



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

HEIDI POROLA

# **Maatilan lämmitysjärjestelmän uusiminen**

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIIKAN  
TUTKINTO-OHJELMA  
2023

## TIIVISTELMÄ

Porola, Heidi: Maatilan lämmitysjärjestelmän uusiminen  
Opinnäytetyö, AMK  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Joulukuu 2023  
Sivumäärä: 98

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, mikä olisi parhain vaihtoehto maatilalle uudeksi lämmitysjärjestelmäksi vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle. Tehtävä oli löytää lämmitysjärjestelmä, joka tulisi investoinnin ja käyttökustannusten osalta edullisimmaksi vaihtoehdoksi. Lisäksi lämmitysjärjestelmän edellytettiin olevan helppokäyttöinen ja mahdollisimman huoltovapaa.

Lämmitysjärjestelmän valintaa varten oli selvitettävä maatilan rakennusten lämmitystehon tarve, koska saatavilla ei ollut aikaisempia lämmitystietoja. Lämmitystehon tarpeen laskennassa jouduttiin käyttämään ympäristöministeriön energiatodistusoppaan liitettä vanhojen rakennusten tyypillisistä suunniteluarvoista. Laskeminen toteutettiin käyttämällä ympäristöministeriön energiatehokkuusoppaassa olevia laskukaavoja lämmitystehon määrittämiseksi.

Lämmitystehon määrittämisen jälkeen suoritettiin valituille lämmitysjärjestelmille mitoitus, jotta pystyttiin valitsemaan oikean tehoinen lämmityslaite maatilalle. Mitoituksen jälkeen laskettiin valituille lämmitysjärjestelmille investointikustannus, käyttökustannukset ja huoltokustannukset. Kyseisten kustannusten myötä pystyttiin valitsemaan hinnaltaan edullisin vaihtoa maatilalle.

Avainsanat: Lämmitysjärjestelmät, lämmitysteho, maalämpö, ilmavesilämpöpumppu

## Abstract

Porola, Heidi: Replacement of the heating system on the farm

Bachelor's thesis

Construction and Municipal Engineering

December 2023

Number of pages: 98

The purpose of the thesis was to find out what would be the best option for a new heating system on a farm to replace the old heating system. The task was to find the heating system that would be the most cost-effective option in terms of investment and running costs. In addition, the heating system had to be easy to use and as maintenance-free as possible.

To select the heating system, the heating demand of the farm buildings had to be determined, as no previous heating data was available. To calculate the heating demand, it was necessary to use the appendix of the Ministry of the Environment's Energy Certification Guide on typical design values for old buildings. The calculation was carried out using the calculation formulae for determining the heating capacity in the Energy Efficiency Guide of the Ministry of Environment.

After the heating capacity was determined, the selected heating systems were sized in order to choose the right heating system for the farm. After sizing, the investment cost, running costs and maintenance costs were calculated for the selected heating systems. These costs made it possible to select the most cost-effective replacement for the farm.

Keywords: Heating systems, heating capacity, geothermal heating, air-to-water heat pump

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT .....	10
2.1 Maalämpö.....	11
2.1.1 Maapiiri .....	14
2.1.2 Maalämpökaivo.....	15
2.2 Ilmavesilämpöpumppu.....	19
2.3 Lämpöpumppujen asentaminen .....	23
3 LÄMMITYSENERGIAN TARVE .....	24
3.1 Asuinrakennus.....	29
3.2 Hevostalli.....	35
3.3 Lämpimän käyttöveden energian tarve.....	43
4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MITOITUS.....	43
4.1 Maalämpö.....	44
4.2 Ilmavesilämpöpumppu.....	51
5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET .....	60
5.1 Maalämpö.....	61
5.1.1 Maalämmön käyttökustannukset .....	64
5.2 Ilmavesilämpöpumppu.....	64
5.2.1 Ilmavesilämpöpumpun käyttökustannukset .....	65
6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VALINTA.....	66
LÄHTEET .....	72
LIITE 1: ASEMAKUVA .....	76
LIITE 2: HEVOSTALLI POHJAPIIRROS.....	77
LIITE 3: ASUINRAKENNUS POHJAPIIRROS .....	81
LIITE 4: ASUINRAKENNUKSEN PINTA-ALAT.....	84
LIITE 5: ASUINRAKENNUKSEN KYLMÄSILTOJEN MITAT .....	87
LIITE 6: HEVOSTALLIN PINTA-ALAT .....	89
LIITE 7: HEVOSTALLIN KYLMÄSILTOJEN MITAT .....	93
LIITE 8: KYLMÄSILTOJEN LISÄKONDUKTANSSI .....	95
LIITE 9: ILMAVESILÄMPÖPUMPPU TEKNINEN TUOTESELOSTE .....	96
LIITE 10: DAIKIN PRODUCT FICHE .....	97
LIITE 11: KÄYTTÖKUSTANNUSTEN VERTAILU .....	98

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

$A_i$	rakennusosan $i$ pinta-ala [ $m^2$ ]
$A_{vaippa}$	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna) [ $m^2$ ]
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 J/kg K
$l_k$	viivamaisen kylmäsilan pituus [m]
$n_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
$\rho_i$	ilman tiheys 1,2 kg/ $m^3$
$q_{50}$	rakennusvaipan ilmanvuotoluku [ $m^3 / (h m^2)$ ]
$Q_{alapohja}$	johtumislämpöteho alapohjien läpi [W]
$Q_i$	johtumislämpöteho rakennusosan $i$ läpi [W]
$Q_{ikkunat}$	johtumislämpöteho ikkunoiden läpi [W]
$Q_{joht}$	johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi [W]
$Q_{korvausilma}$	teho korvausilman lämmittämiseen tilassa [W]
$Q_{kylmäsilat}$	kylmäsiltojen johtumislämpöteho [W]
$Q_{muu}$	johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta [W]
$Q_{ovi}$	johtumislämpöteho ulko-ovien läpi [W]
$Q_{tila}$	tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve [W]
$Q_{tuloilma}$	teho tuloilman lämmittämiseen tilassa [W]
$Q_{ulkoseinä}$	johtumislämpöteho ulkoseinien läpi [W]
$q_v, \text{ vuotoilma}$	vuotoilmavirta [ $m^3/s$ ]
$Q_{vuotoilma}$	vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve [W]
$Q_{yläpohja}$	johtumislämpöteho yläpohjien läpi [W]
$T_s$	sisäilman lämpötila [ $^{\circ}C$ ]
$T_{u, mit}$	mitoitettava ulkoilman lämpötila [ $^{\circ}C$ ]
$U_i$	rakennusosan $i$ lämmönläpäisykerroin, [ $W/(m^2 K)$ ]
$V$	rakennuksen tilavuus [ $m^3$ ]
$x$	kerroin, joka on yksikerroksisilla rakennuksilla 35, kaksikerroksille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa n. 3m. Vain maanpinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon.

$\Psi_k$  viivamaisen kylmäsilän lisäkonduktanssi [W/(m K)]  
3600 kerroin, joka muuttaa ilmaviran yksiköstä m<sup>3</sup>/h yksikköön m<sup>3</sup>/s

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa, mikä olisi paras mahdollinen vaihtoehto opinnäytetyön case-kohteena olevalle maatilalle uudeksi lämmitysjärjestelmäksi nykyisen puulämmityksen tilalle. Sekä asuinrakennuksessa että navetassa on vesikiertoinen radiaattoria- eli patterilämmitys. Maatilan asuinrakennus on alkujaan rakennettu 1940-luvulla. Asuinrakennukseen on suunniteltu rakennuspiirustusten päiväyksen mukaan vuonna 1983 laajennus, mikä on myös toteutettu suunnitelmien mukaan. Maatilalla on useampi ulkorakennus, mutta niistä ainoastaan navettaa lämmitetään. Navetan rakennuspiirustukset on päivätty vuoden 1975 lopulle.

Vuonna 2020 navetta muutettiin hevostalliksi, jossa on kahdeksan hevospaikkaa. Tätä ennen navetta oli ollut poissa käytöstä useamman vuoden ajan. Muutoksen aiheutti maatilan siirtyminen uusille omistajille. Jatkossa navetasta käytetäänkin nimitystä hevostalli. Uudet omistajat havaitsivat tilan siirtymisen yhteydessä, että puulämmityksen osalta puukattila oli tullut käyttöikänsä loppuun. He myös kokevat puulämmityksen haasteelliseksi, koska eivät itse asu maatilalla.

Maatilan tekninen tila sijaitsee hevostallissa, josta kulkee pihan poikki lämpökanaali asuinrakennukseen (liite 1). Lämpökanaaleja ei kuitenkaan ole piirretty asemapiirrokseen, joten niiden sijainti tulisi selvittää. Asuinrakennuksessa asuu tällä hetkellä vuokralainen, mutta on mahdollista, että asuinrakennus voi olla tyhjiään tulevaisuudessa. Asuinrakennusta ei voi kuitenkaan päästää niin sanotusti kylmilleen, koska asuinrakennuksen alakerrassa sijaitsee kiinteistön vesiliittymä vesimittareineen.



Kuva 1. Maatilan tekninen tila, joka sijaitsee hevostallissa. Alkuperäinen puukattila vuodelta 1976. (Porola, H. 2022)

Maatilan omistajat toivovat uuden lämmitysjärjestelmän olevan helppo käyttää. Toiveeseen vaikuttaa se, että hevostallilla käy maatilan omistajien lisäksi hevostallin asiakkaita ja tarvittaessa lomittajia. Tällä hetkellä jokainen hevostallin käyttäjä on omalta osaltaan ottanut osaa lämmityksen toteutukseen, mistä syystä teknisessä tilassa on ohjeet puulämmityksen toteuttamiseen (kuva 4).

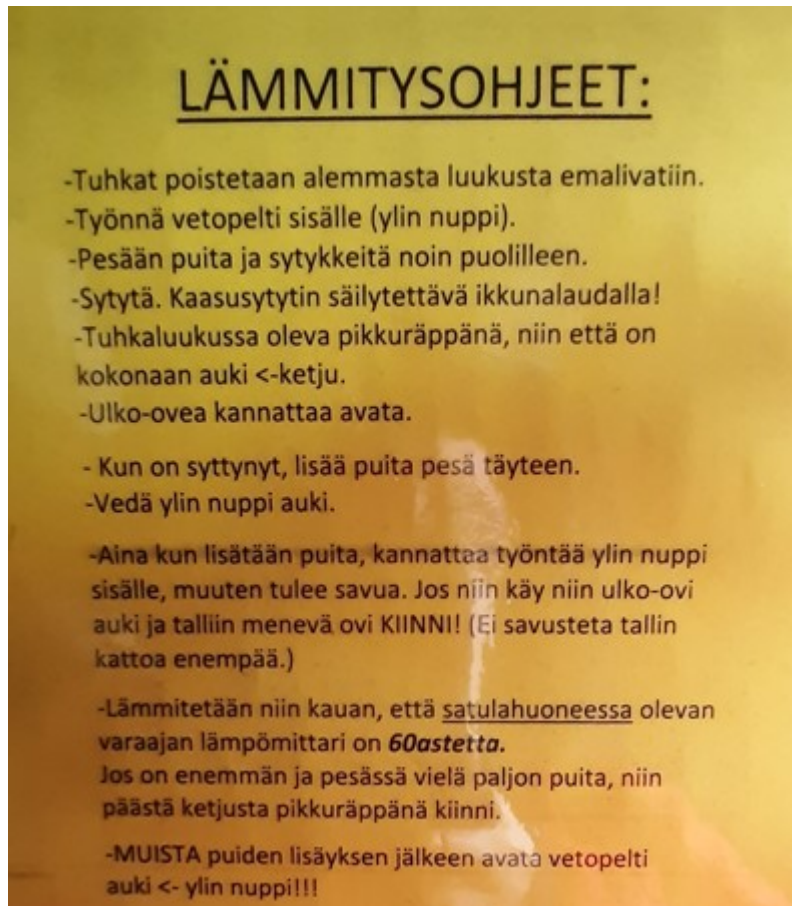




Kuva 2. Asuinrakennuksen kellaritilan vasenpuoli. (Porola, M. 2021)



Kuva 3. Asuinrakennuksen kellaritila oikea puoli. (Porola, M. 2021)



Kuva 4. Puulämmityksen käyttöohjeet. (Porola, H. 2022)

## 2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Vaihtoehtoina puulämmityksen tilalle on hakelämmitys, pellettilämmitys, maalämpö tai ilmavesilämpöpumppu. Öljylämmitykseen siirtyminen taas ei ole vaihtoehtona ollenkaan, koska Suomen hallitusohjelman tavoitteena on luopua öljylämmityksestä 2030-luvun alussa (Ympäristöministeriö, n.d.).

Hake- ja pellettilämmitys tarvitsevat molemmat varastotilan, johon voi varastoida noin vuoden lämmitystarvetta vastaavan määrän materiaalia. Keskustelu maatilän omistajien kanssa tuo esiin sen, että he eivät halua hake- tai pellettilämmitystä kyseiselle tilalle. Syynä tähän on varastotilan tarve ja se, ettei teknisen tilan lähelle saada järjestettyä tilaa hakkeelle tai pelletille.

Tarkasteltaessa liitteessä 1 olevaa piha-alueen asemapiirustusta havaitaan, että kuivurin ja talousrakennuksen välissä olisi tilaa pienelle hake- tai pelletti-varastolle. Kyseiselle alueelle on kuitenkin suunnitteilla aitaus hevosille. Liitteestä 2 nähdään, että tekninen tila sijaitsee tallissa ja sen läheisyyteen ei ole myöskään mahdollista rakentaa hake- tai pelletti-varastoa. Teknisen tilan oikealle puolelle on suunniteltu tehtäväksi satulahuone. Vaihtoehtoisiksi jää näin ollen maalämpö tai ilmavesilämpöpumppu.

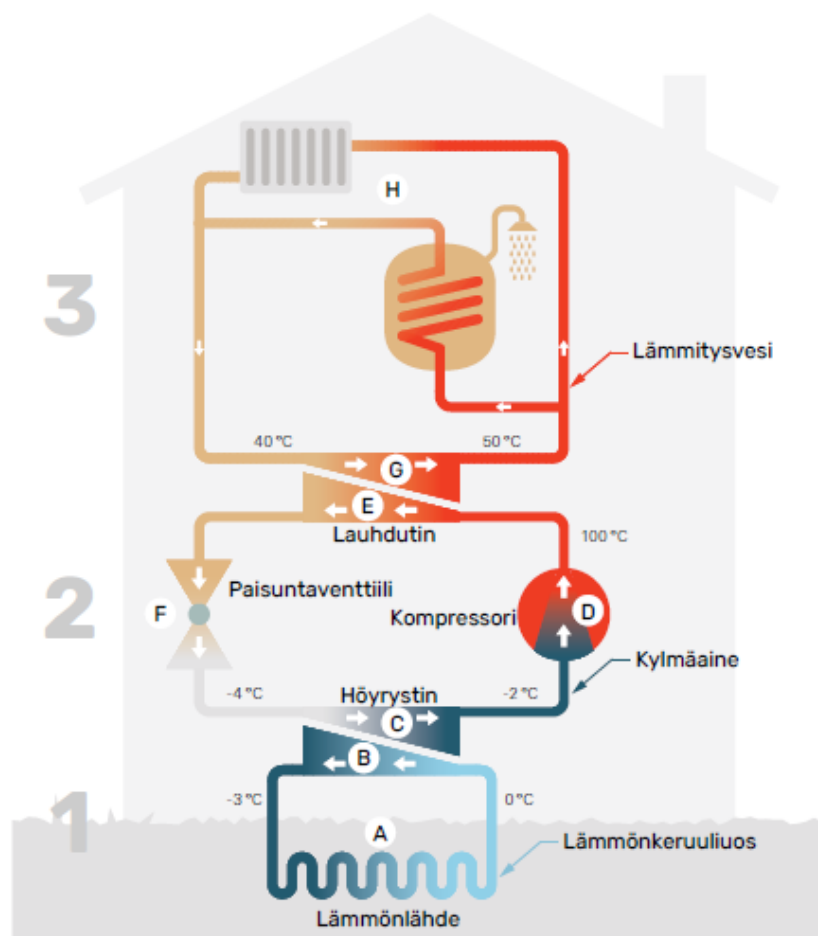
Poistoilmalämpöpumppua ei voida harkita case-kohteessa vaihtoehtoksi, koska maatilan rakennuksissa ei ole koneellista ilmanvaihtoa vaan kaikissa rakennuksissa on painovoimainen ilmanvaihto. Poistoilmalämpöpumpun toiminta perustuu ilmanvaihdon kautta poistuvan lämpimän ilman talteenottoon. Talteenotettu lämpö siirretään vesikiertoisen lämmitysjärjestelmän käyttöön, lämpimän käyttöveden lämmittämiseen ja rakennuksen tuloilmaan.

Yhtenä vaihtoehtona on vielä aurinkoenergian hyödyntäminen valitun lämmitysjärjestelmän rinnalle. Aurinkoenergian hyödyntämisen osalta on otettava huomioon auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut (RIL 265, 2014, s. 31). Voimakkaimmillaan auringonsäteily on touko-heinäkuussa (RIL 265, 2014, s. 32). Koska tuohon aikaan vuodesta myös rakennusten lämmitystarve on minimaalinen tai nolla, aurinkoenergiasta saatava hyöty maalämmön tai ilmavesilämpöpumpun rinnalla on olematon. Syynä tähän on se, että auringosta maahan tai ilmaan varastoitunut lämpö siirtyy myös lämpöpumpulla rakennusten lämmitykseen. (RIL 265, 2014, s. 35.)

## 2.1 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmää kuuluu maalämpöpumpun lisäksi siirtoputkisto ja keruupiiri. Maalämpöpumppuun kuuluu sisäänrakennettu lämminvesivaraaja, kompressori, lämmönvaihdin ja suljettu kylmäainepiiri. Maalämmön keruupiiri on joko vaakaputkisto tai porakaivo. Porakaivosta voidaan käyttää myös nimiä maalämpökaivo ja energiakaivo. Keruupiiriin keräämän lämmön talteenottamista varten tarvitaan lisäksi vielä sähköä. Tehdään maalämpöjärjestelmä

sitten vaakaputkistolla tai lämpökaivolla sitä varten tarvitaan toimenpidelupa oman kunnan rakennusvalvonnasta (RIL 265, 2014, s. 81). Asia kannattaa kuitenkin varmistaa oman kunnan rakennusvalvonnasta, sillä esimerkiksi casekohteen tapauksessa Kokemäen kaupunki edellyttää toimenpideluvan sijaan toimenpideilmoituksen tekemistä (Kokemäki, 2022, s. 4). Vastaavasti taas Vihdissä maalämpö edellyttää rakennuslupaa (Vihti, 2022, s.3).



Kuva 5. Maalämpöpumpun toimintaperiaate. (Nibe. n.d., s.6.)

Maalämpöpumpun toimintaperiaate on kuvattu kuvassa 5. Lämpötilat, jotka kyseiseen kuvaan ovat merkitty, antavat vain osiittaa maalämpöjärjestelmän eri lämpötiloille eli kyseiset lämpötilat vaihtelevat erilaisissa rakennuksissa ja eri vuodenaikoina. Tarkasteltaessa maalämpöpumpun toimintaperiaatetta nähdään, että maalämmön keruupiiri ottaa talteen auringon tuottaman

lämpöenergian maaperästä. Maaperän lisäksi lämpöä voidaan ottaa talteen vesistöistä, jos rakennuksen läheisyydessä sijaitsee esimerkiksi järvi.

Maaperän lämpö lämmittää keruupiirissä virtaavan vesietanoliliuoksen muuttamalla asteella siten, että nesteen lämpötila on noin 0°C höyrystimeen saapuessa, mutta lämpötila voi olla matalampi talvella ja korkeampi kesällä. Höyrystimessä neste lämmittää maalämpöpumpun sisällä kiertävän kylmäaineen. Kylmäaine muuttuu keruunesteestä siirtyneen lämpöenergian avulla höyryksi, koska kylmäaineen kiehumispisteen lämpötila on alhainen. (Korkala, 2021, s.36-37.) Esimerkiksi kylmäaineen R410A kiehumispiste on -51,6°C:sta (Eco Scandic, 2023).

Höyryksi muuttunut kylmäaine siirtyy höyrystimestä kompressoriin. Kompressori puristaa kylmäainehöyryn korkeampaan paineeseen, jonka seurauksena on lämpötilan nousu voimakkaasti. Kompressorin jälkeen höyryn lämpötila on yli +100°C:sta eli kylmäaine on muuttunut kuumakaasuksi. Kompressorin jälkeen kylmäaine eli kuumakaasu siirtyy lämmönvaihtimelle, jossa on tulistin ja lauhdutin. Lämmönvaihtimen kautta kuumakaasu luovuttaa lämpöenergian varaajalle, jolla vesi lämmitetään. Lämmennetty vettä käytetään sekä rakennuksen lämmitykseen että lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. (Korkala, 2021, s. 37.)

Luovutettuaan lämpöä kuumakaasun lämpötila muuttuu pienemmäksi ja se muuttuu nestemäiseksi kylmäaineeksi. Kyseistä tapahtumaa kutsumaan lauhtumiseksi. Lauhtumisessa kylmäaineen lämpötila laskee +100°C:sta yleensä noin +35-55°C:een. Jäähdytymisessä vapautuvaa energiaa nimitetään kuumaksi tulistusenergiaksi ja sitä voidaan käyttää vielä käyttöveden loppukuumentamisessa. Tämä edellyttää kuitenkin tulistusenergian talteen ottamista erillisellä lämmönvaihtimella. (Korkala, 2021, s. 37.)

Lämmönvaihtimen jälkeen kylmäaine siirtyy takaisin lauhduttimeen ja kylmäaineen olomuoto muuttuu höyrystä nesteeksi luovuttaessaan lämpöenergiaa lämminvesivaraajalle. Lämminvesivaraaja siirtää taas lämpöenergian

lämmitysverkostoon eli lattialämmitykselle tai radiaattoreille. Kylmäaineen luovutettua lämpönsä se siirtyy kuivaussuodattimen kautta paisuntaventtiilille. Paisuntaventtiilissä kylmäaineen paine laskee, jonka jälkeen alkaa uusi kierto höyrystimessä. (Korkala, 2021, s. 37.)

Maalämpöjärjestelmässä olisi hyvä olla mittarit maalämpöjärjestelmässä käytetylle kiinteistösähkölle ja maalämpöjärjestelmän tuottamalla maalämmön energialle. Mittareiden avulla pystytään paremmin seuraamaan pitkällä aikavälillä järjestelmän energiakulutusta. Lisäksi maalämpöjärjestelmän putkiin ja laitteisiin tulee merkitä selkeästi muun muassa keruupiirin maaliuoksen paluu- ja menoputket (kuva 6) sekä eri laitteiden nimet. (Korkala, 2021, s. 37.)



Kuva 6. Keruupiirin nesteen meno- ja paluuputkien merkintä. (Porola, M. 2020)

### 2.1.1 Maapiiri

Maalämmön vaakaputkisto eli maapiiri asennetaan pintamaahan noin metrin syvyyteen ja vaakaputkien etäisyys toisistaan on 1,2-1,5 metriä (LVI 11-10332, 2002, s.4). Maapiirin toteuttamiseen tarvitaan riittävän suuri tontti, koska rakennuskuutiota kohden tarvitaan 1-2 metriä putkea ja putkimetriä kohden noin

1,5 neliötä tonttimaata”. (Motiva, 2012.) Keruuputken yhden lenkin pituus saa olla enintään 400 metriä, jos mitoitetun keruuputkiston pituus on suurempi pitää tehdä useampi lenkki. (Perälä, 2013, s. 65.)

Parhain maaperä maapiirille on savimaa. Hiekkamaahan verrattuna savi- maasta saadaan talteen enemmän lämpöä. Maapiiriä ei voi asentaa kiviseen maaperään, koska routa-aikaan kivet liikkuvat ja voivat vaurioittaa keruuputkistoa. (Motiva, 2012.)

### 2.1.2 Maalämpökaivo

Maalämpökaivon eli lämpökaivon tulee sijaita 7,5 metrin päässä kiinteistön rajasta. Etäisyys rajasta voi olla pienempikin, jos vierekkäisten kiinteistöjen välissä on esimerkiksi leveä katu, puistoalue, metsä, pelto tai energiakaivo porataan vinoreikänä. Jos etäisyys rajasta on alle 7,5 metriä, tulee myös varmistaa, että viereisten kiinteistöjen mahdollisuus lämpökaivon poraamiseen ei esty tai kiinteistön muu käyttö ei esty. Kiinteistön muu käyttö on esimerkiksi kiinteistön jäteveden puhdistamon rakentaminen. (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s. 25.) Kiinteistön rajan lisäksi on olemassa myös muita suositeltuja minimietäisyyksiä, jotka on esitetty seuraavan sivun taulukossa 1.

Lämpökaivon halkaisija koko vaihtelee 105-165 millimetrin välillä ja lämpökaivon syvyys vaihtelee 120-300 metrin välillä. Tarvittaessa lämpökaivoja voidaan porata useampia vähintään 15 metrin välein, jos lämpöenergiaa tarvitaan enemmän kuin mitä saadaan yhdestä lämpökaivosta. Lisäksi jos lämpökaivon ja maalämpöpumpun välillä olevan siirtoputkiston pituus on pitkä, voidaan siirtoputkistoa hyödyntää myös lämpöenergian keruuputkistona. Tällöin siirtoputkistoa ei eristetä ja sen tulisi sijaita alueella, jolla ei ole kulkureittejä eikä aluetta aurata lumesta puhtaaksi talvella. (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s. 30.) Kuvassa 7 lämpökaivojen etäisyys on alle 15 metriä, mikä johtuu siitä, että lämpökaivoja ei ole porattu pystysuoraan vaan ne ovat vinoporattuja.

Kohde	Suosittelut minimietäisyys
Energiakaivo	15 m (porareian ollessa pystysuora)
Lämpöputket ja kaukolämpöjohdot	3 m (etäisyys riippuu maaperän laadusta, kaivussyvyydestä ja kaivantoon sijoitettavista putkista)
Kallioporakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja	7,5 m (porareian ollessa pystysuora)
Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistamon purkupaikka	Kaikki jätevedet 30 m Harmaat jätevedet 20 m
Viemärit ja vesijohdot	3 m (omat putket) – 5 m (muiden putket) (etäisyys riippuu maaperän laadusta, kaivussyvyydestä ja kaivantoon sijoitettavista putkista)
Tunnelit ja luolat	25 m, etäisyys selvitetään tapauskohtaisesti

Taulukko 1. Maalämpökaivon eli energiakaivon suositeltuja minimietäisyyksiä. (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s.25)

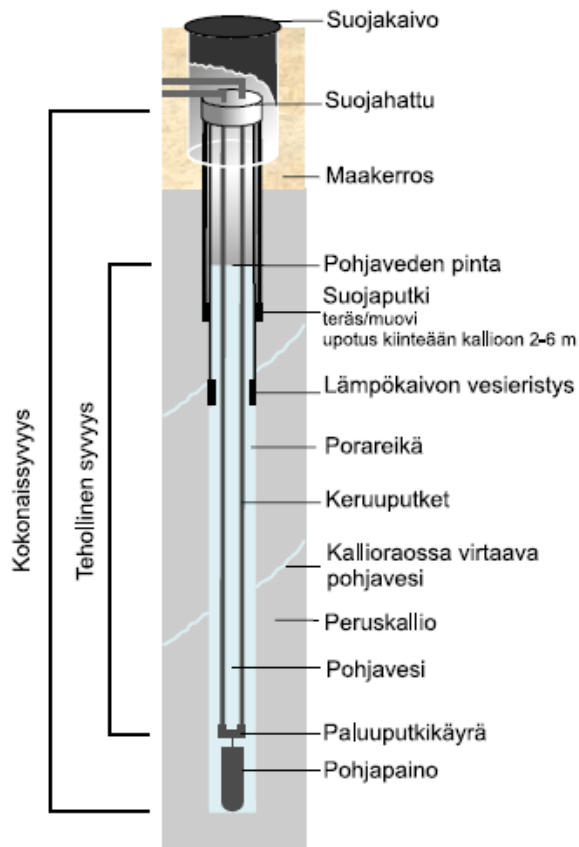




Kuva 7. Vinoporatut maalämpökaivot (Porola, M. 2017)

Kuvassa 8 on esitetty lämpökaivon rakenne. Lämpökaivon yläosaan asennetaan suoja-putki suojahatulla, joka upotetaan noin 2-6 metriä kiinteään kalliioon. Suoja-putken tehtävänä on estää irtonaisen maa-aineksen pääsy porattuun reikään. Rototec kertoo julkaisussaan Maalämpöopas omakotitaloille, että suoja-putken halkaisija on 139,7mm ja suoja-putken seinävahvuus on 5mm. Suojahatun päältä maalämpöpumpulle lähtevän keruuputkiston päälle asennetaan vielä tarkastuskaivo, jota voidaan nimittää myös suojakaivoksi. Tarkastuskaivo mahdollistaa lämpökaivon tarkastus- ja huoltotoimenpiteet.

Lämpökaivo tulee lisäksi vesieristää joko muovisella eristysputkella tai betonoimalla vähintään 6 metrin syvyyteen maanpinnasta (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s.33). Eristämisen tarkoituksena on estää hule- ja kuivatusvesien pääseminen porareikään eli estetään pintavesien pääseminen lämpökaivoon.



Kuva 8. Lämpökaivon rakenne. (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s.35.)

Maaperään porattu reikä täyttyy yleensä muutaman päivän kuluessa vedellä porauksesta. Joskus saatetaan kuitenkin joutua täyttämään porareikää vedellä, jos se ei täyty itsestään. Jos porareikä joudutaan täyttämään vedellä, tulee tarkistaa mihin tasoon veden pinta asettuu täytön jälkeen. Veden pinnan korkeus ratkaisee sen, miten on saavutettu lämpökaivon tehollinen syvyys ja se taas vaikuttaa lämmönsaantiin porareiästä. (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s. 33.)

Pohjapainon avulla lasketaan porattuun reikään muovinen keruuputkisto. Pohjapainoa tarvitaan siitä syystä, että keruuputkiston ja keruunesteen yhteispaino on vettä kevyempää. Pohjapaino painaa keruuputkiston pituudesta riippuen 6-18kg. (Kymen Lämpöpalvelu, 2022.)

## 2.2 Ilmavesilämpöpumppu

Ilmavesilämpöpumppu koostuu ulkoyksiköstä ja sisäyksiköstä. Sisäyksiköitä on saatavilla lämminvesivaraajalla, ilman lämminvesivaraajaa, lattiamallina tai seinämällinä. Seinämällisissä sisäyksiköissä ei ole sisäänrakennettua lämminvesivaraajaa. Sisäänrakennetut lämminvesivaraajat ovat yleensä joko 180 tai 230 litraisia. Sisä- ja ulkoyksikön välillä kulkee kylmäaineputket sekä sähkökaapeli. Sähköä tarvitaan sisäyksikön sähkölämmittimelle, ulkoyksikölle ja ulkoyksikön sulatusvesien saattolämmittimille. Ilmavesilämpöpumppuja on saatavilla split- ja monobloc-malleina.

Split-mallisen ilmavesilämpöpumpun ulkoyksikkö ottaa lämpöenergian talteen ulkoilmasta. Talteenotettu lämpöenergia kiertää ulkoyksikön puhaltimessa höyrystimen lävitse ja kylmäaineen olomuoto muuttuu nestemäisestä höyryksi. Kylmäaineen höyrystyessä se sitoo samalla myös itseensä lisää lämpöenergiaa ulkoilmasta. Tämän jälkeen ulkoyksikön kompressori puristaa kylmäainehöyryn kaasuksi ja siitä edelleen kuumakaasuksi. (Scanoffice, n.d.)

Split-mallisen ulkoyksikön kompressorilta ohjataan kuumakaasu sisäyksikköön. Sisäyksikön lauhtuttimessa kuumakaasu lauhdutetaan nesteeksi. Lauhtumisen seurauksena vapautuu lämpöenergiaa, joka ohjataan lauhtuttimelta vaihtoventtiilin avulla vesikiertoiseen lämmitysverkoston ja käyttöveden lämmitykseen. Lauhtumisen seurauksena kylmäaine muuttuu kuumakaasusta höyryksi ja sen jälkeen nesteeksi palaten ulkoyksikölle, jonka jälkeen kierto voi alkaa uudelleen. (Scanoffice, n.d.)

Siinä missä split-mallin ilmavesilämpöpumppu toimii kylmäaineella monobloc-mallissa kiertää vesi. Monobloc-mallissa lämpöpumpputekniikka on ulkoyksikössä eli ulkoyksikkö lämmittää veden ja se johdetaan lämmityksen jälkeen sisäyksikköön. Näin ollen sisäyksikkö ainoastaan ohjaa ulkoyksikössä lämmitetyn veden lämmitysverkostolle ja käyttövesivaraajalle. (Tom Allen Senera, n.d.a.)



Kuva 9. Ilmavesilämpöpumpun sisäyksikkö, puskurivaraaja ja paisunta-astia.  
(Porola, M. 2021)

Aine	Sulamispiste °C	Kiehumispiste °C
Vesi	0	+ 100
R32-kylmäaine	- 136	- 52

Taulukko 2. Veden ja kylmäaineen eroavaisuudet.

Split-malliin verrattuna monobloc-malli on alttiimpi jäätymisellä. Otetaan veden ominaisuuksien vertailukohdaksi kylmäaine R32 eli difluorimetaani. Taulukosta 2. huomataan, että vesi alkaa jäätymään lämpötilan ollessa alle 0°C ja R32-kylmäaine taas alkaa jäätymään lämpötilan laskiessa alle -136°C. Monobloc-mallin ulkoyksikön ja sisäyksikön välillä olevat siirtoputket tulee tästä syystä lämpöeristää ja putkimatkat ulkoilmassa tulee pitää lyhyinä. Ulkona olevissa siirtoputkissa tulisi olla myös jäätymissuojat. Tämä tarkoittaa sitä, että ulkoilman lämpötilan laskiessa 0°C:een ulkona olevat putket tyhjenevät vedestä jäätymissuojan kytkeytyessä päälle. Lisäksi ulkoyksikkö vaatii sähkölämmityksen vikatilanteissa jäätymisvaaran ehkäisemiseksi. (Lämpötilamestari, n.d.a)

Ulkoyksikön maatumitelineen alle tulee tehdä perustus, joka kestää ulkoyksikön painon. Perustus takaa, että ulkoyksikkö pysyy suorassa ja paikallaan. Kuvassa 10 ulkoyksikön perustus on valettu betonista ja se on hieman irti rakennuksen kivijalasta, jotta ulkoyksikön kompressorin värinä ei kantaudu eteenpäin rakennuksen rakenteissa. Maateline voidaan sijoittaa toki myös suoraan maaperän päälle, jos pystytään varmistamaan, että maateline pysyy suorassa ja paikallaan. Perustus tehdään monesti erikseen ja sen voi tehdä myös talon omistajat itse.



Kuva 10. Ilmavesilämpöpumpun ulkoyksikkö. (Porola, H. 2022)

Perinteinen oletus on, että ilmavesilämpöpumpun asentaminen olemassa olevan lämmitysjärjestelmän tilalle ei vaadi toimenpide tai rakennuslupaa. Asia kannattaa kuitenkin varmistaa oman kunnan rakennusvalvonnasta sillä

lupakäytännöt vaihtelevat paikkakunnittain. Ohessa muutama esimerkki lupakäytännöistä:

- Lahdessa ilmavesilämpöpumpun asentaminen edellyttää rakennuslupaa (Lahti, 2022).
- Vihdissä ilmavesilämpöpumpun asentaminen ei edellytä lupaa, jos se asennetaan jo olemassa olevaan lämmönjakohuoneeseen (Vihti, 2022).
- Tampereella lämmitysjärjestelmän muuttaminen edellyttää rakennuslupaa (Tampere, 2023).
- Imatralla ei edellytetä toimenpideluvan hakemista. Poikkeuksena suojellut rakennukset, joiden osalta tehtävä toimenpideilmoitus (Imatra, 2016).
- Kajaanissa ilmavesilämpöpumpun asentaminen ei edellytä lupia eikä ilmoitusta (Kajaani, 2022).

Case-kohteen osalta selviää Kokemäen rakennusjärjestyksestä, että ilmavesilämpöpumpun asentaminen ei edellytä toimenpideilmoitusta eikä toimenpideluvan hakemista (Kokemäki, 2022).

### 2.3 Lämpöpumppujen asentaminen

Lämpöpumput sisältävät kylmäainetta ja niiden asentamiseen vaaditaan kylmäalan pätevyys, jonka myöntää Tukes eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Tukes pitää julkista rekisteriä pätevyyden omaavasti henkilöistä ja luvan saaneista yrityksistä. Ilmavesilämpöpumpun asentamiseen vaaditaan vähintään e3-pätevyys, joka tarkoittaa alle 3kg:a kylmäainetta sisältäviä laitteita. Jos kylmäainetta on 3kg:a tai enemmän, vaaditaan y3-pätevyys. (Tukes, n.d.)

Aina ei kuitenkaan vaadita asentajalta kylmäalan pätevyyttä. Ehtona maalämpöpumpun osalta on se, että asentaja ei koske laitteiston kylmäainepiireihin. Ilmavesilämpöpumppujen osalta monoblock-mallit eivät edellytä asentajalta kylmäalan pätevyyttä.

Kylmäalan pätevyiden lisäksi niin maalämpöpumpun kuin ilma-vesilämpöpumpun asentaminen edellyttää sähkötoita. Tukes pitää rekisteriä myös sähköpätevyudet omaavista yrityksistä ja henkilöistä.

### 3 LÄMMITYSENERGIAN TARVE

Rakennusten lämmitysenergian tarve tulee määrittää, jotta voidaan valita mitoitukseltaan oikean kokoinen maalämpö- tai ilma-vesilämpöpumppu maatilalle. Saneerauskohteissa lämmitysenergian tarve määritetään usein sen hetken lämmitysjärjestelmän kuluttaman polttoaineen mukaan eli tässä tapauksessa puun kulutuksen mukaan. Lämmitysenergian tarpeen määrittämiseksi ei ole kuitenkaan tietoa kuinka paljon polttopuuta on kulunut vuoden aikana asuinrakennuksen ja hevostallin lämmitykseen.

Radioaattorivalmistaja Purmo ilmoittaa internet-sivuillaan, että ”Pohjoismaisessa ilmastossa perinteiseen tapaan eristetty keskikokoinen talo 2,40–2,50 metrin kattokorkeudella vaatii noin 70–75 W:n lämpötehoa jokaista neliometriä kohden”. Purmon ilmoittamana lämpöteho koskee todennäköisesti pelkästään asuinrakennuksia. Koska tarvitaan tiedot myös hevostallin lämmitystehon tarpeesta, Purmon ohjeistusta ei voida hyödyntää case-kohteessa.

Ympäristöministerin ohjeesta Energiatohokkuus - Rakennuksen energiankulutus ja lämmitystehontarpeen laskenta löytyy luvusta 10. Lämmitysteho sivuilta 64-70 laskentakaavat lämmitysenergian tarpeen määrittämiseksi case-kohteessa.

Tarvittavat laskentakaavat ovat:



Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve – kaava 10.2 (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 65)

$$Q_{tila} = Q_{joht} + Q_{vuotoilma} + Q_{tuloilma} + Q_{korvausilma}$$

$Q_{tila}$  = tilojen lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve [W]

$Q_{joht}$  = johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi [W]

$Q_{vuotoilma}$  = vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve [W]

$Q_{tuloilma}$  = teho tuloilman lämmittämiseen tilassa [W]

$Q_{korvausilma}$  = teho korvausilman lämmittämiseen tilassa [W]

Rakennusvaipan johtumislämpöhäviöteho – kaava 10.3. (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 65)

$$Q_{joht} = Q_{ulkoseinä} + Q_{yläpohja} + Q_{alapohja} + Q_{ikkunat} + Q_{ovi} + Q_{muu} + Q_{kylmäsiilat}$$

$Q_{joht}$  = johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi [W]

$Q_{ulkoseinä}$  = johtumislämpöteho ulkoseinien läpi [W]

$Q_{yläpohja}$  = johtumislämpöteho yläpohjien läpi [W]

$Q_{alapohja}$  = johtumislämpöteho alapohjien läpi [W]

$Q_{ikkunat}$  = johtumislämpöteho ikkunoiden läpi [W]

$Q_{ovi}$  = johtumislämpöteho ulko-ovien läpi [W]

$Q_{muu}$  = johtumislämpöteho tilaan, jonka lämpötila poikkeaa ulkolämpötilasta [W]

$Q_{kylmäsiilat}$  = kylmäsiiltojen johtumislämpöteho [W]

Rakennusvaipan rakennusosien lämpöhäviöt - kaava 10.4. (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 66)

$$Q_i = \sum U_i A_i (T_s - T_{u,mit})$$

$Q_i$  = johtumislämpöteho rakennusosan i läpi [W]

$U_i$  = rakennusosan i lämmönläpäisykerroin, [W/(m<sup>2</sup> K)]

$A_i$  = rakennusosan i pinta-ala [m<sup>2</sup>]

$T_s$  = sisäilman lämpötila [°C]

$T_{u,mit}$  = mitoittava ulkoilman lämpötila [°C]

Rakennusosien lämpöhäviötä laskettaessa tulee ottaa ulkoseinien osalta huomioon se, että ulkoseinän pinta-ala ei sisällä ikkunoiden ja oviaukkojen pinta-aloja. Laskettaessa tulee siis vähentää liitteissä 4. ja 6. olevien ulkoseinien pinta-alasta ikkunoiden ja ovien pinta-alat.

Kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöt - kaava 10.5 (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 66)

$$Q_{kylmäsilta} = \sum l_k \Psi_k (T_s - T_{u,mit})$$

$Q_{kylmäsilta}$  = johtumislämpöteho kylmäsiltojen läpi [W]

$l_k$  = viivamaisen kylmäsilan pituus [m]

$\Psi_k$  = viivamaisen kylmäsilan lisäkonduktanssi [W/(m K)]

$T_s$  = sisäilman lämpötila [°C]

$T_{u,mit}$  = mitoittava ulkoilman lämpötila [°C]

Vuotoilman lämpenemisen lämpötehon tarve – kaava 10.6 (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 67)

$$Q_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} (T_s - T_{u,mit})$$

$Q_{vuotoilma}$  = vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve [kWh]

$\rho_i$  = ilman tiheys 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  = ilman ominaislämpökapasiteetti 1000 J/kg K

$q_{v, vuotoilma}$  = vuotoilmavirta [m<sup>3</sup>/s]

$T_s$  = sisäilman lämpötila [°C]

$T_{u,mit}$  = ulkoilman lämpötila [°C]

Vuotoilmavirta - kaava 3.8 (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 21)

$$q_{v,vuotoilma} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{vaippa}$$

$q_{50}$  = rakennusvaipan ilmanvuotoluku [ $\text{m}^3 / (\text{h m}^2)$ ]

$A_{vaippa}$  = rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan lukien)

$x$  = kerroin, joka on yksikerroksisilla rakennuksille 35, kaksikerroksille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja viisikerroksisille ja sitä korkeimmille rakennuksille 15 kerroskorkeuden ollessa  $n \cdot 3\text{m}$ . Vain maanpinnan yläpuoliset kerrokset otetaan huomioon.

3600 = kerroin, joka muuttaa ilmaviran yksiköstä  $\text{m}^3/\text{h}$  yksikköön  $\text{m}^3/\text{s}$

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku – kaava 3.9 (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 21)

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaippa}} \times V$$

$q_{50}$  = rakennusvaipan ilmanvuotoluku [ $\text{m}^3 / (\text{h m}^2)$ ]

$n_{50}$  = rakennusvaipan ilmanvuotoluku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h

$V$  = rakennuksen tilavuus [ $\text{m}^3$ ]

$A_{vaippa}$  = rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna) [ $\text{m}^2$ ]

Rakennusvaipan pinta-alaa laskettaessa vaipan pinta-alaan lasketaan ulkoseinien pinta-alat siten, että ulkoseinien pinta-alasta ei vähennetä ikkunoiden ja ovien pinta-alaa. Ulkoseinien lisäksi rakennusvaipan pinta-alaan lasketaan mukaan yläpohja ja alapohja. Vaipan pinta-ala lasketaan sisämittojen mukaan. Myös rakennuksen tilavuus lasketaan rakennuksen sisämittojen mukaan.

Kuvassa 11 on Energitehokkuus-oppaassa oleva taulukko tyypillisistä rakennuksen ilmavuotoluvuista. Case-kohteen osalta haastetta tuo se, että kuvan taulukossa on huomioitu ainoastaan asuinrakennukset ja toimistorakennus. Päädytään kuitenkin tässä tapauksessa käyttämään hevostallin osalta samoja arvoja kuin taulukossa on toimistorakennuksessa. Vuotoilman osalta voidaan

todeta myös se, että sekä asuinrakennuksessa että hevostallissa on heikko ilmanpitävyys. Tämä siitä syystä, että rakennusvaiheessa ei kummankaan rakennuksen osalta olla kiinnitetty huomiota rakennusten ilmanpitävyyteen.

*Taulukko 3.5. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ( $n_{50}$ ) ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja ( $q_{50}$ ) erilaisille rakennuksille, rakentamis- ja toteutustavasta riippuen.*

Tavoite-ilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset $n_{50}$ -luvut, 1/h	Tyypilliset $q_{50}$ -luvut, $m^3/(h m^2)$
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo 1,0 – 3,0	Pientalot 1,0 – 3,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 0,5 – 1,5	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,0 – 4,0
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 3,0 – 5,0	Pientalot 3,0 – 5,0
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 1,5 – 3,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 4,0 – 8,0
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo 5,0 – 10,0	Pientalot 5,0 – 10
		Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 3,0 – 7,0	Asuinkerrostalo ja toimistorakennus 8,0 – 20,0

Kuva 11. Tyypillisiä rakennuksen ilmanvuotolukuja ja rakennusvaipan ilmanvuotolukuja. (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 22.)

Tuloilman ja korvausilman laskennassa tulee huomioida se, että asuinrakennuksessa ja hevostallissa on painovoimainen ilmanvaihto. Ympäristöministeriön Energiatehokkuus-oppaan sivulla 23 sanotaan ”Koneellisen poistoilman ja painovoimaisen ilmanvaihdon järjestelmissä ilmanvaihdon lämmittäminen tapahtuu tilassa, jolloin se lasketaan alaluvun 3.5 mukaan korvausilmaksi”. Kyseisessä kohdassa mainitaan sivulla 26, että ”Jos tuloilmavirta on suurempi tai yhtä suuri kuin poistoilmavirta, korvausilmavirtaa ei ole.” Asuinrakennuksen ja hevostallin osalta ei ole olemassa tietoja rakennusten eri tilojen ilmamääristä. Näin ollen oletetaan, että tulo- ja poistoilmavirrat ovat yhtä suuret. Tämä johtaa siihen, että sekä tuloilman ja korvausilman tarvitsema lämmitysenergian tarve on nolla wattia.

### 3.1 Asuinrakennus

Asuinrakennuksen osalta kaupungin rakennusvalvonnan arkistoista löytyi ai-noastaan rakennuspiirustus vuodelta 1983, jolloin asuinrakennukseen on tehty laajennus (Ruohonen, O. 2021). Asuinrakennuksen vanhemmista osista ei ole olemassa rakennussuunnitelmia. Keskustelin kylän historian tuntevan henki-lön kanssa, ja hän kertoi tontin alkuperäisen rakennuksen palaneen juhannus-viikolla 1945, jonka jälkeen nykyisen asuinrakennuksen rakentaminen alkoi. Asuinrakennus valmistui syksyyn 1946 mennessä. Keskustelun aikana tuli ilmi myös se, että asuinrakennuksen kellarikerroksen seinät ovat tehty kivistä ja niiden päällä on rappaus. Sisäpuolen eristykset on tehty myöhemmin, mutta niiden tarkka materiaali ei ole tiedossa. (Yli-Huhtala, 2021.)

Ympäristöministeriön Energiatodistusoppaan 2018 liitteessä Tyypillisiä ole-massa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja löytyy tie-toa rakennusten rakenteiden U-arvoista eri aikakausina 1900-luvulla. Op-paassa tuodaan esiin myös eri aikakausien tyypillisiä ulkoseinien, välipohjan, yläpohjan, alapohjan ja väliseinien rakenteita. Lämmitystehontarvetta lasket-taessa käytetään oppaan sivuilta 5-12 löytyviä eri rakennusosien U-arvotietoja. Koska kyseisestä oppaasta ei löydy tietoja ennen vuotta 1949 rakennettujen talojen rakennusosien U-arvoista, käytetään case-kohteessa asuinrakennuk-sen vanhan osan osalta vuoden 1949 U-arvotietoja.

Asuinrakennuksen pohja- ja julkisivukuvat ovat liitteessä 3. Siihen on merkitty kirjaimilla rakennuksen seinät U-arvojen määrittämiseksi ja rakennusosien joh-tumislämpöhäviöiden laskennan helpottamiseksi. Seinän kirjain myös määrit-tää kyseisellä seinällä olevien ikkunoiden ja ovien U-arvot.

Asuinrakennuksen vanhan osan U-arvot kohdasta VTT/RIL 1949 Etelä-Suomi ovat seuraavat (Ympäristöministeriö, 2018b, s.5-12):

- Ulkoseinät (A, B, C ja H) – täytteellinen puuseinä U-arvo 0,58 W/m<sup>2</sup> K
- Kellarin seinät (I ja J) – lastuvillalevyllä tai ladotulla kevytbetonilla läm-pöeristetty betoniseinä tai muu seinä, pääasiallisesti kiviainesta, tai ke-vytbetonilla eristetty tiiliseinä U-arvo 0,76 W/m<sup>2</sup> K

- Yläpohja – puukatto ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten U-arvo 0,41 W/m<sup>2</sup> K
- Alapohja – puurakenteinen lattia lämmittämätöntä tilaa vasten 0,47 W/m<sup>2</sup> K
- Ikkunat ja ovet – käytetään uuden osan tietoja, koska nämä uusittu uuden osan rakentamisen yhteydessä

Asuinrakennuksen uuden osan U-arvot valitaan kohdasta 1978 määräykset ja ne ovat seuraavat (Ympäristöministeriö, 2018b, s.5-12):

- Ulkoseinät (D, E, F ja G), lämmin tila – suurempi kuin 100kg/m<sup>2</sup> U-arvo 0,35 W/m<sup>2</sup> K
  - Valitaan tämä, koska ei ole varmuutta seinän painosta neliötä kohden.
- Ulkoseinät (D1, E1, F1, G1, I ja J), varasto - puoli lämpimän tilan seinä U-arvo 0,6 W/m<sup>2</sup> K
- Yläpohja lämmin tila, suurempi kuin 100kg/m<sup>2</sup> U-arvo 0,29 W/m<sup>2</sup> K
  - Valitaan tämä, koska ei ole varmuutta yläpohjan painosta neliötä kohden.
- Yläpohja – puolilämmin tila 0,6 W/m<sup>2</sup> K
- Alapohja – puolilämpimän tilan alapohja tila U-arvo 0,6 W/m<sup>2</sup> K
- Ikkunat – lämpimän tilan ikkunan valoaukko U-arvo 2,1 W/m<sup>2</sup> K ja puolilämpimän tilan ikkunan valoaukko U-arvo 3,1 W/m<sup>2</sup> K
- Ovet – lämpimän tilan oven umpiosa U-arvo 0,7 W/m<sup>2</sup> K ja puolilämpimän tilan oven umpiosa 2 W/m<sup>2</sup> K

U-arvojen lisäksi tarvitaan tiedot rakennusosien pinta-aloista (liite 4), rakennuksen sisälämpötila ja mitoittava ulkolämpötila. Asuinrakennuksen sisälämpötila on lämpimässä osassa eli ensimmäisessä kerroksessa 21°C, kellarikerroksen varastossa eli puolilämpimässä tilassa 10°C ja itse kellarissa 0°C. Kellaria ei lämmitetä, mutta koska se sijaitsee maan alla ja seinärakenteet on eristetty, lämpötila ei mene siellä pakkasen puolelle talviaikaan. Mitoittava ulkolämpötila löytyy ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen

energiatohokkuus liitteestä 1. Maatila sijaitsee vyöhykkeellä I eli mitoittavana ulkoilman lämpötilana on tällöin  $-26^{\circ}\text{C}$ .

Rakennusosa	Rakennusosan pinta-ala $\text{m}^2$	Rakennusosan U-arvo $\text{W} / \text{m}^2$	$T_s - T_{u,\text{mit}}$ $^{\circ}\text{C}$	Johtumislämpöteho rakennusvaipan läpi $\text{W}$
<b>Vanha osa</b>				
Ulkoseinät (A, B, C ja H)	50,76	0,58	47	1 383,72
Ikkunat	11,40	2,10	47	1 125,18
Yläpohja	66,24	0,41	47	1 276,44
Alapohja	66,24	0,47	47	1 463,24
<b>Uusi osa – lämmin tila</b>				
Ulkoseinät (D, E, F ja G)	42,04	0,35	47	691,56
Ikkunat	4,20	2,10	47	414,54
Ulko-ovi	2,00	0,70	47	65,80
Yläpohja	28,77	0,29	47	392,14
<b>Uusi osa – varasto</b>				
Ulkoseinät (D1, E1, F1 ja G1)	41,82	0,60	36	903,31
Ikkunat	0,80	3,10	36	89,28
Ulko-ovi	2,00	2,00	36	144,00
Välipohja	28,77	0,60	36	621,43
Alapohja	28,77	0,60	36	6241,43
<b>Uusi osa – kellarin puolen seinä</b>				
Ulkoseinät (I ja J)	13,58	0,76	10	103,21
Väliovi	1,6	2,00	10	32,00
			<b>Yhteensä</b>	<b>9327,28</b>

Taulukko 3. Asuinrakennuksen johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan lävitse.

Aloitetaan lämmitystehon tarpeen määrittäminen laskelmalla ensin johtumislämpöhäviöt rakennusosien lävitse (kaava 10.4). Edellisen sivun taulukosta 3 nähdään eri rakennusosien johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan lävitse asuinrakennuksen eri osissa. Yhteensä asuinrakennuksen johtumislämpöhäviöt ovat kyseisen taulukon mukaan 9 327,28 wattia.

Seuraavaksi pitää laskea asuinrakennuksen kylmäsilat. Oppaassa Tyypillisten olemassa olevien rakennusten alkuperäisiä suunnittelu-arvoja ei ole ilmoitettu viivamaisten kylmäsiltojen lisäkonduktanssitietoja. Näin ollen päädytään käyttämään case-kohteen laskennassa ympäristöministeriön Energiatieteiden oppaan sivulta 19 löytyviä tietoja kylmäsiltojen lisäkonduktansseista (liite 8). Kylmäsiltojen mitat löytyvät liitteestä 5.

Asuinrakennuksen kylmäsiltojen lisäkonduktanssit ovat täten seuraavat:

- Yläpohjan ulkonurkkien runkomateriaalit
  - puuseinän liitos 0,05 W/m K
- Välipohjan runkomateriaali
  - ulkoseinä kevytbetoni ja välipohja betoni 0,1 W/m K
- Alapohjan runkomateriaali
  - ulkoseinä puu – puu ryöm.tila 0,06 W/m K
    - Vanhan osan puulattian alla lämmittämätön kellari, jonka seinät eristetty. Määritetään case-kohteen tapauksessa kellari ryömintätilaksi.
  - ulkoseinä kevytbetoni – alapohja betoni maanvast. 0,09 W/m K
- Ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka
  - ulkoseinän runkomateriaali puu 0,04 W/m K
  - ulkoseinän runkomateriaali kevytbetoni 0,05 W/m K
- Ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa
  - ulkoseinän runkomateriaali puu 0,07 W/m K
  - ulkoseinän runkomateriaali kevytbetoni 0,07 W/m K



Rakennusosa	Kylmäsiilan pituus m	Kylmäsiilan li- säkonduk- tanssi W / m K	$T_s - T_{u,mit}$ °C	Johtumisläm- pöteho kylmä- silttojen läpi W
Ikkunat lämmin tila puuseinä	52,80	0,07	47	173,71
Ikkunat varasto	5,20	0,07	36	13,10
Ulko-ovi lämmin tila	6,00	0,07	47	19,74
Ulko-ovi varasto	6,00	0,07	36	15,12
Sisäovi kellarin seinä	5,20	0,07	10	3,92
Yläpohja vanha osa	25,90	0,05	47	60,87
Alapohja vanha osa	25,90	0,06	47	73,04
Yläpohja uusi osa	20,10	0,05	47	47,24
Välipohja uusi osa	20,10	0,10	47	94,47
Alapohja uusi osa	20,10	0,09	36	65,12
Ulkoseinä lämmin tila	29,00	0,04	47	54,52
Ulkoseinä varasto	5,00	0,05	36	9,00
			<b>Yhteensä</b>	<b>629,85</b>

Taulukko 4. Asuinrakennuksen johtumislämpöhäviöt kylmäsiltojen lävitse.

Taulukossa 4 on laskettuna kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöt, jotka ovat yhteensä 629,85 wattia. Laskemalla kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöt ja rakennusosien lämpöhäviöt yhteen saadaan tietää johtumislämpöhäviöt asuinrakennuksen rakennusvaipan lävitse. Yhteissummaksi saadaan 9 957,13 wattia.

$$9\,327,28\text{ W} + 629,85\text{ W} = 9\,957,13\text{ W}$$

Asuinrakennuksen lämmitysenergian tarpeesta on nyt määritettynä johtumis- lämpöhäviöt rakennusvaipan lävitse, mutta vielä pitää selvittää vuotoilman lämpöenergian tarve. Vuotoilman laskentaa varten pitää määrittää kerroin  $x$  ja  $q_{50}$ -luku, jonka laskemista varten tarvitaan  $n_{50}$ -luku. Liitteestä 4 löytyy asuinrakennuksen vaipan pinta-ala ja tilavuus. Kerroin  $x$  on asuinrakennuksen vanhan osan osalta 35 ja uuden osan osalta 24. Valitaan  $n_{50}$ -luvuksi vanha osan osalta arvo 10 ja uuden osan osalta arvo 5, kohdasta heikko ilman pitävyys (kuva 11).

Lasketaan  $q_{50}$ -luku asuinrakennuksen vanhalle osalle:

$$\frac{10,00}{194,64 \text{ m}^2} \times 158,98 \text{ m}^3 \sim 8,2 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$$

Lasketaan  $q_{50}$ -luku asuinrakennuksen uudelle osalle:

$$\frac{5,00}{158,04 \text{ m}^2} \times 143,85 \text{ m}^3 \sim 4,6 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$$

Taulukkoon 5 on laskettu vuotoilman lämpöenergian tarve. Laskennan helpottamiseksi rakennuksen uuden osan osalta on sisälämpötilana käytetty pelkästään  $+21^\circ\text{C}$ . Tämä vaikuttaa lopputulokseen siten, että vuotoilman lämpöenergian tarpeesta tulee suurempi kuin jos jaettaisiin uusi osaa kahteen eri lämpötilaan. Lopputuloksen kannalta tällä ei ole suurta merkitystä.

	Ilman tiheys $\text{kg/m}^3$	Ilman ominaislämpökapsiteetti $\text{J / kg K}$	$q_{50}$	$x$		Vaipan pinta-ala $\text{m}^2$	$T_s - T_{u,\text{mit}}$  K	Yhteensä  W
<b>Vanha osa</b>	1,2	1000	8,2	3600	35	194,64	47	714,42
<b>Uusi osa</b>	1,2	1000	4,6	3600	24	152,01	47	456,45
<b>Yhteensä</b>								<b>1 170,87</b>

Taulukko 5. Asuinrakennuksen vuotoilman lämpöenergian tarve.

Lisätään vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve rakennusvaipan joh-  
tumislämpöhäviöihin niin saadaan asuinrakennuksen tilojen lämmitystehon  
tarve.

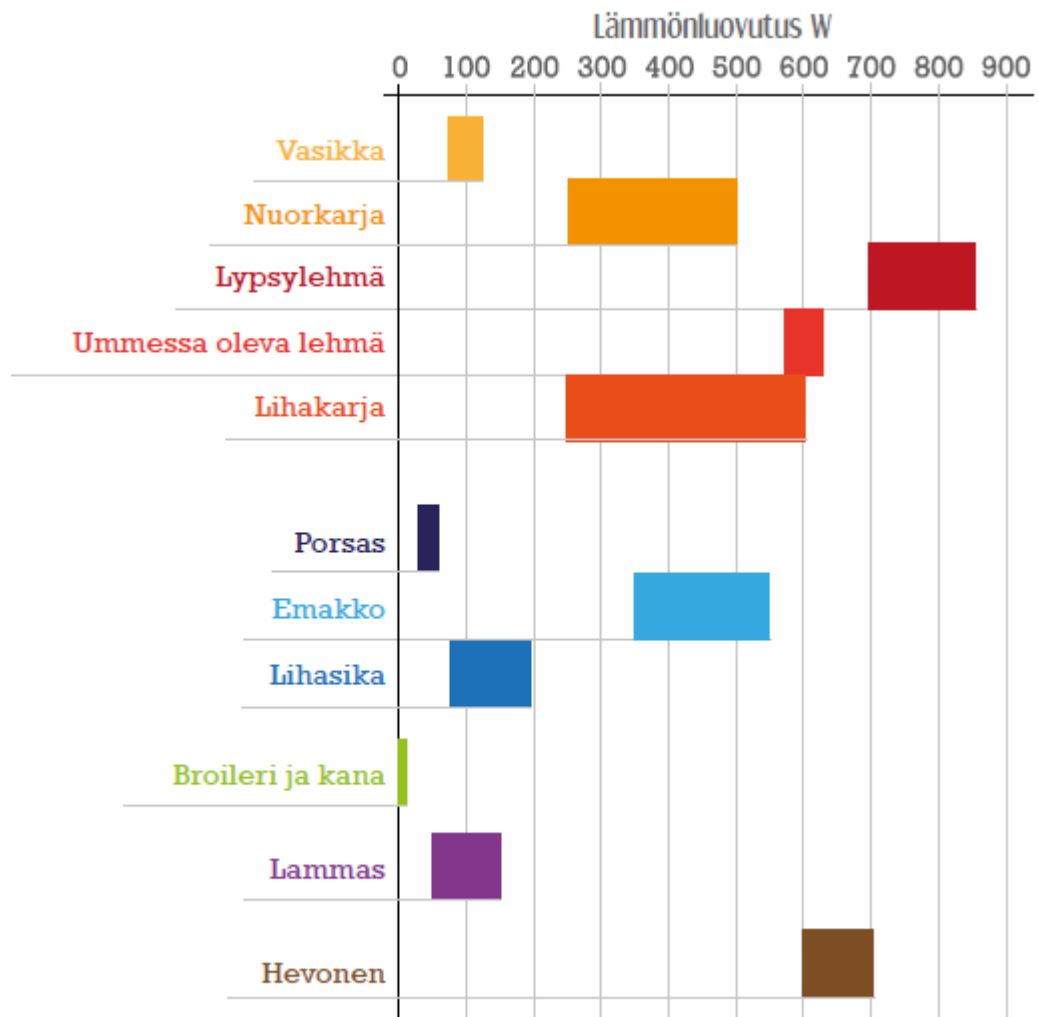
$$9\,957,13\text{ W} + 1\,170,87\text{ W} = 11\,128\text{ W} \sim 11,1\text{ kW}$$

Saatu lämmitysenergian tarve on pyöristetty normaaleista pyöristyssäännöistä  
poiketen lukemaan 11,2 kW alimitoituksen välttämiseksi.

### 3.2 Hevostalli

Hevostallista löytyy alkuperäiset rakennussuunnitelmat, mutta niissä ei ole  
mainittu rakenteiden U-arvoja. Myöskään piirustusten mittoihin ei ole täysin  
luottaminen. Piirustusten mittasuhteeksi on ilmoitettu 1:100, mutta esimerkiksi  
yhden ulkoseinän pituudeksi on ilmoitettu 11 metriä ja mitattaessa piirustuk-  
sesta viivoittimella kyseisen seinän pituus oli 10,7 metriä. Toinen asia mikä  
vaikuttaa myös lämmöntarpeen laskennan tarkkuuteen on se, että tiloissa on  
tehty muutostöitä, jotka eivät näy piirustuksissa ja muutoksessa käytettyjen ra-  
kennusmateriaalien tietoja ei ole saatavilla. Näin ollen osa tiedoista on päätel-  
tävä laskentaa tehtäessä. Tästä syystä lämmöntarpeen laskennan tulos ei ole  
täysin tarkka, mutta kuitenkin suuntaa antava.

VTT:n Eläinsuojien lämmöntalteenottolaitteille asetettavat vaatimukset tiedot-  
teessa olevassa eläinsuojan energiataseessa tuodaan esille, että lämmöntar-  
vetta määritettäessä pitää ottaa huomioon myös eläinten tuottama lämpö. Tie-  
dotteessa ei kuitenkaan ilmoiteta hevosen tuottamaa lämpöä ympäristöönsä.  
Maaseudun energia-akatemi hankkeen oppaassa Rakennusten lämmitys ja  
lämpöhäviöt sivulla 4 (kuva 12) olevassa taulukossa esitetään hevosen luovut-  
taman lämpötehon määräksi 600-700W. (Ahokas, n.d., s. 4.) Valitaan tässä  
tapauksessa alhaisempi lämmönluovutusteho alimitoituksen välttämäksi tal-  
ven kylmintä aikajaksoa ajatellen.

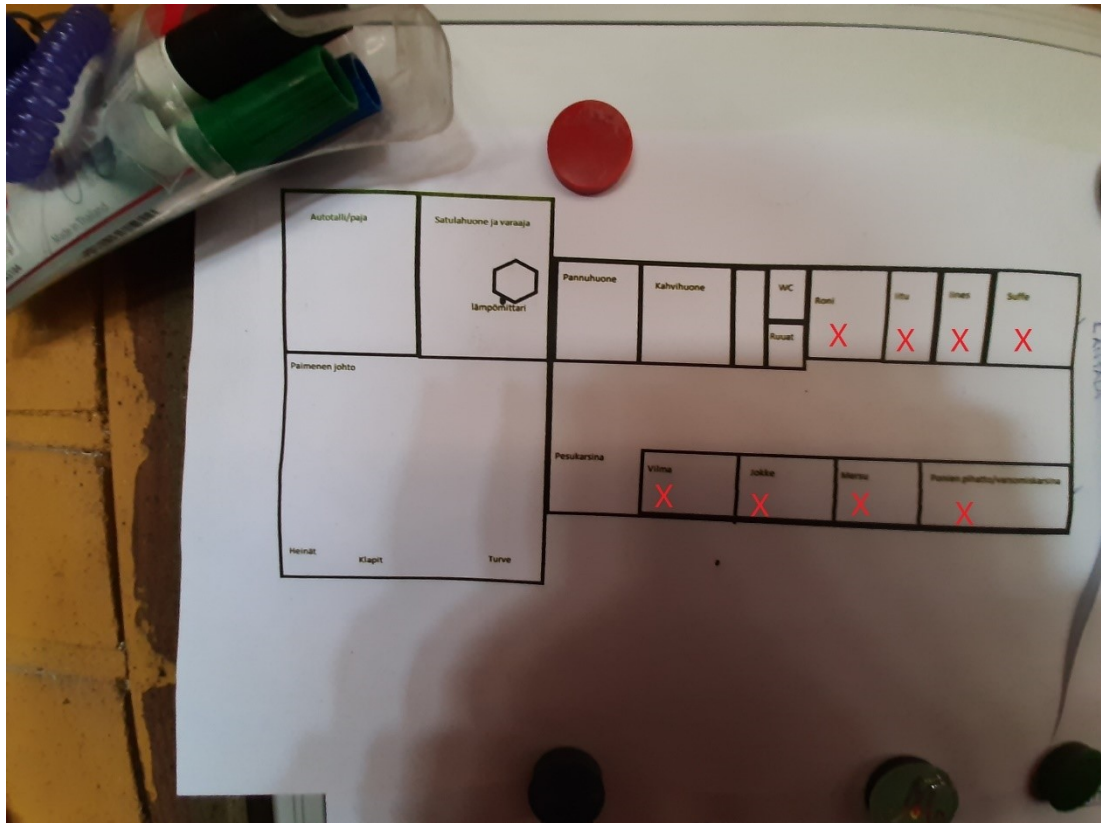


Kuva 1. Eri eläinten lämmönluovutustehoja

Kuva 12. Eläinten lämmönluovutustehoja. (Ahokas, n.d., s. 4.)

Hevostallissa on kahdeksan hevospaikkaa (kuva 13), joista ainakin kaksi on varattu poneille. Oletetaan, että tallin kaikki hevospaikat ovat talvisaikaan käytössä. Näin ollen hevosten ja ponien luovuttama lämmitysteho ympäristöön on:

$$8 \times 600W = 4\,800\,W$$



Kuva 13. Karkea pohjapiirustus hevostallin tiloista, johon merkitty hevospilttuiden sijainti punaisella x-kirjaimella.

Toinen asia, joka tulee tietää, on tallin sisälämpötila. Tallinhoitajan oppaassa suositeltavaksi lämpötilaksi tallissa mainitaan  $+2 - +12^{\circ}\text{C}$  riippuen siitä onko kyse lämminverisistä ravihevosista, poneista vai kylmäveriroduista. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa tuettavien hevostalourakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista taas sanotaan 8 §:ssä seuraavasti: "Lämpöeristetyn eläinsuojan sisälämpötilan on talven aikana oltava vähintään plus kaksi celsiusastetta". Edellä olevien lisäksi valtioneuvoston asetuksessa hevosten suojelusta 4 §:ssä todetaan: "Eläinsuojan lämpötilan ja valaistuksen on oltava eläinsuojassa pidettävälle hevoselle sopiva." Tallin lämpötilan osalta voidaan todeta, että se on suunniteltu kylmäverisille hevosille sekä poneille. Valitaan kultainen keskitie ja määritetään hevostallin pilttualueen lämpötilaksi  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Hevostallin osalta tarvitaan vielä pilttuiden lämpötilan lisäksi sosiaalisten tilojen ja satulahuoneen sisälämpötilat. Sosiaalituloihin lasketaan mukaan

seuraavat huoneet: komero, wc, eteinen, sos.tilat ja tekn.tila. Sosiaalitilojen sisälämpötila on +17°C. Satulahuoneen sisälämpötila on +10°C. Traktorihallia ja varastotilaa ei lämmitetä. (Liite 2.) Sisälämpötilojen lisäksi tarvitaan vielä rakennusosien U-arvot sekä kylmäsiltojen lisäkonduktanssit. Kuten asuinrakennuksen osalta hevostallin rakennusosien U-arvot löytyvät ympäristöministeriön Energiatodistusoppaan 2018 liitteestä Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja sivuilta 5-12 ja kylmäsiltojen lisäkonduktanssien osalta päädytään käyttämään ympäristöministeriön Energiatehokkuus-oppaassa olevia arvoja, jotka näkyvät liitteessä 8. Hevostallin rakennusosien pinta-alatiedot löytyvät liitteestä 6 ja kylmäsiltojen pituudet liitteestä 7.

Hevostallin osalta tarvittavat U-arvot valitaan kohdasta 1975 määräykset (Ympäristöministeriö, 2018b, s.5-12):

- Ulkoseinä - yksinomaan muurauskivestä tehty seinä lämmittämätöntä tilaa tai ulkoilmaa vasten 0,9 W/m<sup>2</sup> K
- Ulkoseinä - muu seinä, suurempi kuin 100kg/m<sup>3</sup>, lämmittämätöntä tilaa tai ulkoilmaa vasten 0,7 W/m<sup>2</sup> K
- Ulkoseinä - muu seinä, pienempi tai yhtä suuri kuin 100kg/m<sup>3</sup> 0,4 W/m<sup>2</sup> K
- Yläpohja ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten 0,35 W/m<sup>2</sup> K
- Alapohja – maanvarainen alapohja 0,4 W/m<sup>2</sup> K
- Ikkunat ja ovet – lasipintojen U-arvovaatimus, kun ikkunan- ja seinäpinta-alan suhde  $A_i/A_s < 0,6$ , 3,1 W/m<sup>2</sup> K
  - Valitaan tämä, koska  $A_i/A_s$  on pienempi kuin 0,6.

Hevostallin kylmäsiltojen lisäkonduktanssit ovat seuraavat (Ympäristöministeriö, 2018a, s.19):

- Yläpohjan ulkonurkkien runkomateriaalit
  - kevytbetoniseinän ja puuseinän liitos 0,04 W/m K
  - puuseinän liitos 0,05 W/m K
- Alapohjan runkomateriaalit
  - ulkoseinä kevytbetoni ja alapohja betoni 0,24 W/m K

- ulkoseinä puu ja alapohja betoni 0,10 W/m K
- Ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka
  - kevytbetoni 0,05 W/m K
  - puu 0,04 W/m K
  - ulkoseinien välinen liitos, jolle ei ole annettu erillistä arvoa 0,1 W/m K
- Ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa
  - kevytbetoni 0,07 W/m K
  - puu 0,07 W/m K

Rakennusosien U-arvojen ja kylmäsiltojen lisäkonduktanssien selvittämisen jälkeen päästään laskemaan hevostallin rakennusvaipan johtumislämpöhäviöiden vaatima lämmitysenergian tarve. Taulukossa 6 on rakennusosien johtumislämpöteho rakennusvaipan lävitse ja taulukossa 7 on johtumislämpöhäviöteho viivamaisten kylmäsiltojen lävitse.

Johtumislämpöhäviöksi rakennusvaipan lävitse saadaan:

$$14\,113,68\,W + 961,76\,W = 15\,075,44\,W$$

Rakennusosa	Rakennusosan pinta-ala m <sup>2</sup>	Rakennusosan U-arvo W / m <sup>2</sup>	T <sub>s</sub> – T <sub>u,mit</sub> °C	Johtumislämpöteho rakennusvai- pan läpi W
<b>Pilttuu eli talliosa</b>				
Ulkoseinät	90,60	0,90	31	2 527,74
Ikkunat	15,12	3,10	31	1 453,03
Ulko-ovet	11,88	3,10	31	1 141,67
Yläpohja	134,98	0,35	31	1 464,53
Alapohja	134,98	0,40	31	1 673,75
<b>Sosiaalitulat</b>				
Ulkoseinät	12,04	0,90	43	465,95
Sisäseinät pilttuiden puoli	24,43	0,40	12	117,26
Sisäseinä sa- tulahuoneen puoli	9,24	0,70	7	45,28
Ikkunat ulkoseinä	4,20	3,10	43	559,86
Sisäikkunat	1,05	3,10	12	39,05
Ulko-ovi	4,20	3,10	43	559,86
Sisäovet	7,20	3,10	12	156,24
Yläpohja	24,09	0,35	43	362,55
Alapohja	24,09	0,40	43	414,35
<b>Varasto</b>				
Ulkoseinä C	15,00	0,40	36	216,00
Ulkoseinä D	15,90	0,90	36	515,16
Ulkoseinät E+F	20,40	0,70	36	514,08
Ulko-ovet	10,50	3,10	36	1171,80
Yläpohja	26,50	0,35	36	333,90
Alapohja	26,50	0,40	36	381,60
			<b>Yhteensä</b>	<b>14 113,68</b>

Taulukko 6. Hevostallin johtumislämpöhäviöt rakennusosien lävitse.



Rakennusosa	Kylmäsiilan pituus m	Kylmäsiilan li- säkonduk- tanssi W / m K	$T_s - T_{u,mit}$ °C	Johtumisläm- pöteho kylmä- siltöjen läpi W
Ikkunat pilttuut	68,40	0,07	31	148,43
Ikkunat sosiaalitulat	16,60	0,07	43	49,97
Ulko-ovet pilttuut	22,40	0,07	31	48,61
Ulko-ovet sosiaalitulat	12,40	0,07	43	37,32
Ulko-ovet satulahuone	17,80	0,07	36	44,86
Alapohja pilttuut	42,0	0,24	31	312,48
Alapohja sosiaalitulat	7,40	0,24	43	76,37
Alapohja satulahuone	5,30	0,24	36	45,79
Alapohja satulahuone	11,80	0,10	36	42,48
Yläpohja pilttuut	42	0,04	31	52,08
Yläpohja sosiaalitulat	7,40	0,04	43	12,73
Yläpohja satulahuone	5,30	0,04	36	7,63
Yläpohja satulahuone	11,80	0,05	36	21,24
Ulkonurkka pilttuut	8,40	0,05	31	13,02
Ulkoseinä sosiaalitulat	2,80	0,10	43	12,04
Ulkoseinä satulahuone	9	0,10	36	32,40
Ulkoseinä satulahuone	3	0,04	36	4,32
			<b>Yhteensä</b>	<b>961,76</b>

Taulukko 7. Hevostallin kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöt

Seuraavaksi tulee määrittää vielä hevostallin vuotoilman lämpenemisen tehon tarve. Vuotoilman laskennassa haasteeksi muodostuu se, että hevostallin eri osissa on eri lämpötilat. Ympäristöministerin Energiatehokkuus oppaan sivulla 22 todetaan seuraavasti: ”rakennuksen keskellä olevissa tiloissa ilmavuotoja ei yleensä tarvitse ottaa huomioon”. Päädytään käyttämään vuotoilman laskennassa sisäilman lämpötilana sosiaalitulojen lämpötilaa 17°C, koska se on hevostallin korkein sisälämpötila. Lämpötehon laskennan kannalta tämä lisää jonkin verran rakennuksen vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarvetta, mutta näin vältetään jälleen mahdollinen alimitoittaminen ja lämmitysteho riittää myös talven kylmimpänä aikana.

Kuten asuinrakennuksessa myös hevostallin osalta tulee määrittää  $q_{50}$ -luku ja kerroin  $x$ . Hevostalli on pelkästään yksikerroksinen eli kerroin  $x$  on tällöin 35. Kuvassa 11 olevasta taulukosta valitaan hevostallin  $q_{50}$ -luvun laskentaa varten  $n_{50}$ -luvuksi arvo 7. Laskentaa varten tarvittavat pinta-ala- ja tilavuustiedot löytyvät liitteestä 6.

Lasketaan  $q_{50}$ -luku hevostalille:

$$\frac{7,00}{562,22 \text{ m}^2} \times 534,89 \text{ m}^3 \sim 6,7 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$$

	Ilman tiheys kg/m <sup>3</sup>	Ilman ominaislämpökapsiteetti J / kg K	$q_{50}$		$x$	Vaipan pinta-ala m <sup>2</sup>	$T_s - T_{u,mit}$ K	Yhteensä W
<b>Hevostalli</b>	1,2	1000	6,7	3600	35	562,22	43	1 542,62
<b>Yhteensä</b>								<b>1 542,62</b>

Taulukko 8. Hevostallin vuotoilman lämpenemisen lämpöenergian tarve.

Taulukkoon 8 on laskettu hevostallin vuotoilman lämpöenergian tarve, joka on 1 542,62 wattia. Lisätään luku jo aiemmin laskettuun rakennusvaipan johtumishäviöihin.

Hevostallin lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve yhteensä:

$$15\,075,44\text{ W} + 1\,542,62\text{ W} = 16\,618,06\text{ W}$$

Lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarpeesta tulee vielä vähentää hevosten tuottama lämpö, jotta saadaan todellinen hevostallin lämmitysjärjestelmän lämpötehon tarve.

$$16\,618,08\text{ W} - 4\,800,00\text{ W} = 11\,818,06\text{ W} \sim 11,8\text{ kW}$$

### 3.3 Lämpimän käyttöveden energian tarve

Maatilayrityksen energiaoppaassa sivulla 69 todetaan: "Veden lämmitystarpeen hetkellisyyden ja varaajan vuoksi käyttövettä ei tarvitse huomioida tehon tarpeessa, mutta energian kokonaiskulutukseen sillä on vaikutusta.". Case-kohteen uuteen lämmitysjärjestelmään asennetaan lämminvesivaraaja. Voidaan siis todeta, että lämpimän käyttöveden energian tarvetta ei tarvitse huomioida, kun lasketaan asuinrakennuksen ja hevostallin lämmitystehon tarvetta.

## 4 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN MITOITUS

Lämmitysjärjestelmän valinnan kannalta tärkein asia on rakennuksen energian tarve. Rakennuksen lämmitysenergian tarpeen lisäksi vaikutusta on myös case-kohteessa lämmönjakojärjestelmän lämpötiloilla. Tällä hetkellä niin asuinrakennuksessa kuin hevostallissa on vanhan malliset radiaattorit. Oletetaan täten, että radiaattoriverkoston menoveden lämpötila on 60°C:sta ja paluueden lämpötila on 40°C:sta. Maatilan omistajat ovat tuoneet esiin sen, että tulevaisuudessa asuinrakennuksessa tullaan tekemään pintaremonttia ja siinä yhteydessä olisi tarkoitus myös uusia asuinrakennuksen vanhat radiaattorit uusiin matalalämpöradiaattoreihin.

Case-kohteessa on käytössä asuinrakennuksessa muurattu leivinuuni, joka on aikoinaan toiminut rakennuksen ainoa lämmönlähteenä. Tätä ei huomioida laskennassa ollenkaan, koska ei ole varmuutta siitä kuinka paljon vuokralaiset hyödyntävät leivinuunin tuottamaa lämpöä talviaikaan. Radiaattorisaneerauksen yhteydessä asuinrakennukseen kannattaa kuitenkin asentaa matalalämpöradiaattoreihin termostaatit, jotka säätävät lämpötilan automaattisesti huoneämpötilan mukaan. Tällöin leivinuunin lämmityksestä huoneisiin levinnyt lämpö vähentää lämmitysenergian tarvetta asuinrakennuksen osalta ja valitun lämmitysjärjestelmän tuottama energia saadaan hyödynnettyä käyttöveden lämmitykseen.

Maalämmön osalta käytettävissä on Oilon Group Oy:n Oilon Selection Tool-valintaohjelma, jolla pystytään mitoittamaan kohteeseen maalämpöjärjestelmä niin porakaivolle eli lämpökaivolle kuin maapiirille. Ilmalämpöpumpun mitoituksessa käytössä on Daikin Industries Limited yhtiön Stand By Me-palvelu, jonka avulla pystytään mitoittamaan ilmavesilämpöpumppuja. Daikin mitoitusohjelman heikkoutena on tällä hetkellä vielä se, että se tarjoaa vaihtoehtoiksi tuotemalleja, joita ei myydä Suomessa. Sovellus antaa kuitenkin osviittaa siihen, millainen ilmavesilämpöpumppu olisi tehoiltaan paras vaihtoehto kohteeseen.

#### 4.1 Maalämpö

Maalämpöpumppu mitoitetaan joko täystehomitoitukselle tai osatehomitoitukselle. ”Täystehomitoituksessa lämpöpumppujärjestelmä tuottaa kaiken rakennuksen tarvitseman energian ja tehon myös kylmimpinä talvipäivinä. Osateholla mitoitetut lämpöpumput tuottavat tyypillisesti 60-85% tehosta, jolloin se kattaa 90-98% talon vuosienergiasta.” (Juvonen & Lapinlampi, 2013, s. 31.) Case-kohteessa maalämpö mitoitettaisiin täysteholle.

Maatilan maalämpöpumpputarve on vähintään asuinrakennuksen ja hevostallin lämmitystehon tarpeet yhteensä. Tehontarve maalämpöpumpulle on näin ollen:

$$11,2 \text{ kW} + 11,8 \text{ kW} = 23 \text{ kW}$$

Oilon Selection Tool-valintaohjelmaan tarvittavat tiedot energiakulutuksen lisäksi ovat kohteen sijainti, asukasmäärä, mahdollisen lisälämmönlähteen energiatiedot, lämmitysjärjestelmä meno- ja paluuveden lämpötila, lämmönlähde eli porakaivo tai maapiiri ja mahdolliset hintatiedot vaihtoehtoisille energioille (kuvat 14 ja 15).

**▼ Sijainti**

Sijainti  
 ?

**▼ Rakennus**

Tunnettu energiankulutus  
 ?

Lämmitysmuoto

Kulutus  
 kW ?

Asukasmäärä  
 ?

Lisälämmönlähde

**▼ Käyttövesikierto**

Käyttövesikierto

**▼ Lämmitysjärjestelmä**

Menoveden lämpötila  
 °C ?

Paluulämpötila  
 °C ?

Huonelämpötila  
 °C ?

Käyttöveden lämpötila  
 °C ?

Kuva 14. Oilon Selection Tool, alkutietojen täyttö.

Asukasmäärän määrittäminen vaikuttaa käyttöveden tarpeeseen ja valintaohjelma kertoo, että ”Käyttöveden tarve on arvioitu olevan 900 kWh/vuosi/asukas. Mikäli mitoitusperusteena on tunnettu energiakulutus, asukasmäärä ei vaikuta energiankulutukseen vaan ainoastaan kulutusprofiiliin”. Oilon Selection Tool-valintaohjelma siis jakaa osan tarvittavasta energiamäärästä, joka case-kohteessa on 23 kW, lämmitykseen ja käyttöveden lämmittämiseen automaattisesti. Määritetään asukasluvuksi neljä henkilöä. Hevostallin osalta on vaikea arvioida lämpimän käyttöveden kulutusta ja siihen tarvittavaa energiamäärää. Huomionarvoista on se, että ainoastaan kovempien pakkasien aikaan ei määritetty energiatarve välttämättä riitä sekä rakennusten että käyttöveden lämmitykseen. Tällaisessa tilanteessa maalämpöpumpun sähkövastus kytkeytyy päälle ja lämminkäyttövesi tuotetaan sähköllä.

Lämmitysjärjestelmän saneerauksen yhteydessä vanha puukattila poistetaan kokonaan käytöstä. Case-kohteeseen ei siis jää lisälämmönlähdettä, joka tulisi huomioida maalämmön mitoituksessa. Lämmitysjärjestelmän eli radiaattoreiden menoveden lämpötilaksi määritetään 60°C ja paluueden lämpötilaksi 40°C (kuva 14).

Valitaan ensin maalämmön lämmönlähteeksi porakaivo. Valintaohjelma antaa automaattisesti loput mitoitukseseen tarvittavat tiedot eli ominaislämpökapasiteetin ja ominaistehon (kuva 15). Lopuksi valitaan vielä vaihtoehtoiseksi energiamuodoksi pelkästään sähkö. Vaihtoehtoisen energioiden hintatietoihin syötetään Kokemäen Sähkön hintatiedoista valintahetkellä voimassa oleva yleissähkönhinta, joka 0,091 €/kWh toistaiseksi voimassa oleville sopimuksille. Lisäksi yleissähkön perushinnan päälle tulee vielä sähkövero, joka on noin 0,0279 €/kWh, ja sähkönsiirtomaksu, joka on Kokemäen Sähkön yleissähkölle 0,0498 €/kWh. Sähköenergian hinta on siis näin ollen 0,1687 €/kWh. Sähkön perusmaksua ei huomioida, koska se ei ole sidottu sähkökulutuksen määrään. Kokemäen Sähkö valikoitui sähkön toimittavaksi sähköyhtiöksi siitä syystä, että maatilán sähköntoimittaja oli tiedossa, mutta sähkösopimuksen hintatiedot eivät ole tiedossa.

**▼ Lämmönlähde**

Lämmönlähde

Keruupiirin mitoitus tapa

Ominaiskapasiteetti  
 kWh/m

Ominaisteho  
 W/m

Maapiirin paluulämpötila  
 °C

Maapiirin menolämpötila  
 °C

**▼ Näytä kustannuslaskennan parametrit**

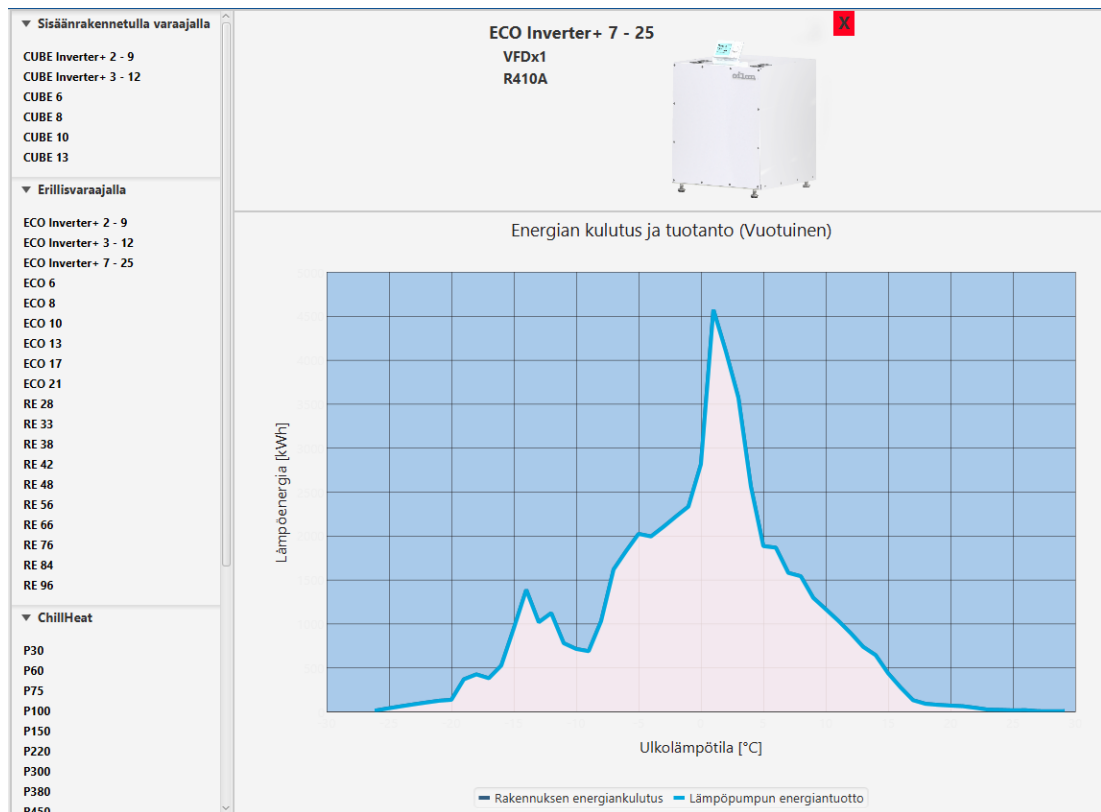
Lisälämmityksen muoto

Sähkön hinta  
 €/kWh

Kuva 15. Oilon Selection Tool, lämmönlähteeksi valittu porakaivo.

Kun kaikki edellä olevat tiedot on syötetty, pystytään valitsemaan valikosta Oilonin lämpöpumppumalli, joka sopii kriteereihin parhaiten. Case-kohteessa parhaimmaksi osoittautui ECO Inverter 7-25, joka edellyttää erillistä lämminvesivaraajaa (kuva 16). Porakaivon tarvittavaksi aktiivisyvydeksi valintaohjelma laskee 384 metriä (kuva 17).

Valintaohjelma laskee automaattisesti kokonaisenergiankulutuksen ja ilmoittaa sen kilowattitunteina (kuva 18). Kokonaisenergian valintaohjelma jakaa vielä tilalämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen, mutta sillä ei ole case-kohteen osalta merkitystä, koska mitoitus tehtiin tunnetulla lämpötehon määrällä. Kuvasta 18 nähdään myös lämpöpumpun tarvitsema sähkön määrä eli sähkönkulutus, jonka valintaohjelma kertoo annetulla sähkön hinnalla. Kuvassa 17 näkyy valintaohjelman laskemat lämmityskulut, jotka ovat 2 574 euroa vuodessa.



Kuva 16. Oilonin maalämpöpumpun valinta.

The screenshot shows the 'Lämmönlähde' (Heat Source) and 'Lämmityskulut' (Heating Costs) sections of the software. The 'Lämmönlähde' section has a dropdown menu for 'Aktiivisyys' (Activity) with the value 384 m. The 'Lämmityskulut' section has three input fields:

- Lämpöpumppu:** 2574 €/vuosi
- Lisälämmitys:** 0 €/vuosi
- Yhteensä:** 2574 €/vuosi

Kuva 17. Case-kohteen porakaivon aktiivisyys Oilon Selection Tool-valintaohjelmassa.



<b>▼ Rakennus</b>		
Tilanlämmitys	<input type="text" value="51800"/>	kWh
Lämmin käyttövesi	<input type="text" value="3600"/>	kWh
Puolilämmin tila	<input type="text" value="0"/>	kWh
Kokonaisenergiankulutus	<input type="text" value="55400"/>	kWh
Mitoitusulkolämpötila	<input type="text" value="-26"/>	°C
Lämmitystehontarve	<input type="text" value="23"/>	kW
<b>▼ Lämpöpumppu</b>		
Lämpöpumpun energiantuotto	<input type="text" value="55399"/>	kWh
Tarvittava lisälämmitys	<input type="text" value="1"/>	kWh
Ilmaisenergia	<input type="text" value="40140"/>	kWh
Lämpöpumpun sähkönkulutus	<input type="text" value="15259"/>	kWh
Osuus maksimitehosta	<input type="text" value="97"/>	%
Lämpöpumpun energiakattavuus	<input type="text" value="100"/>	%
Tarvittava lisälämmitysteho	<input type="text" value="0.6"/>	kW
COP	<input type="text" value="3.6"/>	

Kuva 18. Lämpöpumpun energian tuotto mitoituskriteereillä.

Tehdään seuraavan mitoitus maalämmön osalta maapiirille. Kaikki muut edellä olevat tiedot pysyvät samoina, mutta muutetaan lämmönlähteeksi porakaivon tilalle vaakaputkisto (kuva 19). Peltoalue, jolle maapiiri mahdollisesti sijoitettaisiin, on savimaata, joten valitaan maalajiksi savi. Valintaohjelma määrittää jälleen loput mitoitukseen tarvittavat tiedot paikkakuntatiedon perusteella. Tarvittavan vaakaputkiston pituus on valintaohjelman mukaan 803 metriä (kuva 20). Jos valittaisiin saven sijasta sekamaa, vaakaputkiston pituus tulisi olla 981

metriä (kuva 21). Koska vaakaputkiston lenkin pituus saa olla enintään 400 metriä, vaatisi vaakaputkisto case-kohteessa kolme lenkkiä.

**▼ Lämmönlähde**

Lämmönlähde  
Maa, vaakaputki

Maaperän tyyppi  
Savi

Keruupiirin mitoitus tapa  
Automaattinen

Ominaiskapasiteetti  
55 kWh/m

Ominaisteho  
20 W/m

Maapiirin paluulämpötila  
0 °C

Maapiirin menolämpötila  
-3 °C

**▼ Näytä kustannuslaskennan parametrit**

Lisälämmityksen muoto  
Sähkö

Sähkön hinta  
0.1687 €/kWh

Kuva 19. Oilon Selection Tools-valintaohjelmassa lämmönlähteeksi valittu maapiiri case-kohteeseen.

**▼ Lämmönlähde**

Lämmönkeruupiirin pituus  
803 m

**▼ Lämmityskulut**

Lämpöpumppu  
2574 €/vuosi

Lisälämmitys  
0 €/vuosi

Yhteensä  
2574 €/vuosi

Kuva 20. Case-kohteen maapiirin pituus Oilon Selection Tool-valintaohjelmassa savimaassa.

▼ **Lämmönlähde**

Lämmönlähde  
Maa, vaakaputki

Maaperän tyyppi  
Sekamaa

Keruupiirin mitoitus tapa  
Automaattinen

Ominaiskapasiteetti  
45 kWh/m

Ominaisteho  
17 W/m

Maapiirin paluulämpötila  
0 °C

Maapiirin menolämpötila  
-3 °C

▼ **Lämmönlähde**

Lämmönkeruupiirin pituus  
981 m

Kuva 21. Case-kohteen maapiirin pituus Oilon Selection Tool-valintaohjelmassa sekamaassa.

Oilonin maalämpöpumppujen lisäksi maalämpöpumppuja on tarjolla muun muassa Gebwell Oy:llä, Nibe Energy Systems Oy:llä, Scanoffice Group Oy:llä, Thermia Finland Oy:llä ja Robert Bosch Oy:llä.

#### 4.2 Ilmavesilämpöpumppu

Ilmavesilämpöpumppuja on saatavilla niin pienemmillä kuin suuremmille kiinteistöille. Case-kohteen osalta päädytään mitoituksessa ratkaisuun, jossa asuinrakennukseen ja hevostalliin asennettaisiin kumpaankin oma ilmavesilämpöpumppu. Ilmavesilämpöpumpun mitoitus tehdään ammattilaisille tarkoitetussa Daikinin Stand By Me-palvelussa. Toisin kuin maalämmön mitoituksessa ensimmäiseksi Stand By Me-palvelussa pitää valita ilmavesilämpöpumpun malli. Vaihtoehtoja on kolme: Altherma 3R, Altherma 3H ja Altherma 3M. Jo tässä kohtaa pitää siis osata valita, mikä malleista parhaiten soveltuu case-

kohteeseen. Daikinin internet-sivuilta selviää, että Altherma 3M on tarkoitettu asennettavaksi vanhan lämmitysjärjestelmän rinnalle. Altherma 3R taas soveltuu rakennuksiin, joissa on lattialämmitys tai matalalämpöradiaattorit. Altherma 3H taas on suunniteltu saneerauskohteisiin, joissa on radiaattorilämmitys ja kohteen radiaattoreita ei välttämättä tarvitse uusi lämmitysjärjestelmää uusittaessa. Case-kohteessa siis vaihtoehtoina on joko Altherma 3R tai Altherma 3H.

### Tekniset tiedot

#### ☰☰☰ Toiminto

- Tilanlämmitys

#### ☰☰☰ Lämmityslaitteet

- Lattialämmitys
- Matalan lämpötilan pattereita
- Korkean lämpötilan pattereita
- Puhallinpattereita

- Käyttövesi
- Jäähdytys

#### 🏠 Kiinteistön tyyppi

- Uusi rakennus
- Saneeraus tai vaihto

#### ↶ Aiempi lämmitysjärjestelmä

- Kaasu
- Öljy
- Muu

Kuva 22. Asuinrakennuksen ilmavesilämpöpumpun alkutiedot.

Valitaan ensimmäiseen kokeiluun Daikinin Altherma 3H-mallisto ja syötetään palveluun tekniset tiedot (kuva 22) eli valitaan tilalämmitys matalan lämpötilan pattereilla, käyttöveden lämmitys ja kiinteistön tyyppi saneeraus. Stand By Me-palvelu tarjoaa yhtä ilmavesilämpöpumpua vaihtoehdoksi (kuva 23).

### Daikin Altherma 3 H



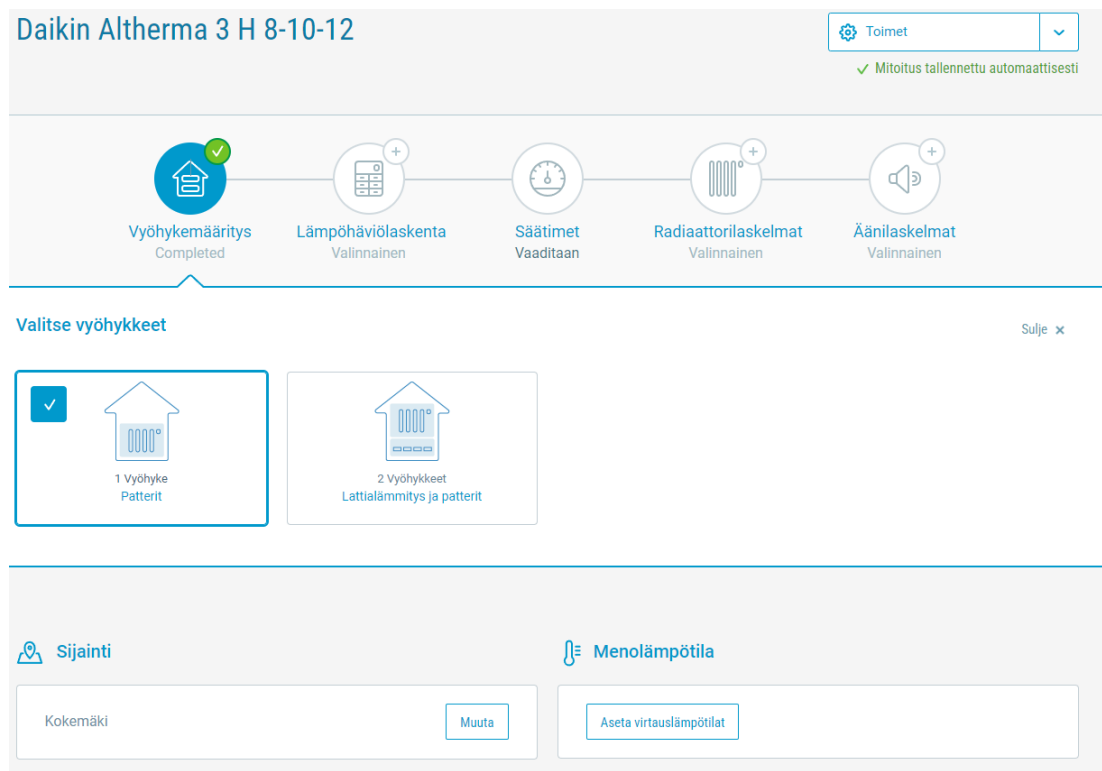
Kuva 23. Daikin Altherma 3H vaihtoehdot.

Seuraavaksi palvelu tiedustelee, halutaanko tarkistaa riittääkö pattereiden lämmitysteho suositellulla menoveden lämpötilalla. Tehdään ratkaisu, että ei tarkisteta pattereiden lämmitystehton riittävyttä, koska tiedossa ei ole casekohteen pattereiden tietoja. Tämän jälkeen vuorossa on tehon tai äänen optimointi (kuva 24). Valitaan tehon optimointi.



Kuva 24. Daikinin ilma-vesilämpöpumpun tehon tai äänen optimointi.

Valinnan jälkeen päästään valikkoon (kuva 25), jossa tehdään vyöhykemääritys. Case-kohteessa on pelkästään radiaattorit eli patterit, joten valitaan vyöhyke 1. Syötetään sijaintitiedot ja tarkistetaan vielä menolämpötila (kuva 26). Stand By Me-palvelu on määrittänyt automaattisesti radiaattoreille lähtevän menoveden lämpötilaksi  $60^{\circ}\text{C}$ , jota ei lähdetä muuttamaan sitä pienemmäksi.



Kuva 25. Case-kohteen tietojen syöttäminen ilma-vesilämpöpöulle.

Menolämpötila
×

### Tilanlämmitys

Lähtöveden lämpötila i

<div style="background-color: #0099cc; color: white; padding: 2px;">Maks.</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">60</div> <div style="background-color: #0099cc; color: white; padding: 2px;">°C</div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">Min.</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">40</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px; text-align: center;">°C</div>	
--	---	--

@ Min. suunniteltu ulkolämpötila -26°C

@ Maks. suunniteltu ulkolämpötila 17°C

[Muuta](#) [Muuta](#)

---

[Tietoja värikoodeista](#)

---

Peruuta
Hyväksy

Kuva 26. Radiaattoreiden menoveden lämpötilatiedot.

Tämän jälkeen suoritetaan lämpöhäviölaskenta (kuva 27). Koska tiedossa on asuinrakennuksen lämmityksen tehon tarve, syötetään kohtaan 11 kW. Käytetään 11 kW:ta, koska mahdolliset loppu lämmitykseen tarvittava energia tuotetaan ilma-vesilämpöpumpun sijasta sähköllä. Tiedon syöttämisen jälkeen ruudulle ilmestyy teksti, joka kertoo, ettei saatavilla ole sopivaa ilma-vesilämpöpumpua (kuva 28).

Laske lämpöhäviöt
Sulje ×

Tilanlämmitys
^

Valitse vaihtoehto

**Täytä tehontarve**  
Kun tulos on tiedossa

kW Käytä

**Nopea ja helppo**  
Yksinkertaistettu lämpökuorman laskenta

Avaa laskin
Käytä

**Laajennettu (suositeltava)**  
Huonekohtainen lämpökuorman laskenta

Avaa laskin
Käytä

Kuva 27. Lämpöhäviötiedot Stand By Me-palvelussa

Mikään ratkaisu (BUH + HP) ei ole riittävän suuri tämän tilanteen kattamiseen



Kuva 28. Stand By Me-palvelun ilmoitus, ettei löydy oikeaa ilmavesilämpöpumppua.

Aloitetaan mitoitus alusta ja valitaan Daikin Altherma 3R-mallisto. Nyt palvelu antaa yhdeksän ilmavesilämpöpumppuvaihtoehtoa, joista pitää seuraavaksi osata valita sopivin. Tässä kohtaa on pakko kokeilla ”yritä ja erehdy”-metodia eli valitaan jokin vaihtoehtoista ja katsotaan, onko se sopiva vai ei. Valitaan yksi vaihtoehtoista ja lähdetään testaamaan. Jälleen tulee kuvan 28 mukainen ilmoitus. Valitaan seuraava vaihtoehto. Yritetään mitoitusta laittamalla lämpötehon tarpeeksi 11 kilowatin sijasta 10 kilowattia. Vieläkään tarjolla ei ole sopivaa vaihtoehtoa. Lasketaan tehon tarve 9 kilowattiin. Nyt Stand By Me-palvelu antaa jatkaa eteenpäin, joten määritetään käyttöveden lämmityksen tarve (kuva 29). Kuten maalämmössäkin, mitoitetaan lämminkäyttövesi neljälle henkilölle. Lisäksi valitaan vielä tarve käyttöveden desinfiointille. Tämä tarkoittaa sitä, että ilmavesilämpöpumppu lämmittämällä käyttöveden säännöllisin väliajoin tiettyyn korkeampaan lämpötilaan eli vähintään +55 °C:een mahdollisten legionellabakteereiden tappamiseksi.

Käyttövesi ^

Valitse laskelma

**Erittely:**  
Ohjattu nopea laskenta Sulje laskin ^

<b>Henkilömäärä</b> <input type="text" value="4 ihmiset"/>	<b>Kylmän veden lämpötila</b> <input type="text" value="10"/> °C
<b>Lämminvesivaraajan lämpötila</b> <input type="text" value="48"/> °C	<b>Samanaikaisesti käytettävien kylpyhuoneiden lukumäärä</b> <input type="text" value="1 kylpyhuone"/>
<b>Päivittäinen lämpimän veden käyttö henkilöä kohti, 40 °C</b> <input type="text" value="40"/> L	<b>Päivittäinen lämpimän veden käyttö, 40 °C</b> <input type="text" value="160"/> L
<b>Lämpimän veden määrä henkilöä kohti litroina</b> <input type="text" value="32"/> L	<b>Vaadittu kokonaistilavuus varaajan lämpötilassa</b> <input type="text" value="126"/> L

**Tarvitaanko desinfiointi?**  
 Kyllä  Ei

Käytä

Kuva 29. Käyttöveden lämmityksen energian tarpeen määrittäminen.



Tämän jälkeen päästään valitsemaan säätimet (kuva 25). Kyseisestä kohdasta valitaan millainen huonesäädin case-kohteeseen halutaan. Valitaan ihan perussäädin, koska säätimellä ei ole vaikutusta ilmavesilämpöpumpun mitoittamiseen. Säätimen valinnan jälkeen vuorossa on radiaattorilaskelmat (kuva 30). Stand By Me-palvelu siirtyy seuraavaan laskentaohjelmaan.

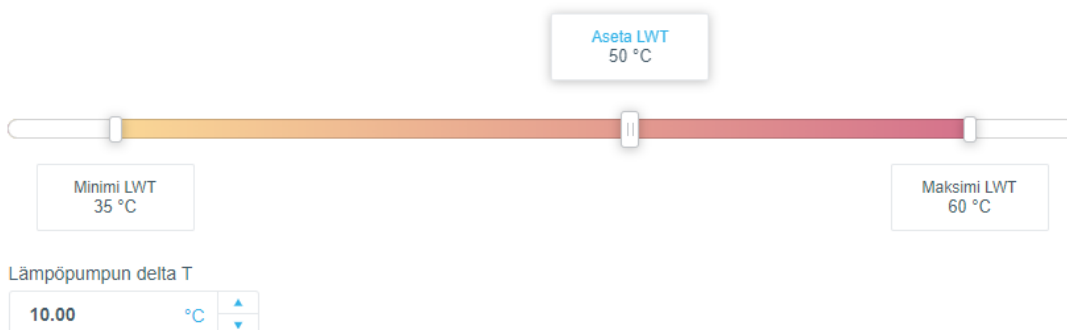


Kuva 30. Radiaattorilaskelmien valinta.

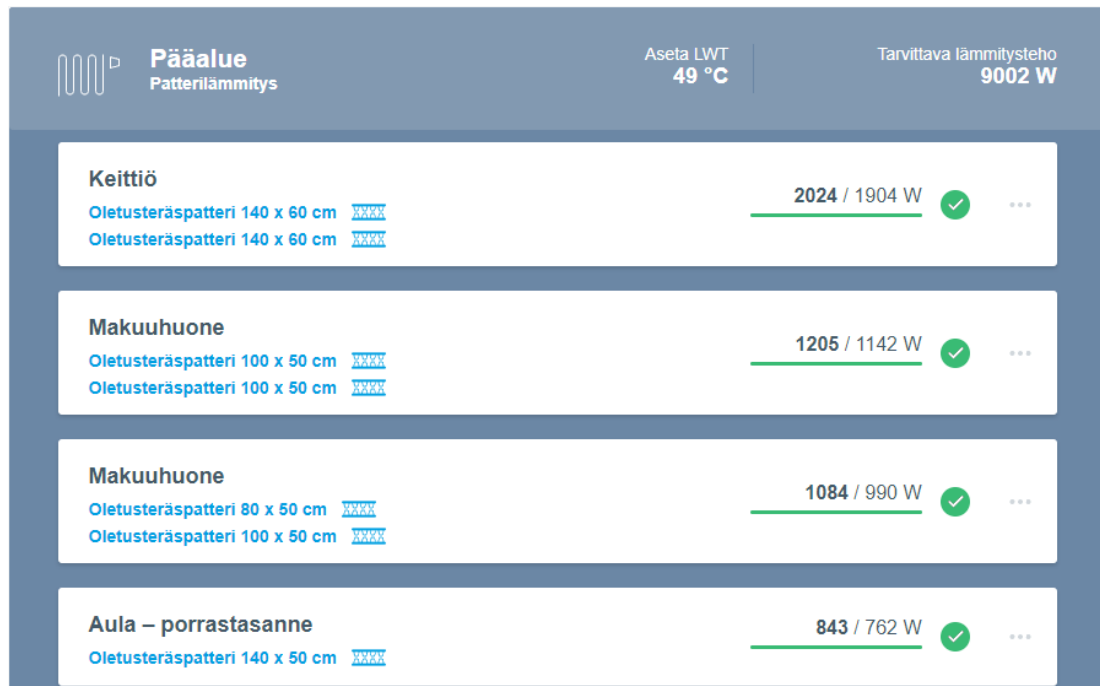
Radiaattorilaskelmien valikossa asetetaan ensin lämmitysjärjestelmän menoja paluuveden lämpötilat (kuva 31). Tämän jälkeen vuorossa on pattereiden valinta huonekohtaisesti (kuva 32). Koska tiedossa ei ollut huonekohtaisia lämmitystehon tarpeita, laskettiin ne radiaattoreiden valintaa varten erikseen (taulukko 9). Radiaattoritietojen syöttämisen jälkeen päädytään jälleen siihen, että Stan By Me-palvelu ilmoittaa, että kohteeseen ei löydy ratkaisua (kuva 28).

#### Lämmitysasennuksen ominaisuudet

Valitse lämmitysasennuksen nykyinen lähtevän veden lämpötila.



Kuva 31. Radiaattoreiden menoja paluuveden lämpötilan asettaminen.



Kuva 32. Radiaattoreiden valinta huonetiloihin.

Tila	Pinta-ala m <sup>2</sup>	Yhteensä W
Tupa	25	1904
MH 1	15	1142
MH 2	13	990
Eteinen	10	762
WC + TK	4,5	343
PKH	6,7	510
VHH	5,5	419
PH + Sauna	9,7	739
Varasto	28,8	2193
<b>Yhteensä</b>	<b>118,2</b>	<b>9 002</b>

Taulukko 9. Lämmitystekot huoneittain, kun tarvittava lämmitysteho 9 kW.

Koska ollaan jälleen lähtötilanteessa, päädytään kokeilemaan palvelun nopea ja helppo -vaihtoehtoa. Nopea ja helppo (kuva 27) antoi asuinrakennuksen lämmitystekon tarpeeksi tietojen syötön jälkeen ainoastaan 6,46 kW:a (kuva 33). Kyseistä tulosta ei voida käyttää mitoituksessa. Jäljellä on vielä laajennettu -vaihtoehto (kuva 27). Se edellytti kaikkien huoneen tietojen syöttämistä

erikseen ja huonetilojen rakentamista (kuva 33). Kyseinen mitoitusvaihtoehto on kätevä, jos ei ole erikseen tiedossa rakennuksen tehontarvetta.

Tämän rakennuksen arvioitu lämpöhäviö on: ①

# 6,46 kW

< Uusi laskelma

✓ Lähetä tulos

Kuva 32. Stand By Me-palvelun nopea ja helppo -mitoituksen tulos.

←
**Makuuhuone**
Tarvittava lämmitysteho  
**273 W**

Helppo tila
Mukautettu tila

Mittaus|

Sisämitta
Ulkomitta

Leveys:

4.00
m

Pituus:

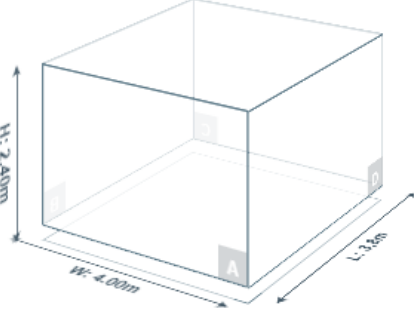
3,8
m

Korkeus:

2.40
m

Tilavuus:

0
=
0
m<sup>3</sup>



Lattia

Sisäkatto


Seinä A

Seinä B


Seinä C

Seinä D


Lattian tyyppi:



Pohjakerros



Välipohja



Välipohja (huoneistojen välillä)

Kuva 33. Stan By Me-palvelun laajennetun mitoituksen huoneen rakentaminen.

Yritetään vielä viimeisen kerran niin, että jätetään käyttöveden lämmitys pois teknisiä tietoja syötettäessä. Lopputulos on sama kuin aikaisemmin eli Stand By Me-palvelu ei pysty mitoittamaan kohteeseen ilmavesilämpöpumppua. On yllättävää, että Stand By Me-palvelu ei anna mitään vaihtoehtoa. Ei edes 16kW:n ilmavesilämpöpumppua, joka on tarjolla 3R-mallistosta (Daikin, 2022).

Ilmavesilämpöpumpun osalta joudutaan siis valintatilanteessa lukemaan eri laitevalmistajien ilmavesilämpöpumppujen teknisiä tietoja. Teknisiä tietoja lu-kiessa huomiota tulee kiinnittää erityisesti ilmavesilämpöpumpun ulkoyksikön alimpaan toimintalämpötilaan ja maksimi lämmitystehtoon (Liite 9). Case-koh-teen osalta siis laitteen tulee toimia -26 °C:ssa ja maksimitehon tulee olla vä-hintään 12kW per ilmavesilämpöpumppu.

## 5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KUSTANNUKSET

Maatilataloutta säädellään omilla laillaan ja asetuksillaan. Myös erilaiset tuet kuuluvat näiden lainsäädäntöjen piiriin kuten esimerkiksi investointituki. Valtio-neuvoston asetus maatalan investointituen kohdentamisesta sisältää tiedot kai-kista tuista, joita on mahdollista hakea. Asetuksen 8§:ssä käsitellään hevosta-louden tukea ja siinä todetaan seuraavasti: "Tukea voidaan myöntää hevosten kasvattamisessa tarvittavaan rakentamisinvestointiin. Tuke ei myönnetä in-vestointiin, joka liittyy hevostalouden palvelutoimintaan." Case-kohteen toi-minta on hevostalouden palvelutoimintaa eli näin ollen lämmitysjärjestelmän investointiin ei voida hakea tukea.

Kustannuksia voidaan tarkastella myös kirjanpidollisesta näkökulmasta. Huo-mionarvoista on se, että perinteistä maataloutta koskee ainoastaan maatalata-louden tuloverolaki. Jos taas maatila olisi yhtiöitetty, siihen sovellettaisiin kir-janpitolakia ja -asetusta. Case-kohde kuuluu perinteisen maatalouden piiriin. Maatilatalouden tuloverolain 6§:ssä todetaan, että tulojen hankkimisesta joh-tuneita vähennyskelpoisia menoja ovat muun muassa tilalla olevien

rakennusten perusparannusmenot. Kyseisen lauseen myötä voidaan todeta, että lämmitysjärjestelmän muutoksesta aiheutuvat kustannukset ovat kokonaisuudessaan verovähennyskelpoisia. Maatilatalouden tuloverolain näkökulmasta tarkasteltuna maatilayrittäjä saa tietyllä tapaa osan kustannuksista takaisin verotettavan tulonsa pienentymisenä lämmitysjärjestelmän muutoksesta aiheutuvien todellisten kustannusten verran.

Mutta kumpaan järjestelmään kannattaa case-kohteessa investoida? Onko maalämpö halvempi kuin ilmavesilämpöpumppu? Investoinnin kustannus määräytyy pitkälti asennettavan järjestelmän hankintakustannuksista, mutta on hyvä ottaa huomioon myös karkealla tasolla käyttö- ja huoltokustannukset järjestelmän käyttöaikana. Käyttöajan oletetaan olevan pidempi kuin lämmityslaitteiden takuu aika. Määritetään sekä maalämmön että ilmavesilämpöpumpun käyttöajaksi 15 vuotta ja vertaillaan kustannuksia tämän pohjalta.

Maalämmön ja ilmavesilämpöpumpun osalta laskettiin kustannusarvio. Todellinen hinta lämmitysjärjestelmän muutokselle selviää vasta, kun työt on tehty ja uusi lämmitysjärjestelmä asennettu vanhan tilalle. Vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle valitun uuden lämmitysjärjestelmän hinta ei kuitenkaan tule ylittämään kustannusarviota. Kustannusarviossa ei laskettu hintaa niille töille ja materiaaleille, jotka jäävät maatilan omistajan hoidettavaksi.

## 5.1 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmä hinnassa maalämpöpumpun hinta on keskiarvo markkinoilla olevista maalämpöpumpuista, jotka parhaiten soveltuisivat kohteeseen. Hintatietoja oli saatavilla LVI-alan tukkuliikkeiden verkkokauppojen sivuilla, mutta sen lisäksi Oilonilta ja Gebwelliltä saatiin hintatiedot soittamalla heidän maalämpöpumppujen myynnistä vastaaville henkilöille. Porakaivon hintatiedot saatiin Rototec Oy:n hinnastosta. Maapiirin tarvittavan putken sekä lämpökanaalin putken hintatiedot löytyivät myös LVI-alan tukkuliikkeiden hinnastoista. LVI-alan tukkuliikkeistä hintatietoja haettiin Onninen Oy:n, Ahlsell Oy:n

ja Dahl Suomi Oy:n verkkokaupasta, jonne opinnäytetyön tilaajalla on verkkokauppatunnukset.

Vertailtaessa taulukoiden 10 ja 11 yhteissummaa havaitaan, että maalämmön osalta edullisemmaksi vaihtoehdoksi osoittautuu lämmityksen toteuttaminen maapiirillä.

$$55\,521\text{ €} - 41\,633\text{ €} = 13\,888\text{ €}$$

Maapiiri tulee lähes 14 000 euroa edullisemmaksi. Tässä kohtaa tulee kuitenkin huomioida se, että maatilan omistajan töille ei ole laskettu hintaa. On selvää, että maapiiriin kaivuutyöt ja vaakaputkiston asentaminen hevostallin takana olevaan peltoon (liite 1) vievät aikaa, koska vaakaputkistolle tarvittava pinta-ala on 1 500 m<sup>2</sup> eli 0,15 hehtaaria. Kyseiselle työlle ei kuitenkaan kerry hintaa 14 000 euroa, joten maapiiri on edullisempi vaihtoehto. Tämä johtuu siitä, että maatilan omistajalla on tarvittavat työkonemat kaivuun toteuttamista varten eli työkonemat ei tarvitse vuokrata erikseen.

<b>Selite</b>	<b>Hinta alv 24%</b>
<i>Maalämpöpumppu</i>	13 888 €
<i>Shunttiryhmä 3kpl</i>	2 917 €
<i>Varaaja 340l, aurinkokierukalla</i>	2 778 €
<i>Puskurivaraaja 750l</i>	2 777 €
<i>Porakaivo, 2 kaivoa</i>	18 055 €
<i>Lämpökanaalin kaivuutyöt maatilan omistaja</i>	0 €
<i>Lämpökanaalin putket</i>	3 225 €
<i>Kylmävesiputki</i>	139 €
<i>Maalämpöpumpun asennustarvikkeet</i>	4 167 €
<i>Maalämpöpumpun asennustyöt</i>	4 500 €
<i>Maalämpöpumpun sähkötyöt</i>	1 897 €
<i>Vanhan järjestelmän purku ja toimitus lajittelukeskukseen</i>	1 178 €
<b>Maalämpöpumppu porakaivolla yhteensä</b>	<b>55 521€</b>

Taulukko 10. Maalämmön investointikustannus porakaivolla

<b>Selite</b>	<b>Hinta alv 24%</b>
<i>Maalämpöpumppu</i>	13 888 €
<i>Shunttiryhmä 3kpl</i>	2 917 €
<i>Varaaja 340l, aurinkokierukalla</i>	2 778 €
<i>Puskurivaraaja 750l</i>	2 777 €
<i>Maapiiri, vaakaputkisto 1000m</i>	4 167 €
<i>Maatilan omista hoitaa kaivuutyöt ja putkiston asennuksen peltoon</i>	0 €
<i>Lämpökanaalin kaivuutyöt maatilan omistaja</i>	0 €
<i>Lämpökanaalin putket</i>	3 225 €
<i>Kylmävesiputki</i>	139 €
<i>Maalämpöpumpun asennustarvikkeet</i>	4 167 €
<i>Maalämpöpumpun asennustyöt</i>	4 500 €
<i>Maalämpöpumpun sähkötyöt</i>	1 897 €
<i>Vanhan järjestelmän purku ja toimitus lajittelu-keskukseen</i>	1 178 €
<b>Maalämpöpumppu maapiirillä yhteensä</b>	<b>41 633 €</b>

Taulukko 11. Maalämmön investointikustannus maapiirillä.

Case-kohteen osalta maalämpöjärjestelmä edellyttää erillistä lämminvesivaraajaa. Varaajan vaihtoehtoina oli perusvaraaja aurinkokierukalla varustettuna ja hybridvaraaja, jossa myös on aurinkokierukka. Syy, miksi varaaja valittiin aurinkokierukalla, oli se, että tulevaisuudessa, jos maatilalla otetaan aurinkokeräimet käyttöön, voidaan auringon tuottamaa energiaa hyödyntää maalämmön rinnalla lämmityksessä. Perinteinen varaaja vaatii rinnalleen puskurivaraajan, mutta hybridvaraajaan sitä ei tarvita. Hinnaltaan perusvaraaja puskurivaraajalla tulee samanhintaiseksi kuin hybridvaraaja.

Syy miksi perusvaraajan rinnalle kannattaa asentaa puskurivaraaja on se, että puskurivaraajan avulla pystytään lämmittämään suurempi määrä vettä, jolloin maalämpöpumppu käynnistyy harvemmin ja sen käyntiaika on yhtäjaksoisesti pidempi. Koska case-kohteen maalämpöpumppu mitoitettiin toimimaan täydellä teholla, saadaan puskurivaraajan avulla maalämpöpumpun

hyötysuhteesta kaikki irti. Maalämpöpumpun hyötysuhde taas vaikuttaa maalämpöpumpun sähkökulutukseen pienentävästi. Lisäksi puskurivaraaja pidentää kompressorin käyttöikä, koska maalämpöpumppu ei käynnisty toistuvasti eli puskurivaraaja harventaa maalämpöpumpun käynnistymiskertoja. Kolmanneksi puskurivaraaja vaikuttaa lämpötilojen vaihteluihin kierrättämällä lämmitysvettä patteriverkoston ja puskurivaraajan välillä. Lämmitysveden kierto on siis jatkuvaa, kun kiertovesipumppu kierrättää rakennuksen lämmityksen tarkoitetun veden maalämpöpumpun lämmittäessä käyttövedettä. (Tom Allen Senera, n.d.a)

### 5.1.1 Maalämmön käyttökustannukset

Oilon Selection Tools-valintaohjelma laski maalämpöpumpun käyttökustannuksiksi 2 574 euroa (kuva 20). Maalämpö on periaatteessa huoltovapaa, mutta arvioidaan järjestelmän huoltokuluihin 100 euroa vuodessa. Käyttökustannukset vuodessa ovat näin ollen:

$$2\,574\text{ €} + 100\text{ €} = 2\,674\text{ €}$$

Käyttökustannuksiksi saadaan vuodessa noin 2 700 euroa.

### 5.2 Ilmavesilämpöpumppu

Ilmavesilämpöpumppuja on saatavilla erilaisia niin omakotitaloille kuin suurille kiinteistöllekin. Case-kohteen osalta päädyttiin ratkaisuun, jossa asuinrakennukseen ja hevostalliin asennetaan omat ilmavesilämpöpumput. Tällöin asuinrakennuksen ja hevostallin välillä kulkevaa lämpökanaalia ei tarvitse kaivaa auki ja uusia lämmitysjärjestelmän saneerauksen yhteydessä. Kustannuksissa tämä näkyy selkeästi, kun verrataan ilmavesilämpöpumppujen investointikustannusta (taulukko 13) maalämmön maapiirin investointikustannukseen (taulukko 11). Hintaaeroa kertyy:

$$41\,663\text{ €} - 34\,382\text{ €} = 7\,281\text{ €}$$



Case-kohteeseen ilmavesilämpöpumppujen hinta määritettiin lopulta hyödyntäen Onninen Oy:n ja Scanofficen verkkokaupan hintatietoja siten, että laskettiin viiden erilaisen 11-12kW:n ilmavesilämpöpumpun hinnan keskiarvo. Ilmavesilämpöpumpuiksi valikoitiin laite, jossa on sisäänrakennettuna käyttövesivaraaja. Kuten maalämpöpumpunkin kohdalla myös ilmavesilämpöpumpun kanssa on hyvä asentaa puskurivaraaja tasaamaan lämmönvaihteluita.

<b>Selite</b>	<b>Hinta alv 24%</b>
<i>Ilmavesilämpöpumppu n. 230 litran käyttövesivaraajalla, 2kpl</i>	19 450 €
<i>Puskurivaraaja, 2kpl</i>	1 120 €
<i>Ilmavesilämpöpumppujen asennustarvikkeet</i>	5 555 €
<i>Ilmavesilämpöpumppujen asennustyöt</i>	4 500 €
<i>Ilmavesilämpöpumppujen sähkötyöt</i>	2 579 €
<i>Ulkoyksikön betonilaatan valu ja tarvikkeiden hankinta maatilán omistaja</i>	0 €
<i>Vanhan järjestelmän purku ja toimitus lajittelukeskukseen</i>	1 178 €
<b>Ilmavesilämpöpumput yhteensä</b>	<b>34 382 €</b>

Taulukko 12. Ilmavesilämpöpumppujen investointikustannus.

### 5.2.1 Ilmavesilämpöpumpun käyttökustannukset

Daikin Europe N.V. ilmavesilämpöpumppujen mukana tulee tuoteseloste, josta näkee laitteen vuotuisen sähkönkulutuksen (liite 10). Käytetään kyseisen liitteen tietoja hyödyksi ja lasketaan käyttökustannukset hyödyntäen ilmoitettuja tietoja vuotuisista sähkönkulutuksista -22 °C:ssa (taulukko 13).

Vuotuinen sähkönkulutus -22°C	kWh
Käyttövesi	1 978
Lämmitys	6 742
<b>Yhteensä</b>	<b>8 720</b>

Taulukko 13. Ilmavesilämpöpumpun vuotuinen sähkönkulutus

Kuten maalämpöpumppukin myös ilma-vesilämpöpumppu on huoltovapaa. Lasketaan kuitenkin käyttökustannuksiin mukaan mahdollisia huoltokuluja 100 €/vuosi yhtä ilma-vesilämpöpumppua kohden.

Käyttökustannuksiksi saadaan tällöin vuotta kohden:

$$(8\,720\text{ kWh} \times 0,1687\text{ €/kWh}) \times 2 + 100 \times 2\text{ €} = 3\,142,13\text{ €}$$

Ilma-vesilämpöpumpun käyttökustannukset vuodessa ovat näin ollen noin 3 150 euroa.

## 6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VALINTA

Case-kohteessa lämmitysjärjestelmän saneeraus toteutetaan ilman lainarahoitusta. Tärkeimmäksi kriteeriksi muodostuu näin ollen alkuinvestoinnin hinnan lisäksi vuotuiset käyttökustannukset. Sekä maalämmöllä että ilma-vesilämpöpumpulla on viiden vuoden laitetakuu. Lämmitysjärjestelmän käyttöiäksi määritetään 15 vuotta. Sähkönhinnan osalta on vaikea ennustaa tulevaa, mutta arvioidaan hinnan vuotuiseksi hinnankorotukseksi 3%. Huoltokustannusten osalta arvioidaan vuotuiseksi hinnankorotukseksi 5%. Liitteestä 11 löytyy käyttökustannusten hinta 15 vuoden ajalta niin maalämmölle kuin ilma-vesilämpöpumpulle.

Taulukosta 14 havaitaan, että kallein vaihtoehto on maalämpö porakaivolla. Edullisimmaksi osoittautuu maalämpö maapiirillä. Ilma-vesilämpöpumppujen maalämpö maapiirillä hintaeroksi 15 vuoden tarkastelujakson aikana tulee noin 1 730 euroa.

$$93\,416,10\text{ €} - 91\,688,06\text{ €} = 1\,728,04\text{ €}$$

Näiden kahden vaihtoehdon välillä huomio kiinnittyy siihen, että ilmavesilämpöpumppujen alkuinvestointikulut ovat pienemmät kuin maalämmön maapiirillä, mutta käyttö- ja huoltokustannuksiltaan ilmavesilämpöpumput tulevat tarkastelujaksolla huomattavasti kalliimmiksi. Case-kohteen osalta suurin painoarvo on täten sillä, kuinka paljon omaa työpanostaan maatilän omistaja haluaa laittaa kohteen lämmitysjärjestelmän muutostöihin. Ilmavesilämpöpumppujen asentamiseen vaadittu työpanos maatilän omistajalta on huomattavasti pienempi kuin maalämmössä.

Lämmitys-järjestelmä	Alkuinves-tointi	Käyttökus-tannukset	Huoltokus-tannukset	Yhteensä
Maalämpöpumppu, porakaivolla	55 521,00 €	47 877,20 €	2 157,86 €	<b>105 556,06 €</b>
Maalämpöpumppu, maapiirillä	41 633,00 €	47 877,20 €	2 157,86 €	<b>91 668,06 €</b>
Ilmavesilämpöpumput	34 382,00 €	54 720,39 €	4 313,71 €	<b>93 416,10 €</b>

Taulukko 14. Lämmitysjärjestelmien kustannukset 15 vuoden aikana.

## 7 YHTEENVETO

Lähdettäessä valitsemaan maatilän vanhan lämmitysjärjestelmän tilalle uutta lämmitysjärjestelmää oli ensin karsittava saatavilla olevista lämmitysjärjestelmistä kohteeseen parhaiten soveltuvat lämmitysjärjestelmät. Taloudellisesti järkevintä olisi ollut tietysti uusia pelkästään vanha puukattila uuteen, mutta koska maatilän omistajat halusivat muun kuin puulämmityksen kohteeseen karsiutui vaihtoehdot muutamaan lämmitysjärjestelmään. Valintaa ohjasi myös Suomen hallituksen päätös öljylämmityksestä luopumisesta sekä se, että

rakennuksissa on painovoimainen ilmanvaihto. Vaihtoehtoiksi jäi näin ollen maalämpö ja ilmavesilämpöpumppu.

Ensimmäinen haaste oli saada case-kohteen asuinrakennuksen pohjapiirustus. Paikallisen kunnan rakennusvalvonnasta löytyi vuodelta 1983 muutospirustus, jossa oli uuden osan lisäksi piirrettynä asuinrakennuksen vanha osakin. Hevostallin osalta pohjapiirustus oli saatavilla.

Toisena haasteena oli rakennusten lämmitystehontarve. Saatavilla ei ollut tietoa aikaisempien vuosien lämmitysenergian tarpeesta. Kyseinen tieto ei myöskään olisi ollut relevanttia, koska maatilán hevostalli oli edellisten omistajien aikaan navettana ja ollut myös käyttämättömänä useamman viime vuoden ajan. Käyttämättömien vuosien aikaan navetassa ei ollut pidetty lämmitystä päällä. Apuna lämmitystehon määrittämisessä käytettiin ympäristöministeriön oppaita Energiatehokkuus ja Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. Oppaista saatua tietoa piti soveltaa laskennassa molempien kohteiden kohdalla.

Kolmantena ongelma oli rakennusten rakennusmateriaalit. Hevostallin osalta tiedot olivat saatavilla ja samoin asuinrakennuksen uuden osan osalta. Sen sijaan asuinrakennuksen vuonna 1946 valmistuneen osan osalta rakennusmateriaalitietoja ei löytynyt. Case-kohteessa ei lähdetty purkamaan rakennuksen rakenteita, joten rakennusmateriaalit pääteltiin rakennusvuoden mukaan.

Lämmitystehon tarpeen laskennassa huomioitiin lämpökuormien osalta ainoastaan hevosten tuottama lämpö hevostallin pilttualueella. Tämä siksi, että pilttualueella olisi optimilämpötila vuoden kylmimpänä aikana hevosille. Asuinrakennuksen laskennassa ei huomioitu mahdollisia lämpökuormia, jotka pienentäisivät asuinrakennuksen lämmitystehon tarvetta. Ratkaisuun päädyttiin siitä syystä, että ei ole tarkkaa tietoa, kuinka monta asukasta asuinrakennuksessa mahdollisesta asuu tai onko asuinrakennus asuttamatta tulevaisuudessa.

Lämmitystehon tarpeen laskennan osalta asuinrakennuksen tilojen lämmitystehon tarpeeksi saatiin noin 11 kW:a ja hevostallin osalta päädyttiin samaan laskentatulokseen. Käyttöveden lämmitykseen tarvittavaa energiamäärää ei otettu laskennassa huomioon, koska käyttöveden lämmitykseen tarvitaan vain hetkellisesti lämmitysenergiaa. Käyttöveden lämmitykseen tarvittavan todellisen lämpöenergian määrää oli lisäksi vaikea arvioida, koska esimerkiksi hevostallin osalta ei ole saatavilla tarkkaa tietoa lämpimän käyttöveden todellisesta kulutuksesta. Täten päädyttiin ratkaisuun, jossa kyseinen energia voidaan tuottaa vuoden kylmimpään aikaan tarvittaessa maalämpöpumpun tai ilmavesilämpöpumpun sähkövastuksella.

Lämmitysjärjestelmää mitoitettaessa maalämpöpumppu mitoitettiin kattamaan sekä asuinrakennuksen että hevostallin lämmitystehon tarve. Ilmavesilämpöpumpun osalta päädyttiin ratkaisuun, jossa asuinrakennukseen ja hevostalliin asennetaan omat ilmavesilämpöpumput. Mitoituksessa olisi voitu päätyä ilmavesilämpöpumpun osalta samaan ratkaisuun kuin maalämmössäkin eli ilmavesilämpöpumppu lämmittäisi asuinrakennuksen ja hevostallin. Tämä onnistuisi ilmavesilämpöpumpulla, joka olisi tarkoitettu isompien kiinteistöjen lämmitykseen.

Kustannuksia tarkasteltaessa ei tullut yllätyksenä, että maalämmön alkuinvestointi on kalliimpi kuin ilmavesilämpöpumppujen. Maalämmön osalta lämpökai-  
von ja maapiirin välillä oli vielä suuri kustannusero. Edullisimmaksi osoittautui maapiiri vaakaputkistolla. Toisaalta vertailukohdista puuttuu isoille kiinteistöille tarkoitettun ilmavesilämpöpumpun alkuinvestointikulut, koska tällöin myös asuinrakennuksen ja hevostallin välillä oleva lämpökanaali olisi uusittu ja nämä kulut lisätty alkuinvestointiin.

Käyttökustannuksia vertailtaessa maalämpö tuli selvästi edullisemmaksi kuin ilmavesilämpöpumppu. Maalämpöpumppu pystyy näin ollen tuottamaan energiaa tehokkaammin maasta pienemmällä sähkönkulutuksella kuin ilmavesilämpöpumppu ilmasta. Ilmavesilämpöpumpun osalta käyttökustannuksia nostaa erityisesti se, että vuoden kylmimpänä aikana ilmavesilämpöpumppu

ei pysty tuottamaan lämpöä riittävästä ja osa lämpöenergiasta joudutaan tuottamaan sähkövastuksella.

Pohdittaessa kumpi olisi sitten parempi vaihtoehto case-kohteessa esiin tulee rakennusten välillä kulkevan lämpökanaalin. Asuinrakennuksesta lähtee vesijohto, joka kulkee lämpökanaalin vieressä hevostalliin. Jossain vaiheessa kyseinen vesijohto tulee uusiksi. Viisainta olisi asentaa maalämpö, jonka asennuksen yhteydessä uusitaan rakennusten välinen lämpökanaali ja samalla uusittaisiin vesijohtokin. Maalämmön osalta edullisempi vaihtoehto on maapiiri vaakaputkistolla. Case-kohteessa sen toteuttaminen ei ole ongelma, koska hevostallin takana on riittävästi peltopinta-alaa vaakaputkistoa varten. Toki kyseinen ratkaisu vaatii maatilán omistajalta omaa työpanosta, joka on poissa kevään tai syksyn peltotöistä. Pohdittaessa parasta asennusaikaa maapiirille pelto- töitä silmällä pitäen niin vaakaputkisto pitäisi asentaa peltoon joko ennen kevätkylvöjä tai syksyllä viljojen puintien jälkeen. Vaihtoehtoisesti asennus voitaisiin tehdä myös kesällä, jos peltoalalla ei ole viljelyksiä.

Päättävät maatilán omistajat valita sitten maalämmön maapiirillä tai ilmavesilämpöpumput, olisi järkevää uusiksi samalla molempien rakennusten vanhat radiaattorit nykypäivän matalalämpöradiaattoreiksi. Vanhojen radiaattoreiden menoveden lämpötila on 60°C ja paluulämpötila 40°C. Vastaavasti matalalämpöradiaattoreiden menoveden lämpötila on pääasiassa 45°C ja paluulämpötila 35°C. Radiaattoreiden uusiminen pienentäisi näin ollen valitun lämmitysjärjestelmän tuottamaa energian tarvetta, kun vesikiertoisten radiaattoreilta osalta menovettä ei tarvitse lämmittää 60°C asteeseen. Tämä toisi kustannussäästöä ja lisäksi valittuun lämmitysjärjestelmään kohdistuu vähemmän rasitusta, kun lämpökuorma on pienempi. Pienemmän rasituksen myötä pitenee valitun lämmitysjärjestelmän käyttöikä.

Tulevaisuudessa olisi hyvä kuvata lämpökameran avulla sekä asuinrakennus ja hevostalli. Lämpökameran avulla pystyttäisiin paikantamaan mahdolliset lämpövuodot ja tekemään tarvittaessa vielä rakenteellisia muutoksia, joiden avulla voidaan pienentää lämmitysenergian tarvetta. Kyseisiä muutoksia

tehtäessä huomioon tulee ottaa rakennusten painovoimainen ilmanvaihto. Ennen muutoksia olisi hyvä selvittää kuinka paljon tehdyt muutokset toisivat säästöä vuotuisiin lämmityskustannuksiin eli olisiko muutostyöt kannattavat.

## LÄHTEET

Ahokas, J. (n.d). Rakennusten lämmitys ja lämpöhäviöt. Helsingin Yliopiston Agroteknologia. <https://www.energia.agrotekno.fi/oppaat/>

Airaksinen, S. & Heiskanen, M-L. (2018). Tallinhoitajan opas. (2. uudistettu painos). Suomen Hevostietokeskus ry.

Anora Industrial. 2023. Naturet lämmönsiirtoneste. Haettu 7.10.2023 osoitteesta <https://anoraindustrial.com/fi/naturet-lammonsiirtoneste>

Daikin Europe N.V. (n.d.). Product fiche ERLQ011.

Daikin Europe Suomen sivuliike. (2022). Daikin Altherma 3R esite. Haettu 7.12.2023 osoitteesta [https://www.daikin.fi/fi\\_fi/tuoteryhmat/ilma-vesilampo-pumppu-matala-lampotila.html](https://www.daikin.fi/fi_fi/tuoteryhmat/ilma-vesilampo-pumppu-matala-lampotila.html)

Eco Scandic Oy. (2023). R410A. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://ecoscandic.fi/regeneroitu-kylmaaine/r410a/>

Imatra. (2016). Imatran kaupungin rakennusjärjestys. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://www.imatra.fi/sites/default/files/atoms/files/Rakennusj%C3%A4rjestys%2020160801.pdf>

Juvonen, J. & Lapinlampi, T. (2013) Energiakaivo, Maalämmön hyödyntäminen pientalossa. Ympäristönimisteriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/40953>

Kajaani. (2022). Rakennusjärjestys. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://www.kajaani.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/rakennusvalvonnan-yhteystiedot-ja-tarkeimmat-linkit/rakennusjarjestys/>

Kari, M. (2009). Maatilayrityksen energiaopas. ProAgria Keskusten Liitto.

Kokemäki. (2022). Kokemäen kaupungin rakennusjärjestys. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://kokemaki.fi/wp-content/uploads/2018/11/KOKEM%C3%84EN-KAUPUNGIN-RAKENNUSJ%C3%84RJESTYS-2016-hyv%C3%A4ksytyy.pdf>

Kokemäen Sähkö. (n.d.). Yleissähkön hinta. Haettu 1.12.2023 osoitteesta <https://kokemaensahko.fi/myyntituotteet/#yleiskausi>

Korkala, T. (2021). Lämmitys: Hoito ja huolto. Kiinteistömedia Oy.

Kymen Lämpöpalvelu Oy. 2022. Lämpökaivot. Haettu 7.10.2023 osoitteesta <https://kymenlampopalvelu.fi/lampokaivot/>



Lahti. (2022). Ilma-vesilämpöpumpun lupakäsittely. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://www.lahti.fi/tiedostot/tiedote-ilma-vesilampopumpun-lupakasittelysta/>

LVI 11-10332. Lämpöpumput. (2002). Rakennustieto. Haettu 10.12.2023 osoitteesta <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2011-10332>

Lämpötilamestarit Oy. (n.d.) Ilmavesi. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://www.lampotilamestarit.fi/vesi-ilmalampopumppu/uudiskohteen-vesi-ilmalampopumppu.php>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavien hevostalouksrakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista 588/2015. Haettu 9.5.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150588>

Maatilatalouden tuloverolaki 543/1967. Haettu 22.3.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1967/19670543>

Motiva Oy. (2012). Lämpöä omasta maasta. Haettu 8.4.2022 osoitteesta <https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/lammitysjarjestelmat/lampo-omasta-maasta-maalampopumput.10752.shtml>

Nibe. (n.d.) Käyttöohjekirja Maalämpö Nibe S1155/S1255. 8.10.2023 Haettu osoitteesta <https://www.nibe.eu/assets/documents/27138/531109-1.pdf>

Oy Linde Gas Ab. (2020). Käyttöturvallisuustiedote difluorimetaari R32. Haettu 8.10.2023 osoitteesta [https://www.linde-gas.fi/fi/images/Difluorimetaani%20\(R32\)\\_1.2\\_FI\\_tcm634-448614.pdf](https://www.linde-gas.fi/fi/images/Difluorimetaani%20(R32)_1.2_FI_tcm634-448614.pdf)

Palm, J. (1982). Eläinsuojien lämmöntalteenottolaitteille asetettavat vaatimukset. (Tiedota 67/1982) Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Perälä, O. (2013). Lämpöpumput (3. uudistettu painos). Alfamer.

Purmo. Kuinka lasketaan lämpöpatterin mitoitus. Haettu 15.5.2023 osoitteesta <https://www.cleverheating.fi/kysymykset/kuinka-lasketaan-lampopatterin-mitoitus/>

Porola, Heidi. 2022. Valokuvamateriaali.

Porola, Mika. 2017-2022. Valokuvamateriaali.

RIL 265. (2014). Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Rototec. (n.d.). Maalämpöopas omakotitaloille. Haettu 7.10.2023 osoitteesta <https://www.rototec.fi/hubfs/Brochures%20and%20webinars/FI/Rototec-Maalampoopas-omakotitaloille.pdf>

Ruuhonen, O. (15.6.2021). Kokemäen kaupungin hallinto- ja taloussuunnittelija Ossi Ruuhosen sähköposti asuinrakennuksen pohjapiirustuksista.

Scanoffice Oy. (n.d.). Ilmavesilämpöpumppu-opas. Haettu 7.10.2023 osoitteesta <https://scanoffice.fi/ilma-vesilampopumput/opas/>

Scanoffice Oy. (8/2023). Mitsubishi Electric Lämpöpumput. Haettu 3.12.2023 osoitteesta <https://scanoffice.fi/tuote/mitsubishi-electric-ecodan-r32-ilma-vesilampopumppu/>

Tampere. (2023). Tekniset asennukset julkisivuissa. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://www.tampere.fi/asuminen-ja-rakentaminen/rakenna-ja-korjaa/rakentamisen-luvat-valvonta-ja-tietopalvelu/tekniset-asennukset-julkisivuissa>

Tom Allen Senera Oy. (n.d.a) Ilma-vesilämpöpumppu. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://www.tomallensenera.fi/ilma-vesilampopumppu>

Tom Allen Senera Oy. (n.d.b) Maalämpöjärjestelmän kannattaa asentaa puskurivaraaja. Haettu 3.12.2023 osoitteesta <https://www.tomallensenera.fi/blogi/maalampojarjestelmaan-kannattaa-asentaa-puskurivaraaja>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. n.d. Kylmäala. Haettu 7.10.2023 osoitteesta <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/kylmaala#edb6b2bd>

Valtioneuvoston asetus hevosten suojelusta 588/2010. Haettu 9.5.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100588#P4>

Valtioneuvoston asetus maatalan investointituen kohdentamisesta. MMM/2023/42. Haettu 22.3.2023 osoitteesta <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatokset?decisionId=0900908f80816c16>

Vihti. (2022). Lämmitystapamuutosohje pientaloasujille. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://www.vihti.fi/wp-content/uploads/2022/09/lammitystapamuutosohje-pientaloasujille.pdf>

Wikipedia. (n.d). Vesi. Haettu 8.10.2023 osoitteesta <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesi>

Yli-Huhtala, J. (5.6.2021). Henkilökohtainen keskustelu Jarmo Yli-Huhtalan kanssa.

Ympäristöministeriö. 2018a. Energiatehokkuus - Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Haettu 9.5.2023. <https://ym.fi/documents/1410903/0/Ohje+-+Rakennuksen+energiankulutuksen+ja+l%C3%A4mmitystehontarpeen+laskenta+20-12-2017.pdf/3efb5c34-e921-592e-3d54-aaf9ecc1b62e/Ohje+-+Rakennuksen+energiankulutuksen+ja+l%C3%A4mmitystehontarpeen+laskenta+20-12-2017.pdf?t=1647934666563>

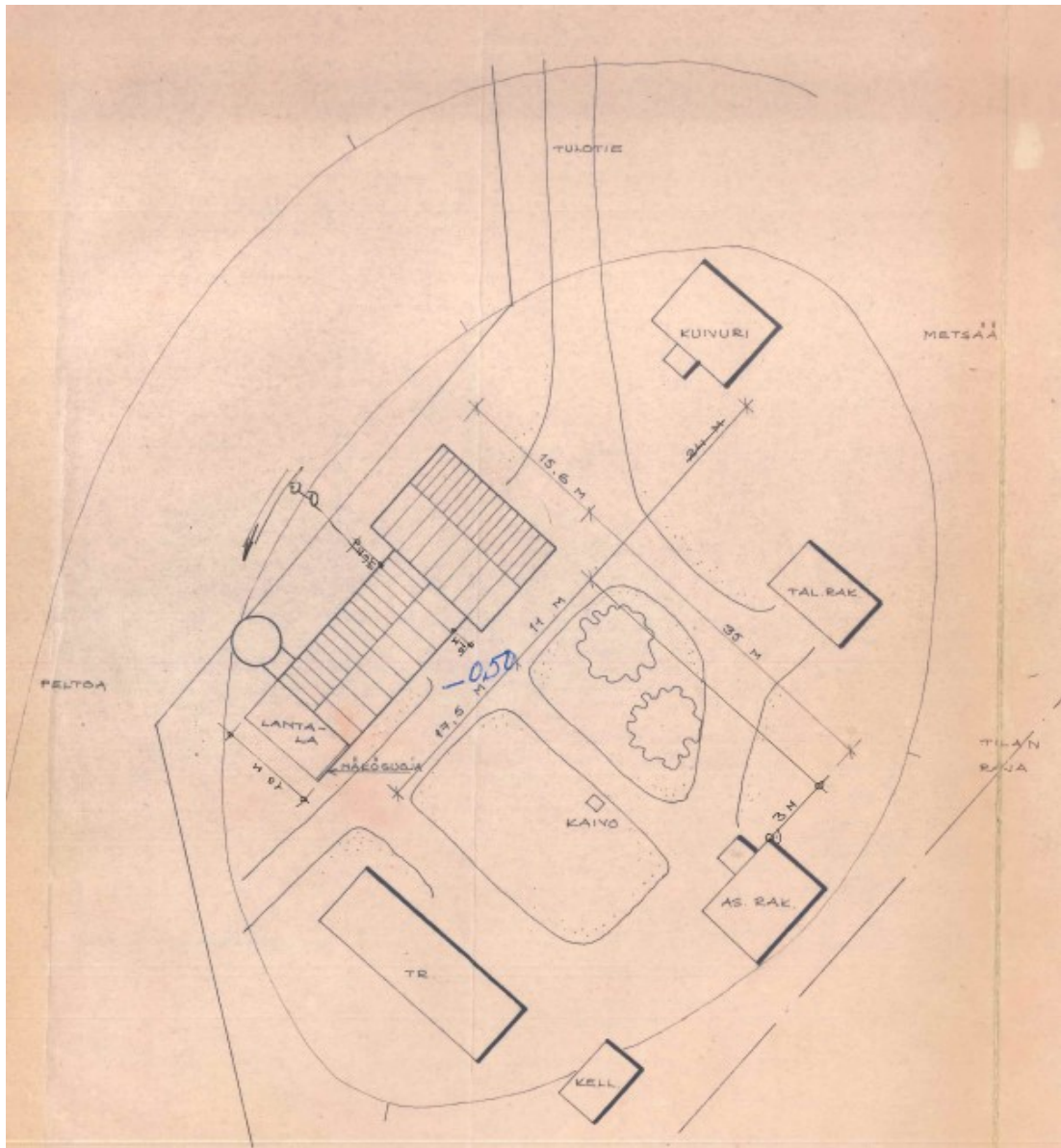
Ympäristöministeriö. 2018b. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. Haettu 8.4.2022 osoitteesta

[https://www.motiva.fi/files/16465/Tyypillisia\\_olemassa\\_olevien\\_vanhojen\\_rakennusten\\_alkuperaisia\\_suunnitteluarvoja\\_-\\_Energiatodistusoppaan\\_2018\\_liite.pdf](https://www.motiva.fi/files/16465/Tyypillisia_olemassa_olevien_vanhojen_rakennusten_alkuperaisia_suunnitteluarvoja_-_Energiatodistusoppaan_2018_liite.pdf)

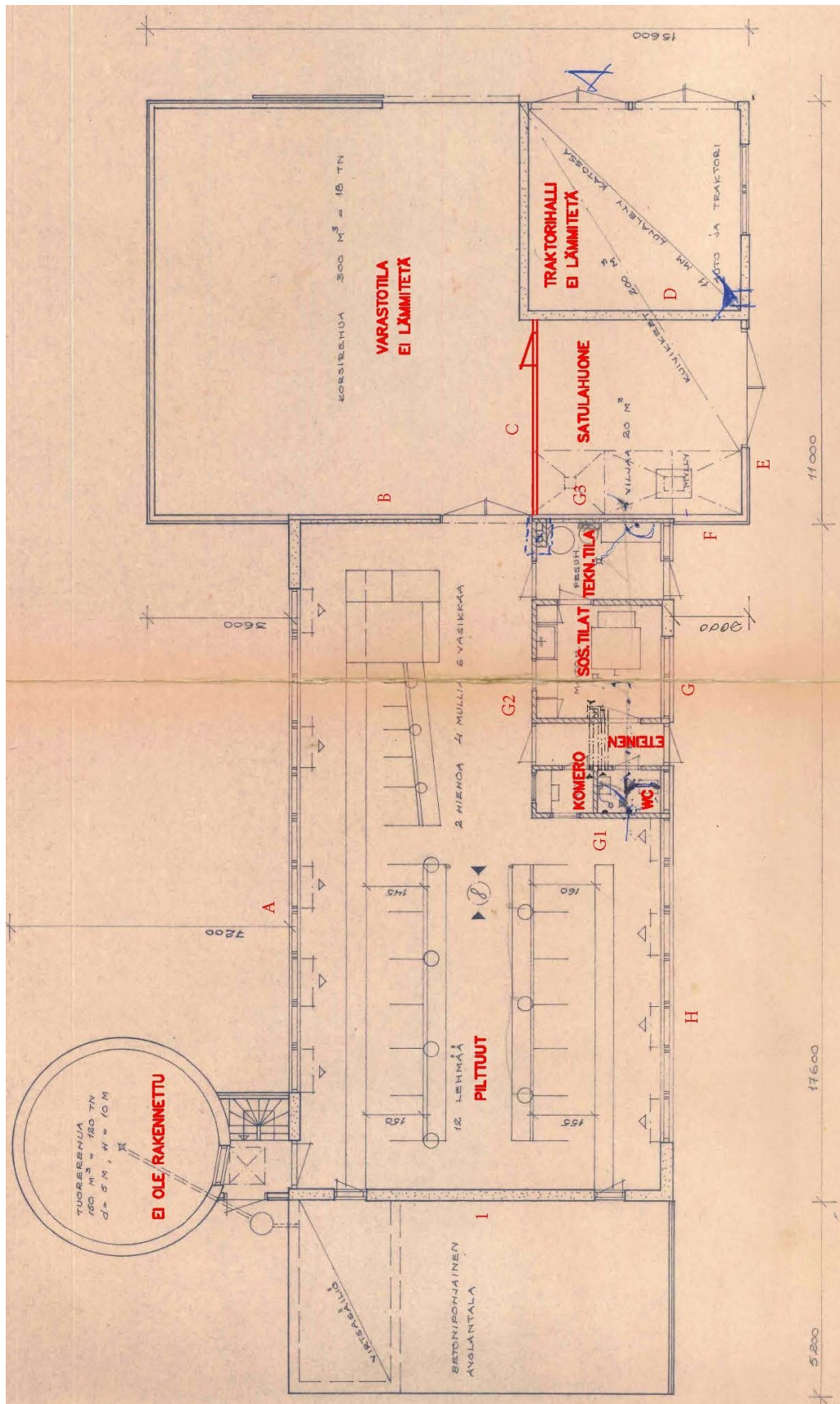
Ympäristöministeriö. (n.d.). Öljylämmityksestä luopuminen. Haettu 15.5.2023. <https://ym.fi/oljylammityksesta-luopuminen>

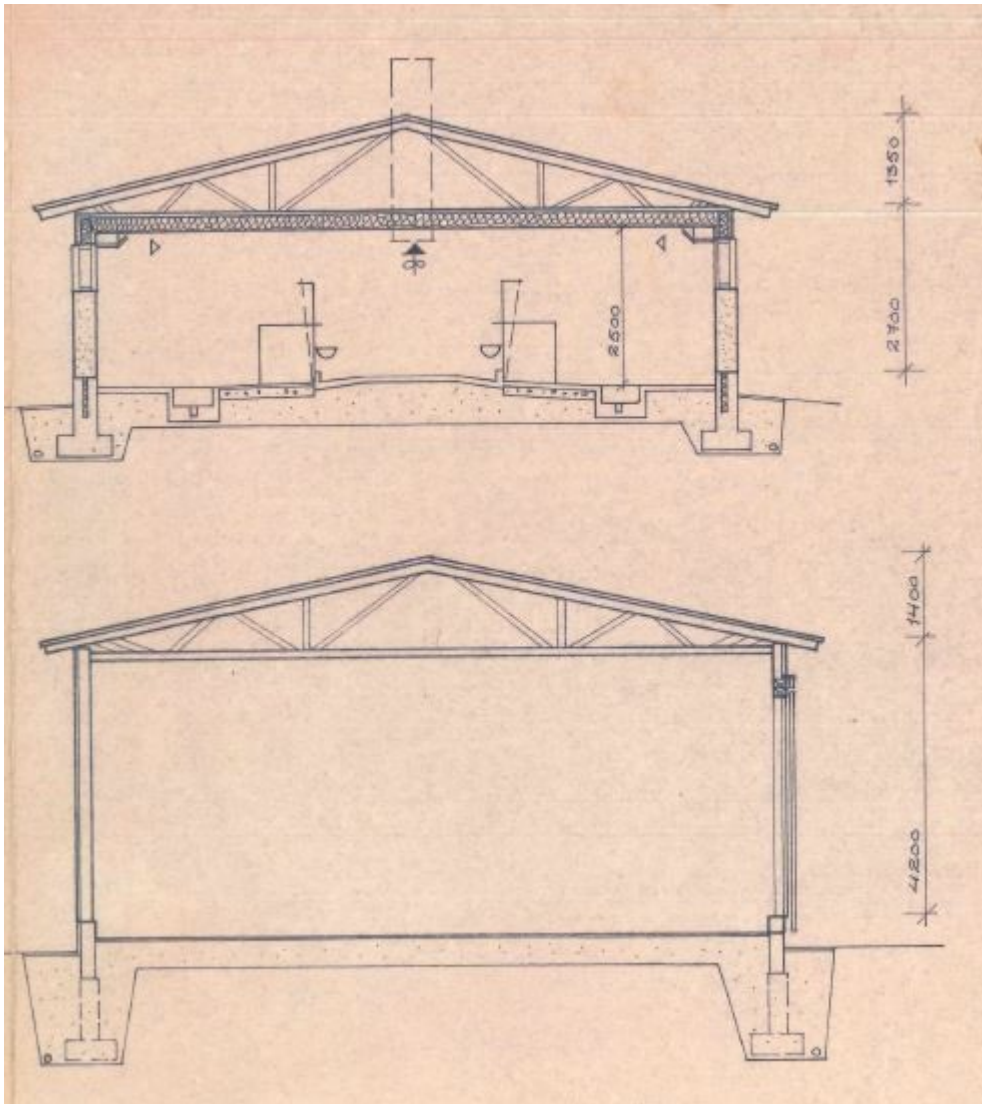
Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Haettu 8.10.2023 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

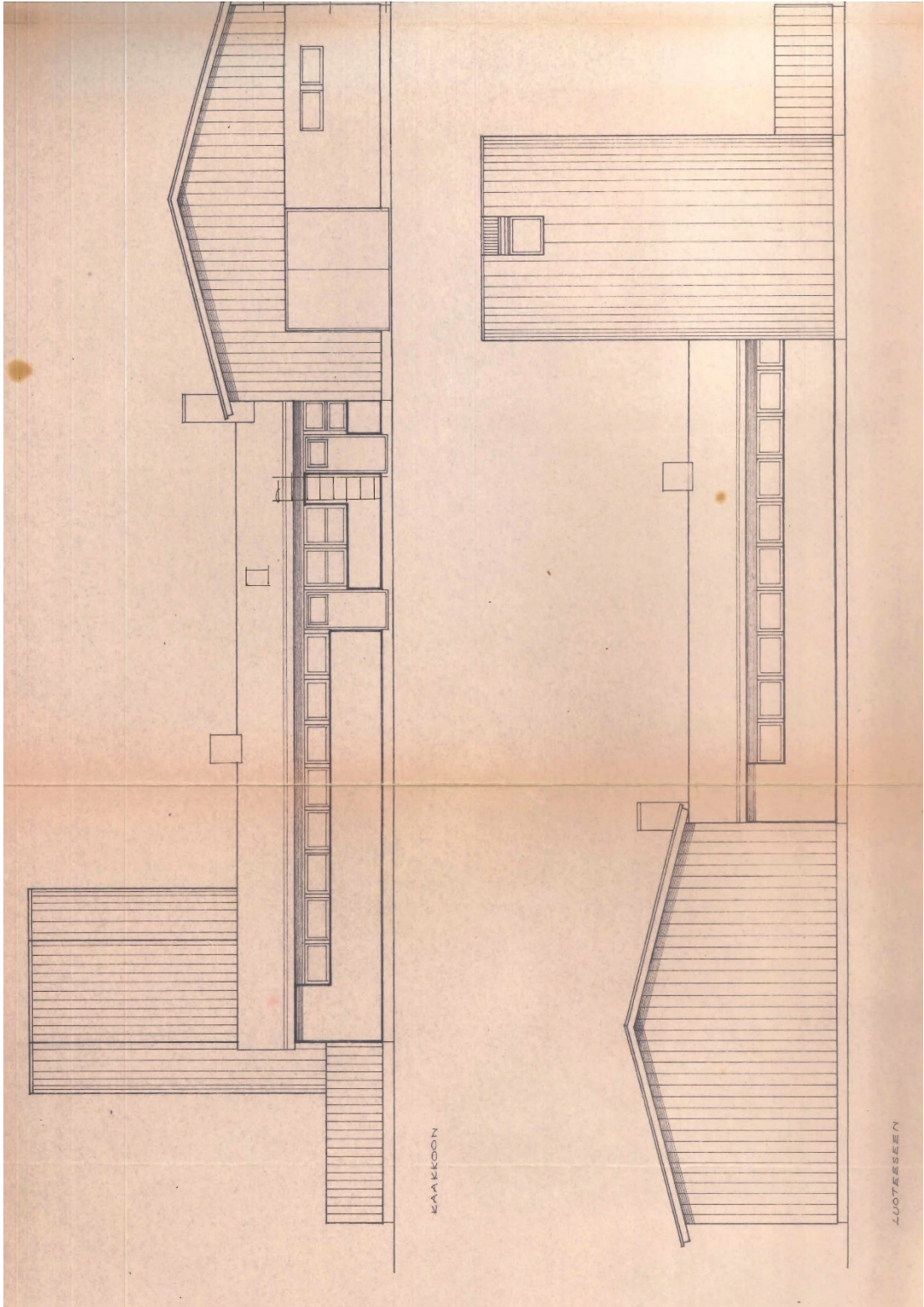
## LIITE 1: ASEMAKUVA

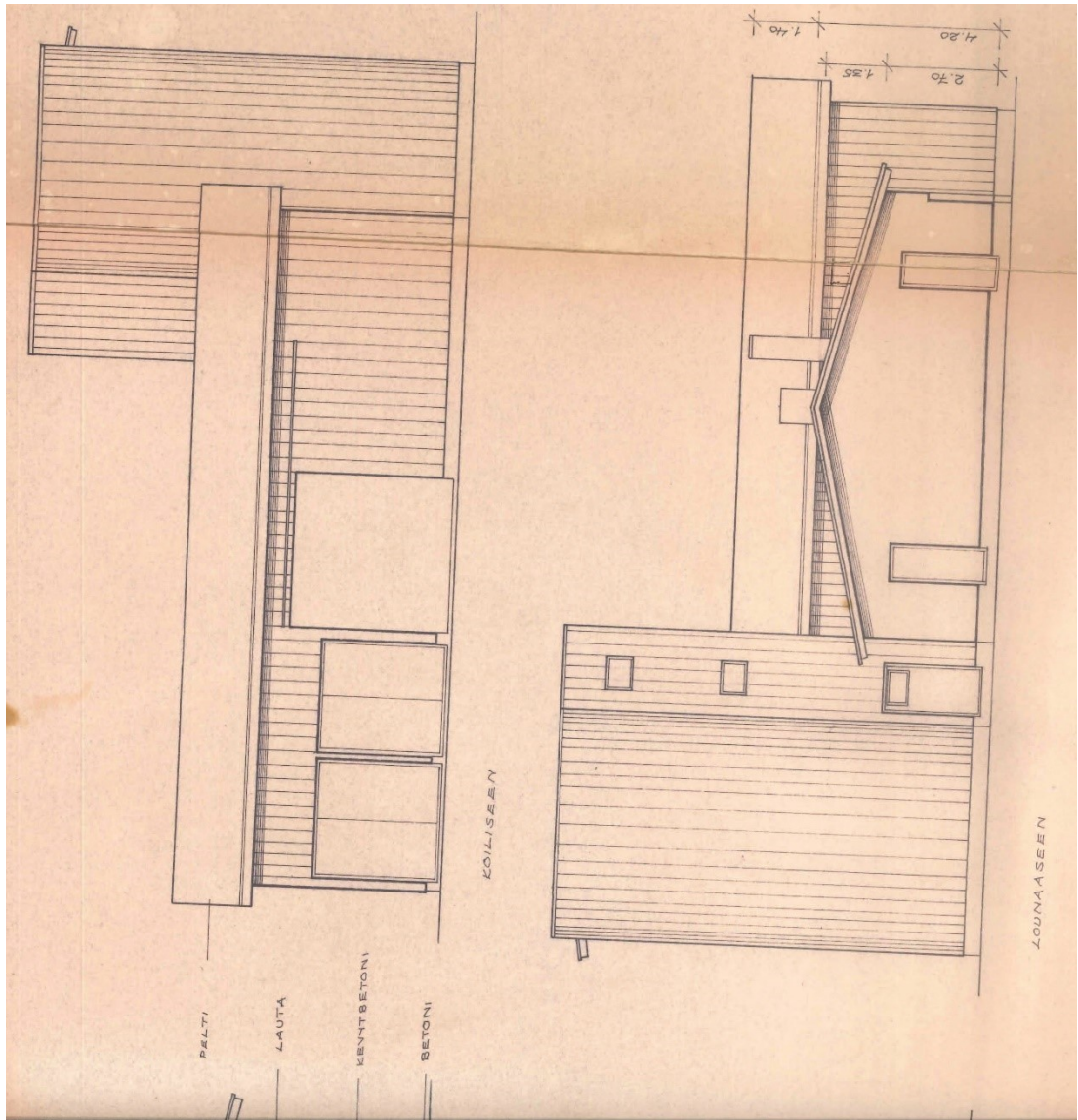


## LIITE 2: HEVOSTALLI POHJAPIIRROS



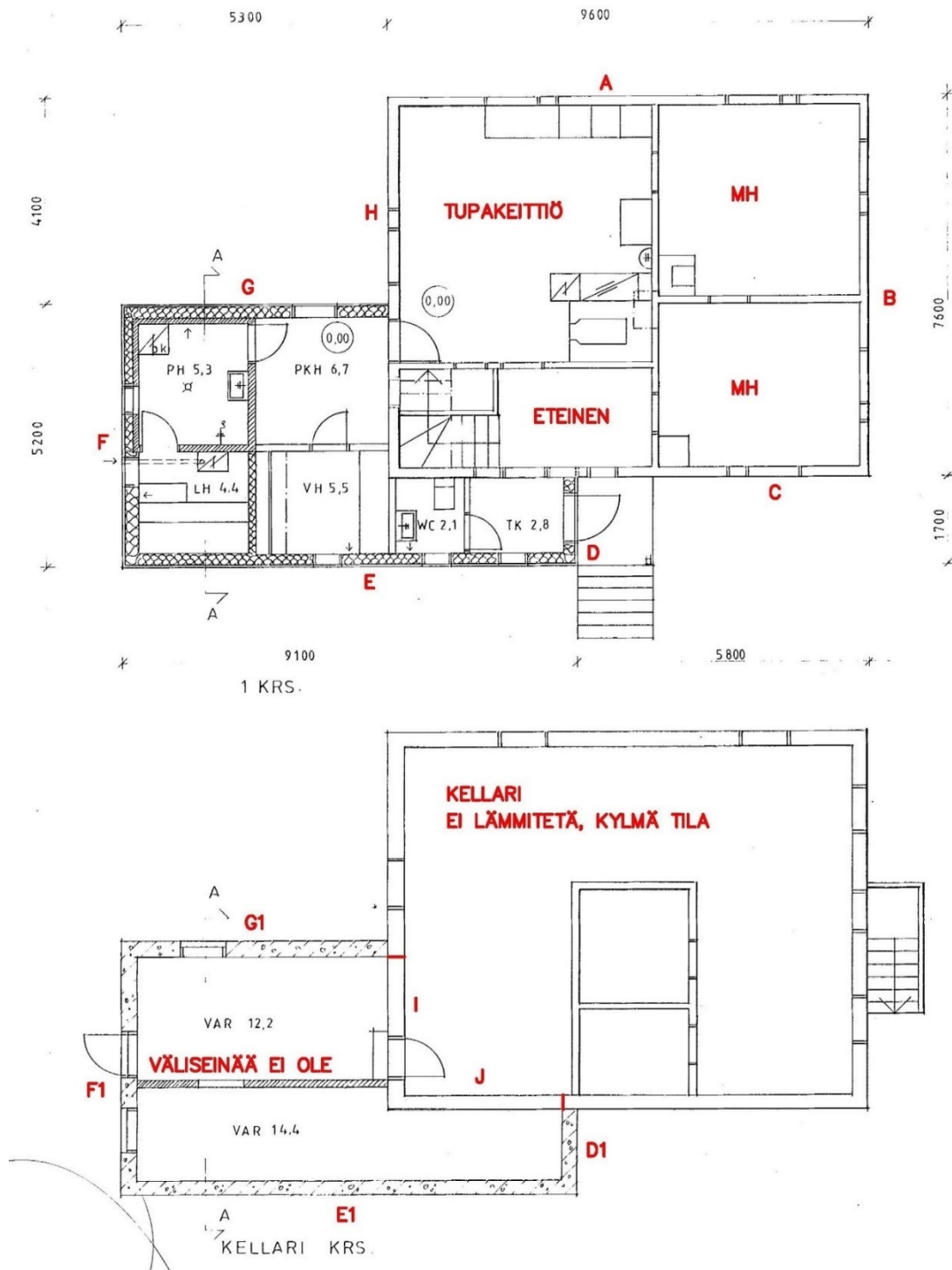


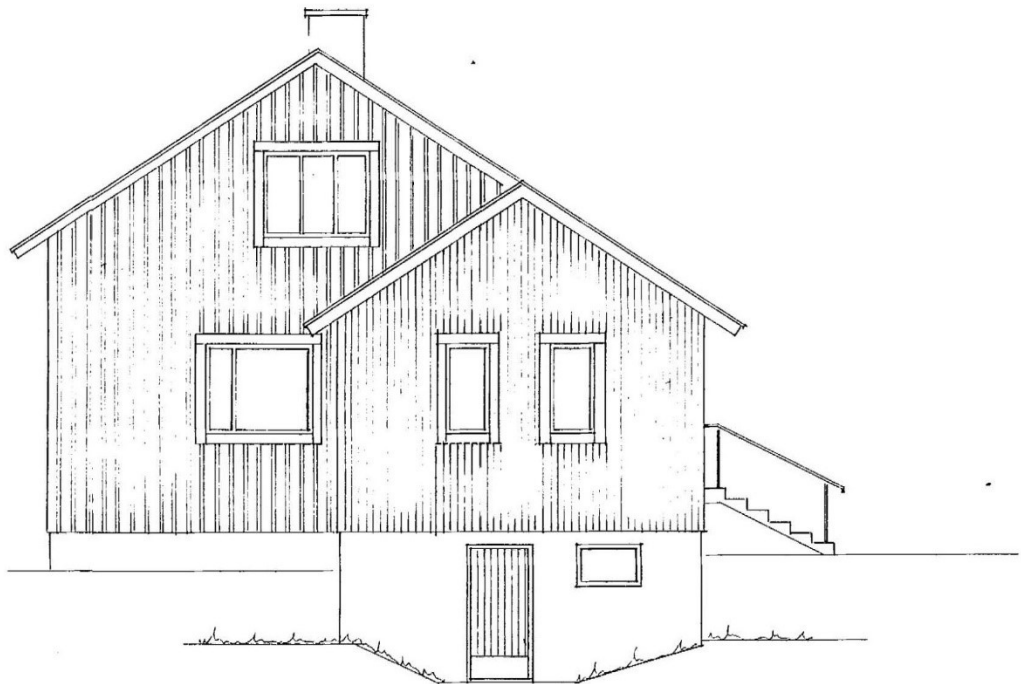




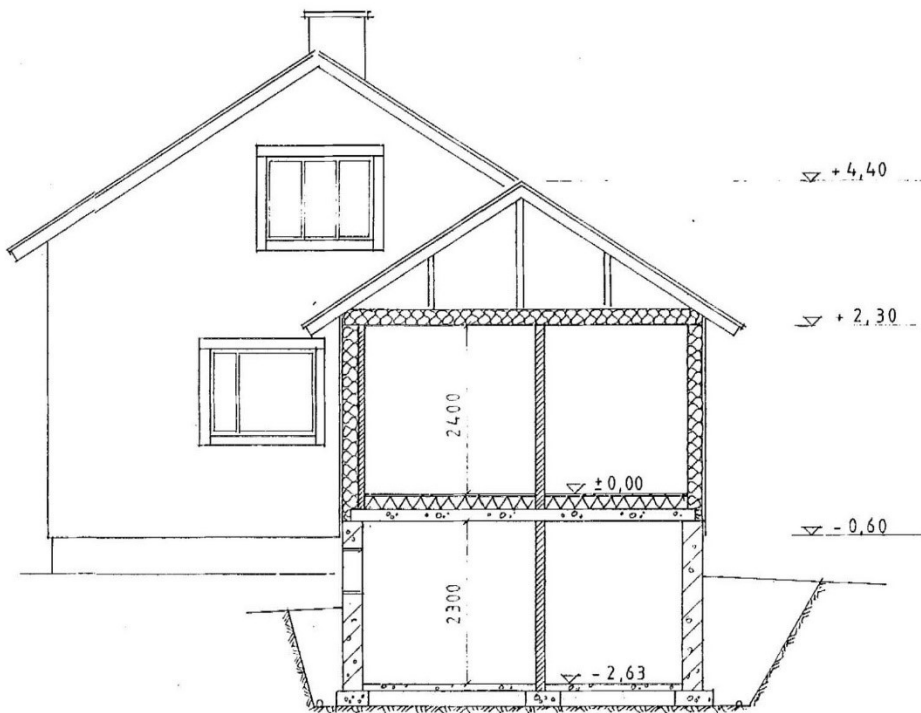


## LIITE 3: ASUINRAKENNUS POHJAPIIRROS

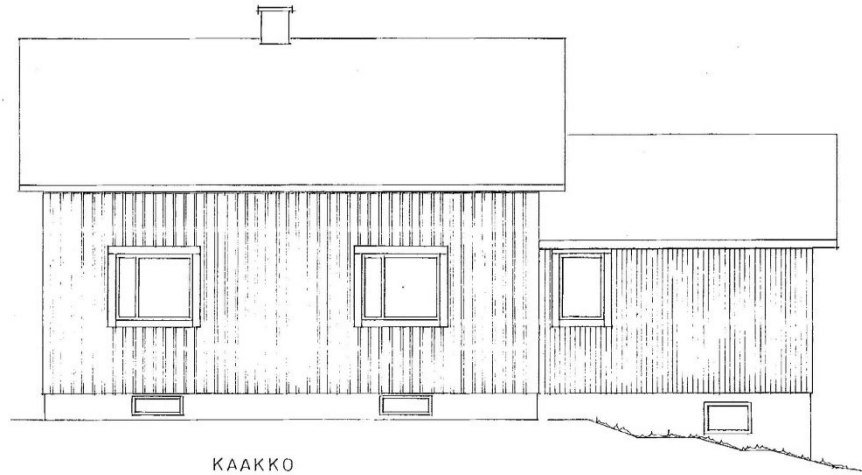




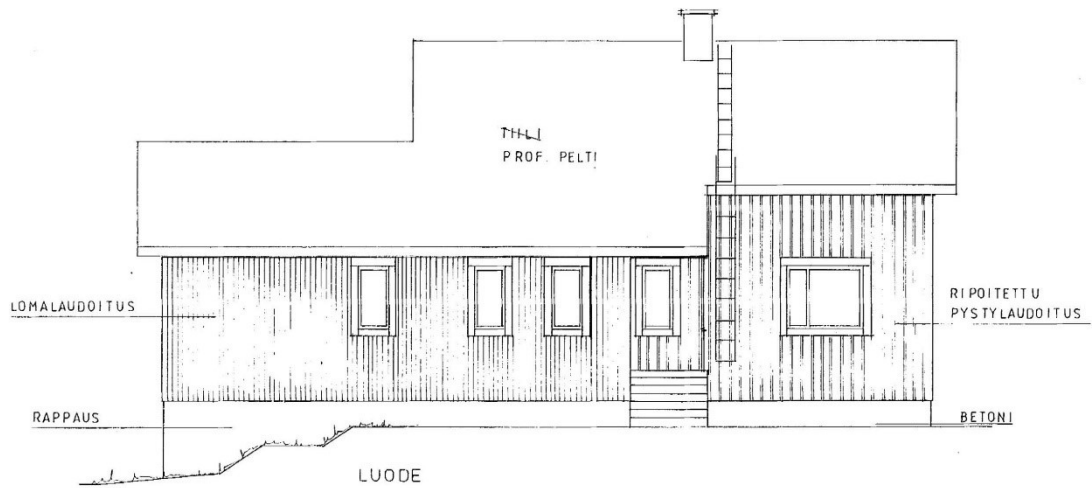
KOILLINEN



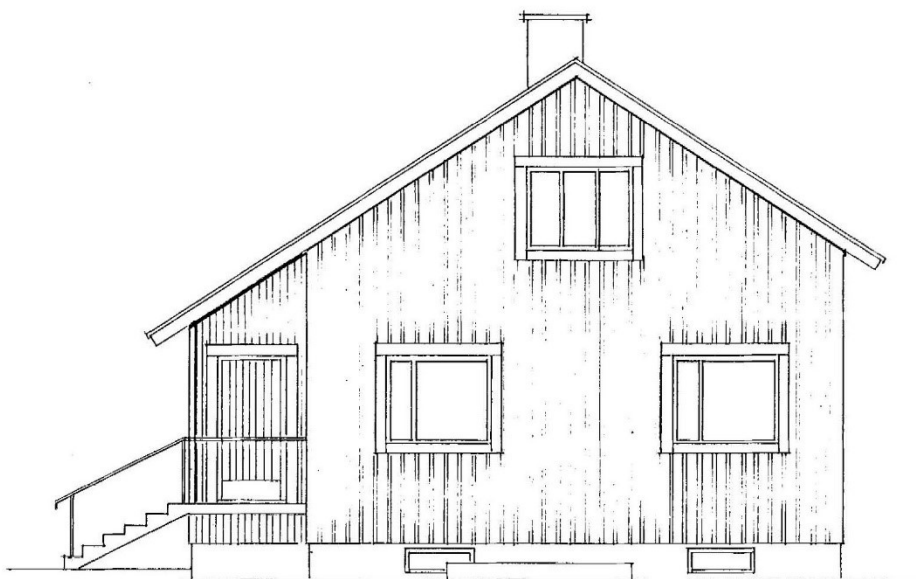
LEIKKAUS A-A



KAAKKO



LUODE



LOUNAS

## LIITE 4: ASUINRAKENNUKSEN PINTA-ALAT

### SEINÄT

#### VANHA OSA

Ulkoseinä	Pituus		Korkeus		Pinta-ala
A	9,20 m	x	2,40 m	=	22,08 m <sup>2</sup>
B	7,20 m	x	2,40 m	=	17,28 m <sup>2</sup>
C	5,60 m	x	2,40 m	=	13,44 m <sup>2</sup>
H	3,90 m	x	2,40 m	=	9,36 m <sup>2</sup>
Yhteensä					62,16 m <sup>2</sup>

#### UUSI OSA - lämmin tila

Ulkoseinä	Pituus		Korkeus		Pinta-ala
D	1,50 m	x	2,40 m	=	3,60 m <sup>2</sup>
E	8,70 m	x	2,40 m	=	20,88 m <sup>2</sup>
F	4,80 m	x	2,40 m	=	11,52 m <sup>2</sup>
G	5,10 m	x	2,40 m	=	12,24 m <sup>2</sup>
Yhteensä					48,24 m <sup>2</sup>

#### UUSI OSA - puolilämmin tila

Ulkoseinä	Pituus		Korkeus		Pinta-ala
D	1,50 m	x	2,30 m	=	3,45 m <sup>2</sup>
E	8,70 m	x	2,30 m	=	20,01 m <sup>2</sup>
F	4,80 m	x	2,30 m	=	11,04 m <sup>2</sup>
G	5,10 m	x	2,30 m	=	11,73 m <sup>2</sup>
Yhteensä					46,23 m <sup>2</sup>

### IKKUNAT

#### Vanha osa

Pituus		Korkeus		Määrä		Pinta-ala
1,50 m	x	1,20 m	x	6 kpl	=	10,80 m <sup>2</sup>
0,50 m	x	1,20 m	x	1 kpl	=	0,60 m <sup>2</sup>
Yhteensä						11,40 m <sup>2</sup>

## Uusi osa - lämmin tila

Pituus		Korkeus		Määrä		Pinta-ala
1,00 m	x	1,20 m	x	1 kpl	=	1,20 m <sup>2</sup>
0,50 m	x	1,20 m	x	5 kpl	=	3,00 m <sup>2</sup>
Yhteensä						4,20 m <sup>2</sup>

## Uusi osa - puoli lämmin tila

Pituus		Korkeus		Määrä		Pinta-ala
0,80 m	x	0,50 m	x	2 kpl	=	0,80 m <sup>2</sup>
Yhteensä						0,80 m <sup>2</sup>

**ULKO-OVET**

## Uusi osa - lämmin tila

Pituus		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
1,00 m	x	2,00 m	x	1 kpl	=	2,00 m <sup>2</sup>
Yhteensä						2,00 m <sup>2</sup>

## Uusi osa - puolilämmin tila

Pituus		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
1,00 m	x	2,00 m	x	1 kpl	=	2,00 m <sup>2</sup>
Yhteensä						2,00 m <sup>2</sup>

**YLÄ- JA ALAPOHJA + VÄLIPOHJA**

## Vanha osa

Pituus		Leveys		Pinta-ala
9,20 m	x	7,20 m	=	66,24 m <sup>2</sup>
Yhteensä				66,24 m <sup>2</sup>

## Uusi osa

Pituus		Leveys		Pinta-ala
4,9 m	x	4,80 m	=	23,52 m <sup>2</sup>
1,50 m	x	3,50 m	=	5,25 m <sup>2</sup>
Yhteensä				28,77 m <sup>2</sup>

**Vaipan pinta-ala  
vanha osa**

Raken- nus-osa	Pinta-ala m <sup>2</sup>
Seinät	62,16
Alapohja	66,24
Yläpohja	66,24
Yhteensä	194,64

**Vaipan pinta-ala  
uusi osa**

Raken- nus-osa	Pinta-ala m <sup>2</sup>
Seinät	100,5
Alapohja	28,77
Yläpohja	28,77
Yhteensä	158,04

Tilavuus	Pinta-ala m <sup>2</sup>	Korkeus m	Tilavuus m <sup>3</sup>
Vanha osa	66,24	2,40	158,98
Uusi osa	28,77	5,00	143,85

## LIITE 5: ASUINRAKENNUKSEN KYLMÄSILTOJEN MITAT

### IKKUNAT

Lämmin tila

Ikkunan ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
1,5 m + 1,5 m + 1,2 m + 1,2 m =	5,4 m	6 kpl	32,4 m
0,5 m + 0,5 m + 1,2 m + 1,2 m =	3,4 m	6 kpl	20,4 m
Yhteensä			52,8 m

Puolilämmin tila

Ikkunan ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
0,8 m + 0,8 m + 0,5 m + 0,5 m =	2,6 m	2 kpl	5,2 m
Yhteensä			5,2 m

### ULKO-OVET

Lämmin tila

Ulko-oven ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
1,0 m + 1,0 m + 2,0 m + 2,0 m =	6,0 m	1 kpl	6,0 m
Yhteensä			6,0 m

Puolilämmin tila

Ulko-oven ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
1,0 m + 1,0 m + 2,0 m + 2,0 m =	6,0 m	1 kpl	6,0 m
Yhteensä			6,0 m

### ALA- JA YLÄPOHJA

Vanha osa

Lattian / Katon ympärysmitat	Yhteensä
3,9 m + 9,2 m + 7,2 m + 5,6 m =	25,9 m

Uusi osa

Lattian / Katon ympärysmitat	Yhteensä
5,1 m + 4,8 m + 8,7 m + 1,5 m =	20,1 m

**ULKOSEINÄT**

Puurakenne, lämmin tila

Ulkoseinien nurkkien mitat	Yhteensä
5,0 nurkkaa x 4,0 m =	20,0 m
3,0 nurkkaa x 3,0 m =	9,0 m
Yhteensä	29,0 m

Harkko, puolilämmin tila

Ulkoseinien nurkkien mitat	Yhteensä
2,0 nurkkaa x 2,5 m =	5,0 m
Yhteensä	5,0 m



## LIITE 6: HEVOSTALLIN PINTA-ALAT

**SEINÄT**

## PILTTUUT

Ulkoseinä	Pituus		Korkeus		Pinta-ala
A	17,00 m	x	2,80 m	=	47,60 m <sup>2</sup>
B	6,00 m	x	2,80 m	=	16,80 m <sup>2</sup>
H	9,60 m	x	2,80 m	=	26,88 m <sup>2</sup>
I	9,40 m	x	2,80 m	=	26,32 m <sup>2</sup>
Yhteensä					117,60 m <sup>2</sup>

## SOSIAALITILAT ulkoseinän puoli

Ulkoseinä	Pi- tuus		Korkeus		Pinta-ala
G	7,30 m	x	2,80 m	=	20,44 m <sup>2</sup>
Yhteensä					20,44 m <sup>2</sup>

## SOSIAALITILAT pilttuiden puoli

Ulkoseinä	Pi- tuus		Korkeus		Pinta-ala
G1	3,30 m	x	2,80 m	=	9,24 m <sup>2</sup>
G2	7,30 m	x	2,80 m	=	20,44 m <sup>2</sup>
Yhteensä					29,68 m <sup>2</sup>

## SOSIAALITILAT satulahuoneen puoli

Ulkoseinä	Pi- tuus		Korkeus		Pinta-ala
G3	3,30 m	x	2,80 m	=	9,24 m <sup>2</sup>
Yhteensä					9,24 m <sup>2</sup>

## SATULAHUONE - varastotilan puoli

Ulkoseinä	Pi- tuus		Korkeus		Pinta-ala
C	5,00 m	x	3,00 m	=	15,00 m <sup>2</sup>
Yhteensä					15,00 m <sup>2</sup>

## SATULAHUONE - traktorihallin puoli

Ulkoseinä	Pituus		Kor- keus		Pinta-ala
D	5,30 m	x	3,00 m	=	15,90 m <sup>2</sup>
Yhteensä					15,90 m <sup>2</sup>

## SATULAHUONE - ulkoseinät

Ulkoseinä	Pituus		Kor- keus		Pinta-ala
E	5,00 m	x	3,00 m	=	15,00 m <sup>2</sup>
F	1,80 m	x	3,00 m	=	5,40 m <sup>2</sup>
Yhteensä					20,40 m <sup>2</sup>

## IKKUNAT

## PILTTUUT

Leveys		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
1,20 m	x	0,70 m	x	18 kpl	=	15,12 m <sup>2</sup>
Yhteensä						15,12 m <sup>2</sup>

## SOSIAALITILAT ulkoseinän puoli

Leveys		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
1,20 m	x	0,70 m	x	1 kpl	=	0,84 m <sup>2</sup>
1,00 m	x	1,20 m	x	2 kpl	=	2,40 m <sup>2</sup>
0,80 m	x	1,20 m	x	1 kpl	=	0,96 m <sup>2</sup>
Yhteensä						4,20 m <sup>2</sup>

## SOSIAALITILAT pilttuiden puoli

Leveys		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
0,70 m	x	0,50 m	x	3 kpl	=	1,05 m <sup>2</sup>

**OVET****PILTTUUT**

Leveys		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
0,80 m	x	2,10 m	x	2 kpl	=	3,36 m <sup>2</sup>
1,20 m	x	2,10 m	x	1 kpl	=	2,52 m <sup>2</sup>
2,40 m	x	2,50 m	x	1 kpl	=	6,00 m <sup>2</sup>
Yhteensä						11,88 m <sup>2</sup>

**SOSIAALITILAT** ulkoseinän puoli

Leveys		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
1,00 m	x	2,10 m	x	2 kpl	=	4,20 m <sup>2</sup>
Yhteensä						4,20 m <sup>2</sup>

**SOSIAALITILAT** pilttuiden puoli

Leveys		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
1,00 m	x	2,10 m	x	2 kpl	=	4,20 m <sup>2</sup>
Yhteensä						4,20 m <sup>2</sup>

**SATULAHUONE**

Leveys		Kor- keus		Määrä		Pinta-ala
1,00 m	x	2,10 m	x	1 kpl	=	2,10 m <sup>2</sup>
3,00 m	x	2,80 m	x	1 kpl	=	8,40 m <sup>2</sup>
Yhteensä						10,50 m <sup>2</sup>

**YLÄ- JA ALAPOHJA + VÄLIPOHJA****PILTTUUT**

Pituus		Leveys		Pinta-ala
9,7 m	x	9,40 m	=	91,18 m <sup>2</sup>
7,30 m	x	6,00 m	=	43,80 m <sup>2</sup>
Yhteensä				134,98 m <sup>2</sup>

## SOSIAALITILAT

Pituus		Leveys		Pinta-ala
7,3 m	x	3,30 m	=	24,09 m <sup>2</sup>
Yhteensä				24,09 m <sup>2</sup>

## SATULAHUONE

Pituus		Leveys		Pinta-ala
5 m	x	5,30 m	=	26,50 m <sup>2</sup>
Yhteensä				26,50 m <sup>2</sup>

**Vaipan pinta-ala  
vanha osa**

Rakennus- osa	Pinta- ala m <sup>2</sup>
Seinät	189,62
Alapohja	186,30
Yläpohja	186,30
Yhteensä	562,22

Tilavuus	Pinta- ala m <sup>2</sup>	Korkeus m	Tilavuus m <sup>3</sup>
Pilttuut ja sosiaalitilat	159,80	2,80	447,44
Satulahuone	26,50	3,30	87,45
Yhteensä			534,89

## LIITE 7: HEVOSTALLIN KYLMÄSILTOJEN MITAT

### IKKUNAT

PILTTUUT - kevytbetoni

Ikkunan ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
1,2 m + 1,2 m + 0,7 m + 0,7 m =	3,8 m	18 kpl	68,4 m

SOSIAALITILAT - kevytbetoni

Ikkunan ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
1,2 m + 1,2 m + 0,7 m + 0,7 m =	3,8 m	1 kpl	3,8 m
1,0 m + 1,0 m + 1,2 m + 1,2 m =	4,4 m	2 kpl	8,8 m
0,8 m + 0,8 m + 1,2 m + 1,2 m =	4,0 m	1 kpl	4,0 m
	Yhteensä		16,6 m

### OVET

PILTTUUT - kevytbetoniseinä

Ulko-oven ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
0,8 m + 0,8 m + 2,1 m + 2,1 m =	5,8 m	2 kpl	11,6 m
1,2 m + 1,2 m + 2,1 m + 2,1 m =	1,0 m	1 kpl	1,0 m
2,4 m + 2,4 m + 2,5 m + 2,5 m =	9,8 m	1 kpl	9,8 m
	Yhteensä		22,4 m

SOSIAALITILAT - kevytbetoniseinä

Ulko-oven ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
1,0 m + 1,0 m + 2,1 m + 2,1 m =	6,2 m	2 kpl	12,4 m

SATULAHUONE - puuseinä

Ulko-oven ympärysmitat	Yhteensä	Määrä	Yhteensä
1,0 m + 1,0 m + 2,1 m + 2,1 m =	6,2 m	1 kpl	6,2 m
3,0 m + 3,0 m + 2,8 m + 2,8 m =	11,6 m	1 kpl	11,6 m
	Yhteensä		17,8 m

**ALA- JA YLÄPOHJA****PILTTUUT**

Lattian / Katon ympärysmittat	Yhteensä
17,0 m + 6,0 m + 9,6 m + 9,4 m =	42,0 m

**SOSIAALITILAT**

Lattian / Katon ympärysmittat	Yhteensä
7,4 m + 0,0 m + 0,0 m + 0,0 m =	7,4 m

**SATULAHUONE - ulkoseinä kevytbetoni, alapohja betoni**

Lattian / Katon ympärysmittat	Yhteensä
5,3 m + 0,0 m + 0,0 m + 0,0 m =	5,3 m

**SATULAHUONE - ulkoseinä puu, alapohja betoni**

Lattian / Katon ympärysmittat	Yhteensä
0,0 m + 5,0 m + 5,0 m + 1,8 m =	11,8 m

**ULKOSEINÄT****PILTTUUT, kevytbetoniseinä**

Ulkoseinien nurkkien mitat	Yhteensä
3 nurkkaa x 2,8 m =	8,4 m

**SOSIAALITILAT, kevytbetoni - puuseinä**

Ulkoseinien nurkkien mitat	Yhteensä
1 nurkkaa x 2,8 m =	2,8 m

**SATULAHUONE, kevytbetoni- puuseinä**

Ulkoseinien nurkkien mitat	Yhteensä
3 nurkkaa x 3,0 m =	9,0 m

**SATULAHUONE, puuseinä**

Ulkoseinien nurkkien mitat	Yhteensä
1 nurkkaa x 3,0 m =	3,0 m

## LIITE 8: KYLMÄSILTOJEN LISÄKONDUKTANSSI

Taulukko 3.1. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) ulkoseinän ja yläpohjan, ulkoseinän ja välipohjan sekä ulkoseinän ja alapohjan välisissä liitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m·K).

Ulkoseinä- materiaali	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)									
	Yläpohjan (ulkonurkka) runkomateriaali			Välipohjan runko- materiaali			Alapohjan runkomateriaali			
	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni	kevyt- betoni	puu	betoni maan- vast.	betoni ryöm. tila	kevyt- betoni ryöm. tila	puu ryöm. tila
betoni	0,08	-	0,04	0,00	-	-	0,24	0,28	-	-
kevytbetoni	0,18	0,06	0,04	0,10	0,00	-	0,09	0,08	0,03	-
kevytsora- betoni	0,13	-	0,04	0,07	-	-	0,15	0,11	-	-
tiili	0,08	-	0,04	0,00	-	-	0,17	0,06	-	-
puu	-	-	0,05	-	-	0,05	0,10	-	-	0,06
hirsi	-	-	0,04	-	-	0,00	0,11	-	-	0,09

Taulukko 3.2. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) ulkoseinien välisissä nurkkaliitoksissa sekä ikkuna- ja oviliitoksissa joillakin runkomateriaaleilla, W/(m K).

Liitos	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)					
	Ulkoseinän runkomateriaali					
	betoni	kevyt- betoni	kevyt- sora- betoni	tiili	puu	hirsi
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05
ikkuna- ja oviliitos, lämmöneristeen kohdalla <sup>1)</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
ikkuna- ja oviliitos muussa tapauksessa	0,15	0,07	0,10	0,10	0,07	0,07

<sup>1)</sup> Karmi peittää vähintään 40 % lämmöneristeen kokonaispaksuudesta.

Taulukko 3.3. Ohjearvot viivamaisen kylmäsilan aiheuttamalle lisäkonduktanssille ( $\Psi_k$ ) liitoksissa, joille ei ole annettu erillistä arvoa taulukoissa 3.1 ja 3.2, W/(m K). Muut rakenteiden väliset liitokset voidaan jättää laskennassa huomioimatta.

Liitos	Lisäkonduktanssi $\Psi_k$ , W/(m K)
ulkoseinän ja yläpohjan liitos	0,3
ulkoseinän ja alapohjan liitos	0,5
ulkoseinän ja välipohjan liitos	0,2
ulkoseinien välinen liitos, ulkonurkka	0,1
ulkoseinien välinen liitos, sisänurkka	-0,1
ikkuna- ja oviliitos	0,2

Kylmäsilat kaavassa (3.5) voidaan laskea ympäristöministeriön oppaan tai SFS-EN-standardien mukaan. Standardien mukaan kylmäsiltoja laskettaessa on käytettävä kaavan (3.3) mukaisia lämmönläpäisykertoimien ja pinta-alojen määritelmiä tai muutoin varmistuttava siitä, että rakennusvaipan johtumislämpöhäviö vastaa kaavaa (3.3).


## LIITE 9: ILMAVESILÄMPÖPUMPPU TEKNINEN TUOTESI- LOSTE

ULKOYKSIKÖT		Eco inverter	Eco inverter	Power inverter	Power inverter	Power inverter	Zubadan inverter	Zubadan inverter
MALLIMERKINTÄ		SUZ-SWM60VA	SUZ-SHW60VAH-SC	PUD-SWM60YAA	PUD-SWM100YAA	PUD-SHW100YAA	PUD-SHW120YAA	PUD-SHW140YAA
Energialuokka*		A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++	A+++
SCOP*		4,53	4,38	4,4	4,43	4,45	4,43	4,43
Pdesignh*		6,6,	6,1	8,0	10,0	10,0	12,0	14,0
Lämmitys**	Min-Max	1,9 - 10,6	3,0 - 11,1	1,7 - 10,9	1,7 - 14,2	1,7 - 14,2	1,7 - 16,9	2,7 - 17,9
	COP	5,21	4,98	4,90	5,10	5,10	5,10	5,00
	Max	7,3	7,6	8,8	11,9	13,2	14,9	15,8
	Max	5,7	6,6	7,3	9,0	10,7	12,3	14,2
	Max	-	5,3	6,7	7,9	10,0	11,6	12,9
Maksimi menoveden lämpötila		60	60	60	60	60	60	60
Alin toimintalämpötila kompressorikäytöllä		-20	-25	-25	-25	-28	-28	-28
Sähkösyyttö		230 / 1 / 50	230 / 1 / 50	400 / 3 / 50	400 / 3 / 50	400 / 3 / 50	400 / 3 / 50	400 / 3 / 50
Maksimivirta		13,9	17,3***	8	10	10	12	12
Varokoko		16	20/16***	3 x 13	3 x 16	3 x 16	3 x 16	3 x 16
Kylmäputket	Halkaisija	1/4, 1/2	1/4, 1/2	1/4, 1/2	1/4, 1/2	1/4, 1/2	1/4, 1/2	1/4, 1/2
	Pituus	5 - 30	2 - 46	2 - 30	2 - 30	2 - 30	2 - 30	2 - 25
	Korkeusero	30	30	30	30	30	30	25
Mitat	K x L x S	880 x 840 x 330	880 x 840 x 330	1020 x 1050 x 480	1020 x 1050 x 480	1020 x 1050 x 480	1020 x 1050 x 480	1020 x 1050 x 480
Paino	kg	54	53,5	114	120	121	121	122
Kylmäainemäärä, R32 (GWP 675)	kg	1,2	1,1	1,3	1,6	1,7	1,7	1,7
Äänenpainetaso	L <sub>PA</sub>	45	45	42	44	44	46	48

Lähde: Scanoffice 8/2023 Mitsubishi Electric Lämpöpumput



## LIITE 10: DAIKIN PRODUCT FICHE

		Energy labelling Regulation: (EU) 811/2013	
		Ecodesign Regulation: (EU) 813/2013	
Product fiche		Outdoor	ERLQ011CA(W1/V3)
<b>Heat pump combination heater</b>		Indoor	EHVX11S26CB9W
		Tank	Integrated
Indoor unit sound power (*)		[dB(A)]	42
Outdoor unit sound power (*)		[dB(A)]	64
Water heating		-	XL
Declared load profile		-	A
Energy efficiency class		-	A+
Space heating		-	-
Average climate (Design temperature = -10°C)			
Water heating		[%]	96
Annual electricity consumption (AEC)		[kWh]	1723
Space heating		[kW]	10.0
P <sub>rated</sub> (declared heating capacity) @ -10°C		[%]	120
Seasonal space heating efficiency (η <sub>s</sub> )		[kWh]	6264
Annual energy consumption		Y/N	Y
off peak operation function integrated in Heat pump			
Colder climate (Design temperature = -22°C)			
Water heating		[kWh]	1978
Annual energy consumption		[%]	85
Water heating energy efficiency (η <sub>wh</sub> )		[kW]	7.0
P <sub>rated</sub> (declared heating capacity) @ -22°C		[%]	95
Seasonal space heating efficiency (η <sub>s</sub> )		[kWh]	6742
Annual energy consumption			

LIITE 11: KÄYTTÖKUSTANNUSTEN VERTAILU

**KÄYTTÖKUSTANNUKSET**

Vuodet	1	2	3	4	5	6	7	8
Sähkönhinta	0,1687	0,1738	0,1790	0,1843	0,1899	0,1956	0,2014	0,2075
Maalämpöpumppu	2 574,19	2 651,42	2 730,96	2 812,89	2 897,28	2 984,20	3 073,72	3 165,93
Ilmavesilämpöpumppu	2 942,13	3 030,39	3 121,30	3 214,94	3 311,39	3 410,73	3 513,05	3 618,45

Vuodet	9	10	11	12	13	14	15	Yhteensä
Sähkönhinta	0,2137	0,2201	0,2267	0,2335	0,2405	0,2477	0,2552	
Maalämpöpumppu	3 260,91	3 358,74	3 459,50	3 563,29	3 670,18	3 780,29	3 893,70	47 877,20
Ilmavesilämpöpumppu	3 727,00	3 838,81	3 953,97	4 072,59	4 194,77	4 320,61	4 450,23	54 720,39

**HUOLTOKUSTANNUKSET**

Vuodet	1	2	3	4	5	6	7	8
Maalämpöpumppu	100,00	105,00	110,25	115,76	121,55	127,63	134,01	140,71
Ilmavesilämpöpumppu	200,00	210,00	220,50	231,53	243,10	255,26	268,02	281,42

Vuodet	9	10	11	12	13	14	15	Yhteensä
Maalämpöpumppu	147,75	155,13	162,89	171,03	179,59	188,56	197,99	2 157,86
Ilmavesilämpöpumppu	295,49	310,27	325,78	342,07	359,17	377,13	395,99	4 315,71