvattuna. Ulkolämpötila -8,5 astetta.



**KUVA 8. Ikkunat kiinteistön pohjoispuolella ulkopuolelta kuvattuna**

## 6 MAALÄMMÖN KUSTANNUKSET

### 6.1 Investointikustannukset

Investoinnit laskettiin yhdessä lvi-myyjän ja urakoitsijan kanssa, ja ne ovat suuntaa antavia. Maalämpöpumput maksavat Nibeltä tilattuna 74 000 euroa. Maalämpöpumpuiksi valittiin neljä kappaletta Nibe F-1345-60 –pumppuja.

Yhdellä 200 metriä syvällä porakaivolla voidaan lämmittää maksimissaan 200 neliön kokoinen kiinteistö. Koska kiinteistön koko on 6000 neliötä, tarvitaan kaivoja noin 20 kappaletta, jotta koko rakennus saataisiin lämmitettyä. Kaivon poraus ja putkien asentaminen maksavat noin 40 euroa metriltä. Yhteensä porattavaa tulisi siis 4000 metriä ja hintaa porauksille 160 000 euroa. Pumppujen asennus tarvikkeineen ja töineen tulee maksamaan noin 80 000 euroa.

Yhteensä hintaa maalämpöön siirtymiselle tulisi noin 314 000 euroa. Viiden prosentin korkokannalla ja viiden vuoden laina-ajalla laskettuna hintaa tulisi 355 534 euroa. Viiden prosentin ja kymmenen vuoden laina-ajalla hinta nousisi 399 654 euroon.

## **6.2 Käyttö- ja huoltokustannukset**

Nykyisen kaukolämpö järjestelmän huoltokustannukset ovat noin 2000 euroa vuodessa. Uudella maalämpöjärjestelmällä vuosittaiset huoltokustannukset laskisivat noin 1000 euroon vuodessa.

## **7 TULOSTEN ANALYSOINTI**

Kiinteistöstä oli saatavilla energiaraportti ajalta 15.8.2006 - 1.12.2015. Raportista selvisi, että kiinteistön energiankulutus on suurimmillaan joulukuun ja helmikuun välisenä aikana. Pienimmillään kiinteistön energiakulutus oli kesä- ja heinäkuussa. Kaukolämpöenergian kulutus kiinteistössä on vähentynyt lievästi vuodesta 2010.

Vuodelle 2016 arvioitu kaukolämpöenergian kulutus on 836,13 megawattituntia ja vuosikustannus on 70 101 euroa sisältäen 24 % arvolisäveron. Kaukolämmön perusmaksu on vuosikustannuksesta 15821,55 euroa. Kaukolämpöenergian hinta on 48,59 euroa megawattitunnilta.

### **7.1 Energian säästö**

Energialaskelma on suoritettu Niben maalämpömitoitusohjelmalla vuoden keskilämpötilan ollessa 4,6 astetta ja sisälämpötilan 21 astetta.

Maalämpöön siirtymällä energiansäästöä tulisi peräti 576 megawattituntia vuodessa. 836 megawattitunnista kulutus laskisi peräti 260 megawattituntiin. Energiansäästön lisäksi kaukolämmön kiinteät kuukausimaksut poistuisivat.

## 7.2 Rahallinen säästö

Mikkelissä sähkön hinta siirtomaksuineen on 92,00 euroa megawattitunnille. 260 megawattitunnille hintaa tulisi 23 920 euroa. Kaukolämmön perusmaksun ollessa 15 821 euroa vuodessa säästöä tulisi 47 181 euroa vuodessa huoltokustannukset mukaan laskettuna.

## 7.3 Maalämmön takaisinmaksuaika

Investoinnin takaisinmaksuaikaa voidaan arvioida investoinnin hankintamenon ja vuotuisen nettotuoton kannalta. Yksinkertaisimmillaan jos takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin investoinnin pitoaika, investoinnista tulee kannattava. Takaisinmaksuajan ollessa pitempi, kuin mitä investointi kestää käytössä, tulee siitä tappiollinen. [9, s. 138.]

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Investoinnin hankintameno}}{\text{Vuotuinen nettotuotto}} \quad (1)$$

Ilman lainaa maalämmön takaisinmaksuajaksi voidaan laskea  $\frac{314000}{47181} \text{€} = 6,7$  vuotta.

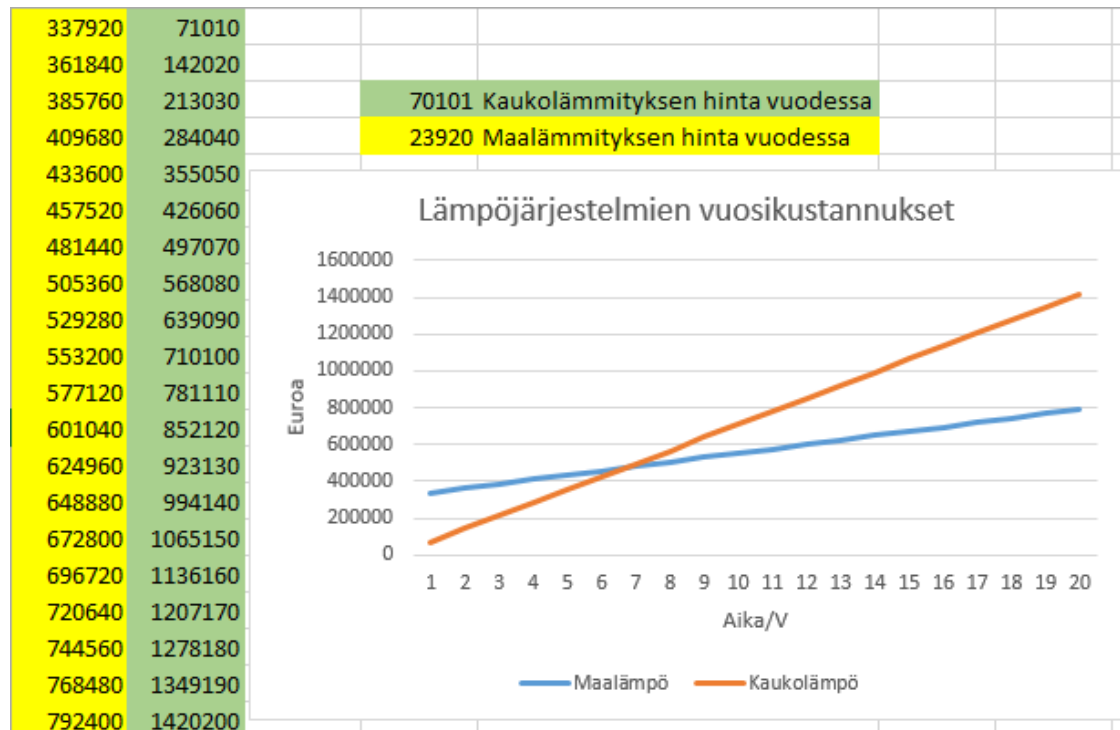
Viiden vuoden ja viiden prosentin korkokannalla laskettuna takaisinmaksuajaksi voidaan laskea  $\frac{355\,534}{47181} \text{€} = 7,5$  vuotta.

Kymmenen vuoden ja viiden prosentin korkokannalla laskettuna takaisinmaksuajaksi voidaan laskea  $\frac{399\,654}{47181} \text{€} = 8,5$  vuotta.

Viidentoista vuoden ja viiden prosentin korkokannalla laskettuna takaisinmaksuajaksi voidaan laskea  $\frac{446\,956}{47181} \text{€} = 9,5$  vuotta.

Kahdenkymmenen vuoden ja viiden prosentin korkokannalla laskettuna takaisinmaksuajaksi voidaan laskea  $\frac{497\,342}{47181} \text{€} = 10,5$  vuotta.

Kuvassa 9 esitetään lämpöjärjestelmien vuosikustannuksia. Laskelmat on suoritettu ilman korkokantaa ja ne on laskettu 20 vuoteen asti. Laskelmiin on otettu huomioon vuosittainen säästö huoltokustannuksista.



**KUVA 9. Lämpöjärjestelmien hintavertailu vuositasolla.**

#### 7.4 Takaisinmaksulaskelmat

Takaisinmaksulaskelmat laskettiin ensimmäisessä taulukossa ilman lainakorkoa. Seuraavissa taulukoissa tuottoa laskettiin 5 - 20 vuoden laina-ajalla.

**TAULUKKO 1. Takaisinmaksulaskelma ilman lainakorkoa**

5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	20 vuotta
-78095 €	157810 €	393715 €	629620 €

**TAULUKKO 2. Takaisinmaksulaskelma viiden vuoden laina ajalla ja viiden prosentin lainakorolla**

5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	20 vuotta
-119629 €	116276 €	352181 €	588086 €

**TAULUKKO 3. Takaisinmaksulaskelma kymmenen vuoden laina ajalla ja viiden prosentin lainakorolla**

5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	20 vuotta
-163749 €	72156 €	308061 €	543966 €

**TAULUKKO 4. Takaisinmaksulaskelma viidentoista vuoden laina ajalla ja viiden prosentin lainakorolla**

5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	20 vuotta
-211051 €	24854 €	260759 €	496664 €

**TAULUKKO 5. Takaisinmaksulaskelma kahdenkymmenen vuoden laina ajalla ja viiden prosentin lainakorolla**

5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	20 vuotta
-261437 €	-25532 €	210373 €	446278 €

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön aloitin tutustumalla kauko- ja maalämpöön lämmitysmuotoina. Erilaisia lämmitysvertailuja tutkiessani huomasin maalämmön olevan todella kannattava lämmitysmuoto, vaikka mukaan ei otettaisi kotitalousvähennyksiä. Jatkuva sähkönhinnan nousu tulee jatkossakin pitämään maalämmön kannattavana lämmitysmuotona. Työtä tehdessäni halusin ottaa huomioon myös maalämpöön tarvittavia lupia.

Vaikka tiedossa oli, että maalämpö on kannattava valinta suureen kiinteistöön ja sen takaisinmaksuaika riippuu energiankulutuksesta, yllätyin, kuinka suuri säästö siitä syntyi rahallisesti vuositasolla. Nykyisen kaukolämpö järjestelmän käyttöikä alkaa olla täynnä, joten maalämpöön siirtyminen olisi todella kannattavaa ja ajankohtaista.



Energiansäästö maalämmöllä on vuositasolla noin 576 megawattituntia vuodessa ja takaisinmaksuaika on noin 6 - 8 vuodessa riippuen laina-ajasta. Lisäksi kaukolämmöstä poistumisella säästetään 15 821 euroa vuositasolla.

Jatkuva energianhintojen nouseminen tekee maalämmön koko ajan kannattavammaksi pienempiinkin taloihin ja uskon, että sen suosio tulee kasvamaan jatkuvasti. Pienemmissä kiinteistöissä takaisinmaksuaika nousee, koska energiankulutus on pienempi. Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa myös ulkolämpötila. Säästöt kasvavat ja takaisinmaksuaika pienenee, jos talvi on kylmä.

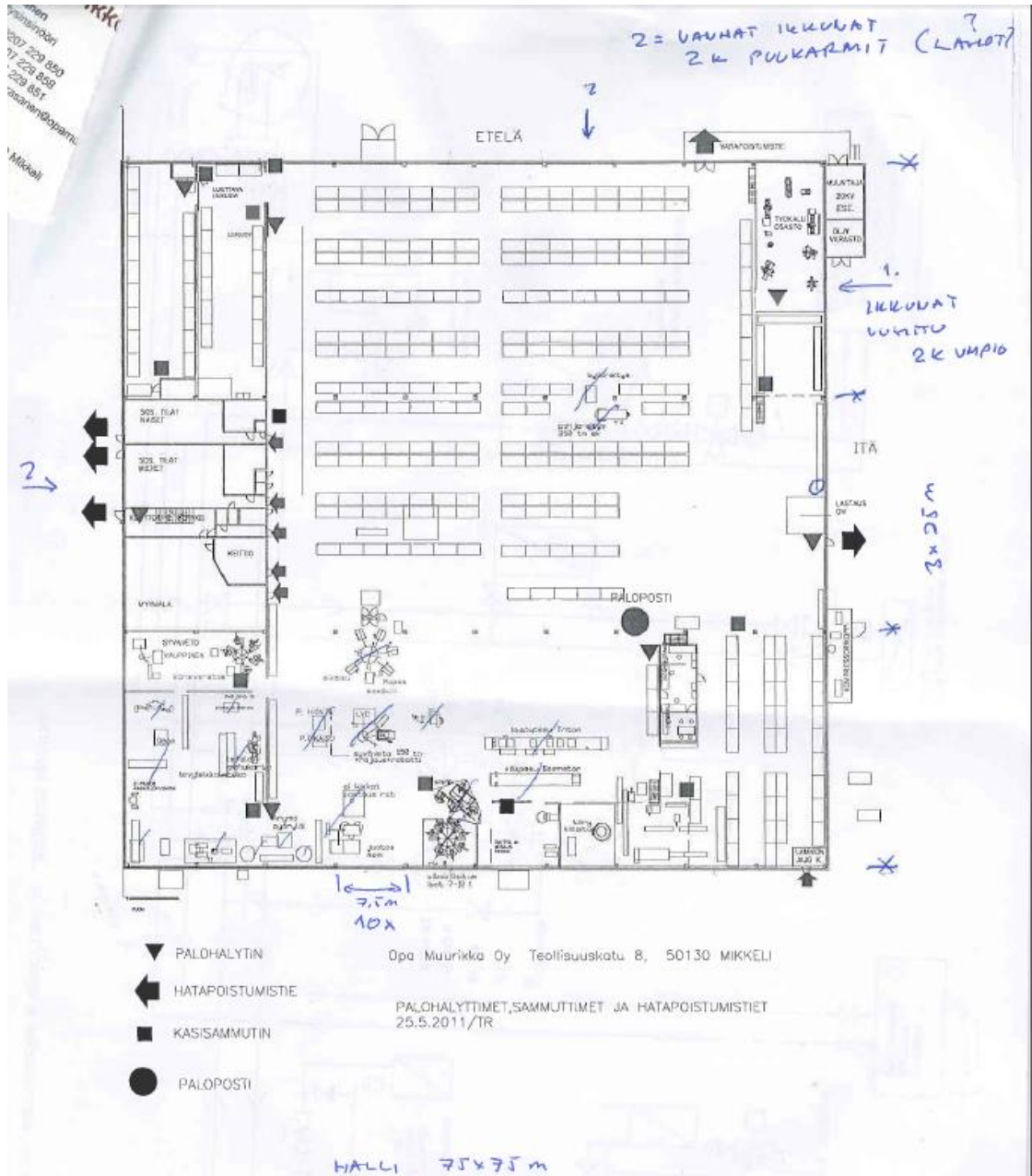
## LÄHTEET

1. Jussi Laitinen. Pieni suuri energiakirja. Tallinna. Kolofon baltic 2010.
2. Janne Juvonen, Toivo Lapinlampi. Energiakaivo. Helsinki. Edita Prima Oy 2013.
3. Turkuenergia. Tietoa lämpöurakoitsijoille.WWW-dokumentti.  
<http://www.turkuenergia.fi/yrityksille/rakentaminen/kaukolammon-ohjeet/tarvittavat-laitteet/> Ei päivitystietoa. Luettu 25.1.2016.
4. Unto Siikanen. Rakennusfysiikka. Tampere. Tammerprint Oy. 2014.
5. Henri Juva. Maalämpö ja lämpöpumput. Jyväskylä. K.J. Gummerus osakeyhtiön kirjapainossa. 1982.
6. Jari Virta, Petri Pyly. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki. AS Printall. 2011.
7. Lasse Koskelainen. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki. Libris Oy. 2006.
8. Lämpöä omasta maasta. Motiva. PDF-dokumentti. <http://www.gebwell.fi/wp-content/uploads/2014/05/MotivaLampoaOmastaMaasta.pdf>. Ei päivitystietoa. Luettu 9.2.2016
9. Irina Eklund, Heidi Kekkonen. Kannattavuuslaskenta ja hinnoittelu. Helsinki. Sanoma Pro Oy. 2014.
10. Energy.gov. Maalämpöpumput. Englanninkielinen WWW-dokumentti.  
<http://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps> Ei päivitystietoa. Luettu 12.3.2016
11. Energiateollisuus. Kaukolämmitys. Englanninkielinen WWW-dokumentti.  
<http://www.energia.fi/en/home-and-heating/district-heating> Ei päivitystietoa. Luettu 13.3.2016

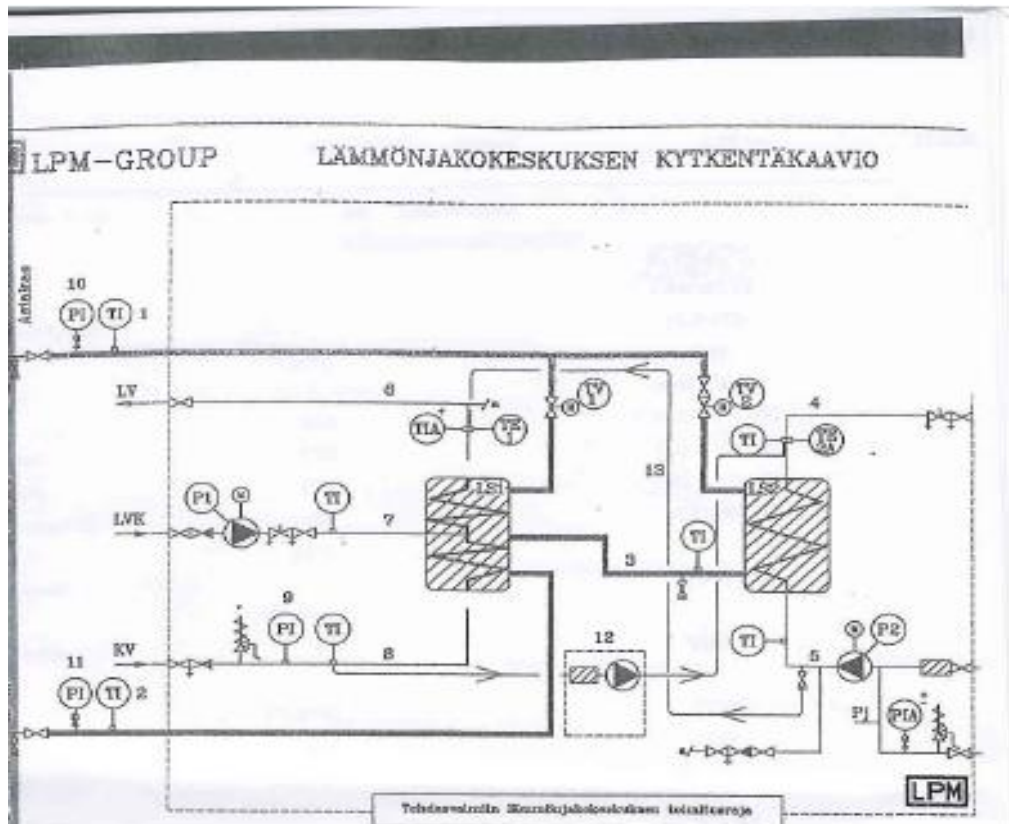
**LIITE 1.****Kiinteistön tilavuus**

TILAVUUS	3 5 2 0 0 m <sup>3</sup>
KERROSALA	5 7 2 0 m <sup>2</sup>
— " — YHT. LASKETTU	6 1 1 0 "
HUONEISTOALA — " —	5 9 7 0 "
VÄLITASO , KERROSALA	230 m <sup>2</sup>
<u>MUUNTAMO , MAALIVAR.</u>	43,5 "
<u>TILAVUUS</u>	143,5 m <sup>3</sup>

OPA OY  
TEOLLISUUSHALLI



Lämmönjakokeskuksen kytkentäkaavio



KUVA 1 MITTAUSJÄRJESTELY

KOHDE:

PÄIVÄMÄÄRÄ:

SIIRINVALMISTAJA:

LJK:N TYPPI:

MITTAUSPISTE	ENNEN PESUA	PESUN JÄLKEEN
KL-TULO	°C	°C
KL-PALUU	°C	°C
VÄLISYÖTTE	°C	°C
LJ-MENO	°C	°C
LJ-PALUU	°C	°C
LÄMMENVESI	°C	°C
LÄMMENVESIKIERTO	°C	°C
KYLMÄVESI	°C	°C

Lämpövesiputkiston päälinjat

