

KARELIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Teemu Saukkonen

HIRSITALON SÄHKÖLÄMMITYKSEN MUUTOS MAALÄMPÖÖN  
- KANNATTAVUUSSELVITYS

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2016



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Huhtikuu 2016**  
**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
013-260 600

Tekijä(t)  
Teemu Saukkonen

Nimeke  
Hirsitalon sähkölämmityksen muutos maalämpöön, kannattavuusselvitys

Toimeksiantaja: Esa Karppinen

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön ideana oli toteuttaa toimeksiantajan pitkäaikainen ajatus kiinteistön lämmitysjärjestelmän uudistamisesta, eli selvittää, kannattaako nykyinen suorasähkölämmitys muuttaa maalämpöjärjestelmäksi. Työ on teoreettinen, mutta käytännön toteutus on mahdollinen. Kyseessä oleva kiinteistö on lammen rannalla omalla tontilla sijaitseva keskikokoinen hirsitalo.

Alkuosassa on kerrottu maalämmön periaate, käyty läpi eri maalämpöpumppujen teknikat ja esitelty muutamia parannusmahdollisuuksia maalämpöjärjestelmään.

Loppuosassa esitellään kiinteistö ja nykyinen energiankulutus, tehdään laskelma pumppujärjestelmätarjouksen ja toteutuneen sähkönkulutuksen pohjalta ja lopuksi tehdään oma laskelma pumppuvalmistajan laskentaohjelmaa käyttäen.

Lopputuloksena syntyi laskelma jonka perusteella lämmitysjärjestelmää ei kannattaisi suinpäin ryhtyä vaihtamaan, vaan on otettava huomioon tuleva energian kulutus ja mukavuustekijät.

Kieli  
suomi

Sivuja 40 +Liitteet 5 kpl  
Liitesivumäärä 7

Asiasanat  
lämmitys, maalämpö, energia, hirsirakennukset



**THESIS**  
**April 2016**  
**Degree Programme in Electrical Engineering**  
Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
013-260 600

Author(s)  
Teemu Saukkonen

Title  
Feasibility Study of Converting Direct Electrical Heating System to Ground Heating  
Commissioned by Esa Karppinen

Abstract

The idea behind this thesis was to implement the long-term idea of the commissioner to examine whether it is worthwhile to convert the current direct electric heating to a geothermal system. The work is theoretical, but the practical implementation is possible. The property in question is a medium-sized log house located next to a pond on its own plot.

The first part of the thesis explains the principles of geothermal energy, goes through the different ground source heat pump technologies and presents some possible improvements for the geothermal system. The final section presents the property and the current energy consumption. The calculation that was made on the basis of the present energy usage and a pump system offering is presented and, finally there is a self-made calculation with the manufacturer's calculation program.

Language  
Finnish

Pages 40  
Appendices 5  
Pages of Appendices 7

Keywords  
heating systems, ground heating, energy, log houses

## Sisältö

|  |    |
|--|----|
| 1 Johdanto .....   | 5  |
| 2 Maalämpö.....  | 6  |
| 2.1 Maalämmön periaate .....                             | 6  |
| 2.2 Lämpöpumpun toimintaperiaate .....                   | 6  |
| 2.3 Lämpöpumpputekniikat .....                           | 8  |
| 2.3.1 Kiinteälauhdutteinen lämpöpumppu .....             | 8  |
| 2.3.2 Vaihtuvalauhdutteinen lämpöpumppu .....            | 9  |
| 2.3.3 Tulistinlämpöpumppu .....                          | 9  |
| 2.4 Keruutapojen erot.....                               | 10 |
| 2.4.1 Lämpökaivo eli porakaivo .....                     | 10 |
| 2.4.2 Vaakaputkisto lämmönkeruupiirinä.....              | 10 |
| 2.4.3 Lämmönkeruupiiri vesistössä.....                   | 11 |
| 2.5 Putkisto.....  | 12 |
| 2.6 Asennus .....  | 13 |
| 2.7 Esimerkkilämpöpumppu .....                           | 13 |
| 2.8 Hyötysuhde .....                                     | 17 |
| 2.9 Lisäparannusmahdollisuuksia .....                    | 18 |
| 3. Kyseessä oleva kiinteistö .....                       | 20 |
| 3.1 Yleistietoja .....                                   | 20 |
| 3.2 Nykyinen LVI-järjestelmä .....                       | 22 |
| 4 Muutoksen kustannus.....                               | 24 |
| 4.1 Nykyinen energiankulutus .....                       | 24 |
| 4.2 Lämmitystarveluku .....                              | 28 |
| 4.3 Maalämpölaitteiston kustannus .....                  | 30 |
| 4.4 Laskelma Nibe VPDIM -ohjelmalla .....                | 33 |
| 4.5 Energia-avustus .....                                | 36 |
| 5 Johtopäätökset .....                                   | 37 |
| Lähteet.....   | 38 |
| Liite 1. Pohjakuva                                       |    |
| Liite 2. Talo ulkoa                                      |    |
| Liite 3. Ruudunkaappaukset Nibe VPDIM-ohjelmasta (3 kpl) |    |
| Liite 4. Nibe VPDIM –energiälaskelma                     |    |
| Liite 5. Nibe VPDIM –taloudellisuuslaskelma              |    |



## 1 Johdanto

Työn tarkoitus oli tehdä kannattavuus selvitys hirsitalon suorasähkölämmitys järjestelmän maalämpöön muuttamisesta. Maalämpöjärjestelmän rakentaminen sähkölämmityksen tilalle on suuritoinen ja hinnakas projekti, ja takaisinmaksuaika on pitkä. Tästä syystä sellaista ei kannata tehdä hetken mieli johteesta. Lämmitys järjestelmän muutoksella saavutetaan kuitenkin huomattava sähköenergian kulutuksen alenema, riippuen aiemmasta energian kulutuksesta.

Kiinteistössä on nyt ainoastaan sähköpatterit, leivinuuni ja takka, eli maalämpöjärjestelmää varten joudutaan rakentamaan koko lämmitysputkisto vesipattereineen. Lisäongelman saattaa aiheuttaa pumpulle suunniteltu sijoituspaikka mahdollisen tilanahtauden vuoksi. Suurin ja kallein työ on yleensä keruuputkiston asentaminen, mutta tässä tapauksessa sitä helpottaa käytettävissä oleva vesistö. Suuri osa töistä voidaan tässä kohteessa tehdä itse, mikä antaa mahdollisuuden rahansäästöön kun ei tarvitse maksaa ulkopuolisille urakoitsijoille.

## 2 Maalämpö

### 2.1 Maalämmön periaate

Maalämmön ideana on kerätä auringon lämpöä, joka siirtyy maahan ja varastoituu sinne. Maaperässä on auringosta tulevan lämmön lisäksi myös luonnostaan lämpöä, noin 10 metrin syvyydessä ja sitä syvemmillä lämpö pysyy tasaisena koko vuoden. Syvemmillä maaperässä lämpö on peräisin maapallon ytimeistä kalliosta johtuvasta fissioenergiasta sekä lämpimistä pohjavesivirtauksista. [1.]

Lämmön ottaminen maaperästä tai vesistöistä ei lisää hiilidioksidin määrää ilmakehässä, eli lämmitysmuoto on ympäristöystävällinen, tosin tarvittava sähkö voi olla tuotettu fossiilisesti. Järjestelmä perustuu keruuputkistoon, jossa kiertää neste, joka kerää lämpöä maaperästä. Pumppu siirtää sen edelleen lämpöverkkoon erinäisten välivaiheiden kautta. Keruuputkisto voi olla pystysuora ja sijoitettu porakaivon, tai maahan vaakatasoon upotettu silmukka. Myös vesistöihin voidaan sijoittaa keruuputki. Vesistö onkin paras lämmön siirtymisen kannalta, koska silloin putkiston pinta on parhaiten yhteydessä ympäröivään materiaaliin, eli veteen. [1.]

Maalämpöjärjestelmä vaatii toimiakseen vesikiertoisen lämmönjakojärjestelmän, eli vaihtoehtoina ovat patteriverkko ja/tai lattialämmitys. Käyttämällä kiinteistössä lattialämmitystä saadaan parempi hyötysuhde kuin patterikierrolla, koska tällöin lämmitysjärjestelmässä kiertävä viileämpi vesi riittää vastaavan lämmitystehon tuottamiseen. [1.]

### 2.2 Lämpöpumpun toimintaperiaate

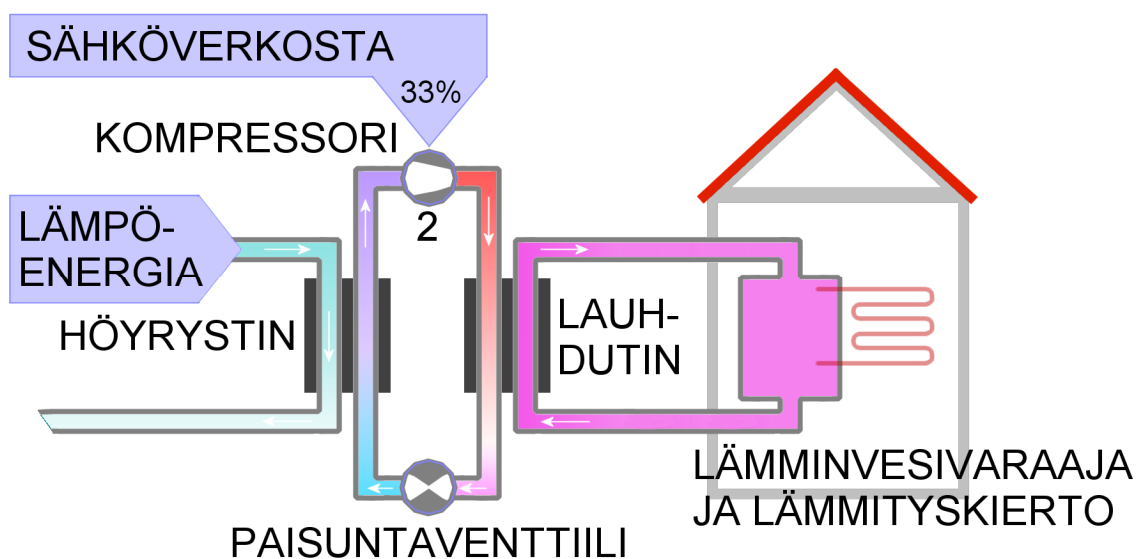
Maalämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäainekiertoon, joka on ollut käytössä tavalla tai toisella yli 200 vuotta. Tässä kierrossa nestemäistä kylmäainetta vuoron perään haihdutetaan kaasuksi ja lauhdutetaan takaisin nestemäiseksi suljetun kierroksen järjestelmässä. Ilmastointilaitteiden toiminta perustuu samaan kiertoon, mutta tavallaan toisinpäin, kun sisätilaa viilennetään. Lämpö kuitenkin siirtyy samalla tavalla kuin lämmitysjärjestelmissäkin. [6.]

Lämpö otetaan talteen ympäristöstä kierron haihdutusvaiheessa, kun nestemäinen kylmäaine muuttuu kaasuksi. Tämä tapahtuu pumpun höyrystimessä, eli lämmönvaihtimessa. Keruuputkistossa lämmennyt keruuneste kiertää höyrystimen kautta ja lämmittää kylmäainetta samalla itse jäähtyen. Höyrystimestä kylmäaine siirtyy kompressoriin, joka puristaa kaasun, jotta nesteytyminen olisi mahdollista. Tässä vaiheessa kylmäaine lämpenee, ja se siirretään kaasuna lauhduttimeen. Lauhduttimessa lämpö vapautuu, kun kaasu muuttuu takaisin nestemäiseksi. Tässä vaiheessa lämpöenergia siirretään lämmönvaihtimessa lämmityskiertoon. Lämmityskierrossa oleva neste on siis täysin erillään kylmäaineesta. Nestemäinen kylmäaine kulkeutuu takaisin höyrystimeen paisuntaventtiilin kautta. Paisuntaventtiilissä nesteen paine laskee ja kylmäaine muuttuu taas jääkylmäksi, eli kierros alkaa uudelleen. [1.] Lauhduttimen yhteydessä on myös sähkövastus, jota käytetään veden lämmittämiseen silloin, kun pumpun tuottama energia ei muuten riitä [3].

Keruuputkessa kiertävän liuoksen lämpötila noin 1 – 4 astetta, lämpötilaeron tulevan ja lähtevän liuoksen välillä pitäisi olla noin 2 – 5 astetta. Lämpöpumpun tuottamasta lämpöenergiasta on noin kaksi kolmasosaa peräisin maasta ja 1/3 sähköstä, riippuen pumpun toimintatavasta (täysteho/osateho). Lämpöpumpun suorituskyky riippuu edellä kuvatun prosessin tehokkuudesta. [1.]

Maalämpöpumppuja on osateho- ja täystehotyyppejä. Osatehopumppu on mitoitettu hankintavaiheessa siten, että sillä tuotetaan 95–99 % vuotuisesta lämpöenergiasta, ja loput tuotetaan sähkövastuksella. Siis kovimpien pakkasten aikaan pelkkä maalämpö ei riitä, mutta tällaisia päiviä on kuitenkin melko vähän, kuten kuvasta 7 nähdään. Normaalisti maalämpöpumppu pystyy tuottamaan korkeintaan noin +55–70 asteista vettä. [7, s. 3]

Osatehopumppu on edullisempi hankkia, ja siten saattaa maksaa kuitenkin itsensä takaisin nopeammin, etenkin jos ei ole kovia pakkasia, ja jos sulakekoko riittää sähkövastuksien käyttöön. Täystehopumppu on teholtaan suurempi ja sen teho riittää myös kylmimpään aikaan, mutta se on investointina kalliimpi, ja itse pumpun kestoikä voi jäädä lyhemmäksi kuormituksen ollessa suurempi. Täystehopumpulle riittää pienempi pääsulakekoko kuin osatehopumpulle, koska sähkövastusten aiheuttama lisäkuormaa ei ole. [1.]



Kuva 1. Maalämmön periaate. Vesivaraaja on useimmiten samassa kotelossa itse pumpun kanssa mutta kuvassa se on selkeyden vuoksi piirretty erilliseksi [4].

## 2.3 Lämpöpumpputekniikat

### 2.3.1 Kiinteälauhdutteinen lämpöpumppu

Kiinteälauhdutteinen maalämpöpumppu käyttää yhtä varaajaa, jonka sisällä on kierukka käyttövedelle, kuten perinteisissäkin lämmityskattiloissa. Varaaja voi olla suurikin, mikä puolestaan parantaa pumpun kestoa, kun se käy pidemmissä jaksoissa, mutta käynnistyy harvemmin. Käynnistykset rasittavat pumppua yhtäjaksoista käyntiä enemmän. Tämä tekniikka sopii käytettäväksi erillisen varaajan kanssa, ja esimerkiksi entisen lämmityskattilan rinnalle. Huonona puolena on, että suurta varaajaa ei voi päästää jäähtymään, ja sen kuumana pitäminen kuluttaa sähköä runsaasti. Käyttövesikierukka on varaajan yläosassa, koska lämmin vesi nousee ylös, ja tämän ansiosta saadaan kauemmin lämmintä vettä ennen kuin pumpun tarvitsee käynnistyä, ja käyttöjaksoista saadaan näin pidempiä. Vesi kuitenkin kerrostuu helposti, etenkin viileän paluuv veden tullessa alaosaan, ja voi syn-

tyä jopa 30 asteen lämpötilaeroja ylä- ja alaosan välillä. Käyttöveden lämpötila saattaa laskea pumpun käynnistyttyä ja sekoitettua kylmää vettä myös varaajan yläosaan. [10, s. 5]

### **2.3.2 Vaihtuvalauhdutteinen lämpöpumppu**

Vaihtuvalauhdutteinen pumppu lämmittää joko käyttövettä tai lämmityskiertoa, mutta ei samaan aikaan molempia. Näissä pumpuissa on yleensä kaksoisvaippavaraaja, joista ulompi osa on lämmityskiertovedelle ja sisempi osa on käyttövedelle. Jos lämmintä käyttövettä ei enää tarvitse lämmittää, siirtää pumppu lämpöenergiaa lämmityskiertoon. [4, s. 6]

Kiertoveden lämpötila riippuu ulkolämpötilasta, jolloin vettä ei kuumenneta tarpeettomasti. Vaihtuvalauhdutteisen pumpun käyttövesivaraaja voi olla pienempi ja samalla koko laitteen ulkomitat ovat pienemmät. [10, s. 8]

### **2.3.3 Tulistinlämpöpumppu**

Tulistustekniikalla voidaan saada jopa +80 -asteista käyttövettä ilman sähkövastuksia. Tulistinpumppu on siis erityisen hyvä kohteisiin, joissa tarvitaan runsaasti lämmintä käyttövettä, ja sen käyttö on tasasuuruista. [9, s. 6]

Tulistin ottaa talteen huippulämmön kompressorin tuottamasta kuumasta kaasusta, ja ohjaa sen varaajan yläosaan. Varaaja (kuten myös lämmönvaihdin) on siis kaksoisainen, välissä on reikälevy joka rajaa lämmön siirtymistä, jotta vesi kerrostuisi optimaalisesti. Yläosasta otetaan lämmin käyttövesi, ja alaosasta energiaa lämmityspatteriverkkoon. Hankaluutena tulistinjärjestelmässä on se, että tulistimen teho on vain 15 – 20 % kompressorin tehosta ja siitä syystä käyttöveden lämmitys vaatii pitkiä käyttöjaksoja. Käyttöveden lämmitys lämmittää myös varaajan alaosaa, joten etenkin kesäaikaan lämmitetään kiertovettä turhaan, ja tämä aiheuttaa energiahukkaa. [10, s. 6-7]

## **2.4 Keruutapojen erot**

### **2.4.1 Lämpökaivo eli porakaivo**

Suomessa yli 60 prosenttia maalämpökohteista toteutetaan lämpökaivoilla, eli porakaivolla jossa on pystysuora keruuputki. Etelä-Suomessa niiden osuus on suurempi kuin Pohjois-Suomessa, johtuen tiheämmästä asutuksesta ja pienemmästä tonttikoosta. Porakaivo on yleensä ulkohalkaisijaltaan 115 – 165 mm, ja sinne asennetaan putkisto, jossa lämmönkeruuliuos kiertää. Lämpökaivoa käytettäessä maalämpöjärjestelmä pystytään useimmiten tekemään ahtaallekin tontille, sillä kaivo ei vaadi suurta pinta-alaa, mutta se on lämmönkeruuvaihtoehtona yleensä kallein. [1]

Porakaivon tekeminen on 1.5.2011 alkaen vaatinut toimenpideluvan, kun maankäyttö- ja rakennusasetuksen muutos tuli voimaan.

### **2.4.2 Vaakaputkisto lämmönkeruupiirinä**

Noin 30 prosenttia maalämpökohteista on tehty vaakaputkistoa keruupiirinä käyttäen. Tämä tapa käyttää hyväkseen maaperän pintakerrokseen varastoitunutta aurion säteilemää lämpöenergiaa. Lämpöenergiaa kerätään maaperään noin metrin syvyyteen asennetulla lämmönkeruuputkistolla. Asennussyvyys riippuu ilmasto-työhykkeestä, ja on Pohjois-Suomessa suurempi. [1]

Viereiseen putkikenttiin on vaakakaetäisyys oltava vähintään 1,5 metriä, mieluiten enemmänkin, eli vaakaputkistojärjestelmä vaatii huomattavasti suuremman tontin verrattuna porakaivoon. Vaakaputkisto on yleensä edullisin lämmönkeruutapa pientaloille. [1]

Maaperä vaikuttaa putkiston pituuteen, kuten myös maantieteellinen sijainti. Savimaa on maalajeista tehokkain, ja soramaa heikoin, kuten taulukosta 1 nähdään. Savimaahan asennettaessa riittää 30-40 prosenttia lyhempi keruuputki verrattuna soramaahan, sillä savimaassa lämmön siirtyminen tapahtuu maalajeista tehok-

kaimmin, ainoastaan vesistö on tehokkaampi luovuttamaan lämpöenergiaa. Pohjois-Suomessa hiekkamaa ei enää riitä lämmön talteenottoon, mutta savimaa vielä riittää. Pidemmällä putkella ei voida korvata huonompaa lämmönluovutuskykyä putken rajallisen maksimipituuden vuoksi, kuten kohdassa 2.5 on todettu.

Taulukko 1. Maaperätyypin ja maantieteellisen sijainnin vaikutus vaakaputkistoa käytävällä keruupiirillä [16, s. 21]

| Maaperästä saatavan lämmön määrä vuodessa |       |                |
|---|-------|----------------|
| Sijainti                                  | Savi  | Hiekka (kWh/m) |
| Etelä-Suomi                               | 50-60 | 30-40          |
| Keski-Suomi                               | 40-45 | 15-20          |
| Pohjois-Suomi                             | 30-35 | 0-10           |

### 2.4.3 Lämmönkeruupiiri vesistöissä

Keruuputkisto voidaan asentaa myös vesistöihin, Suomessa järviin, mereen tai joissain tapauksissa jokiin asennetaan vuosittain noin 5 prosenttia maalämmön keruuputkistoista. Veden lämmönsiirto-ominaisuudet ovat paremmat kuin maaperän, joten vesistöistä saadaan kerättyä lämpöenergiaa kaikkein tehokkaimmin, mutta ongelmana on soveltuvien paikkojen vähäinen määrä vaikka Suomessa vesistöjä onkin paljon. [1]

Lämmönkeruuputkisto ankkuroidaan vesistön pohjaan painojen avulla noin 3-5 metrin välein. Vesistöasennuksessa on varmistuttava siitä, että veden lämpötila putken ympärillä ei laske talviaikanakaan alle +1 °C:n. Jos lämpötila laskee alemmaksi, on vaarana että putkien pinnalle kertyy jäätä. Kertynyt jää aiheuttaa putkistoon suuren nosteen, jonka seurauksena putkisto nousee veden pinnalle. Putkisto olisi mahdollisuuksien mukaan asennettava yli kahden metrin syvyyteen, jotta vesi talvellakin pääsee riittävän vapaasti liikkumaan putkiston ympärillä, eikä vesi ole liian kylmää (edellä mainitun jääongelman vuoksi).

Etenkin virtaavassa vesistöissä on veden lämpötila tarkistettava, sillä virtaavan veden lämpötila saattaa olla hyvinkin matala (niin sanottu alijäähtynyt vesi). [1]

Vesistöasennus on useimmiten kustannuksiltaan pientalolle jonkin verran lämpökaivoasennusta edullisempi, mikäli talo sijaitsee sopivan vesistön rannalla, eikä muuta estettä keruuputken asennukselle ole. Energiatarpeiltaan suuremmille kohteille asennustapa on kannattavampi, koska keruuputken asennus vaatii jonkin verran erikoisvalmisteluja ja -kalustoa. Vesistön soveltuvuutta (erityisesti jokien osalta) putkistoasennukseen on syytä tiedustella paikalliselta ELY-keskukselta, voi olla alueita jonne putkistoa ei saa, eikä voi asentaa. [1]

## 2.5 Putkisto

Keruuputkena käytetään tyypillisesti halkaisijaltaan 40 mm:n muoviputkea, jonka seinämävahvuus on optimaalisesti noin 2,4 mm. Lämmönkeruuputkiston seinämävahvuus on pienempi kuin paineluokitellussa vastaavan ulkohalkaisijan omaavassa vesijohtoputkessa. Tämä johtuu siitä että muoviputken seinämä toimii myös eristeinä, joten paksumpi putken seinämä heikentäisi lämmön siirtymistä maaperästä lämmönkeruunesteeseen. [2]

Putkisto on pituudeltaan tyypillisesti noin 200–400 metriä, mikä edellyttää 100–200 metrin syvyistä lämpökaivoa tai kohtuullisen laajaa tonttia sillä vaakaputkistoa ei voi laittaa kovin ahtaaseen tilaan. Putkien välillä tulee olla etäisyyttä ja liian jyrkkiä mutkiakaan ei saa tehdä. Putkiston suurin pituus on käytännössä noin 400 metriä, pidemmässä putkistossa lisääntynyt virtausvastus, ja tästä johtuva painehäviö alkaa hidastaa lämmönkeruunesteen virtausta. Suuriin järjestelmiin on siis asennettava useampi erillinen keruusilmukka. [2]

Lämmönkeruunesteinä käytetään yleensä 30/70-suhteista bioetanolin ja veden seosta, bioetanolin osuus seoksessa on noin 30 %. Etanolin tehtävänä on estää jäätyminen, sillä maalämpöpumpun höyrystimessä lämmönkeruuneste voi jäähtyä jopa -15 asteeseen. Ennen keruunesteinä on käytetty myös glykolia, mutta sitä ei juurikaan enää käytetä myrkyllisyytensä vuoksi. [2]

Lämmönkeruujärjestelmän tilavuus on noin 1,1 litraa metriä kohden, eli 400 metrin pituisessa putkistossa on nestettä noin 440 litraa. Vuodon tapahtuessa kaikki lämmönkeruuputkiston neste ei välttämättä vuoda putkistosta ulos, koska lämmönkeruuputket ovat suurimmalta osalta paineistamattomia tai vain kevyesti paineistettu-



ja (1,5 bar). Putkistossa kiertävä neste kerää lämpöä kierroksellaan tyypillisesti noin 3 astetta, eli pumpulle tuleva neste on noin +1 asteista ja lähtevän nesteen lämpötila hieman pakkasella eli noin -2 astetta. [2]

## 2.6 Asennus

Lämmönkeruuputkistoa mitoitettaessa on huomioitava maantieteellinen sijainti, maaperätyyppi, ja pumpun lämmöntuottokyky. Putkisto on asennettava mahdollisimman tasaisesti, ja sen on noustava lämpöpumppua kohti jotta putkistoon ei jäisi ilmataskuja. Jos keruuputki kulkee lämpimän tilan kautta, se on eristettävä kondensin välttämiseksi. Tasopaisunta-astia on asennettava keruuputkiston korkeimpaan kohtaan, yleensä se asennetaan tuloputkeen juuri ennen pumppua. Tämä astia näkyy kuvassa 3 vaaleana purkkina.[4]

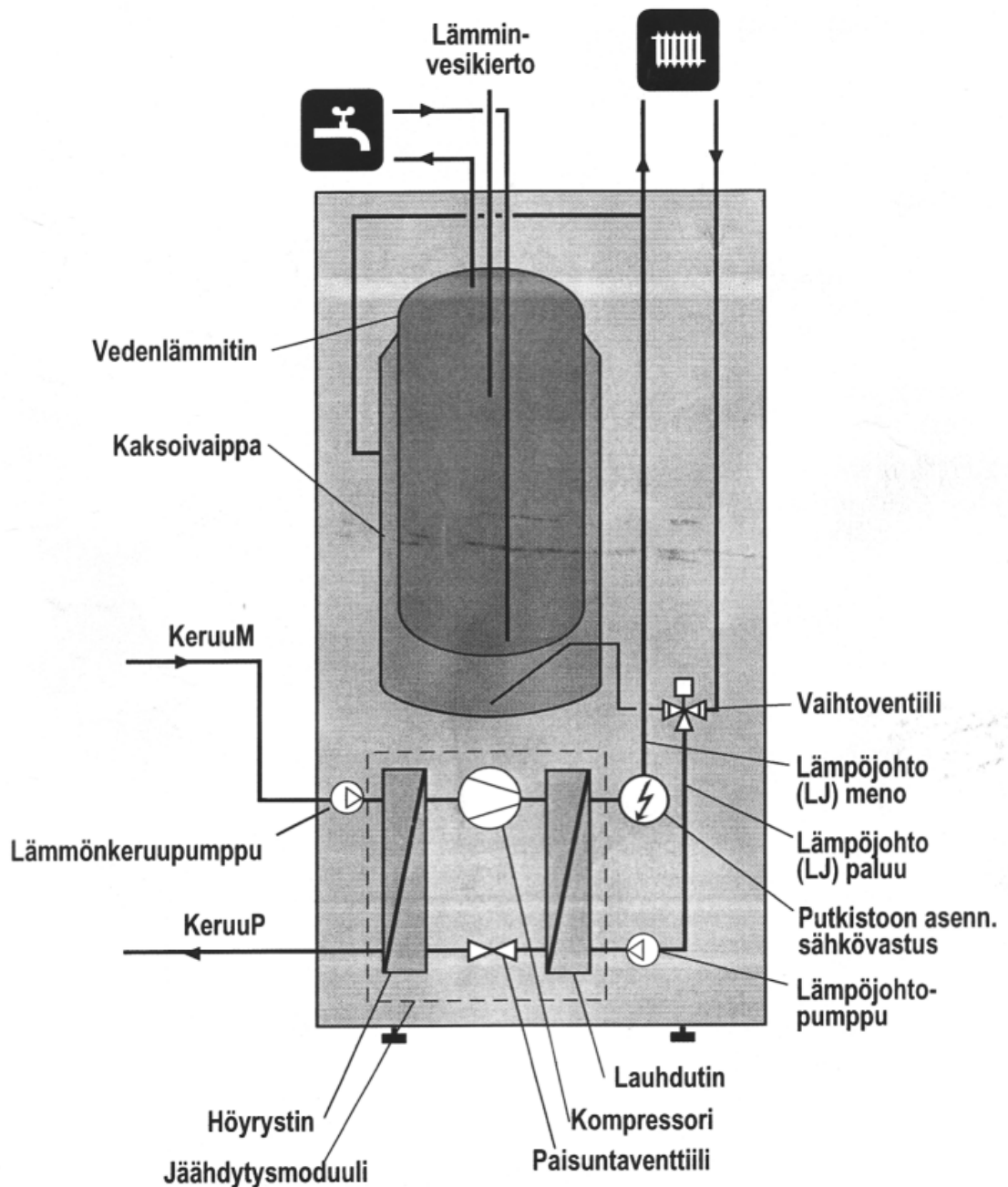
Jos lämmönkeruupiiri sijoitetaan avoimeen pohjavesijärjestelmään, on asennettava ylimääräinen lämmönvaihdin likaantumis- ja jäätymisvaaran takia. [4]

Uusiin pumppuihin, kuten tarjottuun Nibe F1255:een voidaan liittää myös poistoilmasta hukkalämpöä keräävä laite, joka parantaa hyötysuhdetta edelleen. [11, s. 2]

## 2.7 Esimerkkilämpöpumppu

Esimerkkikuvissa on 7 kW:n Fighter 1210-lämpöpumppu. Pumpun komponentit ovat itse lämmönkeruupumppu, höyrystin, kompressori, lauhdutin, vedenlämmitin, sähkövastus, kiertovesipumppu, pehmeäkäynnistysrele sekä näytöllä varustettu säätötietokone.

Tämä esimerkkipumppu on otettu käyttöön vuonna 2006, alkuperäisen vuonna 1981 asennetun laitteen hajottua. Kyseisessä järjestelmässä keruuputkisto sijaitsee lammen pohjassa, tosin 140 metriä putkesta kulkee maan sisällä. Käyttöpaikkana oleva talo on 120 m<sup>2</sup>:n tiilitalo, ja se sijaitsee kahden kilometrin päässä selviytyksen kohteesta. Sen sähkönkulutus on ollut noin 7000 kWh vuodessa vaikka puun käyttö on ollut vähäistä, ja sähkösaunaakin käytetään. [4]



Kuva 2. Esimerkipumppu Nibe Fighter 1210:n periaatekuva [4].

Kuvasta 2 näkyy hyvin vaihtovaluuhdutteen maalämpöpumpun kaksoivaippavaaraaja, ja se kuinka lämmitys- ja käyttövesikierrot liittyvät sen eri osiin. Kuvasta näkyy myös mihin kohtaan kiertoputkea sähkövastus on asennettu.



Kuva 3. Esimerkki valmiista pumppuasennuksesta

Kuvasta 3 nähdään kuinka keruuputkisto paisunta-astioineen vaatii tilaa pumpun ympärille, joten pumppu mahdu ongelmitta entisen sähkövaraajan tilalle. Kuvan pumppu on asennettu kellarissa olevaan pieneen huoneeseen, jossa on kuitenkin hyvin tilaa, vaikka vanha varaaja on vielä paikallaan. Alaosassa on eristetty putkisto, joka on keräyslinja paisunta-astioineen. Lisäksi siinä on lämpömittari, painemittari ja sulkuhanat. Ohut putki on yhdysputki, josta saadaan täytettyä keruujärjestelmään vettä, mikäli tarvetta ilmenee. Punainen säiliö on normaali kiertoveden paisuntasäiliö, ja kiertovesiputkisto lämmitykselle sekä käyttövedelle lähtee laitteen päältä. Putkiston ja pumpun välissä on vielä jousto-osa, jonka tehtävänä on eristää pumpun äänet patteriverkostosta.

Vanha pumppu EkoPak Super 15 oli vielä enemmän tilaa vievä, sillä siinä ei ollut sisäistä varaajaa, mutta ulkomitat olivat suunnilleen samat kuin nykyisellä pumpulla, ja lämminvesivaraajana oli 400 litran erillinen säiliö. Pumppu oli kuitenkin vuosimallia 1980, josta laitteet ovat kehittyneet paljon nykypäivään tultaessa. Ulkomitat ovat kutistuneet kolmessa vuosikymmenessä ¼ -osaan vanhaan pumppuun verrattuna.

Boschin eräitä pumppumalleja (esimerkiksi Compress 5000 LW 14kW) voidaan kytkeä kaksi, tai useampia rinnan jos lämmön tarve on erityisen suuri. Bosch käyttää tästä nimeä kaskadi-liitântä. [18]

On myös olemassa pumppuja pelkkään lämmitykseen, ilman käyttövesivaraajaa, ja nämä ovat kooltaan paljon pienempiä kun iso varaajaosa puuttuu. Esimerkkinä tällaisesta laitteesta on kuvan CTC Ecopart 414. [20]

Myös Oilonin mallistossa on entisen kiertovesilämmityksen täydentämiseen tarkoitettuja malleja, ja nämäkin muodostuvat pelkästä koneisto-osasta. Ne liitetään erilliseen jo olemassa olevaan varaajaan ja/tai lämmityskattilan yhteyteen, kuten esimerkiksi Oilon Junior Eco 6, joka on niin pieni että se mahtuu ahtaaseenkin tilaan. Koko on vain 640\*525\*562 mm. [19]



Kuva 4. CTC:n ja Oilonin varaajattomat mallit (kuvat esitteistä)

## 2.8 Hyötysuhde

Uusimmissa pumpuissa, kuten tarjouksen Nibe F1255:ssa on ns. invertterikompressori, eli se toimii taajuusohjattuna säätyvätehoisesti koko ajan. Perinteisesti lämpöpumppujen kompressorit pyörivät täydellä teholla, mutta lämpötilan mukaan jaksoittain. Jatkuva käynnissä oleminen säästää kompressoria, sillä sen kuluminen on suurinta käynnistyksen yhteydessä, sillä voitelu tapahtuu kylmäaineen avulla. Lisäksi invertterilämpöpumpun kiertovesipumppukin on säätyvänopeuksinen, joka alentaa energiankulutusta. Uudella pumpulla valmistaja lupaa päästävän jopa vuosihyötysuhteen (SCOP) arvoon 5,4, eli yhdellä kilowatilla sähköä saataisiin 5,4 kilowattia lämpöenergiaa. [11, s. 2]

SCOP eli *Seasonal Coefficient of Performance* on lämmityskauden lämpökerroin, se mitataan +7°C:ssa ja kertoo, miten tehokkaasti kulutettu sähköenergia saadaan muutettua lämpöenergiaksi. Tämä on määritelty standardissa EN 14825 [13]. Standardissa Eurooppa on jaettu kolmeen ilmastoalueeseen, mikä vaikuttaa hyötysuhteen laskentaan olosuhteiden mukaan. Pohjois-Euroopan vyöhykkeellä, eli Suomessa käytettävällä vyöhykkeellä hyötysuhde lasketaan Helsingin olosuhteiden mukaan, vaikka Lapissa on vielä kylmempi ilmasto, ja tämä asia on huomioitava pumppua asennettaessa ja säädettäessä.

Aiemmin on käytetty COP-lukua (*COP = Coefficient Of Performance*) ilmaisemaan hyötysuhdetta, mutta SCOP on selkeämpi kun keruupiirin ja lämmityspiirin tyyppi ei muuta arvoa. Usein mainonnassa on käytetty lattialämmityksen COP-lukua, jolla siitä saadaan valheellisesti suurempi kuin totuudenmukaisella patterikierron arvolla, ellei sitten kyseessä ole oikeasti lattialämmitys, joka onkin suositeltavampi uudisrakennukseen. Lattialämmityksen vesi on viileämpää ja tämä parantaa COP-arvoa, sillä energiaa ei tarvita sen lämmittämiseen yhtä paljon kuin patterijärjestelmässä. Lisähaittana on vielä joidenkin valmistajien käyttämät vanhan EN 225-standardin mukaiset COP-arvot, jotka olivat suurempia ja siten ”myyvämpiä”, kuin nykyiset. SCOP-arvon käyttäminen olisi suositeltavampaa sillä se kertoo koko vuoden hyötysuhteen oikealla ilmastovyöhykkeellä. Kerrointa voi vääristää parempaan suuntaan myös jättämällä apulaitteiden osuuden pois sähköenergian kulutuksesta.

Voidaan puhua jo valehtelusta, mikäli ollaan myymässä pumppua patteriverkko-käyttöön, mutta mainostetaan lattialämmityksen COP-lukuja ilman apulaitteiden osuutta.

Vuosilämpökerroin eli SCOP lasketaan seuraavasti (kaava 1 ):

$$\frac{\text{Järjestelmän tuottama energia}}{\text{Järjestelmän käyttämä energia}} = \text{Vuosilämpökerroin [14]}$$

## 2.9 Lisäparannusmahdollisuuksia

Pumpun tarvitsemaa sähköä voidaan saada myös aurinkokennoilla, joka parantaa hyötysuhdetta ja ympäristöystävällisyyttä entisestään. Aurinkoa olisi mahdollista hyödyntää myös suoraan veden lämmittämiseen katolle sijoitettavalla aurinkokeräimellä, mutta siinä on ongelmana se että tarvitaan huomattavan suuri lisävaraaja. Varaajan tulee olla tilavuudeltaan vähintään 1000 litraa, mieluummin huomattavasti enemmänkin, mutta kuitenkin riippuen jonkin verran keräimen koosta. Tämä johtuu siitä että pumpun omassa pienessä varaajassa ei riitä kapasiteettia aurinkokeräimen tuottamalle energialle, mistä aiheutuu kiehumisvaara. Keräin tuottaa niin paljon lämpöä että tilavuuden on oltava todella suuri verrattuna normaalinkokoiseen varaajaan. Lämmön keräämisen voidaan lämminvesivaraajan lisäksi käyttää maahan upotettavaa lämpöakku, joka on useita tuhansia litroja kapasiteetiltaan. Akusta riittää lämpöä vielä talviaikaankin, ja maalämpöpumpulla sinne saadaan varattua pikkuhiljaa lisää kapasiteettia. Esimerkkinä hybridijärjestelmästä on Joensuussa sijaitseva omakotitalo, jossa on maahan upotettu 6 m<sup>3</sup>:n lämpöakku, katolle sijoitettu aurinkokeräin, maalämpöpumppu ja lämmön talteenotto viemäriverdestä. Tätä kohdetta voidaan seurata reaaliajassa internetissä [12].

Joissakin maalämpöpumpuissa on mahdollisuus viilennystoimintoon kesäisin, jonka saisi tarjouksen pumppuunkin. Tällöin energiankierto kääntyy toisinpäin ja lämpöä kerääntyy maaperään. Tämä olisikin hyvä jotta maaperä ei viilenisi liikaa. [17]

On olemassa myös uudenlaisia tulisijoja, joissa on vesikiertoon liitettävä absorptiolämmönvaihdin. Se yhdistetään lämmitysvesivaraajaan, jolloin uunista saadaan

enemmän energiaa lämmitykseen, ja samalla lämpö jakautuu tasaisemmin. Esimerkkinä Tulikiven Noora-tulisija. [21, s. 35].

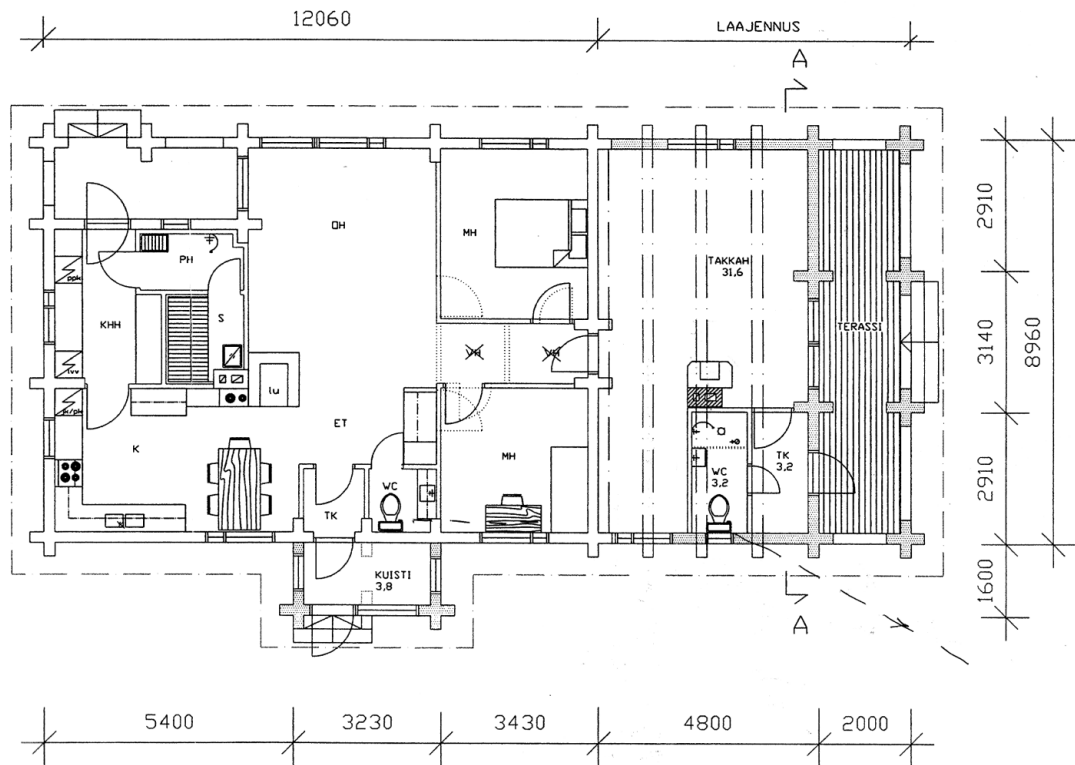
Jopa 50% tulisijaan varautuneesta lämmöstä on mahdollista siirtää lämmitysveden lämmitykseen [22.] Jos uunia ollaan uusimassa, tätä teknologiaa kannattaa ehdottomasti hyödyntää.

Pihamaan asfaltin alle on myös mahdollista asentaa lämmönkeruuputkistot, tämä tosin kannattaa lähinnä suurissa kiinteistöissä, joissa on laaja piha-alue. Tällainen järjestelmä vaatii todella suuren lämpöakun, johon energiaa varastoidaan. Asfaltin lämpötila voi olla jopa 15 astetta korkeampi, kuin ympäröivän ilman. Periaatetta on kokeiltu talviaikaan tien sulana pitämiseen, eli kesällä kerätään lämpöakkuun energiaa, jolla lämmitetään samaa tietä pakkasella. Kokeilu on tehty Englannissa jossa on hyvin leudot talvet, eikä sama toimine Suomessa huomattavasti kylmemmän ilmaston vuoksi. [24]

### 3. Kyseessä oleva kiinteistö

#### 3.1 Yleistietoja

Rakennus on alunperin 1991 valmistunut, ja vuonna 2007 laajennettu hirsitalo, joka sijaitsee Kontiolahden kunnan eteläosassa lammen rannalla. Laajennuksen jälkeen talon pinta-ala on 148,5 m<sup>2</sup>. Laajennusosan koko on 48 m<sup>2</sup>, ja sen yläosassa on makuuhuoneena toimiva parvi sekä komerotilaa. Laajennus suunniteltiin siten että se toimii tarvittaessa erillisenä asuntona. Laajennusosassa on takka, ja keittiövaraus, joka nyttemmin on otettu käyttöön, kun laajennus on alkuperäisen suunnitelman mukaisesti käytössä erillisasuntona. Huoneistojen välissä on ovi. Pohjakuvas- sa huoneistojen välillä on käytävä, jota ei todellisuudessa ole vaan se muutettiin säilytystiloiksi ja väliovi on hieman eri kohdassa, kuten myös toisen makuuhuoneen ovi. Vanhemmassa päässä on iso leivinuuni ja hella, ja sauna sekä pesutilat ovat heti seinän takana. Lämminvesivaraaja sijaitsee keittiön viereisessä kodinhoito- huoneessa ulkoseinän puolella.



Kuva 5. Pohjapiirros. Laajennusosa oikealla.



Talo on rakennettu hiekkaperustukselle, teräsbetoniastian päälle. Sokkeli on rakennettu 200 mm kevytsoraharkosta, eristeenä on 50 mm styroox. Seinämateriaalina on 230 mm pyöröhirsi. Hirsiseinän U-arvo on  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sisäseinät on tehty  $21 \times 120$  mm hirsipaneelista, paneelien välissä on äänieristeenä villaa 70 mm. [5]

Yläpohja on tehty  $21 \times 120$  mm paneelista, lisäksi on höyrynsulkumuovi ja 400 mm villaa. Kattomateriaalina on palahuopakate. Katon U-arvo  $0,119 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [5]

Alapohjassa on rakennettu 60 mm teräsbetoniastian päälle, eristeenä styroxia 100 mm. Lattian koolaus on  $50 \times 100$  mm lankkua, eristysvillaa lattiassa on minimissään 125 mm. Lattialankut ovat  $28 \times 95$  mm, alla höyrynsulkumuovi. Lattian U-arvo on  $0,144 \text{ W/m}^2\text{K}$ . [5]

Hirsitalo ei ole paras mahdollinen energiatehokkuudeltaan, mutta sisäilmaongelmia on vähemmän kuin betonirakenteisissa taloissa, koska hirsirakenne hengittää paremmin ja puuseinät vastaanottavat ja luovuttavat kosteutta paremmin kuin muut rakenteet. Nykymääräykset energiatehokkuudesta ovat kuitenkin niin tiukat, että uusia hirsitaloja voi olla haasteellista rakentaa, vaikka tosiasiasa hirsitalo olisi pitkäikäisin rakenne. Pitkälti yli 100-vuotiaita homeettomia hirsitaloja on yhä olemassa, eivätkä ne ole menneet pilalle vaikka ovat olleet välillä kylmillään, joten todellisuudessa hirsirakenne ei siis voi olla kelvoton.

Rakennusmääräysten mukaan vaaditaan rakennusvaipan osalta vähintään taulukossa 2 listattuja U-arvoja (U-arvon tulee olla mahdollisimman pieni) .[8]

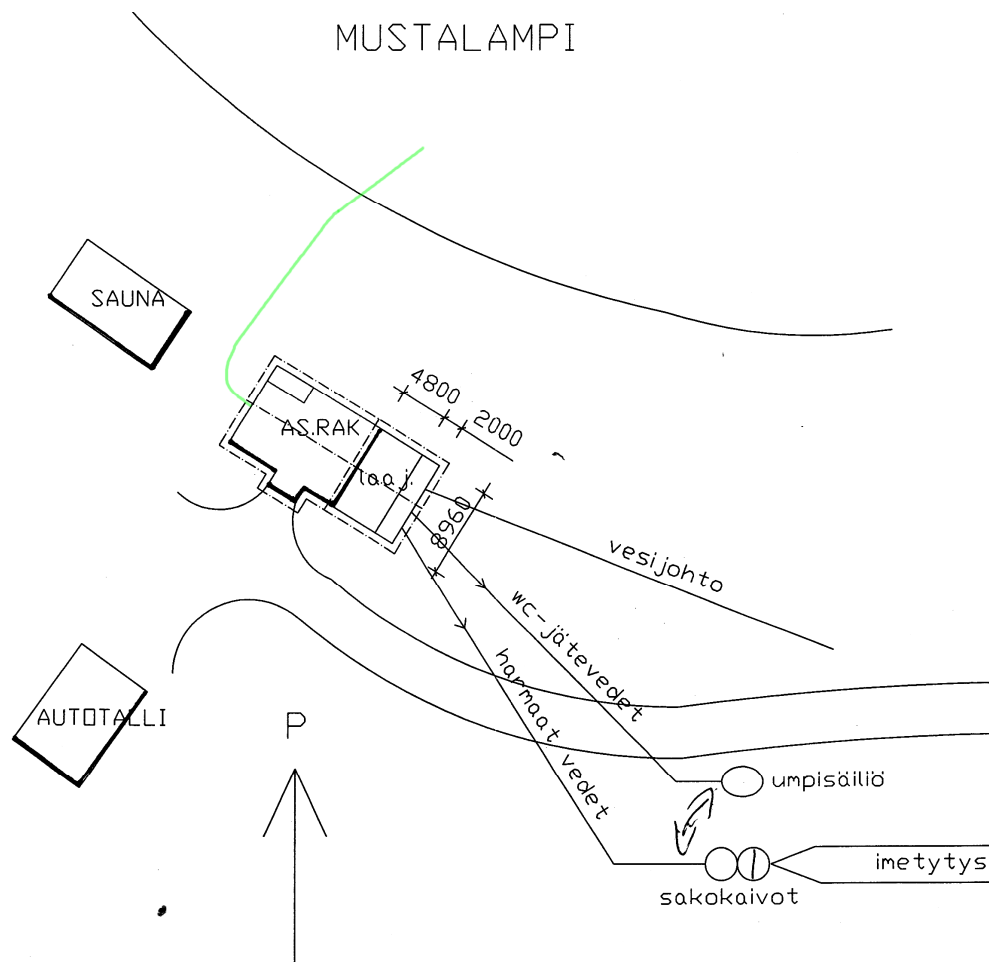
Taulukko 2. Nykyään vaaditut, ja kohdetalon U-arvot.

|                                 | Vaadittu $U_{\max}$     | Rakennuksen $U_{\max}$   |
|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| yläpohja                        | 0,16 W/m <sup>2</sup> K | 0,119 W/m <sup>2</sup> K |
| alapohja, ulkoilmaan rajoittuva | 0,16 W/m <sup>2</sup> K | ei tiedossa              |
| alapohja, maanvastainen         | 0,25 W/m <sup>2</sup> K | 0,144 W/m <sup>2</sup> K |
| ulkoseinät                      | 0,25 W/m <sup>2</sup> K | 0,50 W/m <sup>2</sup> K  |
| ikkunat ja ovet                 | 1,40 W/m <sup>2</sup> K | ei tiedossa              |

Tämä rakennus ei täyttäisi nykymääräyksiä ja rakennuslupaa ei tällaisenaan saisi, mutta kohtuullisen lähelle kuitenkin päästään, vaikka vanhempi osa on jo 25 vuotta vanha ja tehty sen ajan vaatimusten mukaan. Sisäilma on ollutkin erinomaista alusta alkaen, joten ilmanvaihto on toiminut. Uuteen taloon vaadittaisiin esimerkiksi kaksinkertaisia hirsiseiniä välissä olevine eristeineen.

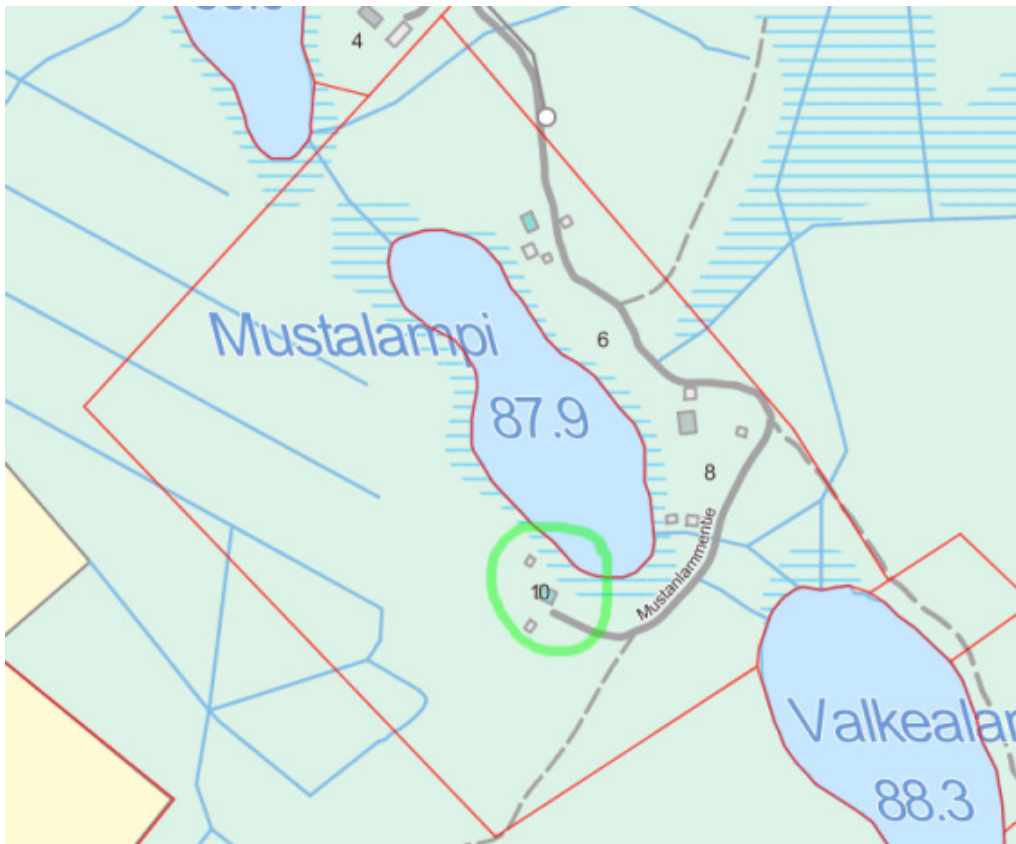
### 3.2 Nykyinen LVI-järjestelmä

Talossa on nyt suorasähkölämmitys pattereilla, ja koneellinen poistoilmanvaihto. Käyttövesi lämmitetään lämminvesivaraajalla, joka sijaitsee keittiön vieressä olevassa kodinhoitohuoneessa. Maalämpöpumpun sijaintia on alustavasti suunniteltu sen paikalle, joskin tila on verrattain ahdas, pumpulle tulevien keruuputkien vaatiman lisätilan vuoksi. Kuvasta 3 nähdään niiden vaatima tila. Nykyisen varaajan paikalta olisi kuitenkin hyvä vetää keruuputki lampeen, sillä vesijohto ja viemäri ovat vastakkaisessa päädyssä ja varaajan kohdalta on suhteellisen lyhyt matka rantaan. Jos pumppu sijoitetaan tähän, joudutaan tekemään pieniä tilajärjestelyjä, mutta paikka olisi kuitenkin helpoin, eikä parempaa ole oikeastaan tarjollakaan ilman väliseinien rakentamista.



Kuva 6. Asemapiirros johon on vihreällä merkitty keruuputken lähtö. Kuvassa näkyy myös vesijohtot ja jätevesiputkistot sekä kaivojen sijainti. [5]

Talo sijaitsee lammen rannalla, mikä on hyvä asia maalämpöön siirtymisen kannalta, sillä putkisto voidaan asentaa lammen pohjaan. Koko lampi sijaitsee samalla tontilla kuin kiinteistö, mikä helpottaa lupaprosessia. Pihassa on autotalli ja pihasauna, jotka voitaisiin myös lämmittää maalämmöllä, mikäli pumpuksi valittaisiin riittävän tehokas laite ja lämmitykselle olisi tarvetta. Autotallin yhteydessä on varastotilaa, josta näin tulisi lämmitetty. Nyt käytössä on siirrettävä 8 kW:n tehoinen polttoainelämmitin, jolla autotallia lämmitetään vain tarvittaessa. Muiden rakennusten lämmittäminen kuitenkin nostaisi kustannuksia, ja energiankulutusta huomattavasti eikä sitä ole toistaiseksi harkittu. Varsinaista tarveakaan ei ole ilmennyt.



Kuva 7. Talon sijainti kartalla, jossa näkyy tontin rajat.

## 4 Muutoksen kustannus

### 4.1 Nykyinen energiankulutus

Nykyisen sähkölämmityksen aikana, etäluettavan mittarin asennuksesta asti, talossa on kulunut sähköä keskimäärin kuukaudessa 952 kWh, eli vuodessa 11424 kWh. Vuodesta 2006 vuoteen 2012 keskimääräinen sähkönkulutus on ollut 14915 kWh vuodessa, suurin kulutus oli pakkastalvena 2010, jolloin kulutus oli 17034 kWh. Koko noin 10 vuoden ajalta sähkön kulutuksen keskiarvo on 13853 kWh, jota käytetään kustannusten arviointiin. Puuta on käytetty vuodessa tasaisesti noin 24 m<sup>3</sup>, josta lämmitykseen 16 m<sup>3</sup> ja 8 m<sup>3</sup> saunan lämmittämiseen.

Sähkön hinta Pohjois-Karjalan Sähkön Oiva-hinnastosta 18.1. oli 6,67 senttiä kilowattitunnilta. Nyt kuitenkin sähkönkulutus on laskettu käyttäen pitkän aikavälin kokonaishintaa 13,6 c/kWh, joka sisältää sähkön osuuden lisäksi myös siirtomaksun ja perusmaksun. Ne on kuitenkin maksettava, eikä pelkän sähkön hinnan käyttäminen antaisi totuutta. Sähkö on näin laskettuna tähän asti maksanut keskimäärin 1884 euroa vuodessa.

Polttopuun keskihinta on 50 euroa kuutiolta, joten puulämmitykseen kuluu 66,70 euroa kuukaudessa (noin 1,3 m<sup>3</sup>/kk). Poltettu puu on ollut sekapuuta, jolloin leivinuunin hyötysuhteella 80% energiasisällöksi vuositasolla saadaan noin 21200 kWh ja kuukaudessa 1767 kWh, hinnaksi 4.7 c/kWh. Saunan osuus ei ole tässä luvussa mukana. Arvot on laskettu Halkoliiterin nettilaskurilla [25].

Vuodessa on nyt siis kulunut 800 euroa halkoihin, ja 1884 euroa sähköön, eli yhteensä noin 2684 euroa vuodessa. Sähkön käyttö on ollut hyvin viimeisenä parina vuotena erittäin säästävää, johtuen talon vähäisestä käyttöasteesta, kun puolet vuodesta on käytetty pääasiassa kesämökkiä. Tällä aikaa sisälämpötilakin on ollut ajoittain alle 20 astetta, mutta se siis johtui tyhjillään olosta, ja sillä aikaa lämmitys oli pienellä.

Jos talossa asuttaisiin normaalisti koko vuosi, niin tällöin sähkön osuus nousisi huomattavasti lämpimän käyttöveden tarpeen kasvaessa, kuten vuoden 2010 lukemista nähdään. Etäluettava mittari asennettiin maaliskuussa 2013, joten tarkka sähkön käytön seuranta alkaa sieltä, ja aiemmalta ajalta on kirjattu mittarilukemat ylös muutaman kerran vuodessa. Nyt tammikuun 2016 pakkasjaksolla, sähkön kulutus on ollut korkeimmillaan 80 kWh päivässä, mutta pakkastakin tällöin oli yli 30 astetta useiden päivien ajan.

Suomen rakentamismääräyskokoelmasta löytyy kaava jolla rakennuksen käyttämä ostoenergia lasketaan (kaava 2):

$$E_{osto} = \frac{Q_{lämmitys} + W_{lämmitys} + W_{kuluttajalaitteet} + W_{valaistus}}{A_{netto}}$$

jossa

|                         |   |
|-------------------------|---|
| $E_{osto}$              | rakennuksen ostoenergiankulutus, kWh/(m <sup>2</sup> a) |
| $Q_{lämmitys}$          | lämmitysjärjestelmän lämpöenergian kulutus, kWh/a       |
| $W_{lämmitys}$          | lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a       |
| $W_{kuluttajalaitteet}$ | kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a        |
| $W_{valaistus}$         | valaistusjärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a      |
| $A_{netto}$             | rakennuksen lämmitetty nettoala, m <sup>2</sup>         |

[15, s.14]

Kaavasta ja kulutuksen arvioinnista on jätetty pois muut kuin lämmityskustannukset, eli valaistus ja kodinkoneet. Niiden osuus pysyy edelleen samana, olipa lämmitysjärjestelmä mikä tahansa, ja tarkkaa osuutta on hyvin vaikea selvittää, koska ainoastaan sähkön kokonaiskulutus on tiedossa. Uuden rakennuksen ollessa kyseessä näillä arvoilla olisi merkitystä ostoenergian kulutuksen laskennassa. Tässä tapauksessa keksityillä arvoilla voisi olla jopa haitallinen vaikutus. Motivan ohjeistuksessa näiden osuuden oletetaan kattavan todellisen ja laskennallisen +17 asteen sisälämpötilan erotuksen.

Keskimääräinen ostoenergian kulutus neliötä kohti on siis (kaava 3):

$$E_{osto} = \frac{21200 \text{ kWh} + 13853 \text{ kWh}}{148,5 \text{ m}^2} = 236 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$$

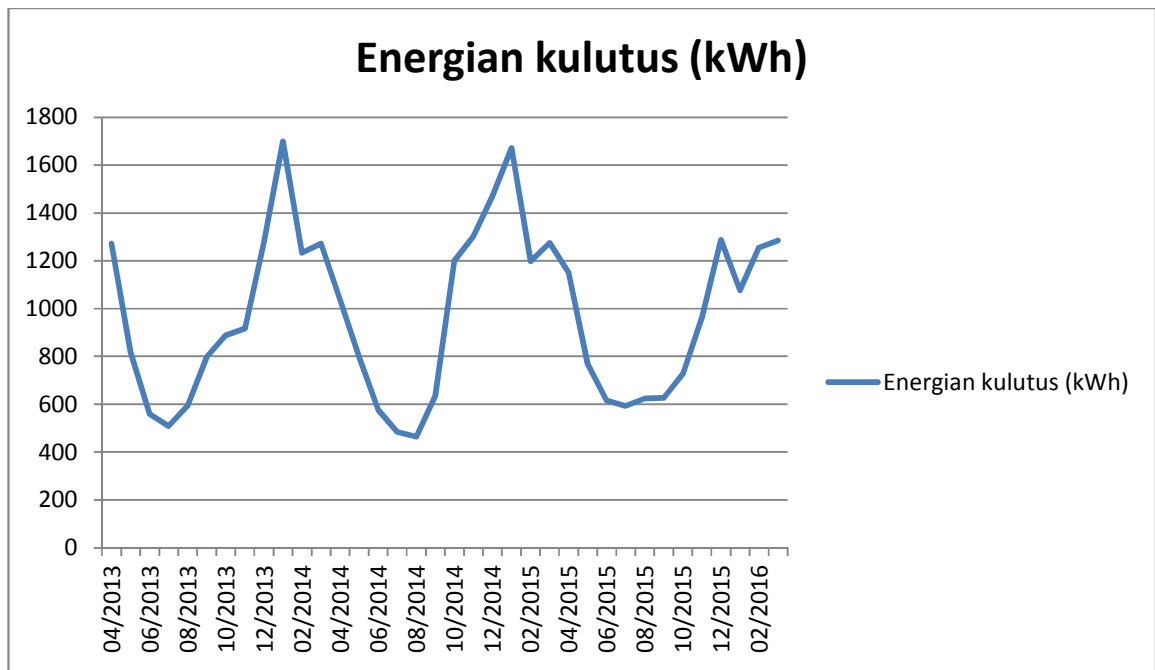
Vuodessa on nyt kulunut energiaa keskimäärin noin 236 kWh jokaista neliötä kohti ja koko talo on siis kuluttanut 35053 kWh. Yleensä energialaskennassa on käytetty nelihenkisen perheen käyttöveden lämmitysenergian määränä 5000 kWh vuodessa, josta 1000 kWh on asukasta kohti ja yksi 1000 kWh osuus ns. yhteistä kulutusta. Täysin tarkkaa tietoa ei voi saada ilman pitempiaikaista kirjanpitoa, joten tämä

tieto riittää arviointiin.[10, s. 17]

Ilman käyttöveden osuutta lämmitykseen on käytetty energiaa 30053 kWh.

Lämmitystapojen vertailuun löytyy internetistä erilaisia laskureita, kuten Pistoke Oy:n energialaskuri: <http://www.pistoke.fi/energielaskuri>.

Tällaisella laskurilla saa havainnollisen taulukon kustannuksista, jos vertaillaan eri lämmitysmuotoja. Tässä tapauksessa vertailtavana on ainoastaan nykyinen sähkölämmitys, josta tiedetään 10 vuoden ajalta toteutuneet kustannukset kun sähkömittarin lukemat on tallennettu useita kertoja vuodessa. Uuden sähkömittarin tultua lukemat tallentuvat automaattisesti jopa tunnin tarkkuudella OmaWatti-järjestelmään, josta pystyy tutkimaan energian kulutusta itse tietokoneella. Kuvassa 8 on kaavio viimeisen kolmen vuoden ajalta sähkönkulutuksesta, tallennettuna OmaWatti-järjestelmästä



Kuva 8. Sähkönkulutustiedot etäluettavan mittarin ajalta. Kulutus vaihtelee runsaasti vuoden mittaan, mutta huippukulutus on lyhytaikainen.

## 4.2 Lämmitystarveluku

Rakennusten lämmitystarpeen normeerauksessa käytetään vertailuun lämmitystarvelukua eli astepäivälukua. 1.6.2013 lähtien on käytetty uutta vertailukautta 1981-2010, samalla kuntakohtaiset korjauskertoimet muuttuivat. Korjauskertoimilla kulutuksen voi normeerata joko oman paikkakunnan vertailupaikkakuntaan tai valtakunnalliseen vertailupaikkakuntaan, joka on Jyväskylä. Yleisimmin käytetään lämmitystarvelukua S17, joka lasketaan +17°C:ksi oletetun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvon erotuksen perusteella.[23]

Lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen päivittäin jokaisen kuukauden ajalta sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Kuukauden lämmitystarveluku on päivittäisarvojen summa kyseisen kuukauden ajalta. Laskennassa ei huomioida päiviä jolloin ulkolämpötila on keväällä yli +10 C ja syksyllä +12 C, eli oletetaan että lämmitys lopetetaan päivittäin ulkolämpötilan noustessa raja-arvon yli. [26]

### Lämmitystarveluvulla verrataan

- eri kuukausina tai vuosina saman rakennuksen lämmitysenergiankulutuksia;
- eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten kulutuksia.

Kaavalla 4 lasketaan rakennuksen energiankulutus eri ajankohtina. Tällä kaavalla laskettu tulos ei ole vertailukelpoinen muiden paikkakuntien arvoihin ilman korjauskertoimien käyttöä.

$$\text{Kaava 4: } Q_{norm} = \frac{S_{N\ vpkunta}}{S_{n\ toteutunut\ kunta}} * Q_{toteutunut}$$

$Q_{norm}$  = Rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus

$Q_{toteutunut}$  = Rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia

$S_{N\ vpkunta}$  = normaalivuoden tai -kuukauden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{toteutunut}$  = toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla



Kaavassa ei ole mukana lämpimän käyttöveden energiankulutusta, eikä tässä tapauksessa tarvita energiankulutuksen laskentaa, sillä toteutunut kulutus on tiedossa. [23]

Taulukko 3. Lämmitystarveluvut Suomessa vuonna 2015. [26]

| Paikkakunta   | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Vuosi |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-------|
| Maarianhamina | 485 | 433 | 453 | 349 | 213 | 0   | 0   | 0    | 64  | 325 | 349 | 412 | 3083  |
| Vantaa        | 589 | 478 | 471 | 350 | 143 | 0   | 0   | 0    | 44  | 355 | 372 | 461 | 3263  |
| Helsinki      | 555 | 451 | 454 | 350 | 190 | 0   | 0   | 0    | 30  | 321 | 343 | 424 | 3118  |
| Pori          | 578 | 470 | 470 | 364 | 149 | 7   | 0   | 0    | 71  | 353 | 379 | 447 | 3288  |
| Turku         | 554 | 466 | 466 | 356 | 168 | 0   | 0   | 0    | 86  | 368 | 377 | 443 | 3284  |
| Tampere       | 632 | 507 | 501 | 380 | 179 | 15  | 0   | 0    | 124 | 387 | 408 | 486 | 3619  |
| Lahti         | 640 | 512 | 509 | 373 | 188 | 15  | 0   | 5    | 117 | 412 | 401 | 490 | 3662  |
| Lappeenranta  | 674 | 524 | 505 | 388 | 184 | 8   | 5   | 0    | 70  | 390 | 431 | 505 | 3684  |
| Jyväskylä     | 727 | 535 | 541 | 407 | 197 | 38  | 11  | 5    | 161 | 402 | 428 | 523 | 3975  |
| Vaasa         | 630 | 486 | 493 | 388 | 215 | 0   | 0   | 0    | 92  | 350 | 396 | 496 | 3546  |
| Kuopio        | 748 | 538 | 533 | 412 | 185 | 15  | 5   | 0    | 90  | 379 | 436 | 540 | 3881  |
| Joensuu       | 776 | 556 | 550 | 430 | 185 | 15  | 23  | 0    | 107 | 401 | 468 | 560 | 4071  |
| Kajaani       | 803 | 575 | 549 | 439 | 212 | 57  | 34  | 12   | 154 | 413 | 473 | 606 | 4327  |
| Oulu          | 757 | 538 | 533 | 416 | 212 | 42  | 16  | 0    | 148 | 412 | 443 | 602 | 4119  |
| Sodankylä     | 964 | 658 | 599 | 484 | 301 | 138 | 110 | 40   | 219 | 509 | 586 | 803 | 5411  |
| Ivalo         | 986 | 665 | 596 | 482 | 324 | 160 | 159 | 79   | 220 | 505 | 586 | 775 | 5537  |

Taulukko 4. Kulutettu energia lämmitystarvelukua kohden vuodesta 2008 alkaen

| Vuosi | Lämmitystarveluku | Puuta     | Sähkön kulutus | kWh/astepäivä |
|-------|-------------------|-----------|----------------|---------------|
| 2008  | 4409              | 21200 kWh | 13630 kWh      | 7,89          |
| 2009  | 4901              | 21200 kWh | 14550 kWh      | 7,29          |
| 2010  | 5501              | 21200 kWh | 17034 kWh      | 6,95          |
| 2011  | 4486              | 21200 kWh | 15213 kWh      | 8,12          |
| 2012  | 5041              | 21200 kWh | 15311 kWh      | 7,24          |
| 2013  | 4400              | 21200 kWh | 11522 kWh      | 7,44          |
| 2014  | 4465              | 21200 kWh | 12167 kWh      | 7,47          |
| 2015  | 4071              | 21200 kWh | 11505 kWh      | 8,03          |

### 4.3 Maalämpölaitteiston kustannus

IVT:n vuonna 2012 tekemässä tarjouksessa oli käytetty talon vähimmäisenergiankulutuksena 29100 kWh, ja heidän tarjoamallaan IVT Greenline-pumpulla sähkönkulutus alenisi 8400 kilowattituntiin vuodessa jos puun käyttö pysyisi samana, eli 24 m<sup>3</sup> vuodessa. IVT:n pumppu olisi ollut teholtaan 9,9 kW, ja sen SCOP-arvo olisi ollut laskelman perusteella 3,5. Keruupiiri oli tässäkin tarjouksessa suunniteltu lampeen asennettavaksi, mikä olisikin järkevin tapa kun vesistö on käytettävissä. Tämän tarjouksen aikaan talon käyttö oli huomattavasti aktiivisempaa joten sähkönkulutuskin on ollut suurempi. Tarjouksessa oli käytetty laskennassa sähkön kokonaishintaa 0,12 €/kWh, takaisinmaksuaikaa ei ollut arvioitu.

Lähetimme marraskuussa 2015 kokeeksi tarjouspyynnön Suomen Maalämpötukku Oy:lle, josta tulikin vastauksena tarjous:

Taulukko 5. Tarjouksen sisältö.

|   |            |
|---|------------|
| <i>Pumppu keruujärjestelmiseen</i>                    |            |
| Nibe F1255 4-16 kW                                    | 7300 €     |
| Nibe KBR32 täyttöryhmä                                | 225 €      |
| PEM putki 400 m 40x3,7 mm                             | 695 €      |
| Vesistöpaino 175 kpl                                  | 900 €      |
| Keruuneste Naturet 175 kg                             | 425 €      |
| Keruuputken kaivutyö                                  | 300 €      |
| <i>Lämpöpatterit:</i>                                 |            |
| 6 x Purmo C22, 600x1200 mm (kannakkeet kaupan päälle) | 1140 €     |
| 2 x Purmo C22, 600x2300 mm                            | 670 €      |
| Kiertovesiputkisto 100 m (mahd.+50m)                  | 281 €      |
| Kulmaliittimet (30kpl , 9,85/kpl) ja                  | 295,50 €   |
| Haaraliittimet (14 kpl T, 17,90/kpl)                  | 250,60 €   |
| Kannakkeet (ainakin 100kpl)                           | 115 €      |
| Yhteensä  | 12597,10 € |

Kiertovesiputkisto, liittimet pattereille ja mutkapalat sekä keruuputken kaivutyö eivät olleet mukana tarjouksessa. Putkitarvikkeista on taulukossa ohjehinnat, todellinen hintataso saattaa olla huomattavasti alempi ostokanavasta riippuen.

Maahantuojan laskelman mukaan Nibe F1255-16 käyttäisi tässä kiinteistössä 7125 kWh ja apulaitteet vielä 181 kWh (yhteensä 7306kWh) vuodessa tuottaakseen 28568 kWh lämpöenergiaa.

Vuosilämpökerroin eli SCOP olisi pumpulle täten (kaava 5):

$$\text{Vuosilämpökerroin} = \frac{28568 \text{ kWh}}{7306 \text{ kWh}} = 3,91$$

Vuosilämpökerroin jää aika paljon alle mainostetun 5,4:n, mutta hirsitalo ei olekaan energiatehokkain talotyyppi, ja tämä vaikuttaa kertoimeen huonontavasti, kuten myös se että lattialämmitystä ei harkittu. läkkääseen taloon lukema ei ole huono.

Pumppujen hinta on alentunut viime vuosina, ja Maalämpötukun tarjouksessakin se on aiempaan hintatasoon verraten edullinen ja se maksaisi itsensä melko nopeasti takaisin esimerkiksi muutettaessa öljylämmitys maalämmöksi. Koska nyt on kyseessä sähkölämmitys, niin pelkkä pumppu ei riitä ja takaisinmaksuaika pitenee, kun koko lämmitysjärjestelmä rakennetaan uudelleen. Keruuputken ja patteriverkoston asennukset oli tarkoitus tehdä kokonaan itse, millä saavutetaan huomattavia säästöjä ja tämä tietenkin lyhentää takaisinmaksuaikaa. Ulkopuolisen yrityksen tekemästä työstä saisi kuitenkin kotitalousvähennyksen.

Keruuputken kaivutyöstä on saatu kustannusarvio noin 300 € tai jonkin verran yli, koneen tuonti paikalle maksaa 150 € ja tuntihinta on 70 €. Oja rantaan ei ole pitkä, vain reilut 20 metriä joten kaivutyö ei ole kovin suuri eikä kaivurin tarvitse olla iso. Lattialämmityksen asentamista ei nyt harkittu, koska asennuksen takia kaikki lattiat pitäisi repiä auki eikä sitä toistaiseksi haluta tehdä.

Kohdassa 2.9 mainitun viilennysjärjestelmän saisi tarjouksen maalämpöpumpuunkin, mutta talo on pysynyt toistaiseksi kohtuullisen viileänä helteelläkin. Varmaankin syynä lienee se, että ainoat etelään päin olevat isot ikkunat ovat terassin kohdalla, eikä aurinko pääse paistamaan niihin suoraan, ja lisäksi jokaisella suunnalla on paljon varjostavia puita.

Maalämpötukun tarjouksen perusteella järjestelmään siirtyminen tekisi 13,6 c/kWh sähkön kokonaishinnalla kustannukseksi 994 euroa vuodessa sähkön osalta, ja ero nykytilanteeseen jää silloin melko pieneksi, ollen noin 500 euroa vuodessa. Pidemmällä aikavälillä eroa olisi noin 890 euroa vuodessa ja tällöin takaisinmaksuaika olisi noin 15 vuotta.

Taulukko 6. Yhteenveto kulutuseroista eri ajanjaksoina, ja niiden pohjalta laskettu takaisinmaksuaika

| Sähkönkulutus                    | Maalämmön kustannus        | Takaisinmaksuaika |
|----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| (2006-2012) 14915 kWh (2028 €/a) | 12597,10 € (sähkö 994 €/a) | 12,1 vuotta       |
| (2013-2016) 11424 kWh (1554 €/a) | 12597,10 € (sähkö 994 €/a) | 22,5 vuotta       |

Vertailusta nähdään kuinka säästäväistä nykyinen sähkönkäyttö on viime aikoina ollut, eikä maalämpöön siirtyminen välttämättä olekaan kannattavaa jos sähkön käyttö olisi jatkossakin näin pientä. Puun käytön on oletettu pysyvän ennallaan. Aiemman kulutuksen perusteella lämmitysjärjestelmän muutos olisi järkevää toteuttaa, etenkin jos puun polttoa halutaan vähentää.

Toinen huomioitava asia on tilanahtaus kodinhoitohuoneessa, mutta se on lähinnä järjestelykysymys ja paikka olisi muuten paras. Entisen varaajan jättämistä käyttöön ei ole suunniteltu, koska se on jo käyttöikänsä loppupuolella eikä kuvan 4 kaltaisella pikkupumpulla saataisi tilansäästöä.

#### 4.4 Laskelma Nibe VPDIM -ohjelmalla

Maahantuojat käyttävät laskelmiinsa valmistajan tekemiä ohjelmia, tässä tapauksessa Niben VPDIM-ohjelmaa. Saatuani ohjelman kokeiltavaksi, ja lopulta toimimaan vaikeuksien jälkeen, tein sillä kokeeksi ”tarjouksen” käyttäen samoja lähtöarvoja kuin omassa laskelmassani. Asennusongelmista päätellen kyseinen versio ei ole tuoreimmasta päästä, sillä sain sen toimimaan 9 vuotta vanhassa kannettavassa asentamalla käyttöjärjestelmäksi Windows 2000:n, eikä ohjelma toiminut siinäkään ongelmitta. Kun ohjelma käynnistyi, niin sillä pystyi kyllä tekemään laskelmat. F1255-invertteripumppua ei valikossa ollut, mutta F1245-10 on sitä vastaava vaikka se on perinteistä vaihtuvalauhdutteista mallia ja noin 1000 € halvempi. Pumppu on teholtaan 10kW, joka olisi sopivin tähän rakennukseen ja energianpeittoaste on 100%, lämpökerroin sillä 4,29. Myös 8kW-malli riittäisi jos osan aikaa käytettäisiin sähkövastuksia, sillä ohjelma tarjoaa energianpeittoasteeksi 99% ja tehonpeittoasteeksi 75%. Hintaaeron ollessa 300 € asian merkitys lienee pieni, sillä kovimmilla pakkasilla sähköä kuluu sen verran että ero kompensoituisi. Periaatteessa 10kW pumppu olisi hieman ylitehoinen, mikä saattaa aiheuttaa turhan lyhyitä käyntijaksoja ja ennenaikaista kulumista, kuten kohdassa 2.3.1 todettiin.

The screenshot shows the NIBE VPDIM 2.5 software interface with the following data:

| Nykyinen sähkönkulutus                                  |  |
|---|--|
| Sähkönkulutus ilman taloussähköä                        | 80053 kWh/vuosi                          |
| Hyötysuhde  | 95 %                                     |
| Power consumption help equip. (e.g. heating circulator) | 53 W (Double click to get default value) |

| Energia                          |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Nettoenergiatarve                | 28550 kWh/vuosi |
| Sisälämpötila                    | 21 °C           |
| josta lämpimän käyttöveden osuus | 4500 kWh/vuosi  |
| Talon rakennusvuosi              | 1990            |

| Lämpöpumputiedot                                      |   |
|---|---|
| <input checked="" type="radio"/> Vaihteleva lauhdutus | <input type="radio"/> Kiinteä lauhdutus |
| Lämpönlähde   | Vesistö                                 |
| Menolämpötila MUT:ssa                                 | 55 °C                                   |
| Lämpöpumputyyppi                                      | NIBE F1245-10                           |
| Paluulämpötila MUT:ssa                                | 45 °C                                   |
| LP lämpimän käyttöveden tuotto                        | 100 %                                   |
| Tulevan keruuvälineen keskilämpötila                  | 2.7 °C                                  |
| Kiertovesipumpun teho                                 | 140 W                                   |
| Energianpeittoaste                                    | 100 %                                   |
| Tehonpeittoaste                                       | 92 %                                    |

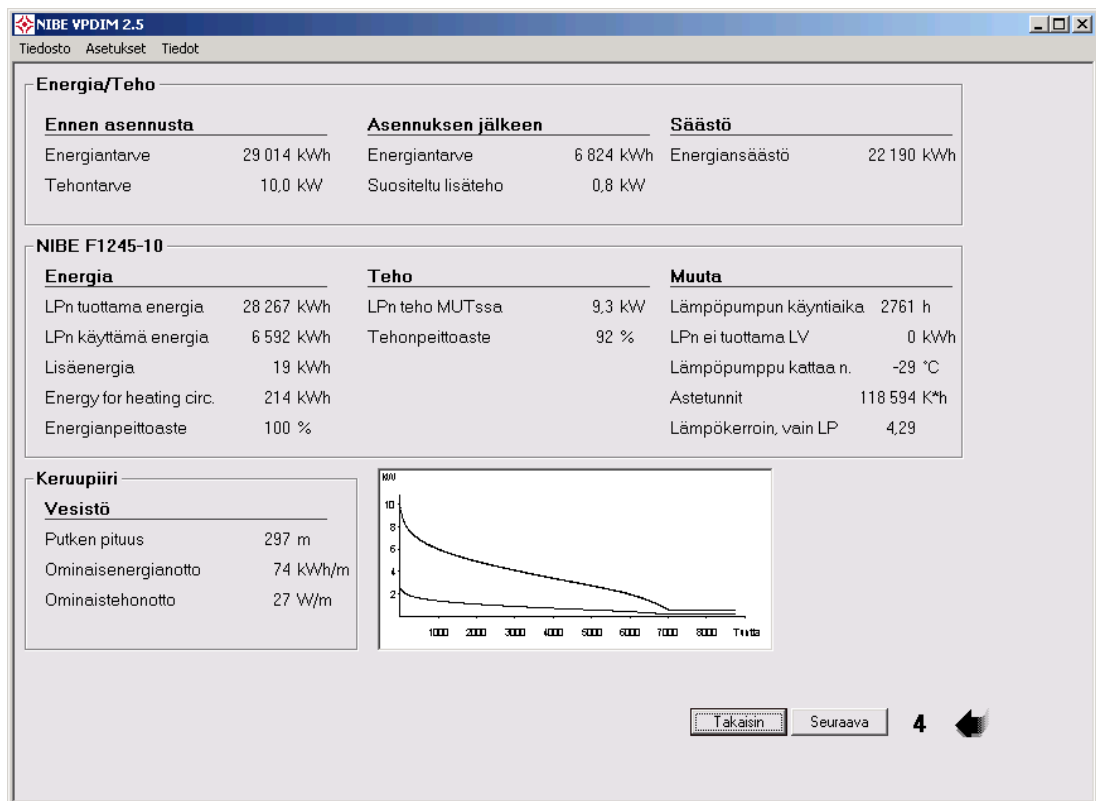
| Lisäenergia                     |  |
|---------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Öljy      | <input checked="" type="radio"/> Sähkö |
| <input type="radio"/> Kaasu     | <input type="radio"/> Puu              |
| <input type="radio"/> Kaukoläm. | <input type="radio"/> Hyötysuhde       |
|                                 | 95 %                                   |

Navigation buttons: Takaisin, Seuraava, 2

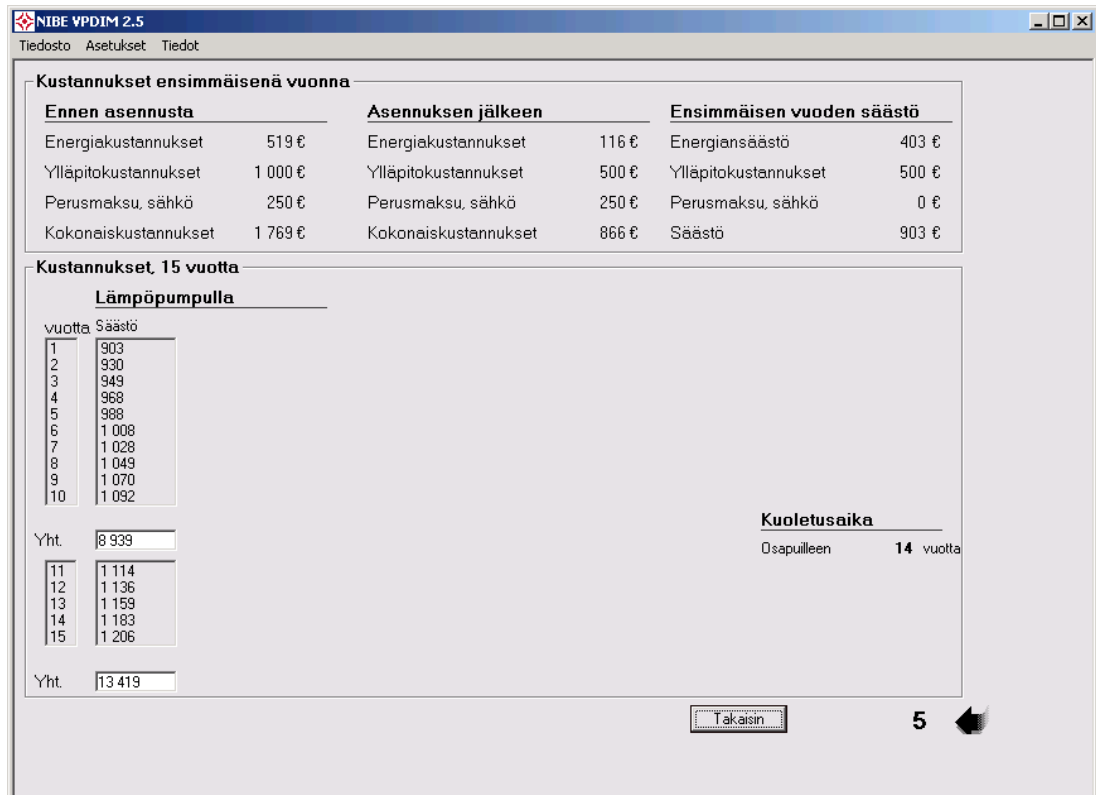
Kuva 9. Nibe VPDIM lähtötietojen syöttö.

*Tehonpeittoaste* kuvassa tarkoittaa kuinka suuri osa lämmitystehon huipputarpeesta on katettu, suositeltava määrä on 70 - 90 %.

*Energianpeittoaste* tarkoittaa maalämmöllä tuotetun vuotuisen energian osuutta, loput energiasta tuotetaan sähkövastuksella.



Kuva 10. Nibe VPDIM Energialaskelma



Kuva 11. Nibe VPDIM Talouslaskelma

VPDIM laskee maalämpölaitteiston antamaksi säästökseksi noin 1000 € vuodessa, ja säästö kasvaa loppua kohti hieman. Ennen asennusta ohjelma laskee käytettävän 29014 kWh vuodessa, ja pumpun kanssa 6824 kWh, ja sähköä säästyisi 22190 kWh. Pumpun teho riittäisi laskelman mukaan -29 asteeseen asti.

Keruuputken pituudeksi ohjelma laskee 297 metriä vesistön oletusasetuksilla, ominaisenergiantuotto olisi 74 kWh/m ja ominaistehonotto 27 W/m. Lämpöpumpun käyntiaika vuodessa olisi 2761 tuntia, kun kyseessä on vaihtuväläuhdutteen normaali-pumppu. Uudemalla invertteriohjatulla lämpöpumpulla tämä arvo ei pidä paikkaansa sillä pumppu on käynnissä periaatteessa koko ajan.

Hankkeen kuoletusajaksi ohjelma laskee 14 vuotta, ylläpitokustannusten ollessa 500 € vuodessa, mutta tämä arvo on kyllä aika epämääräisesti arvioitu, kuten myös sähkölämmityksen 1000 € ylläpitokustannus. Siksi toteutuneen sähkönkulutuksen pohjalta on parempi laskea.

Uusimman version avulla mahdollisesti saisi laskettua juuri tarjouksen pumpulle, tosin lukemat eivät poikenne kovin paljoa nytkään. Maahantuojien tarjouksissa olevat laskelmat ovat hyvin pitkälti saman suuruisia itse VPDIM:llä tehdyn kanssa.

#### **4.5 Energia-avustus**

Maalämpöasennuksiin on mahdollista saada energia-avustusta jota myönnetään uusiutuvaan energiaan siirtyvälle käytettäväksi laiteinvestointeihin, suurimmillaan 20% kokonaiskustannuksista, poislukien työn osuus.

[http://www.ara.fi/fi-fi/rahoitus/avustukset/kuntien\\_myontamat\\_korjaus\\_ja\\_energiaavustukset/pientalojen\\_harkinnanvarainen\\_energiaavustus](http://www.ara.fi/fi-fi/rahoitus/avustukset/kuntien_myontamat_korjaus_ja_energiaavustukset/pientalojen_harkinnanvarainen_energiaavustus)

Energia-avustusta ei ole tässä laskelmassa kuitenkaan huomioitu sillä sen saaminen ei ole automaattista vaan harkinnanvaraista. Maalämpöasennuksiin avustuksen saisi kuitenkin melko helposti, koska kyseessä on ympäristöystävällinen lämmitystapa, verrattuna suoravirtaan. Energia-avustuksen antama rahallinen hyöty pienentäisi takaisinmaksuaikaa tuntuvasti.



## 5 Johtopäätökset

Voidaan päätellä että maalämpöön siirtymistä kannattaa vakavasti harkita suuresta investoinnista huolimatta, mikäli talon käyttöaste palautuu ennalleen. Viimeaikainen kulutus on ollut niin alhaista että muutos ei välttämättä kannata. Jos talossa olisi kiertovesilämmitys jo valmiina, ja vaikkapa öljykattila, ei asiaa tarvitsisi kovin paljoa miettiä nykyisillä energianhinnoilla. Sähkö on kuitenkin ollut vielä suhteellisen edullista, ja tässä tapauksessa kulutus on ollut pientä viime aikoina, että asia ei olekaan itsestään selvä. Kovia ja pitkiä pakkasjaksoja ei ole sattunut sille ajalle kun etäluettava mittari on ollut käytössä, ja kulutuslukema hieman vääristyy alaspäin pitkän ajan keskiarvoon nähden. Aiemmin kun vielä asukkaita oli enemmän ja lähes aina paikalla, sähkön kulutus on ollut huomattavasti suurempaa. Tulevaisuutta on vaikea ennustaa, mutta sähkö varmaankaan ei juuri tule halpenemaan, eivätkä pakkaset tule häviämään, ja suurin osa vuodesta vaatii edelleen lämmityksen käyttöä vaikka kovimpia pakkasia ei olisikaan. Lisäksi mukavuustekijät on huomioitava eli puun polttoa voidaan vähentää ilman että sähkönkulutus kasvaa huomattavasti.

Omalla työllä voi säästää huomattavastikin asennuskustannuksia, tosin kotitalousvähennystä ei tällöin saa. Valtion energia-avustus kannattaa huomioida lopullista päätöstä tehtäessä.

## Lähteet

1. Motiva Oy. Maalämpöpumppu. 2015 [verkkodokumentti]  
Saataavissa:  
[http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu\\_mlp](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp). 4.11.2015.
2. Senera Oy. Miksi maalämpö? [verkkodokumentti]  
Saataavissa: <http://www.senera.fi/Maalampo/>. 4.11.2015.
3. Oy Callidus Ab. Maalämpö [verkkodokumentti] Saataavissa:  
<http://www.callidus.fi/fi/lammitys/ratkaisut/maalampo>. 6.11.2015.
4. Nibe. Fighter 1210 –käyttöohje.2005. 7.11.2015
5. Markku Pykäläinen. Kiinteistön rakennuslupahakemus ja kuvat. 2005.
6. Freemium Media Oy/Suomela. Lämpöpumpun toimintaperiaate. 2014 [verkkodokumentti]  
Saataavissa: <http://www.suomela.fi/lampopumpun-toimintaperiaate>. 7.1.2016.
7. Motiva Oy. Hanki hallitusti maalämpöjärjestelmä. 2011. [verkkodokumentti] Saataavissa: [http://www.motiva.fi/files/4764/Hanki\\_hallitusti\\_maalampojarjestelma.pdf](http://www.motiva.fi/files/4764/Hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.pdf). 14.11.2015
8. Rakennustieto. Rakennettu Ympäristö: Onko hirsitalo menneiden aikojen rakennus? 2006 [verkkodokumentti] Saataavissa:  
[http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/P\\_259.html](http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/P_259.html). (10.3.2016)
9. Oilon. Geopro SH –esite. 2015. [verkkodokumentti] Saataavissa:  
[http://lampoykkonen.fi/wp-content/uploads/2012/06/esite\\_geopro\\_sh.pdf](http://lampoykkonen.fi/wp-content/uploads/2012/06/esite_geopro_sh.pdf).19.2.2016
10. Lämpövinkki Oy. Maalämpöpumpun ja maalämmön valinta. 2013. [verkkodokumentti] Saataavissa:  
[http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjat\\_yokalut/Maal%C3%A4mp%C3%B6pumpun%20ja%20maal%C3%A4mm%C3%B6n%20valinta%20pikaopas.pdf](http://www.lampovinkki.fi/DowebEasyCMS/Sivusto/Dokumentit/ladattavatoppaatjat_yokalut/Maal%C3%A4mp%C3%B6pumpun%20ja%20maal%C3%A4mm%C3%B6n%20valinta%20pikaopas.pdf). 17.1.2016
11. Nibe. Fighter F1255 –esite. 2015. Saataavissa:  
<http://www.nibe.fi/nibedocuments/17897/M11556-3.pdf> . 20.2.2016

12. Polarsol Oy. Esimerkkitalo Joensuu. 2016. [verkkosivu] Saatavissa: <http://www.polarsol.com/monitoring/ok-talo-joensuu.html>. 15.1.2016.
13. E-P:n Lämpötekniikka. NIBE-lämpöpumppu. 2015. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.lämpötekniikka.fi/nibe-maalampopumppu/>. 13.1.2016
14. Nilan Suomi Oy. COP vs. SCOP – hyötysuhteiden erot. 2015. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.nilan.fi/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>. 5.1.2016
15. Ympäristöministeriö. D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma: Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2012. 2.2.2016
16. Laitinen, Ari et al. Impacts of large penetration of heat pumps on the electricity use. 2011. [verkkodokumentti]. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2011/VTT-R-03174-11.pdf>. 9.12.2016
17. Nibe. Cool-In maaviilennysratkaisu. 2016. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.nibe.fi/Tuotteet/Cool-IN-viilennysjarjestelmat/>. 9.2.2016
18. Bosch. Compress 5000 LW –asennusohje. 2013. Saatavissa: <http://www.lampopumppu.fi/bosch/jalleenmyyjille/>. 27.2.2016
19. Oilon Home Oy. Maalämpöesite 2014. Saatavissa: <http://www.oilon.com/oilon-home/tuotteet/tuotemateriaali/>. 2014. 27.2.2016
20. CTC Suomi Oy. CTC Ecopart 400-esite. 2013. Saatavissa: <http://www.ctclampo.fi/product/ctc-ecopart-400-fi/>. 27.2.2016
21. Opinnäytetyö: Timo Nevalainen. Parha-messutalon energiamittausjärjestelmän seuranta ja dokumentointi. 2011. 4.3.2016
22. Tulikivi Oy. Green W10-vesilämmitysjärjestelmä. 2015. [verkkodokumentti] Saatavissa: [http://www.tulikivi.fi/tuotteet/TulikiviGreen\\_W10-Vesilammitysjarjestelma](http://www.tulikivi.fi/tuotteet/TulikiviGreen_W10-Vesilammitysjarjestelma). 4.3.2016
23. Motiva Oy. Kulutuksen normitus. 2015. [verkkodokumentti] Saatavissa: [http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energian kayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus). 26.2.2016.

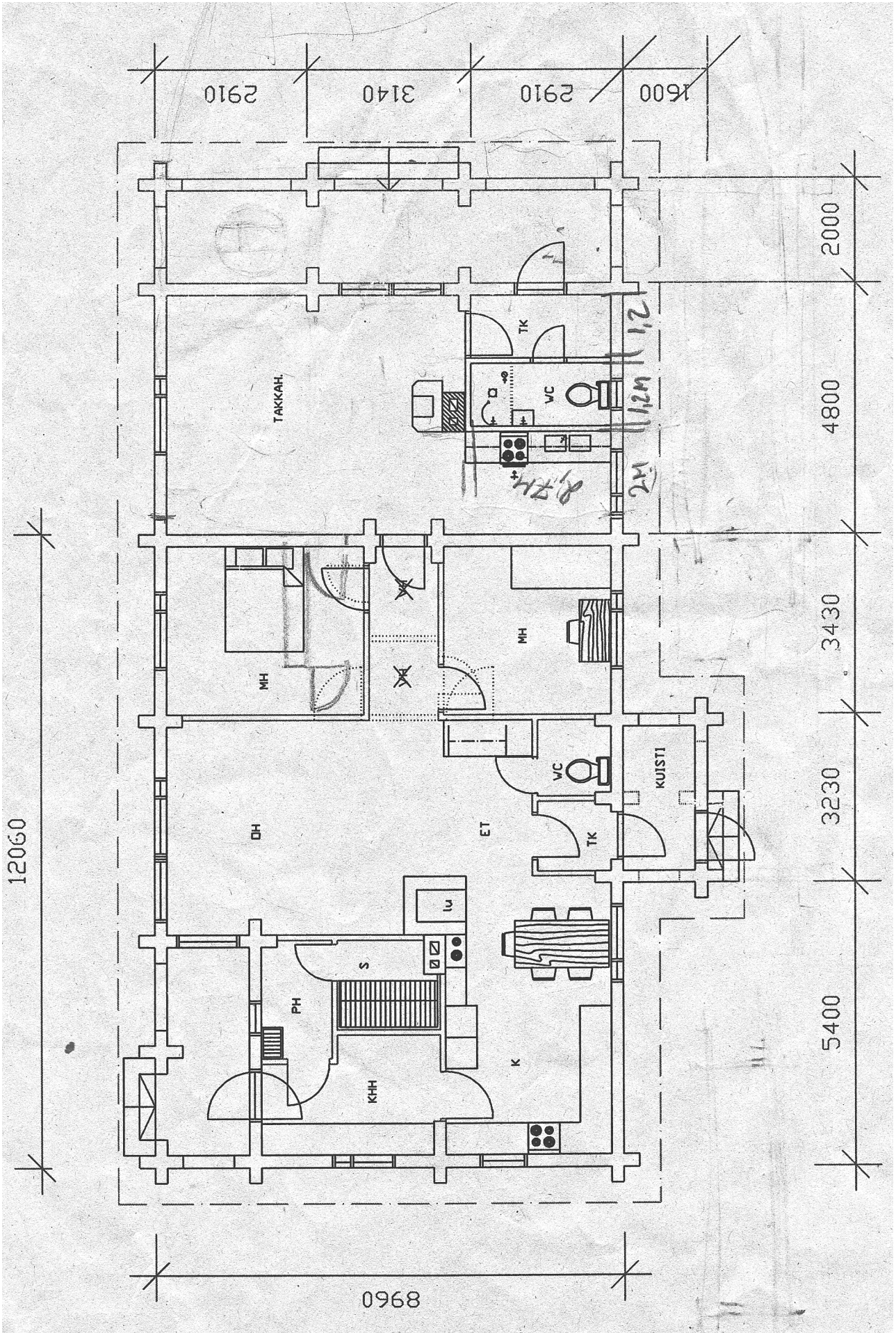
24. ICAX Limited. Asphalt Solar collector. 2015. [verkkodokumentti] Saatavissa: [http://www.icax.co.uk/asphalt\\_solar\\_collector.html](http://www.icax.co.uk/asphalt_solar_collector.html) 19.3.2016

25. Metsäkeskus. Halkoliiteri.com – Energialaskuri. 2015. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.halkoliiteri.com/?id=170>. 12.12.2015

26. Ilmatieteenlaitos. Lämmitystarveluvut. 2016. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>. 15.2.2016

27. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Pientalojen harkinnanvarainen energia-avustus. 2016. [verkkodokumentti]  
Saatavissa: [http://www.ara.fi/fi-fi/rahoitus/avustukset/kuntien\\_myontamat\\_korjaus\\_ja\\_energiaavustukset/pientalojen\\_harkinnanvarainen\\_energiaavustus](http://www.ara.fi/fi-fi/rahoitus/avustukset/kuntien_myontamat_korjaus_ja_energiaavustukset/pientalojen_harkinnanvarainen_energiaavustus). 20.3.2016

LIITE 1. Pohjakuva





LIITE 2. Talo ulkoa



**NIBE VPDIM 2.5** Tiedosto Asetukset Kieli Tiedot

---

Nykyinen sähkönkulutus

Sähkönkulutus ilman taloussähköä  kWh/vuosi Hyötysuhde  %

Power consumption help equip. (e.g. heating circulator)  W (Double click to get default value)

---

Energia

Nettoenergian tarve  kWh/vuosi Sisälämpötila  °C

Josta lämpimän käyttöveden osuus  kWh/vuosi Talon rakennusvuosi

---

Lämpöpumputiedot

Vaihteleva lauhdutus  Kiinteä lauhdutus Lämmönlähde

Menolämpötila MUT:ssa  °C Lämpöpumpputyyppi

Paluulämpötila MUT:ssa  °C LP lämpimän käyttöveden tuotto  %

Tulevan keruun keskilämpötila  °C Kiertovesipumpun teho  W

Energianpeittoaste  % Tehonpeittoaste  %

---

Lisäenergia

Öljy  Sähkö  Kaasu  Puu  Kaukoläm. Hyötysuhde  %

**2**



NIBE VPDIM 2.5

Tiedosto Asetukset Tiedot

### Energia/Teho

| Ennen asennusta          | Asennuksen jälkeen         | Säästö                    |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Energiantarve 29 014 kWh | Energiantarve 6 824 kWh    | Energiansäästö 22 190 kWh |
| Tehontarve 10,0 kW       | Suosittelu lisäteho 0,8 kW |                           |

### NIBE F1245-10

| Energia                          | Teho                         | Muuta                              |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| LPh tuottama energia 28 267 kWh  | LPh teho MUT:ssa 9,3 kW      | Lämpöpumpun käyntiaika 2761 h      |
| LPh käyttämä energia 6 592 kWh   | Tehonpeittoaste 92 %         | LPh ei tuottama LV 0 kWh           |
| Lisäenergia 19 kWh               | Lämpöpumppu kattaa n. -29 °C | Astetunnit 118 594 K <sup>°h</sup> |
| Energy for heating circ. 214 kWh | Lämpöeroin, vain LP 4,29     |                                    |
| Energianpeittoaste 100 %         |                              |                                    |

### Kerupiiri

| Vesistö                      |  |
|------------------------------|--|
| Putken pituus 297 m          |  |
| Ominaisenergianotto 74 kWh/m |  |
| Ominaisistehonotto 27 W/m    |  |

Takaisin

Seuraava

4



**NIBE VPDIM 2.5**  
Tiedosto Asetukset Tiedot

**Kustannukset ensimmäisenä vuonna**

| Ennen asennusta              | Asennuksen jälkeen         | Ensimmäisen vuoden säästö  |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Energiakustannukset 519 €    | Energiakustannukset 116 €  | Energiansäästö 403 €       |
| Ylläpitokustannukset 1 000 € | Ylläpitokustannukset 500 € | Ylläpitokustannukset 500 € |
| Perusmaksu, sähkö 250 €      | Perusmaksu, sähkö 250 €    | Perusmaksu, sähkö 0 €      |
| Kokonaiskustannukset 1 769 € | Kokonaiskustannukset 866 € | Säästö 903 €               |

**Kustannukset, 15 vuotta**

**Lämpöpumpulla**

vuotta Säästö

|      |       |
|------|-------|
| 1    | 903   |
| 2    | 930   |
| 3    | 949   |
| 4    | 968   |
| 5    | 988   |
| 6    | 1 008 |
| 7    | 1 028 |
| 8    | 1 049 |
| 9    | 1 070 |
| 10   | 1 092 |
| Yht. | 8 939 |

**Kuoletusaika**  
0 sapuulleen **14** vuotta

11 1 114  
12 1 136  
13 1 159  
14 1 183  
15 1 206  
Yht. 13 419

Takaisin **5**

# LIITE 4. Nibe VPDIM –energiälaskelma



## ENERGIALASKELMA

22.3.2016

NIBE VPDIM 2.5

### YLEISTIEDOT

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| Myyjä/Asentaja  | Kohde/Asiakas      |
| NIBE AB         | Esa Karppinen      |
| Box 14          | Mustanlammentie 10 |
| 285 21 MARKARYD | 80910 KULHO        |
| 0433 - 73000    |                    |

### TUOTE

|              |               |             |         |
|--------------|---------------|-------------|---------|
| Lämpöpumput: | NIBE F1245-10 | Lämmönlähde | Vesistö |
|--------------|---------------|-------------|---------|

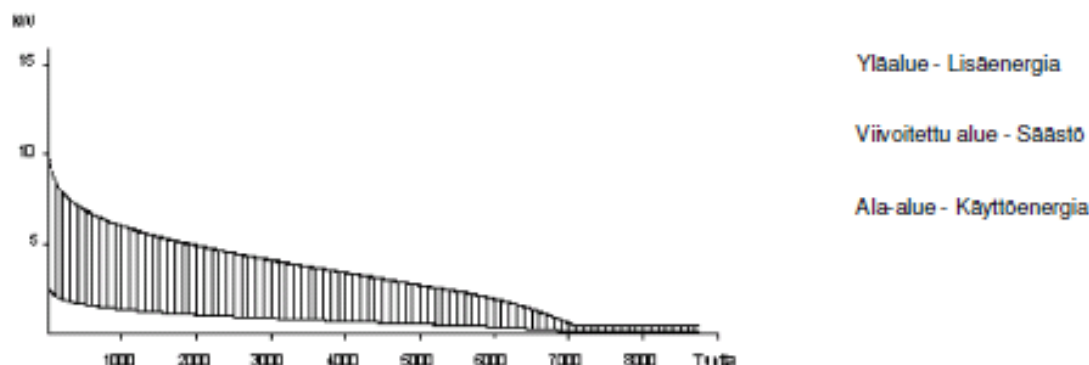
### TIEDOT JÄRJESTELMÄSTÄ

|  |                  |                              |        |
|--|------------------|------------------------------|--------|
| Sähkönkulutus ( 95 %)                    | 30053 kWh/vuosi  | Vuoden keskilämpötila        | 2 °C   |
|  |                  | Mitoittava ulkolämpötila MUT | -32 °C |
|  |                  | Sisälämpötila                | 21 °C  |
| Nettoenergiantarve (ei sis. taloussähkö) | 28 550 kWh/vuosi | Ilmaislämmöt kattavat alkaen | 15 °C  |
| Lämpimän veden tarve (sis. edelliseen)   | 4 500 kWh/vuosi  | Menolämpötila MUTssa         | 55 °C  |
| Consumption help equip. (circulator etc) | 464 kWh/vuosi    | Paluulämpötila MUTssa        | 45 °C  |
| Tehontarve                               | 10,0 kW          |                              |        |

### ENERGIANKULUTUS NIBE-LÄMPÖPUMPULLA

|                                 |                  |                         |            |
|---------------------------------|------------------|-------------------------|------------|
| Lämpöpumpun tuottama energia    | 28 267 kWh/vuosi | Lisäteho, netto         | 0,8 kW     |
| Lämpöpumpun käyttämä energia    | 6 592 kWh/vuosi  | Energianpeittoaste      | 100 %      |
| Lisäenergia, netto              | 19 kWh/vuosi     | Tehonpeittoaste         | 92 %       |
| Lisäenergia, brutto Sähkö, 95 % | 20 kWh/vuosi     | Lämpökerroin, vain LP   | 4,29       |
| Energy for heating circ.        | 214 kWh/vuosi    | Lämpökerroin, Yht.      | 4,14       |
| Energiankulutus, sähkö brutto   | 6825 kWh/vuosi   | Lauhdutus               | Vaihteleva |
| Säästö lämpöpumpulla            | 22 190 kWh/vuosi | .ammavesi lämpöpumpusta | 100 %      |

### ENERGIAKAAVIO



### KERUUPIIRIN TIEDOT

|                     |          |                                    |        |
|---------------------|----------|------------------------------------|--------|
| Putkiston pituus    | 297 m    | Lambda-arvo                        | 2 W/mK |
| Ominaisenergianotto | 74 kWh/m | Tulevan keruuaineen keskilämpötila | 2,7 °C |
| Ominaistehonotto    | 27 W/m   | Keruuaineen lämpötilaero           | 3 °C   |

**NIBE - HAATO, PL 257, FI-01510 VANTAA, +358 9 274 69 70**

(Laskelma perustuu saatuihin tietoihin, tulosten saavuttamista ei luvata sitovasti)

LIITE 5. Nibe VPDIM –taloudellisuuslaskelma



**TALOUDELLISUUSLASKELMA**

22.3.2016

Esa Karppinen

NIBE VPDIM 2.5

**LÄHTÖKOHDAT**

(Arvio perustuu oheiseen energialaskelmaan ja seuraaviin ehtoihin)

**Lämpöpumput:**

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Investointikulut     | 12 597 €     |
| Lainan osuus         | 0 €          |
| Laina-aika           | 0 vuotta     |
| Korko                | ,00 %        |
| Ylläpitokustannukset | 500 €/vuotta |

**Energiatunnukset**

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| Sähkö, normaalitaksa100 %)  | 0,017 €/kWh |
| Sähkö, yötaksa              | 0,017 €/kWh |
| Energian hinnannousu, sähkö | 2 %/vuotta  |

**Muut edellytykset**

|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| Inflaatio                            | 2 %         |
| Vero-osuus                           | 30 %        |
| Lainatyyppi                          | Annuiteetti |
| Ylläpitokustannukset ennen asennusta | 1 000 €     |
| Kiinteä maksu ennen asennusta        | 250 €       |
| Kiinteä maksu asennuksen jälkeen     | 250 €       |
| Hinnannousu, kiinteä maksu           | 2 %/vuotta  |

**ENERGIKUSTANNUKSET ENSIMMÄISEN VUODEN AIKANA**

| Energiakustannuk. ennen asennusta |         | Energiakustannuk. asennuksen jälkeen |       | Ensimmäisen vuoden säästö |       |
|-----------------------------------|---------|--------------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Energiakustannukset               | 519 €   | Energiakustannukset                  | 116 € | Energiansäästö            | 403 € |
| Ylläpitokustannukset              | 1 000 € | Ylläpitokustannukset                 | 500 € | Ylläpitokustannukset      | 500 € |
| Kiinteä maksu                     | 250 €   | Kiinteä maksu                        | 250 € | Kiinteä maksu             | 0 €   |
| Kokonaiskustannukset              | 1 769 € | Kokonaiskustannukset                 | 866 € | Säästö                    | 903 € |

**ENERGIKUSTANNUKSET 15 VUODEN AIKANA**

| NIBE F1245-10 |               |            |               |
|---------------|---------------|------------|---------------|
| vuotta        | Säästö        | Velanmaksu | Netto         |
| 1             | 903           | 0          | 903           |
| 2             | 930           | 0          | 930           |
| 3             | 949           | 0          | 949           |
| 4             | 968           | 0          | 968           |
| 5             | 988           | 0          | 988           |
| 6             | 1 008         | 0          | 1 008         |
| 7             | 1 028         | 0          | 1 028         |
| 8             | 1 049         | 0          | 1 049         |
| 9             | 1 070         | 0          | 1 070         |
| 10            | 1 092         | 0          | 1 092         |
| <b>Yht*</b>   | <b>8 939</b>  | <b>0</b>   | <b>8 939</b>  |
| 11            | 1 114         | 0          | 1 114         |
| 12            | 1 136         | 0          | 1 136         |
| 13            | 1 159         | 0          | 1 159         |
| 14            | 1 183         | 0          | 1 183         |
| 15            | 1 206         | 0          | 1 206         |
| <b>Yht*</b>   | <b>13 419</b> | <b>0</b>   | <b>13 419</b> |

Kuoletusaika (vuotta) 14

\* Osoittaa kokonaiskustannuksen nykyarvoa