

OPINNÄYTETYÖ
MARKO KYLLÖNEN 2011

**PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN
KUNTOARVIO JA
SANEERAUSSUUNNITELMA**



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences

KONE- JA TUOTANTOTEKNIikka

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIikka JA LIIKENNE

Kone- ja tuotantotekniikka

Opinnäytetyö

**PIENTALON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN
KUNTORVIO JA SANEERAUSSUUNITELMA**

Marko Kyllönen

2011

Toimeksiantaja Lauri Saarelainen

Ohjaaja Kai Ryyänen

Hyväksytty _____ 2011 _____

Työ on kirjastossa lukusalikappale.

| | | | |
|-------------------------------------|---|--------------|-------------|
| Tekijä | Marko Kyllönen | Vuosi | 2011 |
| Toimeksiantaja Työn nimi | Lauri Saarelainen Pientalon lämmitysjärjestelmän kuntoarvio ja saneeraussuunnitelma | | |
| Sivu- ja liitemäärä | 42 + 1 | | |

Opinnäytetyön tavoitteena oli lämmitysjärjestelmän perusparannuksen esisuunnitelman kirjoittaminen öljykeskuslämmitteiseen pientaloon. Työssä selvitettiin nykyisen lämmitysjärjestelmän kunto ja pohdittiin uuden öljykattilan, maalämpöpumpun ja pellettikattilan tuomia säästöjä verrattuna nykyiseen järjestelmään sekä niiden soveltuvuutta kohderakennuksessa.

Työ aloitettiin selvittämällä kohderakennuksen lämmitysjärjestelmän toiminta ja tekemällä järjestelmän kuntoarvio. Rakennuksen vuotuinen öljy- ja sähköenergiankulutus selvitettiin. Lähtötietojen kokoamisen jälkeen tutustuttiin lämmitysjärjestelmiä käsittelevään kirjallisuuteen sekä lämmitysjärjestelmiä valmistavien yritysten Internet-sivuihin. Lisäselvityksiä tehtiin puhelinhaastatteluilla.

Esisuunnitelman perusteella uudesta lämmitysjärjestelmästä tehtiin investoinnin kustannusarvio sekä laskettiin vaihtoehtoisilla lämmitysjärjestelmillä saavutettujen säästöjen perusteella eri järjestelmien takaisinmaksuaika. Nykyisen lämmönluovutusjärjestelmän hyödyntämismahdollisuuksia ja uusien lämmitysjärjestelmien takaisinmaksuaikoja vertailtiin, jolloin kannattavimmaksi ratkaisuksi kohderakennuksen uudeksi lämmitysjärjestelmäksi tuli pellettikattila.

Lisätutkimuksia lämmitysjärjestelmän saneerauksessa vaatii ilma-vesilämpöpumpun soveltuminen kohderakennuksessa, jos nykyisellä öljykattilalla tuotetaan talvella tarvittu lämmityksen huipputeho.

Avainsanat kuntoarvio, öljylämmitys, pellettilämmitys, maalämpöpumppu

| | | | |
|--------------------------|--|-------------|-------------|
| Author | Marko Kyllönen | Year | 2011 |
| Commissioned by | Lauri Saarelainen | | |
| Subject of thesis | The condition review and renovation plan of the heating system of a detached house | | |
| Number of pages | 42+ 1 | | |

The aim of this Bachelor's thesis was to write a renovation plan of a heating system of an oil-heated detached house. In the thesis the current condition of the heating system was analysed. The heating costs of a new oil boiler, a pellet boiler and a geothermal heat pump were compared to the current heating system. In addition their suitability for the house's new heating system was compared.

At first, the operation of the current heating system was examined and condition review of the system was made. Secondly, the oil and electricity consumptions of the house were investigated. After collecting this pre-information, the literature considering heating systems were familiarized and Internet pages of heating systems producing companies were investigated. Additional research was made by interviews by phone.

Based on the pre-design of the heating system the investment cost estimate was made. Payback times of alternative heating systems were calculated by comparing their annual costs to the current systems. The possibilities of utilizing parts of the old heating system and the payback times of new systems were compared and as a result the pellet boiler was concluded to be the best option to be a new heating system.

Additional research is needed to investigate if an air to water heat pump can be used as a main heating system if the old oil boiler is used to produce the needed maximum heating power.

Key words condition review, oil heating, pellet, geothermal heat pump

Sisällysluettelo

| | |
|---|-----------|
| Kuvioluettelo | 1 |
| Taulukkoluetelo | 2 |
| 1 Johdanto..... | 3 |
| 2 Kohderakennuksen esittely | 4 |
| 2.1 Rakennuksen tiedot..... | 4 |
| 2.2 Energiankulutus..... | 8 |
| 3 Lämmitysjärjestelmän kuntoarvio | 11 |
| 3.1 Kuntoarvion tulokset..... | 14 |
| 3.2 Vaadittavat korjaustoimenpiteet..... | 19 |
| 4 Lämmitysjärjestelmän jättäminen ennalleen..... | 20 |
| 5 Lämmitysjärjestelmän saneeraus | 22 |
| 5.2 Öljylämmitys | 22 |
| 5.2.1 Öljylämmityksen toiminta..... | 22 |
| 5.2.2 Öljylämmityksen suunnitelma..... | 23 |
| 5.1 Lämpöpumppu | 25 |
| 5.1.1 Lämpöpumpun toiminta..... | 25 |
| 5.1.2 Maalämpöpumppu | 26 |
| 5.1.2 Maalämpöpumpun suunnitelma | 29 |
| 5.3 Pellettilämmitys..... | 30 |
| 5.3.1 Pellettilämmityksen toiminta | 30 |
| 5.3.2 Pellettilämmityksen suunnitelma | 33 |
| 7 Johtopäätökset | 38 |
| Lähdeluettelo | 41 |
| Liitteet..... | 43 |

Kuvioluettelo

| | |
|---|----|
| Kuvio 1. Kerros 1 | 5 |
| Kuvio 2. Kellari..... | 5 |
| Kuvio 3. Öljykattilan ja –säiliön sijainti kellarissa | 6 |
| Kuvio 4. Öljykattila | 7 |
| Kuvio 5. Puukattila | 7 |
| Kuvio 6. Öljysäiliöt | 7 |
| Kuvio 7. Suihkun lämpöpatteri | 15 |
| Kuvio 8. Öljykattilan lämpökuva | 16 |
| Kuvio 9. Varaajan Lämpökuva | 16 |
| Kuvio 10. Vesivaraaja | 16 |
| Kuvio 11. Piippu | 17 |
| Kuvio 12. Keittiön lämmityspatteri..... | 18 |
| Kuvio 13. Patteri ilmauksen jälkeen | 19 |
| Kuvio 14. Patterin lämpökuva ennen ilmausta | 19 |
| Kuvio 15. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Perälä, 2009, 30) | 25 |
| Kuvio 16. Lämpökaivo (Sulpu, 2011) | 27 |
| Kuvio 17. Lämmönkeruupiiri maassa (Sulpu, 2011)..... | 27 |
| Kuvio 18. Lämmönkeruupiiri vedessä (Sulpu, 2011)..... | 28 |
| Kuvio 19. Alasyöttöinen pellettipoltin (Vapo, 2004, 9) | 30 |
| Kuvio 20. Pelletti-imuri (Pelletti-imurit, 2011) | 32 |
| Kuvio 21. Motivan pellettisiilo (Motiva, 2008, 1) | 35 |

Taulukkoluetelo

| | |
|--|----|
| Taulukko 1. Kohderakennuksen öljynkulutus | 8 |
| Taulukko 2. Kohderakennuksen sähkönkulutus | 8 |
| Taulukko 3. Lämmitystapojen vertailu | 9 |
| Taulukko 4. Lämmityslaitteiden käyttöikä (Harju ym. 2005, 36) | 14 |
| Taulukko 5. Öljylämmityksen korjaus | 21 |
| Taulukko 6. Lämmitysjärjestelmän perusparannuksen kustannukset | 24 |
| Taulukko 7. Pellettipaketin hankintakustannukset Vanhalan maasäiliöillä | 36 |
| Taulukko 8. Pellettipaketin hankintakustannukset Kardonarin maasäiliöllä... | 36 |
| Taulukko 9. Pellettipaketin hankintakustannukset valmissiilolla | 36 |
| Taulukko 10. Pellettipaketin hankintakustannukset itserakennetulla siilolla .. | 37 |
| Taulukko 11. Saneerauksien takaisinmaksuajat..... | 38 |
| Taulukko 12. Pellettisäiliöiden vertailu | 39 |

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella kohderakennukseen lämmitysjärjestelmän saneeraus. Opinnäytetyössä esitellään eri saneerausvaihtoehtoja sekä niiden kustannukset. Saneeraussuunnitelmaan kuuluu nykyisen lämmitysputkiston ja lämmityspattereiden kunnon arviointi sekä korjaustarpeiden selvitys. Lisäksi arvioidaan lämmitysjärjestelmän jäljelle jäävä käyttöikä jos järjestelmän saneerausta ei suoriteta. Yhteenvetona esitetään kohteeseen sopiva saneerausehdotus. Nykyisen lämmitysjärjestelmän osia, kuten putkistoa ja pattereita, pyritään hyödyntämään vielä mahdollisimman pitkään niiden kunnon mukaan. Opinnäytetyö koskee vain hankesuunnittelua, käytännön rakennustyöhön ei tässä työssä ryhdytä. Tontilla sijaitsevia ulkorakennuksia ei oteta mukaan kuntotarkastukseen.

Opinnäytetyön toimeksiantajan toiveena on saada edullinen saneeraussuunnitelma vanhentumassa olevalle öljylämmitysjärjestelmälle. Helpoin ja alkuinvestoinniltaan edullisin vaihtoehto olisi uuden öljykattilan ostaminen. Öljylämmitys ei kuitenkaan ole enää halpa lämmitysmuoto polttoöljyn jatkuvan hinnannousun vuoksi (Öljyalan Keskusliitto, 2011). Tästä syystä opinnäytetyössä etsitään lämmitysratkaisu, jolla on lyhin takaisinmaksuaika. Vaihtoehtoisia lämmitysjärjestelmiä ovat:

- öljykattilan uusiminen
- maalämpöpumppu
- pellettilämmitys.

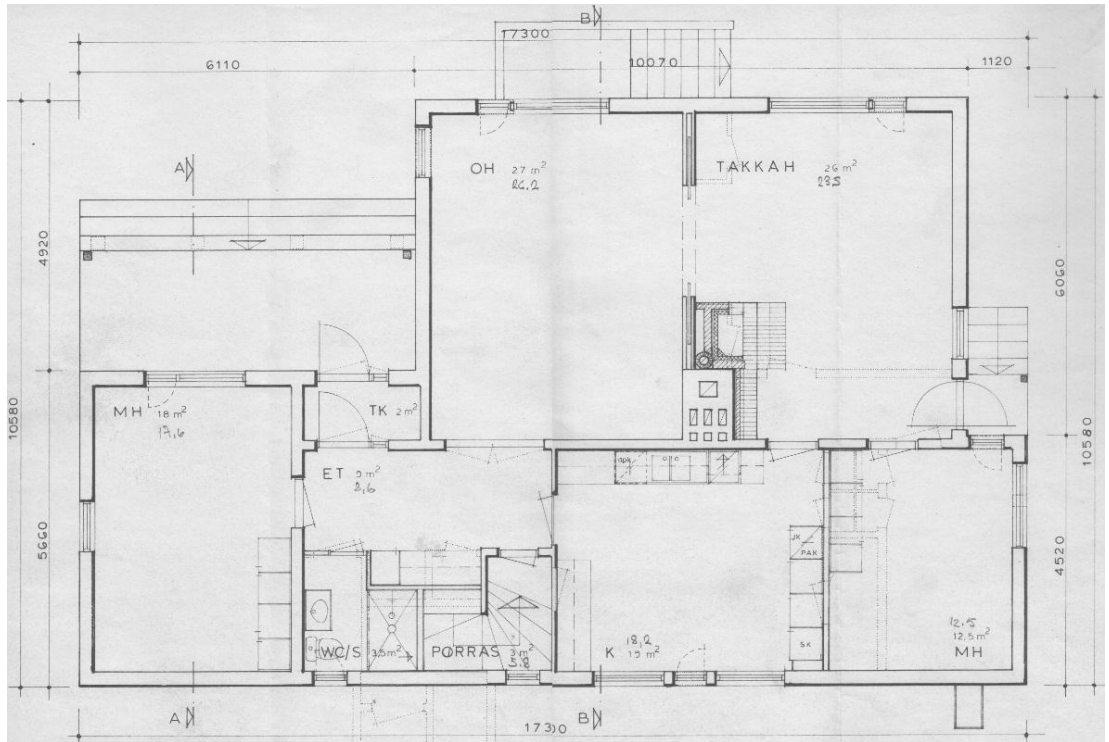
Kiinteistölle ei ole sijaintinsa vuoksi mahdollista asentaa kaukolämpöä.

2 Kohderakennuksen esittely

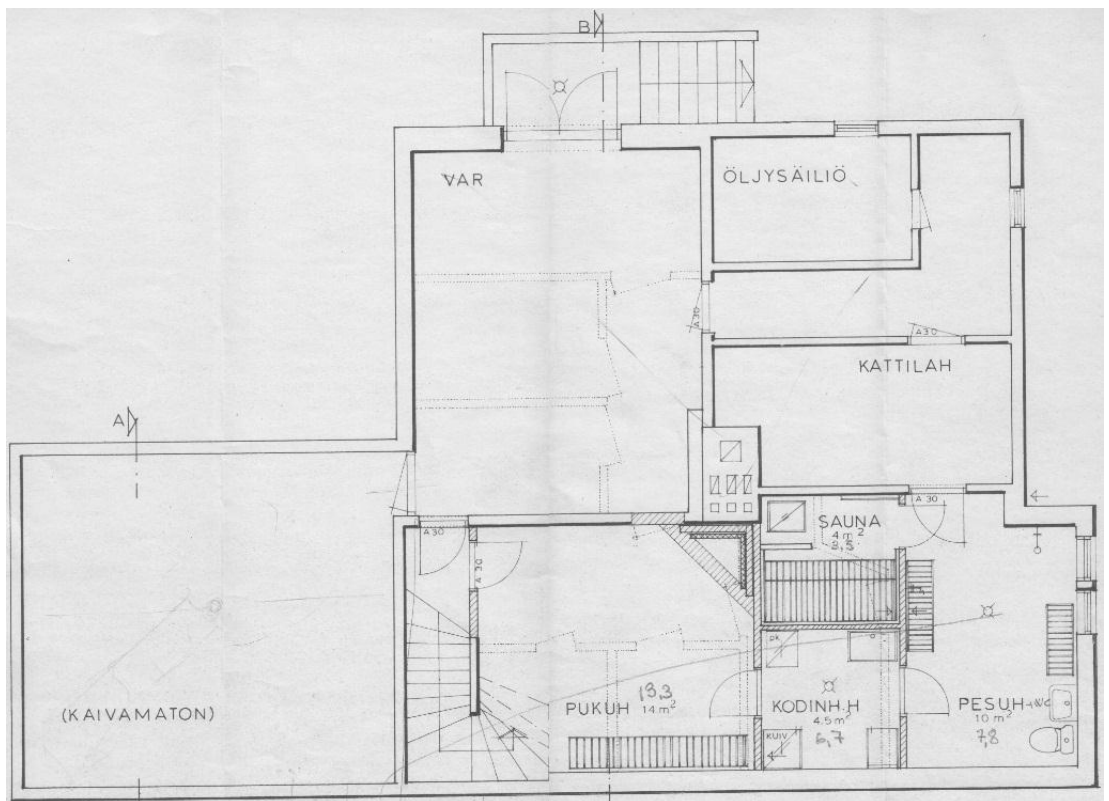
2.1 Rakennuksen tiedot

Opinnäytetyön kohderakennus on Rovaniemellä osoitteessa Ternujoentie 43 sijaitseva vuonna 1953 valmistunut puinen omakotitalo. Talo sijaitsee Ternujoen rannalla noin 40 m vesirajasta. Rakennuksen kokonaisala on 257 m². Keskikerroksen ala on 120 m², yläkerran 40 m² ja kellarikerroksen 100 m², josta lämmitettävä saunaosasto 32 m². Asuintilojen lämmitys tapahtuu vesikiertoisella öljylämmityksellä ja lämpöpattereilla. Öljykattila on esitetty kuviossa 4 ja öljysäiliöt kuviossa 6. Varalämmitysjärjestelmänä on vesikiertoinen puukattila, joka on esitetty kuviossa 5. Lisäksi olohuoneessa on varaava takka. Vesikierto on teräksinen kaksiputkinen järjestelmä. Märkätiloissa kuten saunassa, pesuhuoneessa, pukuhuoneessa ja wc:ssä, on lisäksi sähkövastuksella lämmitettävä lattialämmitys. Yläkerran asuintilojen lämmitys tapahtuu öljytäytteisillä sähköpattereilla. Rakennuksen lämmitys- ja käyttövesi lämmitetään öljykattilan avulla. Kattila on Jämä Novi, joka on teholtaan 20 kW ja sen poltin on Oilon Junior. Ilmanvaihto on painovoimainen.

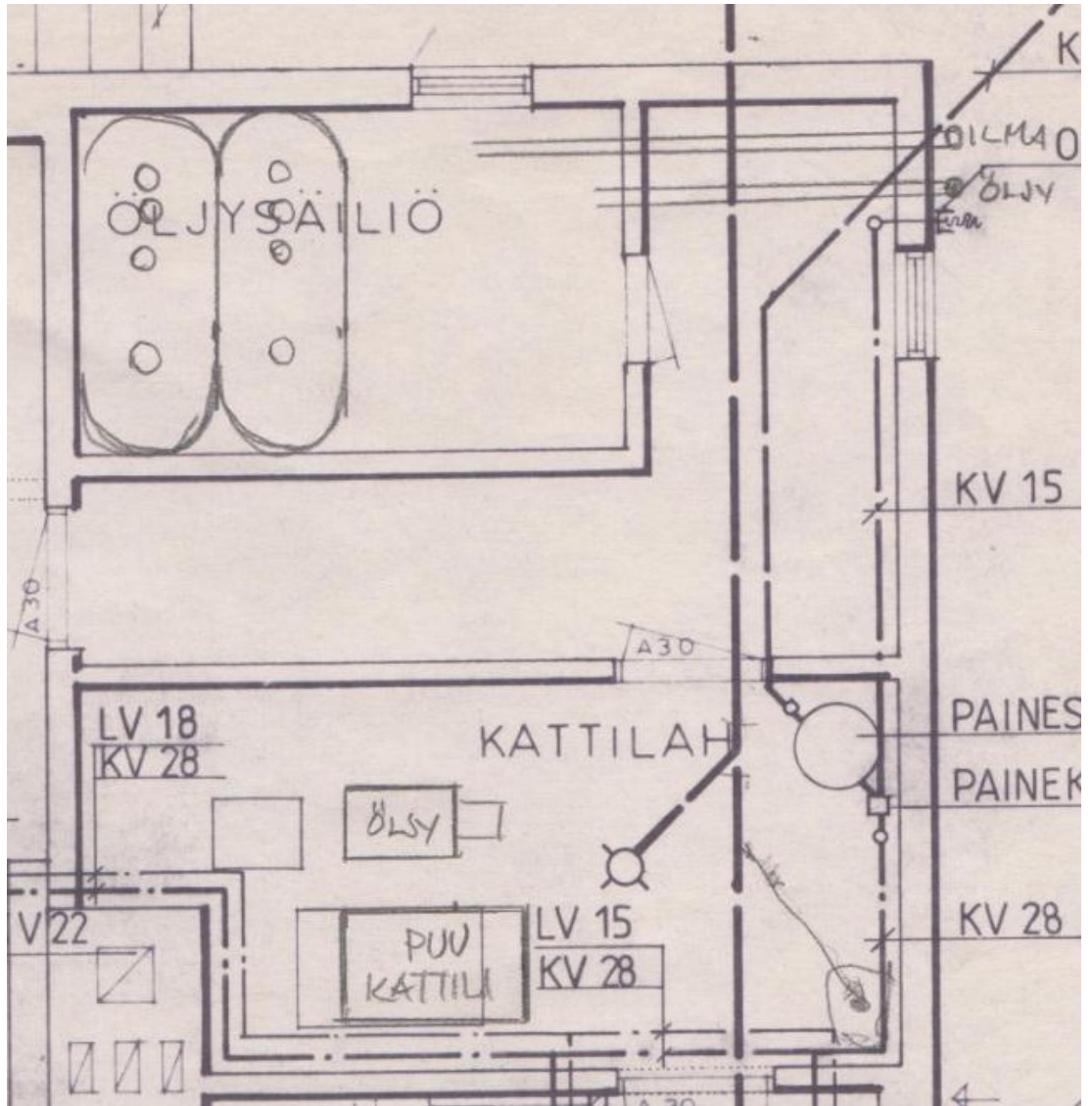
Rakennukselle on tehty peruskorjaus vuosina 1983 - 1984, jolloin alun perin kaksikerroksisesta talosta on purettu yläkerta pois ja rakennettu uusi vesikatto. Yläkertaan on vuonna 2004 rakennettu uudelleen 40 m² asuintilat. Alkuperäisessä kunnossa ovat vain kellaritilat sekä saniteetitilat. Vesiputket on uusittu peruskorjauksen yhteydessä. Vesivaraaja, paisuntasäiliö, patteriverkoston pumppu ja öljykattila on uusittu 90-luvun alussa.



Kuvio 1. Kerros 1



Kuvio 2. Kellari



Kuvio 3. Öljykattilan ja -säiliön sijainti kellarissa



Kuvio 4. Öljykattila



Kuvio 5. Puukattila



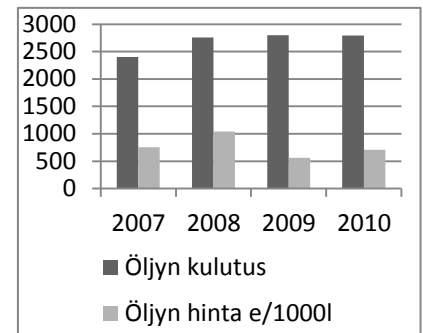
Kuvio 6. Öljysäiliöt

2.2 Energiankulutus

Kohderakennuksessa on suoritettu energiankulutuksen seuranta vuodesta 2007 lähtien kirjaamalla ylös vuosittainen öljyn- ja sähkönkulutus sekä näiden kustannukset. Taulukossa 1 nähdään öljynkulutus vuosilta 2007 - 2010 sekä taulukossa 2 nähdään sähkönkulutus vuosilta 2007 – 2009.

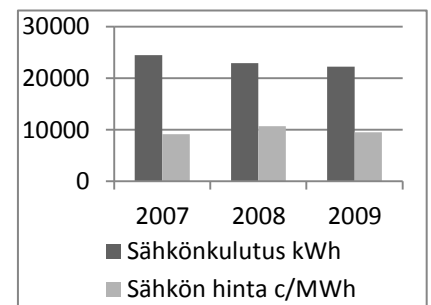
Taulukko 1. Kohderakennuksen öljynkulutus

| Vuosi | Öljyn- kulutus | Öljyn hintaa | Öljyn litrahinta |
|-------|-------------------|-----------------|---------------------|
| 2007 | 2400 l | 1814 e | 75,6 c/l |
| 2008 | 2760 l | 2651 e | 104,1 c/l |
| 2009 | 2800 l | 1566 e | 55,9 c/l |
| 2010 | 2796 l | 1983 e | 70,9 c/l |



Taulukko 2. Kohderakennuksen sähkönkulutus

| Vuosi | Sähkön- kulutus | Sähkön hintaa | Sähkön hintaa |
|-------|--------------------|------------------|------------------|
| 2007 | 24460 kWh | 2237 e | 9,1 c/kWh |
| 2008 | 22903 kWh | 2448 e | 10,7 c/kWh |
| 2009 | 22202 kWh | 2115 e | 9,5 c/kWh |



Kohderakennuksen kuluttaman öljyn hinta on vaihdellut voimakkaasti, kuten taulukosta 1 voidaan huomata, mutta mitään nousujohteista hinnankehitystä ei ole nähtävissä. Kuitenkin Öljyalan Keskusliiton teettämän kulutustutkimuksen mukaan kevyen polttoöljyn keskimääräiset kuluttajahinnat ovat nousseet tasaisesti vuosina 2009 – 2011.

Tammikuussa 2009 öljyn hinta oli 57,4 c/l, kun taas tammikuussa 2011 hinta oli noussut jo arvoon 104,8 c/l, eli polttoöljyn hinta oli lähes kaksinkertaistunut. (Öljyalan Keskusliitto, 2011.)

Kohderakennuksen öljyn kulutus on pysynyt tasaisena, hieman alle 2800 litraa vuodessa. Tämä tarkoittaa energiana 28 MWh. Todellisesti lämmitykseen menevä energia on 21,2 MWh, jos vanhan öljykattilan hyötysuhteeksi oletetaan 75 %. (Suomen Pellettienergiayhdistys ry, 2011.)

Sähkönkulutus on sen sijaan ollut laskussa vuosina 2007 – 2009, kuten nähdään taulukosta 2.

Taulukko 3. Lämmitystapojen vertailu

| | Öljy, vanha kattila | Öljy, uusi kattila | Pelletti | Maalämpöpumppu |
|--------------------|---------------------|--------------------|----------|----------------|
| Hyötysuhde | 0,75 | 0,85 | 0,85 | 3 |
| Tuotettu energia | 28 MWh/a | 25 MWh/a | 25 MWh/a | 22 MWh/a |
| Polttoaineentarve | 2,8 t/a | 2,5 t/a | 5,2 t/a | 7,3 MWh/a |
| Käyttökustannukset | 2940 e/a | 2625 e/a | 1299 e/a | 925 e/a |
| Säästö | | 315 e/a | 1641 e/a | 2015 e/a |

Taulukossa 3 vertaillaan erilaisten lämmitysmuotojen aiheuttamia vuosittaisia käyttökustannuksia kohderakennuksen energiankulutuksen mukaan, olettaen, ettei laitteiston rikkoontumista tapahdu. Viimeisellä rivillä on vertailtu eri lämmitysmuotojen käyttökustannusten hintaeroa verrattuna nykyiseen öljykattilaan. Polttoöljyn hinnaksi on otettu vuoden 2011 kolmen ensimmäisen kuukauden kuluttajahintojen keskiarvo (Öljyalan Keskusliitto, 2011). Tätä hintaa käyttämällä voidaan ennustaa polttoöljyn todennäköisen hinnannousun jälkeen olevat öljykattilan käyttökustannukset. Sähkön ja pellettien hinta on saatu Suomen Pellettienergiayhdistys ry:n Internet-sivuilta (Suomen Pellettienergiayhdistys ry, 2011). Maalämpöpumpun hyötysuhteena käytetään lämpökertoimen vuosikeskiarvoa 3 (Perälä, 2009, 87).

Taulukosta 3 käy ilmi, että valituista lämmitysmuodoista maalämpöpumppu on käyttökustannuksiltaan edullisin ja sen takaisinmaksuaika on lyhin verrattuna nykyiseen öljylämmitykseen. Käyttökustannuksien lisäksi lämmitysmuodon vaihtaminen edellyttää laitteiston uusimista, jonka takia tässä opinnäytetyössä tutkitaan vielä kunkin lämmitysmuodon soveltuvuus kohderakennukseen.

3 Lämmitysjärjestelmän kuntoarvio

Putkiston uusimistarvetta ja -laajuutta suunnitellessa on tehtävä putkiston kuntoarvio tai laajempi kuntotutkimus. Tällöin analysoidaan, onko putkiston uusiminen kannattavaa ja voidaanko putkisto uusia korvaavilla menetelmillä vai perinteisillä tekniikoilla. Myös verkoston jäljellä oleva käyttöikä arvioidaan. (Harju & Matilainen, 2005, 36; Laksola, 2007, 37.)

Putkiston uusimistarpeen aiheuttaa putkiston korroosio. Sisäpuolisen korroosion aiheuttajat ovat putkessa virtaavan veden sisältämä happi sekä epäpuhtaushiukkasten aiheuttama eroosio. Suljetussa ja vuotamattomassa putkistossa vettä ei tarvitse lisätä, joten tuore happirikas vesi ei pääse syövyttämään putkia. Ulkopuolisen korroosion aiheuttaa vesi, joka syystä tai toisesta on päässyt putken pinnalle. (Laksola, 2007, 38.)

Lämmitysjärjestelmän kuntoarvioinnissa voidaan erottaa erimittaisia seurantavälejä. Päivittäinen tai kuukausittainen seuranta jää yleensä lämmitysjärjestelmän käyttäjän eli asukkaan huoleksi. Tällöin etsitään järjestelmässä esiintyviä äkillisiä vikoja kuten vuotoja tai laitteistorikkoa. Laitteiston rikkoontumista edeltää usein jokin toimintaan kuulumaton oire, joka voi olla esimerkiksi kiertovesipumpun epätavallinen ääni. Putkistovuodot voidaan havaita esimerkiksi sillä, että järjestelmään joudutaan lisäämään vettä. Vuosittaisessa arvioinnissa voidaan seurata veden ja energian kulutuksen muutoksia sekä huoltamisen tarvetta. Lämmitysjärjestelmän osien kunto voidaan arvioida kymmenen vuoden välein, koska osien käyttöiät ovat melko pitkiä. (Harju ym. 2005, 36.)

Yleisesti lämpöputkien rakennusmateriaali on teräs tai kupari ja putket liitetään toisiinsa joko hitsaamalla tai kierreliitoksella. Kierreliitokseen tarvitaan myös tiivisteeksi kierteiden väliin sidottavaa hammppuköyttä ja putkikittiä. Putkistojen kunnon tutkiminen on vaikeaa, jos putket on asennettu rakenteiden sisälle. Piilossa oleva vuoto voidaan todeta vedenlisäystarpeena. Myös paisunta-astian varoventtiili voi vuotaa. Putkien kuntoa voidaan silmämääräisen

arvioinnin lisäksi tutkia seinämäpaksuutta mittaavilla laitteilla kuten röntgenkameralla ja ultraäänipaksuusmittarilla. Putkien sisäpuolisella endoskooppikuvauksella voidaan silmämääräisesti arvioida putken sisäpuolista kuntoa ja etsiä happipitoisen veden aiheuttamia korroosiovaurioita. Putkista voidaan myös leikata näytepala sisäpuolisen korroosion toteamiseksi. Pistekorrosiota epäiltäessä näytepalat voidaan lähettää analysoitavaksi VTT:lle. (Harju ym. 2005, 36-38.)

Lämmityskattilan käyttöikä vaihtelee kattilatyypin ja käyttöolosuhteiden mukaan. Kattilan tulipesän kunto arvioidaan silmämääräisesti. Kattilasta tarkistetaan turbulenssielimien kunto, nuohouksen taso sekä kattilaveden lämpötila. Tulipesän korroosioriskiä nostavat kattilaveden tai savukaasujen liian alhainen lämpötila, sekä palamisessa syntyvä noki. Kattilan nokeentuminen lisää myös polttoaineenkulutusta, yhden millimetrin nokikerros jopa 10 prosenttia. Hyötysuhteen laskemisessa mitataan savukaasujen lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus sekä kattilan tiiviys. (Harju ym. 2005, 37.)

Lämminvesivaraajasta todetaan varaajan ikä, tarkistetaan kierukan teho ja virtausnopeus sekä todetaan varaajan mahdollinen asbestieristys. Komponenttien kunnan mukaisesti voidaan joko puhdistaa tai vaihtaa kierukka, tai vaihtaa koko varaaja. Paisuntasäiliön esipaine ja varoventtiilin tiiviys tarkistetaan. (Harju ym. 2005, 38.)

Lämpöjohtojen venttiilit vaurioituvat vanhetessaan sinkkikadon vuoksi. Venttiilien kunto tarkistetaan niiden toimivuuden avulla, joka on iän toteamista tärkeämpi kunnontarkastusmenetelmä. Kaikki verkoston viittä vuotta vanhemmat venttiilit on syytä uusida saneerauksen yhteydessä. (Harju ym. 2005, 39.)

Lämmityspattereista tarkistetaan kunto, kiinnitys, patterissa oleva ilma, termostaatti sekä säätöventtiili. Termostaatin karan liikkuvuus todetaan. Teräslämpöpattereiden syöpyminen näkyy ruosteena patterin maalipinnassa. Läpisyöpymistä esiintyy pääasiassa patterin ylä- ja alapinnalla. Patterin kuntoa arvioidaan myös toteamalla veden jäähtyminen sekä etsimällä epänormaale-

ja virtausääniä. Veden suuri jäähtyminen patterissa tarkoittaa liian hitaasti kiertävää lämmitysvettä, kun taas veden pieni jäähtyminen merkitsee liian nopeasti kiertävää lämmitysvettä. (Harju ym. 2005, 39-40.)

Kiertovesipumpuista tarkistetaan lämpötila, puhtaus, tuuletus ja vuodot, sekä kuunnellaan käyntiäänien normaaliutta. Myös vesimittarin kunto arvioidaan. (Harju ym. 2005, 40-41.)

Savupiipusta etsitään halkeamia ja tutkitaan sisäpiipun tarve (Harju ym. 2005, 42).

Öljyjärjestelmästä tarkastetaan polttimen ja automatiikan kunto, sekä tarkastetaan öljysäiliö sisältä päin. Polttimen uusimistarpeesta kertovat ikä, käyntihäiriöt, öljyvuo-dot sekä epäpuhdas palaminen. Öljyputkien kunnon toteaminen voidaan rajoittaa putkien näkyviin osiin. Öljyputkisto on pitkäikäinen ja hyväkuntoista järjestelmää voidaan käyttää myös peruskorjauksen jälkeen. (Säteri, 1999, 62.)

Kuntotarkastus on hyvä suorittaa tässä tapauksessa lämmitysjärjestelmän uusimisen yhteydessä, sillä remontti tulee suhteessa edullisemmaksi, mitä enemmän korjaustöitä tehdään yhdellä kerralla (Laksola, 2007, 35).

Remontin tarpeellisuuden määrittämisen tulee perustua olemassa oleviin to-siseikkoihin eikä tilastoista päätelyihin arvioihin, joten putkistot tutkitaan rakennetta rikkomattomilla menetelmillä. Tällaisista menetelmistä käyttökelpoisia ovat esimerkiksi röntgenkuvaus, ultraäänipaksuusmittaus sekä putkien sisäpuolinen endoskooppikuvaus. (Harju & Matilainen, 2005, 102-103.)

3.1 Kuntoarvion tulokset

Lämmitysjärjestelmän osiin suoritettiin silmämääräinen kuntoarvio edellä mainittujen osa-alueiden mukaan lukuun ottamatta kattilan hyötysuhteen ja varaajan kierukan tehon laskemiseen tarvittavia mittauksia, kuten savukaasun mittauksia. Rakennuksen lämmitysputket on asennettu pinta-asennuksena asuintilojen sisäpuolelle, joten suurin osa putkistosta on hyvin näkyvillä tutkimista varten. Ainoa käytettävissä oleva tutkimusväline oli lämpökamera, jolla kuvattiin patterit sekä rakennuksen ulkovaippa sisäpuolelta.

Kuntoarvioraportti on nähtävissä liitteessä 1. Teräksinen lämmitysputkisto todettiin hyväkuntoiseksi eikä siinä havaittu vuotamisen merkkejä. Vedensisäystarvetta ei myöskään ole esiintynyt, joten lämmitysjärjestelmän kiertoveden voidaan olettaa sisältävän vähän happea, joka ruostuttaisi putkia. Taulukko 4 esittää lämmitysjärjestelmien osien keskimääräiset käyttöiät. Taulukosta voidaankin päätellä, että nyt 28 vuotta vanhalla putkistolla olisi käyttöikä vielä noin 12 vuotta. Putkisto ja lämmityspatterit todettiin niin hyväkuntoiseksi, että niitä ei tarvitse vaihtaa tässä lämmitysjärjestelmän saneerausessa.

Taulukko 4. Lämmityslaitteiden käyttöikä (Harju ym. 2005, 36)

| | |
|---------------------|------|
| Säätöjärjestelmä | 5 v |
| Sulkuventtiilit | 10 v |
| Lämmönsiirrin | 15 v |
| Paisuntajärjestelmä | 20 v |
| Putkisto | 40 v |

Rakennuksen ikä kuitenkin suoraan kerro putkiston kuntoa. Putkistoremontteja tehdään sekä muutaman vuoden ikäisiin että yli 80 vuotta vanhoihin taloihin. Putkiston vuotoriski, korjaustarve ja asumishaitat vuototapauksessa lisääntyvät kuitenkin jatkuvasti ajan kuluessa. (Laksola, 2007, 35.)

Huoneiden lämpötilat olivat normaalit, joten termostaatit ovat ainakin välttävissä kunnossa. Myös patterit ovat hyväkuntoisia ja tiukasti kiinni seinässä. Epätavallisia virtausääniä kuului keittiön ja toisen makuuhuoneen patterista. Arvioinnin tekopäivänä 2.2.2011 ulkoilman lämpötila oli $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tästä sään leutoudesta johtuen moni termostaatti oli sulkenut patterikierron pois, joten veden jäähtymistä pattereissa ei voitu todeta. Suihkun vieressä olevan patterin maalipinta on alkanut jatkuvan ulkoisen kostumisen vuoksi hilseillä pahasti, niin että patterin rungon metalli on näkyvässä, kuten kuviossa 7 voidaan nähdä. Suihkussa käynti kastelee aina patterin pinnan ja aiheuttaa vakavan korroosioriskin.



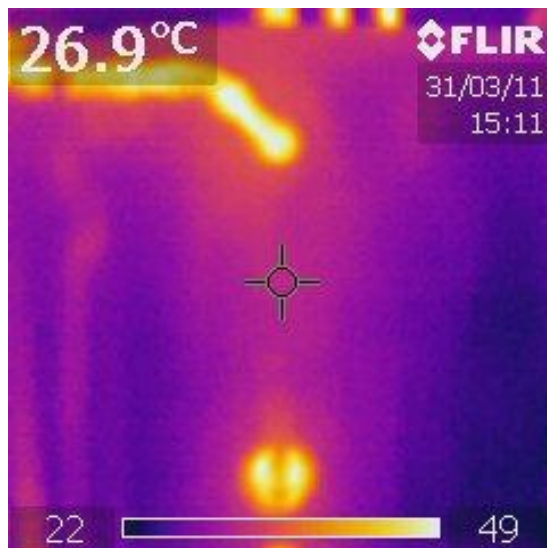
Kuvio 7. Suihkuhuoneen lämmityspatteri

Lämmityskattilassa on joskus ollut nokipalo, joka on vaurioittanut kattilan sisäosia kuten savukaasun ohjauspeltejä. Kattila todettiin käyttökelpoiseksi vielä ainakin viiden vuoden ajaksi. Ikänsä perusteella kattilan hyötysuhde ei todennäköisesti ole enää kovin hyvä. Kattilan pintalämpötila oli puolen tunnin koelämmityksen jälkeen alle $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, joten kattilan lisäeristämällä ei ole merkittävää vaikutusta kattilan hyötysuhteeseen. Kattilan seinän pintalämpötila on nähtävissä kuviossa 8. Öljysäiliö todettiin olevan hyvässä kunnossa.



Kuvio 8. Öljykattilan lämpökuva

Lämminvesivaraaja on hyväkuntoinen ja kierukan teho on ollut riittävä. Varaajan eristykset ovat myös hyvässä kunnossa eikä varaaja tarvitse lisäeristystä. Varaajan lämpökuva on nähtävissä kuviossa 9.



Kuvio 9. Varaajan lämpökuva



Kuvio 10. Lämminvesivaraaja

Paisuntasäiliön varoventtiili todettiin tiiviiksi. Linjasäätöventtiilit olivat jumissa eivätkä ne käsin pyörittämällä liikkuneet kuin puoli kierrosta. Linjaston säätö ei ole enää mahdollista olemassa olevilla venttiileillä. Sulkuventtiilit puolestaan toimivat hyvin. Kattilaveden kiertopumpusta kuului pientä surinaa ja se tuntui koskettaessa selvästi tärisevän. Pumpun rikkoutuminen on odotettavaa. Patteriverkoston kiertovesipumppu on uusittu vuonna 1996 ja se oli hyvin hiljainen ja lähes tärinätön. Pumpuissa ei ole havaittavissa vuotojen merkkejä.

Savupiippu todettiin yläpäästään rapautuneeksi. Kattilahuoneessa olevasta piipun osasta on laastin läpi vuotanut vettä. Piipun sisälle tarvitaan haponkestävästä teräksestä valmistettu sisäpiippu. Piipun kattilahuoneessa sijaitsevan osan kunto nähdään kuviosta 11.

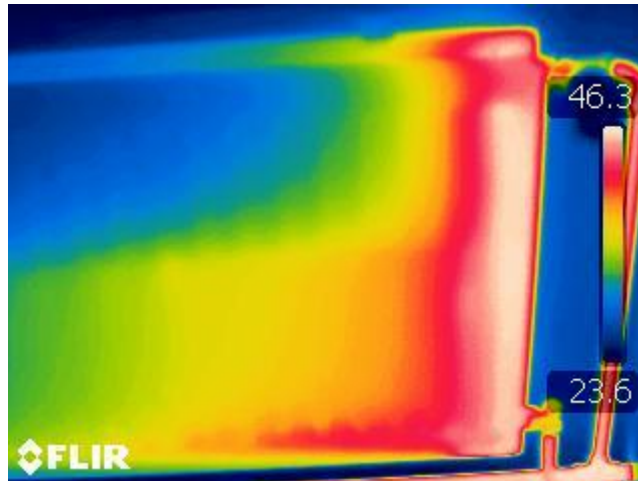


Kuvio 11. Piippu

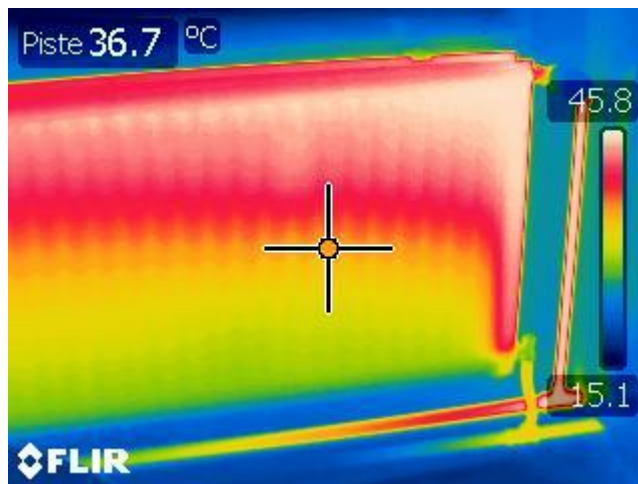
Lämpökuvauksen avulla löydettiin sekä keittiön että alakerran isomman makuuhuoneen patterista vajaatäytteisyyttä. Kuviosta 13 näkyy, kuinka vajaatäyttö aiheutti oikosulkuvirtauksen patterin tulo- ja lähtöliitännän välillä, jolloin lämmin vesi ei päässyt kiertämään siinä kunnolla. Vedenpinta on selvästi nähtävissä patterin puolella välissä. Putkistoon lisättiin vettä ja patterit ilmatettiin, jolloin ne pääsevät toimimaan täydellä teholla. Patterien täytön jälkeen epätavalliset virtausäänet lakkasivat.



Kuvio 12. Keittiön lämmityspatteri



Kuvio 13. Patterin lämpökuva ennen ilmausta



Kuvio 14. Patteri ilmauksen jälkeen

3.2 Vaadittavat korjaustoimenpiteet

Suihkussa sijaitsevan lämpöpatterin hilseillyt maalipinta on hiottava ja maalattava korroosion ehkäisemiseksi.

Öljykattila, öljypoltin ja kattilaveden kiertovesipumppu on syytä vaihtaa.

Savupiippu on kunnostettava ja siihen tulee asentaa sisäpiippu.

4 Lämmitysjärjestelmän jättäminen ennalleen

Lämmitysjärjestelmä on pääasiassa käyttöikänsä loppupäässä ja jotkin osat ovat selvästi yli-ikäisiä, joten odotettavissa on erinäisiä laitteistovikoja. Poikkeuksena ovat lämmityspatterit sekä putkisto, joista putkistolla käyttöikää on jäljellä yli 12 vuotta ja pattereilla jopa 70 vuotta. Putkiston kuntoa on kuitenkin syytä tarkkailla esimerkiksi havainnoimalla veden lisäystarvetta, koska vuotavaan lämmityspotkistoon tarvitsee silloin tällöin lisätä kiertovettä (Harju ym. 2005, 38). Käyttöikänsä päässä ovat öljypoltin, öljynsiirtopumppu, paisuntasäiliö, sekä kattilan kiertovesipumppu. Öljykattilalla on käyttöikää vielä noin viisi vuotta. Liitteestä 1 nähdään lämmitysjärjestelmän osien jäljellä oleva käyttöikä, jonka jälkeen on syytä varautua laitteen vikaantumiseen tai putkistovuotoon.

Vanhakaan lämmitysjärjestelmä ei suinkaan ole käyttökelvoton. Järjestelmän hyötysuhdetta voidaan parantaa useilla toimenpiteillä. Käytännössä toimenpiteet ovat:

- palamisilman lämpötilan nostaminen
- kattilan lisäeristäminen
- vesiputkien eristäminen
- savupiipun kunnostaminen.

Palamisilman lämpötilan nostolla paitsi parannetaan hyötysuhdetta, myös vähennetään kattilan nokeutumista. Lämpötilan nosto onnistuu viemällä ilmastointiputki kattilahuoneen seinän puolivälissä sijaitsevasta tuloilma-aukosta katon läheisyyteen. Tällöin kylmä ulkoilma ei pääse laskeutumaan suoraan polttimen ilma-aukkoon, vaan joutuu sekoittumaan katon läheisyyteen nousevaan lämpimään ilmaan. (Niskala, 1985, 112–113.)

Jos lämmityskattila on eristetty huonosti, kattila säteilee voimakkaasti lämpöenergiaa kattilahuoneeseen. Tällöin kattilan hyötysuhteen yksinkertainen parannustoimenpide on kattilan lisäeristys, jolloin suurempi osa polttamisessa

syntyvästä lämmöstä siirtyy lämmitysveden mukana vesivaraajaan. Lisäeristeen sopiva paksuus on noin 50 mm. Kattilan eristäminen suoritetaan alumiinipinnoitteisella mineraalivillalevyllä ja vastaavasti vesiputket eristetään alumiinipinnoitteisella mineraalivillakourulla. Eristeet saumataan alumiiniteipillä. (Niskala, 1985, 114–115.)

Kohderakennuksen öljykattila on kuitenkin hyvin eristetty, joten lisäeristämällä ei ole suurta merkitystä. Kattilahuoneessa ja varaajahuoneessa sijaitsevia lämmitysvesiputkia ei ole eristetty ollenkaan, joten niiden eristämällä voi olla jopa suurempi öljyä säästävä vaikutus, kuin kattilan lisäeristyksellä. Asuintiloissa sijaitsevia putkia ei tarvitse eristää, koska ei ole merkitystä lämmittääkö asuintiloja patteri vai vesiputkisto.

Piipun yläpään laastisaumat voivat alkaa rapautua savukaasun jäähtyessä alle kastepisteen. Tämä on ongelmana erityisesti hyvän hyötysuhteen omaavan kattilan asennuksen jälkeen. Laastisaumojen rapautuessa, kuten kohderakennuksen tapauksessa, on syytä aloittaa piipun kunnostaminen. Jos piippu kulkee yläpohjan kylmässä tilassa, piippu on syytä eristää. Kohderakennuksen ullakkotila on muutettu lämpimäksi asuintilaksi, joten tässä tapauksessa piipun eristämällä ei ole merkitystä. Muurattuun piippuun asennettu haponkestävästä teräksestä valmistettu sisäpiippu ehkäisee tehokkaasti piipun rapautumisen. Paitsi että savukaasu ei pääse kosketuksiin muuratun rakenteen kanssa, niin ohuempi sisäpiippu myös lämpenee nopeammin ja kosteus haihtuu siitä pois. Koska sisäpiipun halkaisijaksi riittää 100 mm, on se huomattavasti pienempi kuin muuratun piipun halkaisija. Tästä syystä savukaasut virtaavat nopeammin piipussa, eikä sen lämpötila ehdi laskea liian alas. (Niskala, 1985, 136.)

Taulukko 5. Öljylämmityksen korjaus

| Varuste | Tyyppi | Hinta euroa |
|-----------------|-------------------|-------------|
| Vesipumppu | Grundfos UPS-25 | 125 |
| Sisäpiippu | Rica Liner 125 mm | 600 |
| Yhteensä | | 725 |

5 Lämmitysjärjestelmän saneeraus

5.2 Öljylämmitys

5.2.1 Öljylämmityksen toiminta

Öljylämmityksellä tarkoitetaan rakennuksen lämmittämistä öljyn polttamisesta syntyvän lämpöenergian avulla. Öljy poltetaan tarkoituksenmukaisessa öljypolttimen ja -kattilan yhdistelmässä. Kattilassa palava tuli ja kuumat savukaasut lämmittävät vettä, joka pumpataan joko suoraan lämmitysverkostoon tai lämminvesivaraajaan. Varaajassa lämmintä vettä on käytettävissä muulloinkin kuin öljyn palamisen aikana esimerkiksi peseytymiseen. (Rakennustieto, 2007, 9.)

Öljylämmitykseen soveltuvat kaikki vesikiertoiset lämmönjakotavat, kuten lattia-, ilma-, ja vesipatterilämmitys. Ylivoimaisesti yleisin näistä on vesipatterilämmitys. (Niskala, 1985, 16.)

Öljypolttimia on monenlaisia, mutta pientalojen keskuslämmityskattiloissa käytetään lähes yksinomaan paineöljypolttimia. Tässä polttinratkaisussa öljy pumpataan noin yhden MPa:n paineella kattilan sisässä olevan suuttimen läpi, jolloin öljy pisaroituu. Polttoilma myös puhalletaan paineenalaisena suuttimen ohi, jolloin ilma sekoittuu öljyyn. Öljysuuttimen vieressä olevat sytytyskärjet sytyttävät öljysumun palamaan valokaaren avulla. (Niskala, 1985, 28-29, 36.)

Öljysäiliöt tulee sijoittaa joko maaperään tai rakennuksen sisälle omaan palo-osastoonsa. Osastoitu tila rakennetaan käyttäen vähintään A2-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeita. Tämä tarkoittaa lähes palamattomia rakennustarvikkeita. (Ympäristöministeriö, 2005, 3-6, 8.)

Säiliön materiaali on joko teräs tai uusissa säiliöissä usein käytetty nailon (Niskala, 1985, 16).

5.2.2 Öljylämmityksen suunnitelma

Haluttaessa suorittaa lämmitysjärjestelmän perusparannus laitteet uusitaan teknisesti aiempaa paremmalle tasolle. Kohderakennuksessa uusitaan öljykattila, poltin ja ohjausautomaatti niiden iän takia sekä kattilavesipumpun sen epätavallisen toiminnan takia. Lisäksi savupiippuun asennetaan haponkestävästä teräksestä valmistettu sisäpiippu. Lämmitysjärjestelmän muut osat ovat käyttökelpoisia. Uusi poltin ja kattila omaavat väistämättä paremman palamisen hyötysuhteen, jolloin saavutetaan jonkin verran säästöä pienemmän öljynkulutuksen vuoksi. Myös investointikustannukset jäävät pieneksi, koska vanhan järjestelmän hyvässä kunnossa olevia osia voidaan käyttää myös perusparannuksen jälkeen. Öljy- ja kattilavesiputkistoja sekä savukaasukanavaa joudutaan todennäköisesti muokkaamaan, koska uuden kattilan putkiliitokset tuskin ovat samalla kohdalla, kuin vanhassa kattilassa.

Savupiippuun valitaan Rica Liner haponkestävä sisäpiippu ja kattilan kiertovesipumpuksi Grundfos UPS-25. Lämmityskattilaksi valitaan Rica Combi 2000 A1 – kattilapaketti, johon sisältyy:

- öljykattila Rica Combi 2000, teho 18 – 35 kW
- öljypoltin Oilon Pro 1 LJ 10
- öljypumppujärjestelmä
- menovesi- ja ulkolämpötila-anturi
- ohjausautomaatti kattilalle ja yhdelle lämmityspiirille.

Taulukossa 6 esitetään perusparannuksen laitteiden kustannukset, asennuksesta tulevia kustannuksia ei ole otettu huomioon. Hinnat on saatu valmistajien Internet-sivuilta. Uusi öljykattila asennetaan entisen kattilan paikalle.

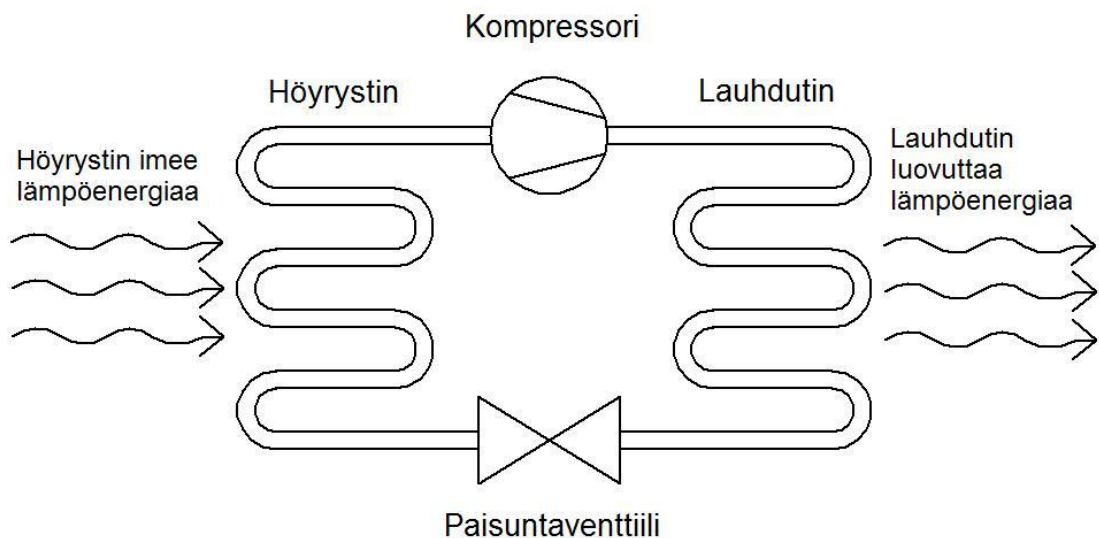
Taulukko 6. Lämmitysjärjestelmän perusparannuksen kustannukset

| Varuste | Tyyppi | Hinta euroa |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| Öljykattilapaketti | Rica Combi 2000 A1 | 3800 |
| Vesipumppu | Grundfos UPS-25 | 125 |
| Sisäpiippu | Rica Liner 125 mm | 600 |
| Yhteensä | | 4525 |

5.1 Lämpöpumppu

5.1.1 Lämpöpumpun toiminta

Lämpöpumppu on laite, joka kerää lämpöenergiaa kylmemmästä paikasta ja siirtää sitä lämpimämpään. Lämpöpumpun toiminta perustuu kylmäaineen kiertoon putkistossa höyrystimen ja lauhduttimen välillä, sekä kiehumisessa ja lauhtumisessa tapahtuvaan kylmäaineen olomuodon muutokseen. Kylmäainekiertoa pitää yllä kompressorin. Lämpöpumpun toimintaperiaate on esitetty kuviossa 15.



Kuvio 15. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Perälä, 2009, 30)

Kompressorin puristaa kylmäainehöyryn korkeaan paineeseen. Paineen kasvaessa kylmäaine myös kuumenee lähes 100 °C:n lämpötilaan. Kompressorin jälkeen tulevassa lauhduttimessa kuuma kylmäaine jäähtyy puhaltimen auttamana ja luovuttaa lämpöenergiaa lämmitettävään tilaan. Jäähtyessään kylmäainehöyry myös tiivistyy nestemäiseksi. Juuri ennen höyrystintä putkistossa on paisuntaventtiili, jossa korkeassa paineessa olevan jäähtyneen kylmäainesteen paine alenee ja sen lämpötila laskee huomattavasti, jopa -20 °C:n. Matalassa paineessa oleva kylmäainesteeneste alkaa kiehua ja höyrystyä höyrystimessä. Höyrystyminen johtuu siitä, että kylmäainesteen kiehumispiste

on alhaisempi kuin ympäristön lämpötila. Kiehumispiste esimerkiksi kylmäaine R-134a:lla on $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Kianta, 2008, 5). Kiehuessaan kylmäaine ottaa lämpöenergiaa ympäristöstään. Höyrystynyt kylmäaine kulkeutuu takaisin kompressoriin, jolloin kierto alkaa taas alusta. (Perälä, 2009, 29 - 31.)

Kylmäaineen saapuessa lauhduttimeen on siihen siis varastoitunut sekä höyrystyessä sitoutunut lämpöenergia, että kompressorin aiheuttaman paineen noston tuoma lämpöenergia. Lauhduttimessa kylmäaine jäähtyessään ja tiivistyessään nesteeksi luovuttaa näistä kummastakin saamansa lämpöenergian. Lämpöpumppu täten tuottaa moninkertaisen määrän lämpöenergiaa verrattuna kompressorin käyttämään sähköenergiaan. Tätä pumpun toiminnan tehokkuutta kuvaa lämpökerroin. Lämpökerroin ilmoittaa, kuinka monta kertaa enemmän pumppu tuottaa lämpöenergiaa laitteiston vaatimaan sähkötehoon verrattuna. Keskimäärin lämpöpumpun lämpökerroin on 3. (Perälä, 2009, 31 - 32.)

5.1.2 Maalämpöpumppu

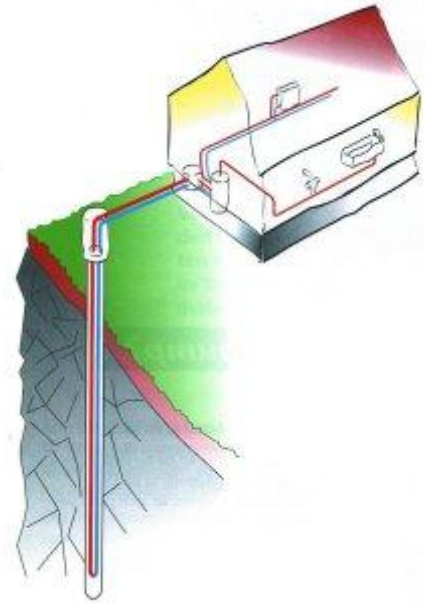
Maalämpöpumpulla voidaan tuottaa kaikki rakennuksen tarvitsema lämpöenergia, kun taas ilmalämpöpumppu soveltuu ainoastaan päälämmitysjärjestelmän tukemiseen. (Lämpöpumput, 2007, 61.)

Maalämpöpumppu käyttää lämmönlähteenä maaperää tai vesistöä. Pumpun lämmönkeruunesteenä käytetään vettä, johon on sekoitettu etanolia jäätymisen estämiseksi. Keruuneste pumpataan lämpökaivoon sijoitetun, veteen upotetun tai maahan kaivetun lämmönkeruuputkiston läpi, jolloin se lämpee hieman. Lämmennyt vesi johdetaan tämän jälkeen lämpöpumpun höyrystimelle. Kuumentunut kylmäaine lämmittää lauhduttimessa rakennuksen vesikiertopiiriä. (Lämmitys 2000, 1999, 78; Lämpöpumput, 2007, 34, 66.)

Omakotitalokäytössä lämpökaivon syvyudeksi riittää yleensä yksi 200 metrin syvyinen kaivo. Syvempää kaivoa käytettäessä kiertonesteen pumppaustehontarve nousee suureksi. Tällöin on kannattavampaa porata tarpeen mu-

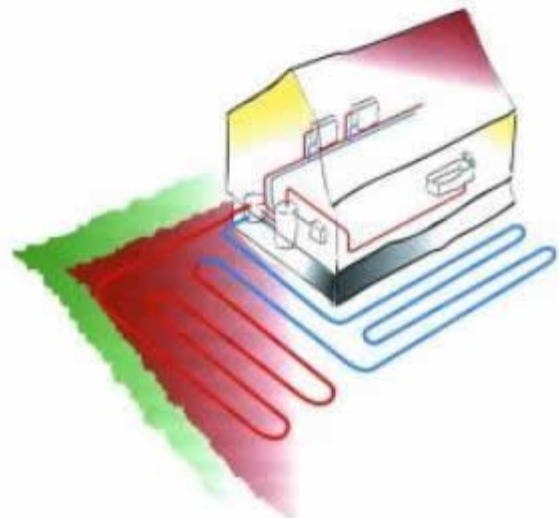
kaan useampia yhtä syviä kaivoja ja kytkeä näiden keruuputket rinnakkain. (Perälä, 2009, 68)

Lämpökaivon yläpäähän maanpinnalta kallioon tulee asentaa teräksinen suoja-putki, joka estää maa-aineksen valumisen kaivoon. Putki upotetaan vielä osittain kallion sisään ja tiivistetään alapäästään veden valumisen ehkäisemiseksi. Pehmeään pintamaan putkittaminen on hyvin kallista. Kaivon poraaminen onkin sitä edullisempaa, mitä lähempänä maanpintaa kallion on. Lämpökaivo on ainoa vaihtoehto pienillä tonteilla ja jos tontti ei rajaudu sopivaan vesistöön. (Perälä, 2009, 63, 67.)



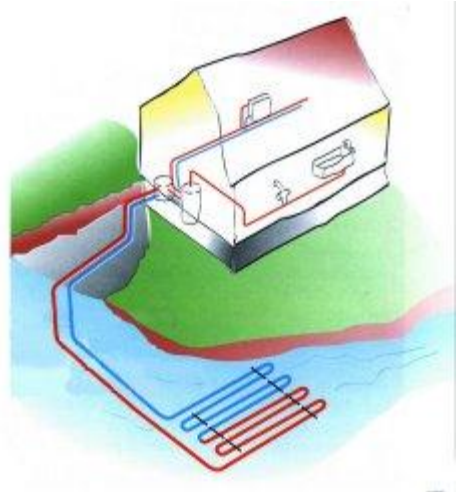
Kuvio 16. Lämpökaivo (Sulpu, 2011)

Maahan kaivetun keruupiirin asennuskustannukset ovat noin puolet siitä, mitä lämpökaivon poraaminen maksaa. Piiri puolestaan vaatii paljon tilaa, joten sitä ei voi asentaa pienelle tontille. Lisäksi pihan kaivaminen turmelee saneerattavan rakennuksen valmiin puutarhan. (Lämpöpumput, 2007, 61.)



Kuvio 17. Lämmönkeruupiiri maassa (Sulpu, 2011)

Lämmönkeruupiiri voidaan asentaa myös tarpeeksi syvän vesistön pohjaan. Vedessä liikkuvat jäälautat ovat vaaraksi keruupiirille, joten piirin asennusta virtaavaan veteen ei kuitenkaan suositella. Suuret jäälautat voivat rikkoa putkia tai viedä ne mennessään. Upotettaessa keruuputkisto vesistöön tarvitaan tähän myös vesistön omistajan lupa. (Lämpöpumput, 2007, 61.)



Kuvio 18. Lämmönkeruupiiri vedessä (Sulpu, 2011)

Lämpöpumpun hyötysuhde on sitä parempi, mitä pienempi on keruupiirin ja lämmitysveden lämpötilaero. Tästä syystä kannattavin lämmitysjärjestelmä lämpöpumpulle on vesikiertoinen lattialämmitys, koska siinä kiertoveden lämpötila on noin 30 °C. (Perälä, 2009, 66.)

Saneerattavan rakennuksen vanhaa öljykattilan vesikiertoista patterijärjestelmää voidaan hyödyntää myös maalämpöpumpun lämmönluovutusjärjestelmänä. Huomioon tulee kuitenkin ottaa että maalämpöpumpusta saatavan kiertoveden lämpötila on vain 50 - 55 °C. Vanhan patterijärjestelmän käyttämisen ehtona on, että pattereilla on riittävä lämmönluovutuskyky myös tässä matalammassa lämpötilassa. Verkostoa ei voida käyttää, jos sen vaatima lämpötila on tätä korkeampi. Jos patterijärjestelmää ei haluta uusiksi, niin maalämpöpumpun vaihtoehtona voidaan harkita esimerkiksi pellettikattilaa. (Perälä, 2009, 42.)

5.1.2 Maalämpöpumpun suunnitelma

Kohderakennuksen vesipatterijärjestelmä vaatii toimiakseen 60 °C:n veden menolämpötilan. Tuotettaessa kuumempaa vettä patterijärjestelmää varten on maalämpöpumpun hyötysuhde pienempi kuin tuotettaessa viileämpää vettä esim. lattialämmitystä varten. Rakennuksen hyväkuntoista parkettilattiaa ei ole järkevää alkaa purkamaan lattialämmityksen asennusta varten, joten on valittava lämpöpumppu joka tuottaa mahdollisimman kuumaa vettä pattereita varten. Tällainen laite on esimerkiksi 17 kW IVT HT+, joka pystyy tuottamaan 65 asteista vettä ilman sähkötoimista lisävastusta (IVT, 2011).

Lämmönkeruupiiriksi ainoa mahdollinen ratkaisu on lämpökaivo. Keruuputkiston kaivaminen maahan ei ole järkevä ratkaisu, sillä tällöin pilattaisiin tontilla jo kasvava nurmikko. Lisäksi rakennuksen läheisyydessä oleva joki on liian matala ja kapea, jotta siihen voisi upottaa keruuputkiston. Keväällä jäälautat voisivat viedä putket mennessään. Lämpökaivon poraamisen kustannuksia on vaikea arvioida, koska kohderakennuksen kallionpäällisen maaperän paksuus ei ole tiedossa. Jos käy huono onni, maata saattaa olla jopa kymmeniä metrejä ja poraaminen tulee kalliiksi.

Lämpökaivon poraus on maalämpöjärjestelmän suurin yksittäinen kustannus. Maalämmön käyttö sen sijaan on edullista, kuten esitetään taulukossa 3. Koko lämmitysjärjestelmä maksaa yleensä 15 000 – 20 000 euroa. (Laitinen, 2010, 76; Perälä, 2009, 86, 109.)

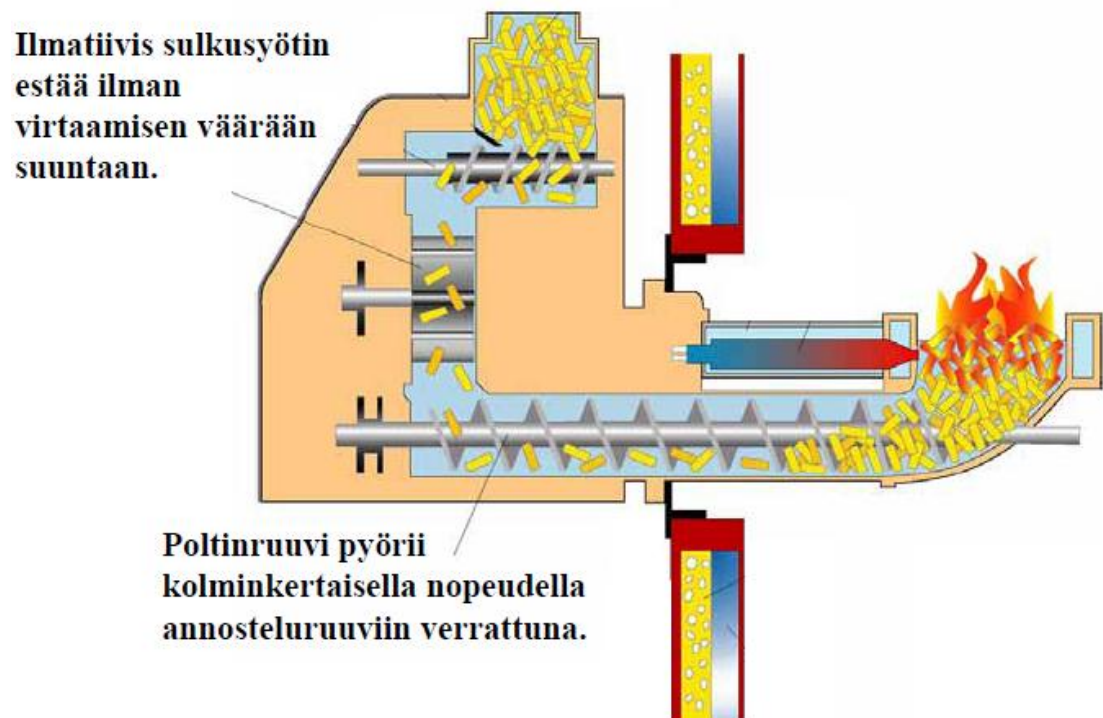
Kohderakennuksessa kustannukset jäävät todennäköisesti tämän hintahaitarin alapäähän, sillä rakennuksessa on jo vesivaraaja sekä vesipatterit lämmönluovuttimina, joten investointi koskee vain lämpöpumppua ja porakaivoa. Lämpöpumppuyksikkö sijoitetaan vesivaraajan viereen.

5.3 Pellettilämmitys

5.3.1 Pellettilämmityksen toiminta

Pellettikäyttöisessä lämmityskattilassa poltetaan lieriömäisiä puristamalla valmistettuja puupellettejä, joiden halkaisija on 8 mm ja pituus vaihtelee 10–30 mm. Pelletit sisältävät sahanpurua, kutterinpurua ja hiontapölyä. Lämmitysvesi kuumennetaan pellettien polttamisessa syntyvällä lämmöllä. (Rakennustieto, 2007, 10; Säteri, 1999, 75; Vapo, 2005, 10.)

Pellettien poltto tapahtuu täysin automaattisesti lukuun ottamatta ajoittaista nuohoamista, tuhkatilan tyhjennystä ja pellettisiilon täydentämistä. Pelletit siirretään putkia pitkin siilosta polttimelle, joka syöttää tarpeen mukaan pellettejä kattilaan. (Vapo, 2005.)



Kuvio 19. Alasyöttöinen pellettipoltin (Vapo, 2004, 9)

Pelletit voidaan kuljettaa asiakkaalle monella eri tavalla, joko 20 kg:n piensäkeissä, 1 m³:n suursäkeissä, tai säiliöautolla irtotavarana (Säteri, 1999, 75; Pellettienergia, 2011, 12-13).

Puhallusautokäytössä pellettisäiliöön tarvitaan kiinteät täyttö- ja korvausilmaputket. Täyttöputki on läpimitaltaan 100 mm ja korvausilmaputki tulee olla vähintään kaksi kertaa täyttöputken paksuinen, eli vähintään 200 mm. Korvausilmaputkessa tulee olla ulkopuolella suodatin pölyn leviämisen estämiseksi. (Keski-Suomen Energiatoimisto, 2011.)

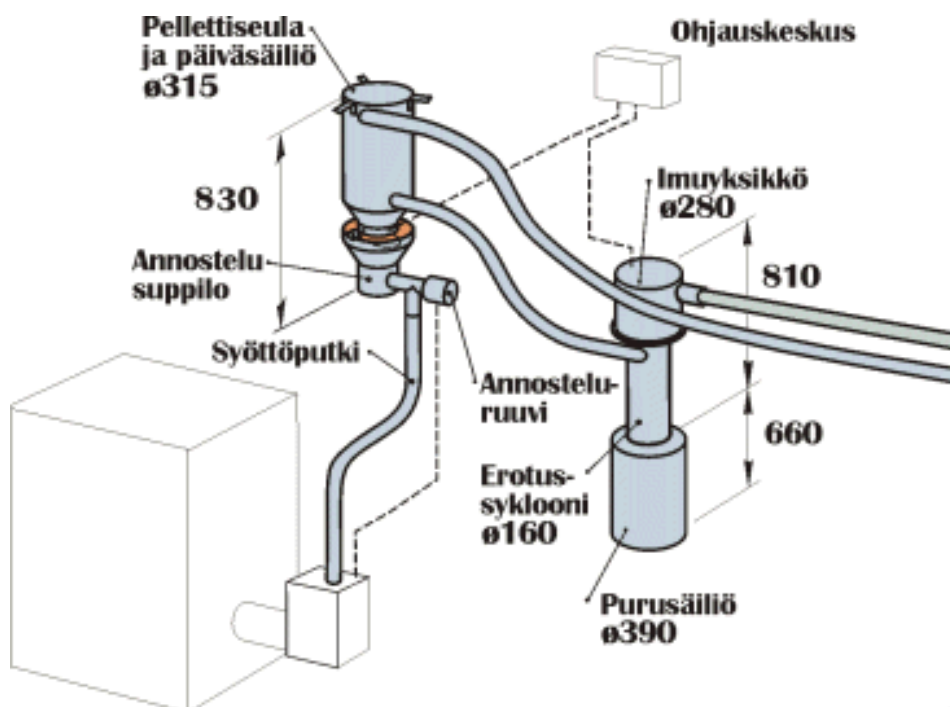
Lämmityspatterijärjestelmä on tässä lämmitysmuodossa samanlainen kuin öljykattilajärjestelmässä. Polttokattilassa lämmennyt vesi pumpataan lämminvesivaraajaan, jossa kuuma kattilavesi lämmittää käyttövettä ja patterien kiertovettä. Pellettilämmitykseen siirryttäessä vanhat mutta hyväkuntoiset lämmityspatterit voidaan jättää paikoilleen, koska sekä öljy- että pellettilämmitysjärjestelmät ovat suunniteltu toimimaan 60-asteisella patterin tulovedellä. Myös vanhoja putkia ja lämminvesivaraajaa voidaan käyttää mahdollisuuksien mukaan. (Säteri, 1999, 75; Vapo, 2005, 22, 34.)

Hyväkuntoista öljykattilaa voidaan käyttää myös pellettikattilana, öljypoltin vain vaihdetaan pellettipolttimeen. Pellettien poltto ei kuitenkaan ole täysin samanlainen tapahtuma kuin öljyn palaminen. Tästä syystä öljykattilan on täytettävä tietyt vaatimukset, jotta sitä voidaan käyttää myös pellettipolttimeen kanssa. Näitä vaatimuksia aiheuttavat pelletin tuhkan tuotanto sekä nopeampi palaminen verrattuna öljyyn. Öljykattilan on siis oltava helposti nuohottavissa ja siinä on oltava mahdollisuus tuhkanpoistoon. Huomioon on myös otettava kattilasta saatavan lämmitystehon lasku, joka on poltinta vaihdettaessa 20 – 30 %. (Säteri, 1999, 75.)

Pelletit tulee varastoida erillään kattilahuoneesta, omassa palo-osastossaan olevassa siilossa. Osastoitu tila rakennetaan käyttäen vähintään A2-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeita. Tämä tarkoittaa lähes palamattomia rakennustarvikkeita. Kohderakennuksen tämänhetkinen öljysäiliöhuone täyttää nämä vaatimukset. (Ympäristöministeriö, 2005, 3-6, 8.)

Pelletit voidaan siirtää varastuhuoneesta polttimelle joko ruuvikuljettimella tai pelletti-imurilla. Ruuvilla siirrettäessä varastosiilon tulisi olla mahdollisimman lähellä kattilaa, koska ruuvikuljetus rikkoo pellettejä ja pellettipuru aiheuttaa tukoksia kuljettimessa sekä palamishäiriöitä. (Pellettienergia, 2011.)

Pelletti-imuri kuljettaa pellettejä imurin aiheuttaman alipaineen sekä palautusilman aiheuttaman ilmavirran avulla. Pelletit imetään siilosta 50 mm madoitetulla muoviputkella päiväsiiliöön. Toisella letkulla puhalletaan korvausilmaa pellettisiiloon. Imurissa oleva purunerotin seulo irtopurun päiväsiiliössä, eikä puru pääse aiheuttamaan palamishäiriöitä. Imurin käyttö mahdollistaa myös monipuolisemmat varastoratkaisut kuin ruuvikuljetinta käytettäessä, kuten imemisen suursäkistä, maanalaisesta varastosta, tai v-pohjaisesta siilosta. Imurilla voidaan kuljettaa pellettejä jopa 30 metrin matkan, joten kohderakennuksen öljysäiliöhuone ei ole ainoa mahdollinen pellettien varastointitila tällä siirtomenetelmällä. Pellettisiilo voidaan sijoittaa jopa erillisessä rakennuksessa sijaitsevaan autotalliin, johon pelletit täytetään puhallusautosta. (Pelletti-imurit, 2011; Vapo, 2005, 54.)



Kuvio 20. Pelletti-imuri (Pelletti-imurit, 2011)

5.3.2 Pellettilämmityksen suunnitelma

Vaihdettaessa lämmitysmuoto öljystä pellettiin voidaan vanhaa kattilahuonetta käyttää myös pellettikattilan sijoituspaikkana. Kuvioista 3 nähdään kattilahuoneen ja öljysäiliöhuoneen sijainti kellarissa. Kuvio on skannattu alkupe-
räisestä pohjapiirustuksesta, johon on edellisen lämmitysjärjestelmän perusparannuksen yhteydessä vuonna 1983 piirretty öljysäiliöiden ja polttokattiloiden sijainnit. Kuviossa on nähtävissä myös öljyntäyttöputki sekä öljysäiliöiden ilmaputki.

Säiliöhuoneen mitat ovat: leveys 1,9 m, pituus 3 m ja korkeus 2,3 m. Tähän tilaan mahtuu siilo, jonka mitat ovat: leveys 1,9 m, pituus 2,2 m ja korkeus 2,2 m, sekä pellettien varastointitilavuus 3,1 tonnia käytettäessä Kardonar – siiloa (Kardonar, 2011). Taulukossa 3 on laskettu pellettien kulutus nykyisellä lämmitysenergiankulutuksella. Pellettien kulutus olisi noin 5,2 t, joten öljysäiliöhuoneeseen mahtuva siilo riittäisi vähän reiluksi puoleksi vuodeksi. Haluttaessa enemmän säilytystilaa pellettisiilo tulee rakentaa ulkotiloihin tai käyttää maanalaisia säiliöitä. Maasäiliöt eivät vie tilaa tontilta niin paljoa kuin siilot.

Sijoitettaessa pellettisiilo kauas kattilahuoneesta pelletit tulee siirtää pellettimurilla. Pelletti-imurit Vanhala Oy toimittaa sekä imureita, että maahan kaivettavia maasäiliöitä. Säiliöiden koko on 5 m³ ja ne voivat säilöä pellettejä 3 t. Näitä maasäiliöitä tulee siis asentaa kaksi kappaletta rinnakkain ja siirtää imuriletkut säiliöstä toiseen edellisen tyhjentyessä. (Pelletti-imurit, 2011.)

Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää yhtä kappaletta Kardonar – yhtiön maasäiliötä, jonka tilavuus on 11 m³ ja säilöntäkapasiteetti 6 t. Säiliö siirtää pystyasennossa olevalla siirtoruuvilla pelletit säiliön yläosaan, josta ne voidaan imeä imurilla polttimelle. Siirtoruuvi tarvitsee ohjaukskäskyn, jonka mukaan se kuljettaa pellettejä. (Mattsson, 2011.)

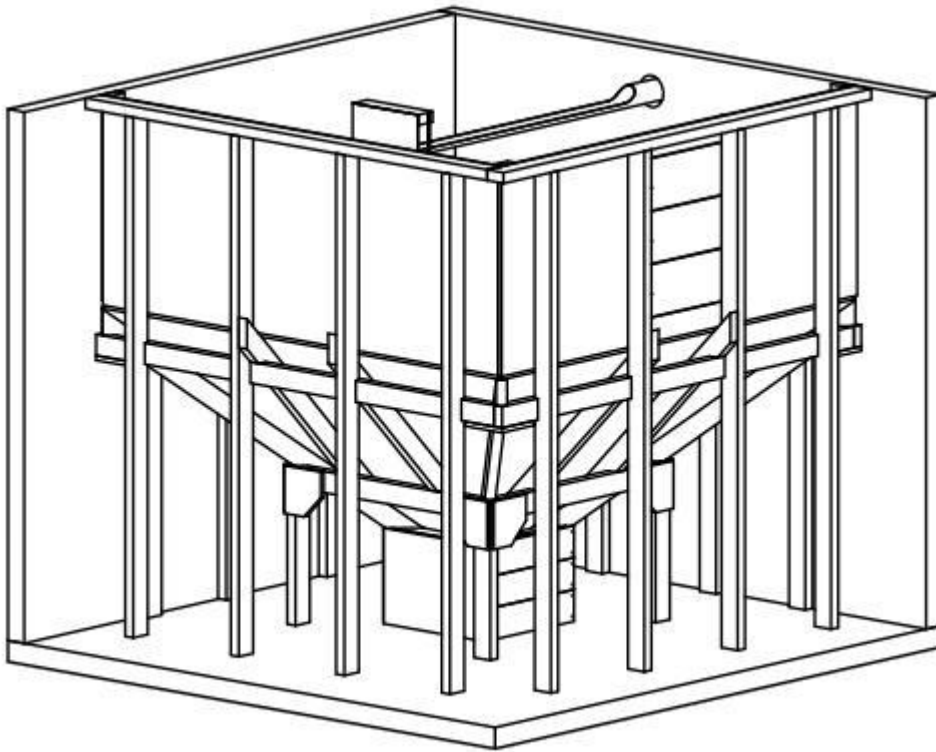
Siirtoruuvien ohjauksiksi voidaan antaa pelletti-imurin puhaltimen ohjauksikäsky. Imurin letkuille tulee tehdä liitos maasiilon yläosaan. Liitos täytyy suorittaa improvisoiden, sillä tällaista yhdistelmää ei ole koskaan kokeiltu. (Vanhala, 2011.)

Maanpinnalla olevan maasiilon voi rakentaa itse, mutta niitä saa myös sekä valmistuotteina, että osina toimitettuna.

Koottavia pellettisiiloja toimittaa esimerkiksi Kardonar, jonka siilot ovat lisäksi yhteensopivia pelletti-imurin kanssa. Sopivat siilon mitat ovat 2,5 m x 2,5 m x 2,5 m, jolloin siilon tilavuudeksi tulee 8,5 m³ eli 5,5 t. Tämä määrä riittäisi kohderakennuksen koko vuoden lämmitystarpeeseen. Siilo on teräskehikoin tuettu abs-pussi, joka tarvitsee ympärilleen vesitiiviin katoksen. (Kardonar, 2011.)

Siilossa ei ole ilmanpurkuputkea, vaan ilma suodattuu siilon materiaalin lävitse kuitenkin päästämättä pölyä ympäristöön (Mattsson, 2011).

Jos pellettisiilo halutaan rakentaa itse, voidaan käyttää Motivan julkaisemaa pellettisiilon valmistusohjetta. Ohjeen mukaan tehtynä siiloon mahtuu pellettejä 7,5 m³, eli kohderakennuksen 9 kuukauden tarpeen verran. Motivan siiloon saadaan helposti lisää tilavuutta tekemällä siihen korkeammat laidat. Siilo voidaan sijoittaa ulkotiloihin, kunhan sille tekee perustukset ja lisää siilon varaan rakennettavat katon sekä ulkolaudoituksen. Siilo on esitetty kuviossa 21. (Motiva, 2008.)



Kuvio 21. Motivan pellettisiilo (Motiva, 2008, 1)

Pellettikattila/poltin – paketiksi hyvä ratkaisu on 20 kW:n Ariterm Biomatic+. Tämä kattilapaketti ei ole markkinoiden edullisin, mutta sillä on monia hyviä puolia. Polttimena oleva alasyöttöinen BeQuem on toimintavarma, paloturvallinen sekä tarvitsee vain vähän huoltoa. Polttimen huoltoväli on noin 3 kk, jolloin kattilan pystyputket harjataan ja tuhkalaatikko tyhjenetään. (Vapo, 2004.)

Muiden laitehankintojen lisäksi kuntoarvion tulosten mukaan kattilaveden kiertopumppu tulee uusiksi, sekä savuhormiin tulee asentaa sisäpiippu. Taulukoissa 8 – 11 on vertailtu asennuskustannuksia eri pellettisiiloratkaisuilla. Hinnat on saatu valmistajien Internet-sivuilta. Itse rakennetun siilon kustannuksia on vaikea arvioida, mutta todennäköisesti ne jäävät alle 1000 euron.

Taulukko 7. Pellettipaketin hankintakustannukset Vanhalan maasäiliöillä

| Varuste | Tyyppi | Hinta euroa |
|------------------------|------------------------|--------------|
| Pellettikattilapaketti | Ariterm Biomatic+ 20kW | 6642 |
| Pelletti-imuri | PIV3 | 1960 |
| Maasäiliö | Vanhala maasäiliö x 2 | 4100 |
| Imuriletkut | 15 metriä x 2 | 456 |
| Vesipumppu | Grundfos UPS-25 | 125 |
| Sisäpiippu | Rica Liner 125 mm | 600 |
| Yhteensä | | 13883 |

Taulukko 8. Pellettipaketin hankintakustannukset Kardonarın maasäiliöllä

| Varuste | Tyyppi | Hinta euroa |
|------------------------|------------------------|--------------|
| Pellettikattilapaketti | Ariterm Biomatic+ 20kW | 6642 |
| Pelletti-imuri | PIV3 | 1960 |
| Maasäiliö | Kardonar GeoTank | 5850 |
| Imuriletkut | 15 metriä x 2 | 456 |
| Vesipumppu | Grundfos UPS-25 | 125 |
| Sisäpiippu | Rica Liner 125 mm | 600 |
| Yhteensä | | 15633 |

Taulukko 9. Pellettipaketin hankintakustannukset valmissiilolla

| Varuste | Tyyppi | Hinta euroa |
|------------------------|------------------------|--------------|
| Pellettikattilapaketti | Ariterm Biomatic+ 20kW | 6642 |
| Pelletti-imuri | PIV3 | 1960 |
| Pellettisiilo | Kardonar abs-siilo | 3000 |
| Imuriletkut | 15 metriä x 2 | 456 |
| Vesipumppu | Grundfos UPS-25 | 125 |
| Sisäpiippu | Rica Liner 125 mm | 600 |
| Yhteensä | | 12783 |

Taulukko 10. Pellettipaketin hankintakustannukset itse rakennetulla siilolla

| Varuste | Tyyppi | Hinta euroa |
|------------------------|------------------------|--------------------|
| Pellettikattilapaketti | Ariterm Biomatic+ 20kW | 6642 |
| Pelletti-imuri | PIV3 | 1960 |
| Pellettisiilo | Motiva | 1000 |
| Imuriletkut | 15 metriä x 2 | 456 |
| Vesipumppu | Grundfos UPS-25 | 125 |
| Sisäpiippu | Rica Liner 125 mm | 600 |
| Yhteensä | | 11783 |

7 Johtopäätökset

Saneeraussuunnitelmien hankintakustannuksia ja vuosittaisia käyttökustannuksia vertailemalla on laskettu suunnitelmien takaisinmaksuajat verrattuna nykyisen öljykattilan käyttökustannuksiin. Nykyisillä lämmitysenergian hinnoilla järjestelmien takaisinmaksuaika on uudella öljykattilalla 15 vuotta, pellettikattilalla 7 vuotta ja maalämpöpumpulla 8 vuotta, kuten taulukon 12 laskelmista voidaan nähdä.

Taulukko 11. Saneerauksien takaisinmaksuajat

| | Öljy, vanha kattila | Öljy, uusi kattila | Pelletti | Maalämpöpumppu |
|------------------------|---------------------|--------------------|----------|----------------|
| Saneeraus-kustannukset | 725 e | 4525 e | 10783 e | 15000 e |
| Käyttökustannukset | 2940 e/a | 2625 e/a | 1299 e/a | 925 e/a |
| Säästö | | 315 e/a | 1641 e/a | 2015 e/a |
| Takaisinmaksuaika | | 15 a | 7 a | 8 a |

Uuden öljykattilan takaisinmaksuaika todennäköisesti venyy laskettua aikaa pidemmäksi, koska öljyn hinnan oletetaan nousevan voimakkaasti tulevina vuosina. Öljylämmityksen pidempiaikainen käyttö voi tulevaisuudessa olla hyvin kallista.

Maalämpöpumpun alhaisimmat käyttökustannukset tekevät siitä edullisimman vaihtoehdon kahdeksan käyttövuoden jälkeen. Kohderakennuksen lämmityspattereiden lämmönluovutustehon riittävyys lämpöpumppukäytössä ei kuitenkaan ole varmaa. IVT:n lämpöpumppu varmasti pystyy lämmittämään käyttö- ja lämmitysveden 65 °C:een, mutta tuotetun veden määrästä ei ole tietoa. Vesimäärä voi kovilla pakkasilla jäädä liian pieneksi, jolloin lisälämpöä joudutaan tuottamaan puukattilalla tai kalleimmalla vaihtoehdolla lämpöpumpun sähkövastuksilla. Kohderakennuksen patterit on suunniteltu toimimaan öljylämmitysjärjestelmän kanssa lämmitysveden ollessa 60 °C:n lämpötilassa. Maalämpöpumpun hyötysuhde jää laskettua pienemmäksi, kun pumpulla tuotetaan jatkuvasti niin kuumaa vettä, kuin mahdollista. Haluttaes-

sa muuttaa kohderakennuksen lämmitysjärjestelmä maalämpöpumppuun, paras vaihtoehto lämmönluovutusjärjestelmälle olisi rakentaa lattian päälle vesikiertoinen lattialämmitys.

Pellettilämmitysjärjestelmä tuottaa saman lämpöistä lämmitysvettä, kuin öljylämmitysjärjestelmäkin, joten kohderakennuksen lämmityspatterit soveltuvat suoraan myös pellettikäyttöön.

Edellä mainituista syistä kannattavin ratkaisu uudeksi lämmitysjärjestelmäksi on pellettikattila. Pellettijärjestelmä tarvitsee öljylämmitystä suuremman polttoainevaraston. Tällainen varasto ei mahdu nykyiseen öljysäiliöhuoneeseen, joten pellettisiilo täytyy sijoittaa rakennuksen ulkopuolelle esitetyn suunnitelman mukaisesti. Siilojen hinnoilla ei ole suurta eroa, joten käyttäjän päätettäväksi jää mikä pelletinsäilytysratkaisu tuntuu sopivimmalta. Kaikissa pelletinsäilytysratkaisussa on omat hyvät ja huonot puolensa, jotka on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 12. Pellettsäiliöiden vertailu

| | Maasäiliö Vanhala | Maasäiliö Kardonar | Siilo Kardonar | Itse rakennettu siilo |
|---------------|--|--|--|---|
| Hyvää | Suoraan yhteensopiva imurin kanssa. Säiliö piilossa maan alla. | Yksi säiliö riittää vuodeksi. Säiliö piilossa maan alla. | Helppo koota. Suoraan yhteensopiva imurin kanssa | Edullinen |
| Huonoa | Yksi säiliö riittää vain puoleksi vuodeksi. | Ei ole suoraan yhteensopiva imurin kanssa | Tarvitsee sijoituspaikaksi vesitiiviin tilan. Siilo näkyvässä maan päällä. | Työläs rakentaa. Siilo näkyvässä maan päällä. |

Saneerauskustannuksia pienentää verotuksessa saatava kotitalousvähennys. Vähennykseen oikeuttaa tässä tapauksessa asunnon perusparannus. Kun perusparannuksen tekee ennakonperintärekisteriin merkitty yritys, niin vähennyksen määrä on 60 % remontin yhteydessä tehdystä työstä. (Kotitalousvähennys.fi, 2011.)

Opinnäytetyön aikana ilmeni lisävaihtoehtoja saneeraussuunnitelmaksi, joita ei sisällytetty mukaan tutkimukseen. Yksi tällainen lisätutkimuksia vaativa vaihtoehto on ilma-vesi – lämpöpumpun ja öljykattilan yhdistelmän hyödyntäminen, jossa vanhalla öljykattilalla tuotetaan patterijärjestelmän vaatima vedenlämmityksen huipputeho. Toiseksi ilmanvaihdon vaihtamismahdollisuus koneelliseksi poistoksi tulisi tutkia.

Lähdeluettelo

- Harju, P.; & Matilainen, V. 2005. *LVI-Tekniikka: Korjausrakentaminen*. Vantaa: Dark Oy.
- IVT. 2011. *IVT:n Internet-sivut*. Haettu 11. huhtikuu 2011 osoitteesta http://www.ivtuusimaa.fi/ivt_greenline/GreenlineCjaE_FI.pdf
- Kardonar. 2011. Haettu 14. huhtikuu 2011 osoitteesta <http://www.kardonar.com/sailiot.html>
- Keski-Suomen Energiatoimisto. 2011. Haettu 14. huhtikuu 2011 osoitteesta <http://www.wv.fi/folder/varasto.pdf>
- Kianta, J. 2008. *Kylmäainetilanne 2008*. Haettu 20. tammikuu 2011 osoitteesta Suomen kylmäliikkeiden liitto ry: <http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=37>
- Laitinen, J. 2010. *Pieni suuri energiakirja*. Tallinna: Kofolon Baltic.
- Laksola, J. 2007. *Onnistunut putkiremontti*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Mattsson, P. 14. huhtikuu 2011. Puhelinkeskustelu.
- Motiva. 2000. Haettu 14. huhtikuu 2011 osoitteesta http://www.motiva.fi/files/683/pellettisiilo_nettiin_080702.pdf
- Niskala, J. 1985. *Öljylämmitys kuntoon*. Porvoo: WSOY.
- Pellettienergia. 2011. Haettu 29. maaliskuu 2010 osoitteesta http://www.pellettienergia.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=106
- Pelletti-imurit. 2011. Haettu 29. maaliskuu 2011 osoitteesta <http://www.pellettiimurit.fi/edut/edut2.htm>
- Perälä, R. 2009. *Lämpöpumput*. Helsinki: Alfamer Oy.
- Rakennustieto. 2007. *Rakennusten lämmitysjärjestelmät*. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Sulpu. 2011. *Suomen lämpöpumppuyhdistys ry*. Haettu 16. huhtikuu 2011 osoitteesta http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114
- Suomen Pellettienergiayhdistys ry. 2011. Haettu 31. maaliskuu 2011 osoitteesta <http://www.pellettienergia.fi/laskuri/index.html>
- Säteri, J. 1999. *Lämmitys 2000*. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Vanhala, M. 14. huhtikuu 2011. Puhelinkeskustelu.

Vapo. 2004. Haettu 14. huhtikuu 2011 osoitteesta
http://www.vapo.fi/filebank/1484-pellettipolttimet_thermia.pdf

Vapo. 2005. *Pellettikirja*. Jyväskylä: Vapo.

Ympäristöministeriö. 2005. *E9 Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus*. Haettu 29. maaliskuu 2011 osoitteesta
<http://www.finlex.fi/data/normit/28202-E9su2005.pdf>

Öljyalan Keskusliitto. 2011. Haettu 31. Maaliskuu 2011 osoitteesta
http://www.oil.fi/files/728_Kuluttajahintaseuranta.pdf

Liitteet

Liite 1: Kevytöljylämmitysjärjestelmän kuntotutkimus

(Rakennustieto Oy, 2007, 88)

| Laite | Asennus- vuosi | Käyttöikä (vuosia) | Käyttöikä jäljellä | Kunto |
|--|-------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| Lämmönkehityslaitteet | | | | |
| Öljysäiliö (nylon) | 1983 | | | Hyvä |
| Öljyputkisto | 1992 | 30 | 11 | Hyvä |
| Öljynsiirtopumppu | 1992 | 10–13 | - | Välttävä |
| Öljypoltin | 1992 | 10–13 | - | Välttävä |
| Öljykattila | 1992 | 20–25 | 1-6 | Välttävä |
| Varaaja | 1996 | 20–25 | 5-10 | Tyydyttävä |
| Paisuntasäiliö | 1992 | 20 | 1 | Hyvä |
| Kattilan kiertovesipumppu | 1983 | 15 | - | Välttävä |
| Lämmitysverkosto | | | | |
| Lämmityspatterit | 1983 | 50–100 | 22–72 | Hyvä |
| Kiertovesipumppu | 1996 | 15 | 1 | Välttävä |
| Putkisto | 1983 | 40 | 12 | Hyvä |
| Patteriventtiilit | 1983 | 25 | 6 | Hyvä |
| Termostaatit | 1983 | 15 | - | Välttävä |
| Linjasäätöventtiilit | 1983 | 25 | 6 | Huono |
| Huomautuksia | | | | |
| Suihkussa sijaitseva lämmityspatterin maali on osittain hilseillyt pois. | | | | |
| Öljykattilassa on ilmeisesti ollut nokipalo, jonka johdosta mm. savukaasun ohjauspellit ovat vääntyneet. | | | | |
| Linjasäätöventtiilit jumissa. | | | | |
| Piippu on osittain rapautunut. | | | | |
| Kattilaveden kiertopumppu tärisee. | | | | |