

Veli Hirvelä

Talotekniikan ja energiankulutuksen tarkastelua 1960-luvun pientalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

8.2.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Veli Hirvelä Talotekniikan ja energiankulutuksen tarkastelua 1960-luvun pientalossa 54 sivua + 1 liite 8.2.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	kiinteistöjohtaminen
Ohjaaja	lehtori Seppo Innanen
<p>Insinööriyön aiheena on talotekniikan ja energiankulutuksen tarkastelu 1960-luvun pientalossa. Tavoitteena oli tarkastella ja arvioida, missä kunnossa kohteena olevan 1962 valmistuneen pientalon talotekniikka on tällä hetkellä, millaisilla korjaustoilla voitaisiin jatkaa rakennuksen elinkaarta ja vähentää energiankulutusta, mitä lämmitysmuotoja voitaisiin ottaa käyttöön tai millaisilla toimenpiteillä voitaisiin tehostaa ja jatkaa nykyisen järjestelmän käyttöikä.</p> <p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon eristystä pitäisi lisätä rakenteisiin, jotta ne vastaisivat nykyisiä määräyksiä lämmönläpisevyysarvojen suhteen. Työn tavoitteena oli myös tarkastella, millaisilla seikoilla voitaisiin helpottaa tilojen muuntojoustavuutta, esimerkiksi kellariremontin yhteydessä.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena syntyi käsitys kohderakennuksen talotekniikan ja rakenteiden kunnosta, eri lämmitysratkaisujen ja lämmönlähteiden vaikutuksista lämmityskuluihin. Sekä ensisijaisista korjauskohteista, kartoitettiin mahdollisia uusia, vanhan järjestelmän rinnalle lisättäviä lämmityslaitteistovaihtoehtoja. Tarkastelun avulla saatiin käsitys rakenteiden lisälämmöneristysmäärästä, mikäli halutaan saavuttaa nykyinen taso. Lopputuloksena saatiin myös piirrettyä rakennuksen pohjakuvat CADS House -ohjelmalla sähköiseen muotoon, joiden pohjalta on helpompi myös tulevaisuudessa tehdä korjaus suunnitelmia.</p> <p>Perehtyminen tähän työhön osoitti, millainen vaikutus on käytetyllä lämmitysenergian hinnalla ja määrällä vuotuisiin kokonaiskuluihin lämmityskulujen osalta. Työ selkeytti valintaa eri lämmitysmuotoja vertailtaessa niillä saatavista säästöistä. Työ antoi myös käsityksen lisälämmöneristykseen määrästä, mikäli pyritään nykytasoon.</p> <p>Tässä insinööriyössä ei oteta kantaa siihen, mikä on paras lämmitysjärjestelmä. Sitä tulee tarkastella aina tapauskohtaisesti, eikä yleispätevää vastausta ole.</p>	
Avainsanat	talotekniikka, lämmönlähteet, lämmitysjärjestelmät, lämmitysenergian hinta.

Author Title Number of Pages Date	Veli Hirvelä Building services and energy consumption in a 1960's single-family house. 54 pages + 1 appendice 8 February 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building services engineering
Specialisation option	Property management
Instructor	Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The goal of this bachelor's thesis was to choose the most affordable and reasonable heating system for a 1962 single-family house. The purpose was also to look at the building services systems in houses built in the 1960's in general, and find out how much insulation should be added to the structure of the building to meet the modern standards of heating and permeability values.</p> <p>Various heating options and combinations for the house in question were compared. The features and prices of different heating systems and energy sources were studied on the basis of literary and internet sources.</p> <p>When the price of heating energy was established, the payback period could be estimated.</p> <p>An ecological and economically viable additional heating system was found for the house. Futhermore, the project resulted in an overview of the condition of building services systems in the house.</p>	
Keywords:	Building services engineering, heating sources, heating system, heating energy prices.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kohdekiinteistö	2
3	Kohderakennus	2
4	Rakenteet	3
4.1	Kohteen runko	3
4.2	Ulkoseinät	3
4.3	Ikkunat	4
4.4	Vesikate ja yläpohja	6
4.5	Alapohja	6
4.6	Kellarin seinät ja perustukset	6
4.7	Salaojat	8
5	Kohteen talotekniikka	9
5.1	Viemäröinti	9
5.2	Vesijohdot	10
5.3	Lämmitysjärjestelmä	11
5.4	Lämmönjakotapa	13
5.5	Savupiippu	13
5.6	Ilmanvaihto	14
5.7	Sähköjärjestelmä	15
6	Vesikeskuslämmityksen alkaminen Suomessa	17
7	Huomioita lämmitysjärjestelmän uusimisesta	17
7.1	Tulisijan ja hormin kunto	18
7.2	Lämmönjakotavan uusiminen vanhaan taloon	18
7.3	Polttaminen tulisijoissa	19
8	Eri lämmönlähteiden vertailua	21
8.1	Polttopuu	21
8.2	Polttopuun laatu	23
8.3	Puupelletit	24
8.4	Antrasiitti	25
9	Päästökerroin	27

9.1	Polttoainekohtaiset päästökertoimet	27
9.2	Lämpökaivo	28
10	Energian hintoja	30
11	Lämmönlähteiden kustannuksia	31
11.1	Pelletti	31
11.2	Antrasiitti	31
11.3	Polttopuu	31
11.4	Sähkö	32
12	Energian hinnan ja kulutuksen vaikutus	32
13	Hyötysuhteen ja energian hinnan vaikutus lämmityskuluihin	33
14	Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot	35
15	Kohteen lämmönlähddevaihtoehtojen tarkastelua	35
15.1	Ilmalämpöpumppu	35
15.2	Ilmalämpöpumpun antaman lämmitystehon arviointi	36
15.3	Vesi-ilmalämpöpumppu VILP	38
15.4	eneuvonta.fi	39
15.5	Pörssisähkö	40
15.6	Vesitakka	42
15.7	Vesikiuas	43
15.8	Talteenottopiippu	44
15.9	Vesikiertoinen pellettitakka	45
16	Yhteenveto kohdetalon kunnosta ja jatkotoimenpiteistä	46
17	Ensisijaisesti ehdotetut korjauskohteet	47
18	Yhteenveto	49
	Lähteet	52
	Liitteet	
	Liite 1. Pohjakuvat	

1 Johdanto

Työn aiheen valitsin, koska Suomessa on vielä paljon 1960-luvulla rakennettuja pientaloja. Omistajien on hyvä tarkastella, mitä korjauksia tai kunnossapitotöitä ja missä laajuudessa rakennukselle olisi hyvä tehdä nyt tai tulevaisuudessa.

Insinööriyön kohderakennus on vuonna 1962 valmistunut pientalo, jossa on asunut sama asukas vuodesta 1965 alkaen. Aina korjaaminen ei kannata, jos rakennus sijaitsee huonolla paikalla ja esimerkiksi perustukset ja runko ovat huonossa kunnossa, jolloin rakennuksen purkaminen voi olla ekologisesti järkevämpää kuin korjaaminen. Kun ajatellaan rakennuksen materiaalien käytön tehokkuutta koko sen käytön ajalta, on rakennuksen monikäyttöisyys, muunneltavuus, sen rakennusosien uudelleenkäytettävyys ja kierrätettävyys merkittävässä osassa. EU-direktiivit edellyttävät nyt ja tulevaisuudessa kaikkien materiaalien kierrätyksen runsasta lisäystä.

Työssä vertaillaan myös lämmityskustannuksia eri lämmönlähteillä ja pohditaan muun muassa eri lämmitysmuotojen yhdistämistä ja nykyisen järjestelmän päivittämistä helpommaksi, monipuolisemmaksi ja energiatehokkaammaksi kokonaisuudeksi.

Kohderakennuksen sähköjärjestelmä oli osittain alkuperäisellä tasolla, työssä tarkasteltiin millaisia muutoksia se tarvitsisi, että se saadaan vastaamaan nykyisiä vaatimuksia.

Työssä pohditaan, millaisia asioita kannattaa huomioida, kun kellaria remontoidaan ja pohjaviemäreitä uusitaan. Samalla pyritään myös huomioimaan mahdolliset tulevaisuudessa eteen tulevat tilojen muutostarpeet niin, että on mahdollista siirtää tai lisätä vesipisteitä ja viemärointiä eri kohtiin, jos tälle ilmenee tarvetta. Varautuminen ajoissa tulevaisuuden muutoksiin on myös taloudellisesti kannattavaa, jos säästytään esimerkiksi turhilta purkutöiltä vaikkapa uusien viemärointien liitosten takia.

Investointien kannattavuuksia arvioitiin elinkaarikustannuksia ja takaisinmaksuaikoja vertaamalla.

2 Kohdekiinteistö

Kiinteistö sijaitsee pääkaupunkiseudulla, rivi-/pientaloalueella. Tontin pinta-ala on 2 299 m², ja sillä sijaitsee vuonna 1962 valmistunut, kahden asunnon pientalo (rakennus A), jonka kokonaisala on 277 m² ja tilavuus 653 m³, sekä vuonna 2008 valmistunut yhden perheen pientalo (rakennus B), jonka kokonaisala on 197 m² ja tilavuus 580 m³.

Koska molemmat rakennukset sijaitsevat samalla tontilla, on molemmat rakennukset liitetty samaan vesi- ja viemäritonttijohtoon. Sähkön syöttö on myös jaettu samasta liittymäjohtosta, yhteisen pääkeskuksen jälkeen. Mikäli molemmille rakennuksille halutaan omat liittymät, on nykyinen tontti lohkottava molemmille taloille erillisiksi tonteiksi tai jaettava esimerkiksi hallinnanjakosopimuksella erillisiksi tonteiksi. Tähän on varauduttu uudemman talon rakennustöiden yhteydessä vetämällä putkitukset niin, että nämä on jaettavissa kohtalaisen pienin töin tarpeen vaatiessa.

Tontti on osin jyrkkää kalliorinnettä, ja se rajoittuu kaupungin puisto-alueeseen yhdeltä sivulta. Kun molemmat rakennukset sijaitsevat tontin reuna-alueella, on tontille mahdollista rakentaa vielä lisää rakennuksia tai laajentaa olemassa olevia. Alueen kunnallistekniikka ja hulevesiviemärointi on uusittu vuonna 2014 sekä myös sähkö- ja tietoliikennekaapeloinnit uusittiin maakaapeloinniksi samassa yhteydessä.

3 Kohderakennus

Vuonna 1962 valmistuneessa rakennuksessa on kaksi erillistä asuntoa omilla sisäänkäynneillä. Talossa on kellarikerros ja kaksi asuinkerrosta. Ensimmäisessä asuinkerroksessa on 3 huonetta, keittiö, WC/pesuhuone, eteinen, tuulikaappi ja kuisti. Toisessa kerroksessa on avokeittiö olohuone yhdistelmä, makuuhuone, eteinen, 2 erillistä varastotilaa ja WC pesuhuone-yhdistelmä ja parveke.

Koska rakennus sijaitsee rinteessä, kellarikerroskin on osittain maanpäällä, kellarikerroksessa on sauna, pesuhuone, pukuhuone, tekninen tila, puuvarasto ja isohko autotalli sekä varastotilaa omalla sisäänkäynnillä. Rakennuksen pohjakuvat on esitetty liitteessä 1. Kuvassa 1 näkyy kohderakennuksen julkisivu itään päin.



Kuva 1. Kohderakennus

4 Rakenteet

4.1 Kohteen runko

Kohteen rungon rakennustapa on rankarunko eli kakkosnelosista tehty kehikko, joka on laudoitettu molemmilta puolilta, tolppavälit on täytetty sahanpurulla, joka toimii lämpöeristeenä. Idea naulaamalla tehdystä runkorakenteesta on syntynyt Amerikassa 1800-luvun alku-puolella, Suomeen se on tullut sata vuotta myöhemmin. Tämä uusi talotyyppi oli nopeampi ja edullisempi rakentaa kuin perinteinen hirsirunkoinen talo.

Toisen maailmansodan jälkeen. Suomessa oli valtava asuntopula, yli 11 % suomalaisista oli asuntoa vailla. [14, s. 16—17.]

4.2 Ulkoseinät

Kohteen ulkoseinien paksuus on n. 180 mm. Rakenne ulkoapäin sisälle on petroliöljymaalilla maalattu (2015) vinovuorilauta (ei tuuletusrakoa), jonka alla vinolaudoitus, teräväpaperi, 2" x 4" runkotolpat eristeenä sahanpurua, sisäpuolella pahvi, vaakalaudoitus, puukuitulevy ja tapetti.

1950- ja 1960-luvun pientalojen seinän lämmönläpäisevyysarvot (U-arvo) ovat luokkaa 0,52—0,47 (W/m² K). Lisälämmöneristeen paksuus on tyypillisesti 150 mm, jos halutaan päästä nykyiseen U-arvoon, 0,17 (W/m² K). Ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmön eristäminen on sisäpuolista lisäeristämistä vähäriskisempi vaihtoehto, kannattavinta se on tehdä siinä yhteydessä, kun joudutaan uusimaan julkisivuverhouksia esim. lahovaurioiden yhteydessä [26, s. 2.]

Korjausrakentamisessa on nykyään otettava huomioon myös energiatehokkuus. Vähimmäisvaatimukset tulevat mukaan, kun rakennusta ryhdytään korjaamaan, muutetaan rakennuksen käyttötarkoitusta tai uusitaan rakennuksen teknisiä järjestelmiä niin laajasti, että korjaukset tai muutokset ovat luvanvaraisia.

Tyypillisiä rakennusluvan tarvitsevia korjauksia ovat esimerkiksi rakennuksen vaippaan ja teknisiin järjestelmiin kohdistuvat korjaus- ja muutostyöt. Toimenpidelupaa tarvitaan tyypillisesti esimerkiksi rakennusosan uusimiseen. Lupakynnys vaihtelee kunnittain.

Purueristeisten seinien lämmöneristeissä mikrobivauriot aiheuttavat ns. vanhan talon hajua, joka ei siis ole normaalia vaan on merkki vauriosta tai ilmanvaihtoon liittyvästä ongelmasta [26].

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D5 on esitetty taulukossa 4.3 tyypillisiä vaipan ilmanvuotolukuja. Pientaloissa, joissa on heikko ilmanpitävyys, on tyypillinen n₅₀-luku (1/h), 5—10. Rakennuksen ilmanpitävyyden mittaaminen painekoemenetelmällä on esitetty standardissa SFS- EN 13829. [27, s. 2—4].

4.3 Ikkunat

Ikkunat ovat alkuperäiset, tyyppiä: MS - sisään aukeavat kaksilasiset puuikkunat. Ikkunat on kunnostettu, kitattu/ listoitettu ja puitteet maalattu 2015 pellavaöljymaalilla. Uusista ikkunoista on pyydetty tarjous 2014, tarjous oli yli 16 000 € sisältäen vaihtotyön ja ALV:n. Ikkunoiden vaihto päätettiin jättää myöhempään ajankohtaan ja huoltomaalamalla sekä tiivistämällä jatkaa vielä alkuperäisten ikkunoiden käyttöikä. Siinä yhteydessä, jos julkisivuja lisälämmöneristeitään, tulee myös ikkunoiden uusiminen uudestaan ajankohtaiseksi.

Vanhan kaksilasisen MS-ikkunan U-arvo on noin 2,7 (W/m² K) ja arvot saattavat vaihdella valmistajasta ja ikkunatyypistä riippuen [30]. Nykyinen ikkunoiden ja ovien U-arvovaatimus on 1,0 (W/m² K).

Ikkunan lämmönläpäisykertoimen avulla voi laskea ikkunan energiatehokkuuden. Nykyisin käytössä olevat energiatehokkuusluokat on esitetty kuvassa 2.

Energiatehokkuus on laskennallinen arvo käyttäen seuraavaa kaavaa [28, s. 7]:

$$E = 140 \cdot U - 160 \cdot g + 50 \cdot L$$

E on laskennallinen vuotuinen energian kulutus

U on lämmönläpäisykerroin

g on auringonsäteilyn kokonaisläpäisy

L on ilmavuoto

Energiatehokkuusluokka	laskennallinen vuotuinen energian kulutusrajat (kWh/m ² /vuosi)
A	< 85
B	105
C	125
D	145
E	165
F	185
G	>185

Kuva 2. Ikkunan energiatehokkuusluokkia Oulun rakennusvalvonnan mukaan [28, s. 7].

Suomessa on alettu käyttämään kaksinkertaisia ikkunalaseja 1700—1800-luvun taiteessa ja niitä on käytetty laajalti jo 1800-luvun puolivälistä asti, (LVI-alan historiakoosten mukaan). Englannissa kaksinkertaisten lasien eli ”tuplien” käyttö 1960-luvulla oli vielä uutta. [17, s. 15.]

4.4 Vesikate ja yläpohja

Talon vesikate on tiilikuvioista peltiä, alapuolella on tuuletusrako ja aluskate. Alkuperäinen katemateriaali on ollut alumiininen aaltopeltikate, se on uusittu 1990-luvun loppupuolella.

Katon lappeiden vinolla osuudella eristeenä on käytetty mineraalivillaa 125 mm ja katon harjan suoralla osuudella villaa on 250 mm. Yläpohjan sisäpinnat on lisäksi verhoiltu n. 20 mm paksulla, kuvioidulla styroksisella sisäverhouslevyllä keittiön ja olohuoneen osuudelta. Talon toisessa päädyssä sijaitseva makuuhuone on lisäeristetty sisäpuolelta 30 mm:n SPU-levyllä ja verhoiltu puupaneelilla.

1950—1960-luvun pientalojen yläpohjan lämmönläpäisevyysarvot (U-arvo) ovat 0,35—0,41 ($\text{W/m}^2 \text{K}$). Lisälämmöneristeen paksuus on tyypillisesti 300 mm, jos halutaan päästä nykyiseen U-arvoon, 0,09 ($\text{W/m}^2 \text{K}$). [29, s. 4.]

4.5 Alapohja

Alapohja on uusittu pohjaviemäri remontin yhteydessä tällä vuosikymmenellä. Sen rakenne on 120 mm:n teräsbetonilaatta, jonka alla on 150 mm paksu ThermiSol Platina Lattia-eriste ja 200 mm:n kerros salaojasepeliä (6/16 mm). Sepelikerrokseen on myös asennettu radonin poistoputkitus. Sepelikerroksen ja perusmaan välissä on myös suodatin kangas. Alapohja on näiltä osin hyvässä kunnossa, rakennuksen toisessa päässä sijaitseva autotallin lattia on alkuperäisessä kunnossa oleva betonilattia. Lattian alla on todennäköisesti käytetty tuhkaa eristeenä. Autotallissa ei ole lämpöpattereita, mutta siellä on kuitenkin energiavaraaja, joka pitää tilan puolilämpimänä. Silmämääräisen tarkistuksen perusteella lattia vaikuttaisi olevan kunnossa, lukuun ottamatta muutamaa pientä halkeamaa.

Uusitun alapohjan U-arvo täyttää nykyisen vaatimuksen 0,16 ($\text{W/m}^2 \text{K}$).

4.6 Kellarin seinät ja perustukset

Kellarin seinät ovat paikalla betonista valetut 150 mm paksut betoniseinät. Sisäpuolella on ollut puukoolaus ja 50 mm:n mineraalivillaeristys, joka on poistettu talon

toisessa päässä sijaitsevan varaston osuudelta. Tarkoituksena on korvata tämä myöhemmin mahdollisesti SPU-eristeellä.

Toisena vaihtoehtona on kokonaan ulkopuolinen lämmöneristäminen kellariseinien osalta tai sitten kolmantena vaihtoehtona sisäpuolinen SPU-eristys. Ulkopuolinen eristäminen kokonaan niiltä osin, kun seinät ovat maanpinnan alapuolella, jolloin välttyttäisiin esteettisesti rumalta näyttävältä rakenteelta, kun kellarin seinien ulkopinta jäisi ulommaksi kuin yläkerran puuverhoillut julkisivuseinät. Valittu toteutustapa vaatii tarkempaa tarkastelua, johonka tässä työssä ei ole tarkoitus syventyä. Tarkastelussa tulee esimerkiksi miettiä rakenteen kosteuskäyttäytymistä ja kastepisteen sijoittumista rakenteessa. Päätös toteutustavasta ja selvitys lupamenettelystä tehdään ennen kuin ulkopuolisia salaoja- ja routaeristystöitä ruvetaan toteuttamaan.

Betonirakenteet ovat tämän ajan taloissa osin ns. säästöbetonia. Maata vasten olevat seinät on kuitenkin yleensä pietty ulkopuolelta kosteutta vastaan [5, s. 4]. Vauriot perustuksien osalta eivät välttämättä ole näkyvissä, mutta niistä johtuvat vahingot saattavat tulla esille muiden rakennusosien välityksellä.

Ulkopuolelta katseltaessa kohderakennuksen kellarin seinissä on havaittavissa halkeamia. Korjaustarve perustuksien osalta johtuu rakennus-, suunnitteluvirheistä ja puutteellisista materiaaleista.

Kellarin seinien kunto kannattaa varmistaa myös sisäpuolelta pintarakenteita purkamalla ennen ulkopuolisia maankaivuutöitä, jotta voidaan arvioida, tarvitseeko rakenteita tukea tai vahvistaa esimerkiksi piikkaamalla rapautuneet kohdat pois ja betonoimalla ne uudestaan. Seinärakenteiden kuormittuminen ulkopuolisten maanrakennustöiden aikana saattaa lisääntyä ja pahimmassa tapauksessa seinä voi sortua. Kuvassa 3 on nähtävissä pahasti pakkasen rapauttama kellarin seinän alareuna.



Kuva 3. Kosteuden ja pakkasen rapauttama kellarinseinä

Kuvan 3 seinä on korjattu poistamalla irtonaiset lohkat pois ja pesemällä seinä, minkä jälkeen seinään on porattu tartuntoja, lisätty saneerausverkko ja rengasteräkset sekä kulmarautoja jäykisteeksi. Tämän jälkeen seinä on muotitettu ja valettu uusi noin 7 cm:n kerros betonia.

4.7 Salaojat

Nykyisiä vaatimuksia täyttäviä salaojia ei ole 1960-luvun rakennuksissa. Perustuksien kunnan säilyttämiseksi on tärkeää kiinnittää huomiota salaojituksen toimintaan. Myös puutteellisen ulkopuolisen kosteuden eristyksen korjaaminen ja lisääminen ovat rakennuksen käyttöikää jatkavia toimenpiteitä. Kosteuden muodostumisen syyn alkuperä tulee aina joka tapauksessa selvittää.

Kellarin seinissä mahdollisesti esiintyvä kalkkihärmä on todennäköisesti seurausta toimimattomista salaojista. Tämän aikakauden rakennuksissa on käytetty alun perin ns. ruukkusalaojia, jotka ovat vuosien kuluessa tukkeutuneet tai rikkoutuneet maan painosta eivätkä siten toimi enää alun perin tarkoitetulla tavalla. Routasuojasta ei ole myöskään tuolloin tehty. [5, s. 5.]

Salaojien huolto ja kunnossapito KH 91- 00129 -kortissa kerrotaan, kuinka salaojat toteutetaan ja ylläpidetään toimintakunnossa [6].

Kohderakennuksen salaojat ja ulkopuoliset kosteudeneritykset tulisi uusida ja samalla lisätä ainakin routasuojaus. Pintavedet on ohjattu pääosin rakennuksesta pois päin ja kiinteistö on liitetty kaupungin hulevesiverkkoon.

5 Kohteen talotekniikka

5.1 Viemäröinti

Viemäriputkisto on uusittu ja korvattu nykyisillä muovisilla http-putkilla. Uusimisen yhteydessä on huomioitu ja varauduttu mahdollisiin keittiön ja wc-tilojen toimintojen muutostarpeisiin myöhemmässä vaiheessa. Sijoittamalla pohjaviemärit niin, että niissä on vaihtoehtoisia paikkoja pystynousuille, voidaan viemäröintipisteitä muuttaa ylemmissä kerroksissa tarpeen vaatiessa ilman suurempia purkutöitä.

Kohteen pohjaviemärit ovat alun perin olleet betonista tehdyt putket. Pohjaviemäreissä oli ajoittain tukkeutumisen ongelmia, ja purkutyövaiheessa syykin selvisi; linjastosta oli kaksi kappaletta 90 asteen mutkaa parin metrin matkalla, eikä putkissa juuri ollut kaatoa ja myös liitokset vuotivat. Viemäreitä ei kannattanut pinnoittaa, koska niissä oli jyrkkiä mutkia, loivat kaadot ja oli tarvetta varautua mahdollisiin myöhempiin tilojen toimintojen muutosvaihtoehtoihin.

Muoviputkia on valmistettu maailmalla jo ennen toista maailmansotaa. Suomeen ne ovat alkaneet tulla 1960-luvulla. Viemäriputkien puolella raaka-aine oli aluksi PVC:tä. Sen ympäristö- ja työolosuhdeongelmien takia on 1990-luvulla siirrytty polypropeenin (PP) käyttöön.

Paloteknisesti ja ääniteknisesti muovi ei pärjää valuraudalle. Ihmetystä on kuitenkin herättänyt joissain tapauksissa uusien valurautaputkien ruostuminen alle kymmenessä vuodessa käyttökelvottomiksi. [17, s. 27—28.]

Mikäli muoviviemäriputkea käytetään palo-osastoidussa tilassa, esimerkiksi pannuhuoneissa pinta-asennettuna, kuten pystykokoojaviemärit, tulee rakenteen täyttää vähintään palo-osastointia vastaavat vaatimukset, putket pitää eristää esim. palovillalla ja koteloida niin, että ne täyttävät kyseisen tilan osastointivaatimukset [11, s. 49].

Kuvasta 4 on nähtävissä vanha betoninen pohjaviemäri, jossa olleet kaksi 90°:n mutkaa ovat vuosien saatossa aiheuttaneet putken turhia tukkeutumia.



Kuva 4. Vanha pohjaviemäri



Kuva 5. Uusi pohjaviemäri

Kuvassa 5 on uusi 110 mm paksu pohjaviemäri, turhia mutkia on pyritty välttämään ja tarpeellisista mutkista on tehty loivia.

5.2 Vesijohdot

Kohteen käyttövesiputket on uusittu noin 5 vuotta sitten muovisiksi PEX-putkiksi, putket kulkevat suojaputkien sisällä rakenteiden sisällä olevilla osuuksilla. Pinta-asennukset on toteutettu kupariputkilla.

Vesijohtoverkoston uusiminen tulee tarpeelliseksi, kun käyttöikä lähenee 40—50 vuotta. Putkistojen osalta elinkaarta on vaikea ennustaa, yksilöllisiä eroavaisuuksia on ja kuntoa onkin aina tarkasteltava tapauskohtaisesti. Remontoidessa tiloja, joissa on vanhat käyttövesiputket rakenteiden sisällä ilman suojaputkea, kannattaa nämä myös samassa yhteydessä uusia. [3]

Vesijohtojen kupari- ja muoviputkien valmistajien kesken on käyty väittelyä, näyttää siltä, että kupariputkien pinnalla eivät bakteerit viihdy. Kupariputkissa kulkenutta läm-

mintä käyttövedtä ei kuitenkaan tule juoda, sillä kuparia saattaa olla liennut veteen liikaa.

Uutena ilmenneenä ongelmana on esimerkiksi Tampereella uudella kerrostaloalueella lämpimän käyttöveden putkissa ilmennyt pistekorroosiota, jonka syyksi VTT on päättänyt sinänsä normaalin vesijohtoveden silikaatti- ja klooripitoisuuden. Mineraalit ovat muodostaneet putkien pinnalle huokoisen kerroksen ja estäneet tiiviin oksidi-kerroksen synnyn. Tällöin on muodostunut otolliset olosuhteet pistekorroosiolle, tämä olisi voitu estää uusien putkien peittauksella ennen käyttöönottoa. [17, s. 27—28.]

PEX-putkien valmistuksessa on ollut 2010-luvulla ongelmia, jolloin on ilmennyt tapauksia, joissa juomaveteen PEX-putkista lienneet aineet ovat aiheuttaneet makuhaittoja. Kyseiset aineet ovat terveydelle haitallisia, haitallisuusaste riippuu pitoisuudesta. Kaikkia kyseisiä putkia ei ole vielä jäljitetty, mikä on vastuutonta ja törkeää. [17, s. 27.]

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistojen Määräykset ja ohjeet 2007 määrätään kohdassa 2.3.3, että

”Vesilaitteisto on tehtävä sellaiseksi, että veden kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ei irtoa tai liukene veteen haitallisessa määrin terveydelle haitallisia tai vaarallisia aineita. Veden on säilyttävä jatkuvasti laatuvaatimukset täyttävänä. Vesilaitteiston materiaaleina on käytettävä käyttötarkoitukseen sopivia laadultaan testattuja ja tarkastettuja materiaaleja”. [12]

5.3 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmänä rakennuksessa on vesikiertoinen patterilämmitys, jota lämmitetään Högfors 16 ergi 2 -merkkisellä valurautaisella yläpaloperiaatteella toimiva keskuslämmityskattilalla. Kattilassa voidaan polttaa puuta ja antrasiittia, myös pelletin polttaminen on mahdollista sellaisenaan. [7; 8.]

Yläpalokattilassa polttoainetta pitää lisätä pienissä erissä lyhyin väliajoin. Yläpalokattila vaatii rinnalleen lämminvesivaraajan, johon kattilan tuottamaa lämpöä varastoidaan. Yläpalokattila vaatii asukkailta eniten työtä.

Lämmityskattila on liitetty hybridivaraajaan (Jäspi Ovali 1.8 EPK). Lisäksi hybridivaraajan jälkeen on kytketty 100 litran sähköllä toimiva vesivaraaja (Jäspi VLK-100), joka on nostanut tarpeen vaatiessa lämpimän käyttöveden lämpötilan ylöspäin.

Kattilassa on lisäksi 2 kpl 6 kW:n sähkövastusta, vastukset on lisätty kattilaan 1980-luvun lopulla, samalla kun on uusittu sähköpääkeskus. Kattilan vastukset on poistettu käytöstä äskettäin ja energiavaraajaan on lisätty uusi 6 kW:n vastus, varaajaan on mahdollista lisätä myös tarpeen vaatiessa lisää vastuksia.

Kohderakennuksen keskimmäistä kerrosta on lämmitetty pääasiallisesti viimeiset 6 vuotta Mitsubishin GE 35 -ilmalämpöpumpulla. Koko ensimmäinen asuinkerros on lämmennyt hyvin yhdellä ainoalla sisäyksiköllä, johtuen siitä, että ilma pääsee kiertämään koko kerroksessa ympäri, kahta eri reittiä. Kovimmilla pakkashuipuilla on käytetty keskuslämmityskattilaa lämmitykseen.

Ylintä kerrosta on lämmitetty muutaman viimevuoden aikana vähemmän, koska se on toiminut lähinnä varastona ja alakerrasta lämpö on noussut välipohjan läpi niin, että myös ylin kerros on pysynyt riittävän lämpimänä. Ylimmän ja kellarikerroksen lämpötila ja sekä ilmankosteutta on seurattu ja lisälämmitetty tarpeen vaatiessa.

Tyypillinen rakenteista johtuvien terveystekijöiden alkulähde on kosteus ja sen seurauksena tietyissä olosuhteissa syntyvät homeet. Homeiden synty, kasvu ja leviäminen vaativat (neljää) olosuhdetekijää: sopivaa lämpötilaa, (happea), ravintoa ja kosteutta. Ainoa keino torjua homeita on poistaa kosteus. Yleisesti arvioidaan homesienten kasvun olevan mahdollista, kun välittömästi ympäröivän ilman kosteus on viikkoja tai kuukausia yli 75—80 % ja lämpötila 5—50 °C. Homeiden torjunnassa on siis ensi sijassa kysymys rakennuksen pitämisestä riittävän kuivana. [1, s. 106.]

Kellarikerroksessa on pidetty vain peruslämpöä yllä keskuslämmitysjärjestelmällä tarpeen vaatiessa.

Lämmönlähteestä riippumatta järjestelmän taloudellisuus huononee, kun käyttöikä ylittää 20 vuotta; tällöin on syytä tehdä järjestelmään perusteellisempi tarkistus. Kunnossapitajaksona voidaan pitää vuotta, mutta vuodenaikojen vaihtuessa kannattaa järjestelmän toimivuus ja asetusarvot tarkistaa.

5.4 Lämmönjakotapa

Kohdetalon lämmönjakotapa on toteutettu vesikiertoisena patteri- ja lattialämmityksenä. Putket asuinkerroksien osalta ovat alkuperäiset, ne on suunniteltu uusittavaksi samassa yhteydessä, kun huonetilojen sisäpintoja uusitaan. Kohdetalon kellarikerroksen lämmönjakoputket on uusittu ja sinne on asennettu lattia-lämmityspotket pohjaviemäriremontin yhteydessä (lattialämmitys on jaettu kuuteen eri piiriin).

Metalliputkilla toteutetun vesikiertoisen patterilämmitysjärjestelmän käyttöikä on yli 50 vuotta. Vanhat hyvin tehdyt patterit saattavat kestää satakin vuotta, kun taas termostaattien ja venttiileiden vaihtoväli on noin 10 vuotta. Jos verkostoon joudutaan lisäämään vettä usein, on aihetta epäillä vuotoa verkostossa ja silloin on selvitettävä vuoto-kohta suurempien vaurioiden välttämiseksi. Järjestelmän pumppujen, venttiileiden ym. säätölaitteiden toimintaa tulee seurata aina aloittaessa uutta lämmityskautta ja perusteellisempia tarkastuksia on syytä tehdä 5 vuoden välein.

5.5 Savupiippu

Kohderakennuksessa on paikalla muurattu tiilipiippu, jossa on 8 kpl hormeja. Hormeista kolme on ollut alun perin kytkettynä tulisijaan, yksi keskuslämmitys, yksi saunan kiukaalle ja yksi muuripadalle, joka on poistettu käytöstä 1980-luvulla. Yksi hormi toimii liesituulettimen poistohormina, loput on varustettu avattavalla luukulla eri kerroksissa.. Piipun yläpää on purettu ja muurattu uudestaan katonharjasta ylöspäin vuoden 1997 kattoremontin yhteydessä.

Käyttämättömiä hormeja voi mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa. Esimerkiksi, jos päätetään lisätä katolle aurinkokeräimet, tyhjää käyttämätöntä hormia voidaan käyttää keräimien ja kellarissa sijaitsevan energiavaraajan aurinkolämmityskierukan välisien putkien kulkureittinä.

Savupiippu joutuu alttiiksi säälle sekä hyvin suurille lämpötilan vaihteluille. Varsinkin vähällä käytöllä oleva tiilipiippu kannattaa tarkistuttaa säännöllisesti. Tiilet saattavat irtoilla rasituksesta. Asuinrakennuksen piippu on nuohottava kerran vuodessa.

Veto riippuu savupiipussa olevan kaasun ja ulkoilman tiheyksien erotuksesta (kg/m^3) sekä savupiipun korkeudesta. Mitä kuumempia savupiipussa virtaavat kaasut ovat, sitä suurempi on ulkoilman ja savukaasun tiheusero. Lämpötilan olisi oltava vähintään $120\text{ }^\circ\text{C}$, jotta saadaan aikaan riittävä veto.

Lähtiessään tulisijasta savu alkaa välittömästi jäähtyä. Kaasun lämpötila laskee oikein mitoitetussa piipussa korkeintaan noin $10\text{ }^\circ\text{C}$ jokaista nousemaansa metriä kohti. Savukaasun lämpötila tulisijan jälkeisessä savuhormissa ei saa laskea liian alas, jotta savukaasuissa oleva vesihöyry, hapot, piki ja terva eivät tiivisty savupiipun seinämille (kastepiste). Jäähtyminen ja sen seurauksena tapahtuva savun tiivistyminen ovat riippuvaisia mm. savuhormin rakenteesta ja mitoista, ulkoilman lämpötilasta. Jos savun sisältämä vesihöyry tiivistyy jatkuvasti hormin seinämille, on sen seurauksena tiilipiipun rapautuminen.

Muurattu savupiippu varaa itseensä myös lämpöä ja luovuttaa sitä sisätiloihin huomattavasti kauemmin kuin esimerkiksi teräsrakenteiset savupiiput. [22, s. 42.]

5.6 Ilmanvaihto

Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto, jota ei ole tarkoitettu muuttamaan koneelliseksi lämmöntalteenotolla varustetuksi ilmanvaihdoksi. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa tuloilman hallittu tuonti on ongelma. Tuloilman suodatus ei onnistu, koska ilmaa tulee eri rakenteiden läpi ja niiden saumoista, lisäksi rakennuksen paine-eroon vaikuttaa ulkolämpötila. Ilman tuonti esim. ikkunaan tehdyn suodattimella varustetun tuloilmaventtiin läpi aiheuttaa talvella helposti vetoa. Tuloilmaventtiili pitäisi varustaa termostaatilla, joka kuristaa ilmavirtaa lämpötilan mukaan. Käyttämällä puhallinta ilma saadaan hallitummin sisälle ja voidaan suodattaa. Ilman jako on tehtävä niin, että huoneilma sekoittuu tehokkaasti puhallettavaan ilmaan. Koneellinen tulo vaatii myös koneellisen poiston esim. vessoista ja pesutiloista. [17, s. 135.]

Usein rakennuksen sisäilmaongelmat vaikuttavat käyttäjien terveyteen. Ongelmat voivat johtua huonosta suunnittelusta, toteutuksesta, heikkolaatuisista materiaaleista, huonosta ylläpidosta tai huollossa tehtyjen virheiden takia, myös rakennuksen osien normaalista kulumisesta voi aiheutua home/sisäilmaongelmia. Kohderakennuksessa on asunut sama asukas vuodesta 1965, eikä hänelle ole ilmaantunut terveydellisiä ongelmia, joita voisi yhdistää epäterveyteen sisäilmaan.

Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ulkoilmalaitteen ilmavirtaa on voitava säätää [19, s. 15].

Nopea ikkunatuuletus on parempi tapa hoitaa tarpeellinen tuuletus kuin jatkuva ikkunan raollaan pitäminen. Riittävän ilmanvaihdon nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että

- ilma tuntuu raikkaalta asuntoon sisään tultaessa
- suihkun jälkeen kylpyhuoneen peiliin tiivistyneet vesipisarot häviävät 5—10 minuutissa
- sauna kuivuu seuraavaan aamuun mennessä.

Liesituulettimen poistoräppänän ilmanvaihtuvuuden minimisuositus on 25 litraa sekunnissa [19, s. 25].

Jos rakennuksen tiiveyttä halutaan parantaa ja lämmöneristystä lisätään, joudutaan pohtimaan uudestaan ilmanvaihtoasioita. Nykyisten määräysten mukaan ilman tulisi vaihtua rakennuksessa 2 tunnin välein, käytännössä virtaus jää usein tämän alle. Ilmanvaihto on energiantehokkuuden pahin vihollinen, sillä poistoilman mukana voi karata jopa 30—50 % kallista lämmitysenergiasta. [19, s. 5.]

5.7 Sähköjärjestelmä

Rakennukseen on uusittu pääkeskus -80—90-luvun taiteessa ja samalla liittymän pääsulakkeet vaihdettiin 35 A:n sulakkeiksi, koska mm. keskuslämmityskattilaan lisättiin 2 kpl 6 kW:n vastusta. Rakennuksen vanha syöttöjohto (joka kulki ilmajohtona) on uusittu vuonna 2014 maakaapeliksi, samalla kun alueen kunnallistekniikka uusittiin ja vanhat katualueen ilmakaapelit uusittiin maakaapeleiksi.

Sähköturvallisuusmääräykset ovat muuttuneet useampaan otteeseen 1960-luvun jälkeen. On hyvä huomioida, että alkuperäisissä kaapeloinneissa ei ole ollut käytössä kaikissa huoneissa suojamaadoitettuja pistorasioita eli suojausluokan 1 rasioita. Suojamaadoituksen lisäämisen tarve saattaa syntyä silloin, kun huoneessa on ollut esimerkiksi lattialla sähköä johtamaton muovimatto, joka korvataan remontoinnin yhteydessä sähköä johtavalla pintamateriaalilla. Tällöin pitäisi 0-luokan pistorasiat muuttaa suoja- maadoitetuiksi 1-luokan rasioiksi.

Luokan 0 ja luokan 1 suojamaadoitettuja pistorasioita ei saa sijoittaa samassa huonetilassa vaakasuoraa etäisyyttä 4 metriä lähemmäksi toisiaan [20, s. 578.]

Alkuperäiset maadoitetut pistorasiat nollattiin ennen, koska ei ollut suojamaajohdinta käytössä. Tästä aiheutuu ongelma, mikäli ilmenee tarvetta lisätä vikavirtasuojaa, jollainen lähes kaikkiin uusiin asennuksiin nykyään vaaditaan. Koska vikavirtasuojaa kytetään nollajohtimen ja vaihejohtimen väliin, nollaus on tehtävä ennen vikavirtasuojaa. [21, s. 30.] Tällöin johdotukset laitteille joudutaan monesti uusimaan sekä rikkoutuneet tai vanhentuneet pistorasiat, kytkimet tai valaisimet voidaan uusina asennusajankohdan vaatimusten mukaisina.

Lisäasennukset on tehtävä uusien vaatimusten mukaan. Jos esimerkiksi asennetaan lisää pistorasioita tai pelkän valaisimen paikalle vaihdetaan pistorasialla varustettu peili-kaappi, on vähintään tämä pistorasia suojattava vikavirtasuojakytkimellä. Muutostöissä vanhat johtimien eristeet saattavat murentua jo pienestäkin taivutuksesta. Tästä syystä valaisinpisteen tai kytkimen uusimisen muutos (joka ei muuten olisi vielä vaatinut muita toimenpiteitä) voi vaatia ryhmän uudelleen johdottamisen pitkältä matkalta.

Vikavirtasuojakytkin lisätään yleensä ryhmäkeskukseen tai koteloon keskuksen viereen. Hyvänä puolena tässä on, että turvallisuustaso paranee, kun vanhatkin asennukset saadaan suojattua vikavirtasuojalla. Jos korjaustyössä uusitaan kaapeleita, suositellaan myöhempien muutostöiden helpottamiseksi käytettäväksi kaapeleita, joissa on mukana myös suojamaadoitusjohdin [20, s. 571].

Tämän ikäiset asennukset ovat usein jo palovaarallisia ja mainitusta syystä muutostyöt lisäävät vaaraa entisestään. Järjestelmä on ohittanut käyttöikänsä pään näiltä osin. Kohderakennuksen alakeskukset, syöttöjohdot ja kaikki muutkin alkuperäiset kaapeloinnit, rasiat ja kalusteet on suunniteltu uusittavaksi samassa yhteydessä kun huoneiden sisäpintoja uusitaan, niin että johdotukset saadaan toteutettua uppoasennuksina. SFS 6000-8-802 ohjeistaa korjaustöitä vielä seuraavasti:

”Jos vanhoissa asennuksissa on käytössä verkkojännitteeseen kytkettyjä ilman suojakosketinta olevia pistorasioita tai kiinteästi asennettuja suojausluokan 0 laitteita tai suojamaadoittamattomia suojausluokan 1 laitteita ulkotiloissa, peseytymistiloissa ja tiloissa, joissa on maahan johtavassa yhteydessä oleva lattia tai alusta, on pistorasiat muutettava suojakosketinpistorasioiksi ja muille laitteille käytettävä olosuhteisiin sopivaa suojausmenetelmää. Jos keittiössä tai vastaavissa tiloissa on käytössä verkkojännitteeseen kytkettyjä ilman suojakosketinta olevia pistorasioita enintään 3,25 m päässä vesihanasta tai maahanjohtavassa yhteydessä olevasta metallisesta työtasosta tai vastaavasta, on nämä pistorasiat vaihdettava suojakosketin pistorasioiksi tai käytettävä muuta olosuhteisiin sopivaa suojausmenetelmää”. [20, s. 571.]

6 Vesikeskuslämmityksen alkaminen Suomessa

Vielä 1940- ja 1950-luvulla uunilämmitys oli Suomen pientalojen vallitseva lämmitysmuoto. Pula-aikana muun muassa kivihiilen tuontia jouduttiin rajoittamaan, kaikista metalliesineistä oli pulaa, esimerkiksi LVI-tarvikkeista. Sotakorvausvuosien jälkeen vuoden 1952 paikkeilla alettiin myös pientaloihin asentaa keskuslämmitysjärjestelmiä. Alkuvaiheessa käytettiin puukattiloita, sen jälkeen tulivat tavallinen kivihiili, erityisen kova ja hiilipitoinen antrasiitti sekä tavallinen koksi ja 1950-luvun lopulla öljy. [17, s. 130.]

Puukattiloiden vesitilavuus oli suuri, apuna voitiin käyttää erillistä varaajaa. Näin saatiin panoslämmitys riittämään pakkasilmoilla aamuun saakka. Patteriveden mitoituslämpötila oli samasta syystä alhainen eli tyypillisesti 50 °C. Väljäksi mitoitettujen lämmitysputket ja patterit auttoivat asiaa. Tilan säästämiseksi 1970-luvulla kehiteltiin pienikokoisia ja teräslevystä hitsattuja kaksoispesäkattiloita, joissa oli jonkinlainen puulämmitysosa. Kovin puhtaasti ja energiatehokkaasti eivät tällaiset kattilat puita polttaneet.

7 Huomioita lämmitysjärjestelmän uusimisesta

Lämmitysjärjestelmää uusittaessa ratkaiseva vaikutus valintaan on sillä, paljonko ollaan valmiita sijoittamaan rahaa kerralla järjestelmän uudistamiseen, millainen painoarvo annetaan esim. ekologisuudelle, vaivattomuudelle tai yksinkertaisuudelle ja myös, halutaanko järjestelmän käytön olevan halpaa tai itse järjestelmä halpa, mutta käytön kalliimpaa (elinkaarikustannukset).

Rakennuksen lämmityksen kokonaisenergiankulutus on myös hyvä huomioida ajoissa, kun mietitään lämmitysjärjestelmän uusimista, koska se vaikuttaa valitun järjestelmän takaisinmaksu-aikaan radikaalisesti. Lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa olisi hyvä pyrkiä huomioimaan mahdollinen eri lämmönlähteiden myöhempi käyttöönotto, jos tälle ilmenee tarvetta tai halua (perusjärjestelmän muokattavuus).

Suunnittelijan tulisi osata hyödyntää sekä huomioida käyttökelpoiset järjestelmän osat, joilla on vielä elinkaarta jäljellä ja jaksottaa näiden osien vaihto pidemmälle ajalle.

Lämmitystavan valintaa vaikeuttaa osaltaan myös se, ettei näytä olevan mahdollista esittää energiateollisuuden taholta pidemmälle tulevaisuuteen skenaarioita mahdollisista tulevista tariffien ja polttoaineiden hinnan muutoksista. Näin ollen lämmitysratkaisuun remontoivat ovat omien arvailujensa varassa, joiden vaikutus kuitenkin on yleensä vähintään parikymmentä vuotta eteenpäin. [17, s. 118.]

7.1 Tulisijan ja hormin kunto

Tulisija ja hormi tulisi tarkastaa kokonaisuutena. Mikäli epäillään hormin kuntoa, kannattaa hormin korjaustarve arvioida oman alueen nuohoojalla. Korjaustarjoustaan kannattaa pyytää aina useammalta urakoitsijalta. Nuohoojan tekemän tarkastuksen ensisijaisena tavoitteena on antaa asiakkaalle oikeaa tietoa tulisijan ja hormin todellisesta kunnosta sekä niiden paloturvallisesta toiminnasta (ei myydä korjauspalvelua). Nuohoojan tekemällä tarkastuksella pyritään siis siihen, että tulisijat ja hormit korjataan vain, jos tarkastuksessa havaitaan vikoja, joiden perusteella korjaus on tarpeellinen. Kaikilla tarkastajina toimineilla palveluntarjoajilla ei välttämättä ole riittävää asiantuntemusta ja välineistöä tulisijojen ja hormien tarkastamiseen. Ei vielä riitä, että pelkkä hormin sisäpinta tarkistetaan. Jotta tulisijan ja savuhormin muodostama yhdistelmä olisi paloturvallinen, se tulee tarkastaa kokonaisuudessaan. Palo- ja henkilöturvallisuuden varmistamiseksi on käytävä läpi myös paljon muuta, kuten ilmanvaihtoon liittyvät asiat, esimerkiksi tulisijan korvausilman saanti.

Tulisijojen ja hormien todellisen kunnan selvittämiseen tarvitaan monia erilaisia välineitä ja mittalaitteita, kuten hormikamera, endoskooppi, vuotomittari, lämpökamera, infrapunalämpömittari, paine-eromittari ja savukaasuanalysointilaitteisto. [24, s. 1—2.]

7.2 Lämmönjakotavan uusiminen vanhaan taloon

Oleellista on kiinnittää huomiota myös siihen, että esimerkiksi ilmastaveteen tai maalämpöpumpulla tuotettu lämmityksen hyötysuhde on sitä parempi, mitä alemmaksi kiertoveden lämpö voidaan jättää. Patterilämmitysjärjestelmässä tämä voi tarkoittaa sitä, että patterit voidaan joutua vaihtamaan uusimisen yhteydessä matalalämpöpattereiksi. Matalalämpöpatterit lämmittävät huoneen yhtä tehokkaasti kuin perinteisetkin patterit, lisäksi niillä on muita etuja kuten energiatehokkuus, tehokas lämmönsiirto ja pienempi lämmönhukka.

Säätötekniisesti lattialämmitys ei ole erityisen hyvä. Etenkin paksuun betonilaattaan upotettujen putkien käyttö johtaa siihen, ettei lämmitys reagoi riittävän nopeasti lämmöntarpeen muutoksiin, jos esimerkiksi ulkolämpötila vaihtelee paljon. Lisäämällä esim. 30 millin eristyskerros vanhan paksun lattiavalun ja ohuemman pintavalun väliin saneeraustöiden yhteydessä voidaan säädettävyyttä parantaa. Toisaalta erilliset kevyt-rakenteiset pintakerrosratkaisut voivat olla parempi vaihtoehto, ellei nimenomaan haluta varata lämpöä paksuun betonilaattaan esim. hyödyntäen halvempaa yösähkötariffia.

Vanhoihin omakotitaloihin myöhemmin asennetut lattialämmitykset ovat joissain tapuksissa epäonnistuneet, ellei samalla lämpöhäviöitä ole pienennetty. Lattiaa on pidettävä kovalla pakkasella sietämättömän kuumana. Kun käyttöön on otettu koneellinen tulo/poistoilmanvaihto ja rakennusvaihan lämpöhäviöt on saatu alhaisemmaksi, on lattialämmitys toimiva. Kun lattian lämpötila ja tarvittava lämmitysveden lämpötila voidaan pitää alhaisena, on tästä hyötyä etenkin lämpöpumppulämmityksessä sillä sitä parempi on hyötysuhde, mitä alemmaksi voidaan tarvittava veden lämpötilan nostaminen jättää. [17, s. 132.]

7.3 Polttaminen tulisijoissa

VTT:n laatimassa julkaisussa Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisija lämmitys kerrotaan, että

”Pientalon koko elinkaaren ympäristökuormituksesta 80 - 90 % aiheutuu käytön aikaisesta energian kulutuksesta. Energiatehokas talo kuluttaa energiaa ja kuormittaa ympäristöä puolet vähemmän kuin tavallinen talo. Ympäristökuormitus vähenee edelleen, kun tarvittava energia hankitaan uusiutuvista energialähteistä, esim. puusta, auringosta tai maalämmöstä. Pientalojen osuus rakennusten energian kulutuksessa on 42 %. Tämä on iso osa, joten jos pientaloasukkaat lisäisivät tehokkaasti biopoltoaineiden käyttöä, voitaisiin pientalojen aiheuttamia kasvi-huonekaasupaastoja vähentää merkittävästi”. [22, s. 9.]

Energiataloutta ajatellen tulisijalle on tärkeitä ohjata palamisilma suoraan ulkoa lähelle tulisijan ilmanottoaukkoa niin, ettei tulisijan tarvitsemana palamisilmana käytetä esimerkiksi sähköllä jo valmiiksi lämmitettyä huonetilan lämmintä ilmaa ja vedetä tätä tulisijan läpi savupiipusta ulos [17, s. 130].

Huonetilan lämpötilan laskeminen yhdellä asteella säästää lämmitysenergian kulutusta 5 %. Toisinpäin ajateltuna, mikäli tulisija taas on liian tehokas ja lämmittää tilaa vaikka-

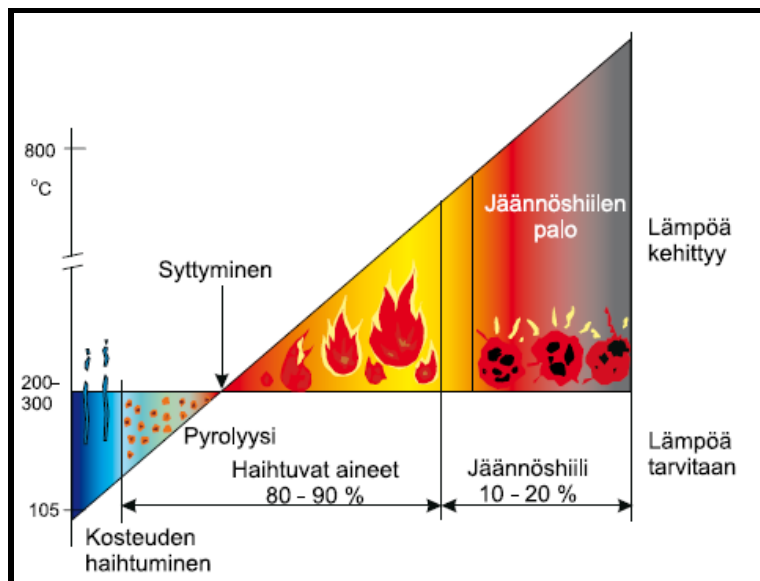
pa 4 astetta yli halutun lämpötilan, menee tästä puulämmityksen energiasta hukkaan 20 %.

Palamisen ilmantarve riippuu palamistapahtuman vaiheesta, koska ilman tarve on suurin puun pyrolyysituotteiden eli kaasujen palaessa. Teoriassa puu tarvitsee palaessaan ilmaa noin $3,7 \text{ m}^3$ puukiloa kohti. Käytännössä palamisen ilmakerroin (λ) on suuluukullisissa tulisijoissa 2—2,5, ilmaa käytetään $7,5\text{—}10 \text{ m}^3$ puukiloa kohden. Uusissa uusissa ilmakerroin on alhaisempi, 2,0—2,2. Avotakoissa ilmakerroin on 10—30, eli ilmaa kuluu $40\text{—}110 \text{ m}^3$ puukiloa kohti.

Perinteisellä rakoarinalla varustetussa tulisijassa ensiöilma johdetaan tulipesään arinan alta tuhkaluukun kautta. Toisioilmaa johdetaan tulisijan luukkujen ilma-aukkojen kautta. Toisioilman avulla pyritään pitämään luukun lasi puhtaana.

Jos savupiipusta tulee palamisen aikana tummaa savua, tämä on merkki epätäydellisestä palamisesta. Yleensä se johtuu puiden liian nopeasta kaasuuntumisesta, jolloin palamisilma ei riitä niiden palamiseen. Jos liekki taas kohisee savukanavissa, on palamisilmaa liikaa. [22, s. 39.]

Kuvassa numero 6 nähdään puun palamisen vaiheet ja lämmönkehitys palamisen aikana.



Kuva 6. Puun palaminen ja lämmönkehitys [22, s. 44].

8 Eri lämmönlähteiden vertailua

Tässä luvussa tarkastellaan lämmönlähteitä, joita rakennuksessa on ollut käytössä tai joita voitaisiin tulevaisuudessa ottaa käyttöön sekä arvioidaan näiden hyviä ja huonoja puolia käytön kannalta.

8.1 Polttopuu

Käytettäessä kotimaista puuta polttoaineena vähentää tämä riippuvuutta tuontipolttoaineista ja parantaa haja-asutusalueiden työllisyystilannetta.

Puuaines koostuu pääasiassa runkoaineista: selluloosasta ja hemiselluloosasta sekä sideaineesta: ligniinistä. Alkuaineista puussa on hiiltä noin 50 paino-%, happea n. 43 paino-% ja vetyä n. 6 paino-%. Puussa on haihtuvia aineita noin 80—90 %. Siksi energiasisällöstä kaksi kolmannesta on kaasuissa. Puu on poltettaessa siis käsitettävä kaasuksi. Poltettaessa puu ensin kaasutetaan ja sitten kaasut poltetaan. Eri puulajien energiasisältö kiloa kohti ei paljoa vaihtele. Tehollinen lämpöarvo on noin 18,7 MJ/kg. Energia-arviointien perustana voidaan pitää 3,2 kWh/kg ja kun tästä vähennetään polton hyötysuhde, jää arvoksi noin 3,0 kWh/kg [23, luku 9.1.]

Puu on ympäristöystävällinen polttoaine. Puun lämpösisältö on fossiilisia polttoaineita selvästi alempi, ja puupolttoaineessa on runsaasti vettä, jopa 60 %. Puun poltosta syntyy hiilidioksidipäästöjä ja ilmastopolitiikassa ne on määriteltävä kasvihuonekaasuneutraaleiksi. Kasvaessaan puu sitoo hiiltä, joka poltettaessa vapautuu. Puun energiakäyttö ei lisää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta, kun huolehditaan siitä, että puuta kasvaa vähintään yhtä paljon kuin sitä käytetään. [16]

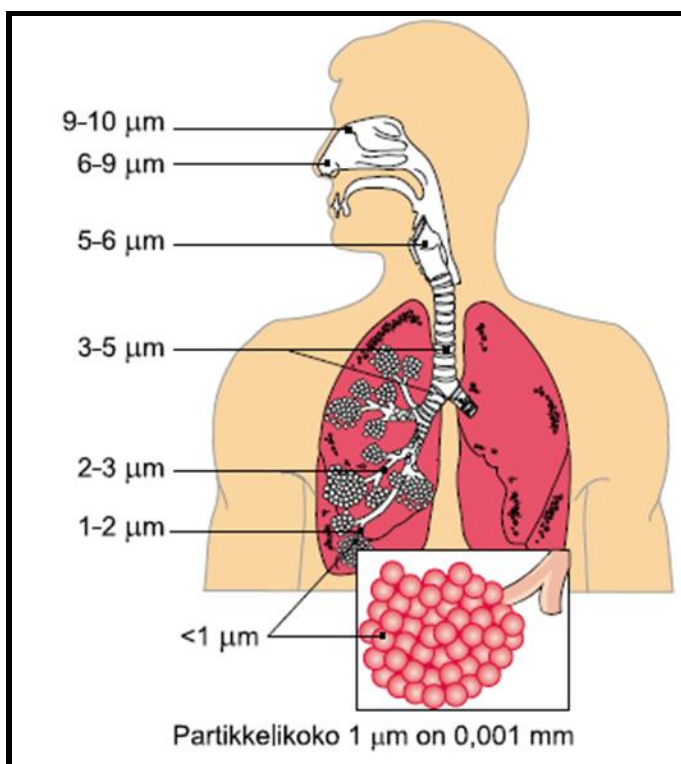
Polttopuuta käytettiin Suomessa vuonna 2014 yli 6,7 miljoonaa kiintokuutiota (yli 10 miljoonaa pinottua kuutiometriä halkoja tai klapeja). Suosituin puulaji oli koivu ja käytetystä kokonaismäärästä sen osuus oli vähän yli 1/3. [16, s. 86.]

Toisaalta taas huono asia pienpuupoltossa on savupiipusta tulevat pienhiukkaspäästöt. Ulkoilman haitallisista pienhiukkasista n. 30 % arvioidaan tulevan pienpuupoltosta. Mikäli puut eivät ole kuivia ja oikein ladottu pesään, tulee lisäksi palamattomia tai huonos-

ti palaneita kaasumaisia karsinogeenisiä PAH-yhdisteitä (polyaromaattisia hiilivety-yhdisteitä). [17, s. 19.]

Päästöjen synnyn kannalta pahin on kitupoltto, jossa tulipesä ahdetaan yleensä täyteen puuta tai palamista pitkitetään pienellä ilmamäärällä. Tällaisessa poltossa ei säävuteta riittävän nopeasti tulipesässä korkeaa lämpötilaa, ja ilmamäärä ei riitä kaasujen loppuun polttamiseen. Alhaisen lämpötilan takia muodostuu runsaasti nokea ja tervoja, jotka tarttuvat savukanavien ja hormien pinnoille.

Pienhiukkasten osuus kokonaishiukkasmassasta vaihtelee polttotavasta ja olosuhteista riippuen. Pienimmät hiukkaset pääsevät tunkeutumaan syvälle hengityselimiin ja voivat aiheuttaa mm. astmaoireiden pahenemista sekä hengitys- ja sydänsairauksien lisääntymistä. Havainnekuvassa 7 esitetään pienhiukkasten koko ja niiden kulkeutuminen keuhkoihin.



Kuva 7. Pienhiukkasten kulkeutuminen keuhkoihin [22, s. 49].

8.2 Polttopuun laatu

Myytavälle polttopuulle on määritelty kansainväliset laatuluokat ja standardit. Polttopuun tärkeimmät määritettävät ominaisuudet ovat raaka-ainelähde, puulaji, mitat, kosteus sekä määrä. Standardi SFS-EN ISO 17225-5:2014 vaatii, että 85 % polttopuusta on oltava ilmoitetussa halkaisijaluokassa. A1-luokan polttopuussa on oltava vähintään 90 % halkaista. [16, s. 88.]

Polttopuun laatuluokittelu on määritelty SFS- EN ISO 17225- 5- 2014 -standardissa laatuluokkiin:

- A1
- A2
- B.

Paras laatuluokka on A1, jonka raaka-aineena on käytettävä runkopuuta. A2- ja B-laatuluokissa voidaan raaka-aineena käyttää myös kokopuuta, hakkuutähteitä tai teollisuuden puutähteitä. Polttopuiden myyjän on ilmoitettava tuoteselosteessa myymänsä puun laatuluokitus. Tämä koskee tulisijoissa ja halkokattiloissa poltettavaa puuta. Laatuluokkaan vaikuttavat mm.

- pilkkeiden pituus (L)
- paksuus (D)
- kosteus (M)
- katkaisupinnan laatu
- laho- ja home-esiintymät
- puulaji.

Polttopuun pituusluokat alkavat luokasta L20 (pituus 20 cm +/- 2 cm) ja päättyvät metriin [16, s. 89]. Polttopuun energiasisältö kWh voidaan laskea standardin liitteessä olevan kaavan mukaan, kun tunnetaan polttopuun kosteus, paino ja kuiva-aineen lämpöarvo. Energiatiheys voidaan määrittää VTT:n kehittämällä menetelmällä, tästä kerrotaan tarkemmin kappaleessa 10. [16, s. 29—32; 18.]

Pilkkeen tulee olla terveen puun väristä. Halkaisupinnoissa ei saa olla mustumaa tai muuta käyttöarvoa alentavaa värivikaa. Värin käyttö laatukriteerinä koskee lähinnä sisätilojen siisteissä ympäristöissä poltettavaa pilkettä. Pilkkeessä oleva laho alentaa

puun lämpöarvoa ja heikentää ulkonäköä. Lahossa puussa polttokelpoisen aineksen määrä ja samalla energiasisältö on pienempi kuin terveessä. [16. s, 94.] Taulukosta 1 nähdään eri puulajien tehollinen lämpöarvo ja energiatihedyydet.

Taulukko 1. Eri puulajien tehollinen lämpöarvo käyttökosteudessa ja energiatihedyyksiä [16, s. 91].

Puulaji	Tehollinen lämpöarvo käyttökosteudessa, kWh/kg	Kosteus, %	Energiatiheys	
			kWh/irto-m ³	kWh/pino-m ³
Mänty	4,15	20	810	1 360
Kuusi	4,10	20	790	1 320
Koivu	4,15	0	1 040	1 750

8.3 Puupelletit

Puupelletit ovat yleensä metsäteollisuuden sivu tuotteista taso- tai rengasmatriisikoneilla puristamalla tehtyjä puupolttoainepuristeita. Pelletin valmistus raaka-aineena havupuun puru on hieman parempi kuin lehtipuun puru, koska havupuut sisältävät enemmän sideaineita (ligniiniä). Pellettejä voidaan puristaa myös tuoreesta biomassasta. Puuta pelletteitaessa tulisi raaka-aineen kosteuden olla n. 10–15 %, jos pelletin raaka-aine sisältää kuorta niin se nostaa pelletin lämpöarvoa. Yhden pellettitonin, n. 1,5 m³ valmistus vaatii raaka-aineeksi noin 7 i-m³ sahanpurua (kosteus 50–55 %) tai noin 10 i -m³ kutterinlastua (kosteus 10–15 %). [16, s. 96.]

Suomessa valmistettavien pellettien halkaisija on yleensä 8 mm ja pituus 10–30 mm ja kosteus on noin 6–10 % sekä tuhkapitoisuus noin 0,5 %. Irtokuutiometri pellettejä painaa 640–690 kg. Yksi tonni pellettejä sisältää energiaa 4 700–5 000 kWh, se vie varastotilaa noin 1,5 m³. [16, s. 96.]

Pelletin hyviä puolia ovat ekologisuus, kohtalaisen vakaa hinta, kotimaisuus, lämmitystapa voidaan automatisoida ym. Huonoja puolia on varaston ja laitteiston tilan tarve sekä se, että käyttäjältä vaaditaan enemmän tietämystä laitteiston toiminnasta verrattuna esim. sähkölämmitykseen. Pelletin hinta tulevaisuudessa arveluttaa, koska nykyinen suuntaus näyttää lisäävän kysyntää ja esimerkiksi 2000-luvun puolivälissä hinnat nousivat melko nopeasti.

Uudempana tulokkaana on paahdettu pelletti (biohiili). Torrefioinnilla eli paahtamisella voidaan tuottaa uusia pellettilaatuja, perinteiseen puupellettiin verrattuna se on tummemman väristä, koska se on lämpökäsitelty. Sen energiasisältö on puolitoistokertainen tavalliseen pellettiin nähden, se myös kestää paremmin kosteutta kuin tavallinen puupelletti. Se on ensisijaisesti tarkoitettu kivihiihilaitoksille korvaamaan kivihiihtä. Ominaisuuksiltaan biohiilipelletti on hyvin samanlainen kuin kivihiihi.

Paahdetun pelletin huonoina puolina pidetään vielä sen korkeaa hintaa, pölyävyyttä, pölyräjähdysten mahdollista riskiä ja saatavuusongelmaa. Hyviä puolia ovat suuri energiatiheys, jauhautuvuus, mekaaninen kestävyys sekä hygroskooppisuus (imee vettä vähemmän kuin tavallinen pelletti).

Hollantilainen sijoitusyhtiö on tehnyt päätöksen (11/2016), biohiilipellettitehtaan rakentamisesta Mikkeliin, tehtaan rakentaminen alkaa aikaisintaan vuonna 2017. Sen on tarkoitus olla käynnissä alkuvuodesta 2019. Ajoitus on ajankohtainen, koska Suomen hallitus on linjannut, että yli 50 prosenttia energian kokonaiskulutuksesta tulisi hoitua uusiutuvalla energialla 2020-luvulla. [34].

8.4 Antrasiitti

Kohderakennuksessa on käytetty alun perin antrasiittia päälämmönlähteenä 1960—1970-luvuilla. Antrasiitti on tiivistä ja kovaa kivihiihtä, lähes puhdasta hiihtä (92–98 %). Antrasiitti on geologiselta iältään vanhin kivihiihilaatu ja sitä esiintyy kivihiihikerrostumissa alimpana. Vasta louhitun antrasiitin kosteusprosentti on alle 15 %. [9.]

Lyhytliikkisenä polttoaineena antrasiitti käy erityisen hyvin yläpalokattiloihin sillä palaminen on tasaista. Kiinteistä polttoaineista antrasiitilla saavutetaan yhdellä pesän täytöllä ylivoimaisesti pisin paloaika, tehollinen lämpöarvo on noin 8,2 kWh/kg, Yksi kuutiometri (noin 1 000 kg) antrasiittia vastaa siis noin 8—11 irtokuutiometriä ($i\text{-m}^3$) puuta. Antrasiitti on ainoa markkinoilla oleva kiinteä polttoaine, jonka palamistehoa voi säätää ilmamäärällä. Säädettävyyden siten ylivoimainen verrattuna muihin kiinteisiin polttoaineisiin [10].

1960-luvulla kohderakennuksessa asui useita eri perheitä (tyypillistä tuohon aikaan), koska asuntoja ei yksinkertaisesti ollut tarpeeksi tarjolla, tästä syystä oli alivuokralaisia yleisesti monessa isommassa omakotitalossa. Enimmillään talossa on asunutkin 5 eri

perhettä. Tuolloin tarvittiin tehokasta lämmönlähdettä, jolla saataisiin pidemmät palamisen ajat ilman jatkuvaa kattilan lataamista, turvaamaan riittävä lämmöntuotto käyttövedelle ja lämmitykseen. Lämmityskattilaan ei tuohon aikaan ollut vielä liitetty isoa energiavaraajaa, vaan n. 200 litran varaaja, jossa oli lämmintä käyttövettä varten kierukka.

Öljy, kivihiili ja puu olivatkin tuohon aikaan oikeastaan ainoita vaihtoehtoja isomman omakotitalon lämmittämiseen. Sähkövastuksilla toimivia lämmittimiä ei ollut kovinkaan runsaasti tarjolla.

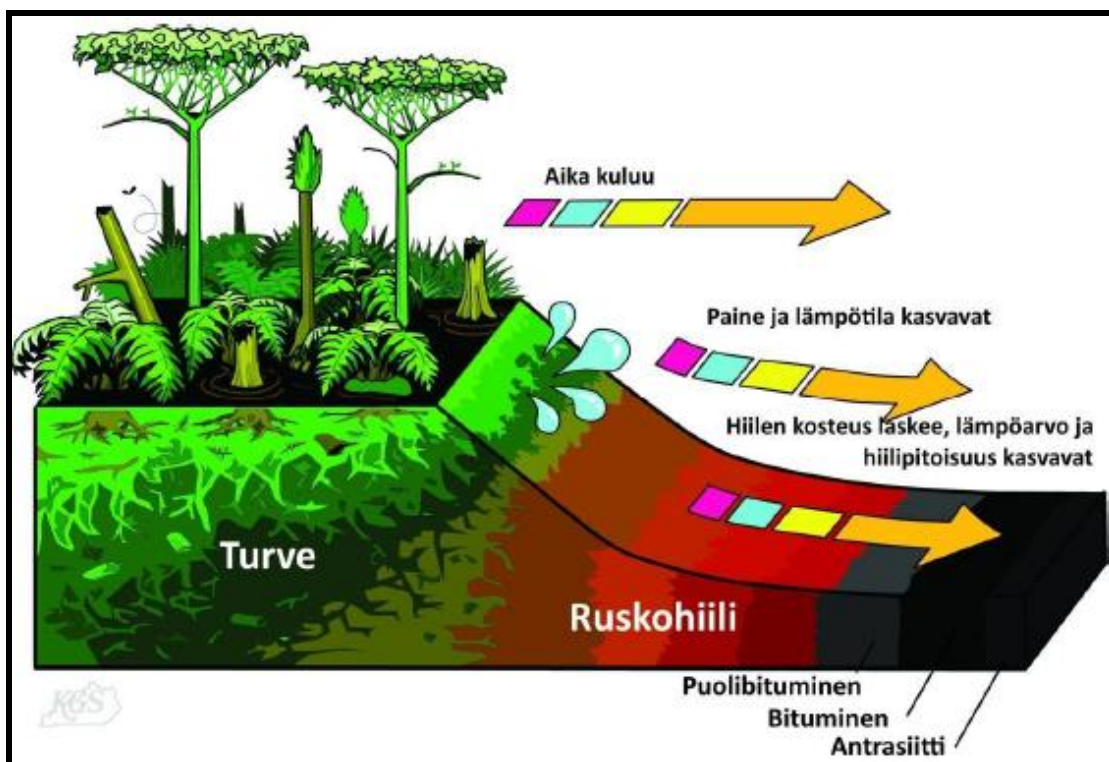
Raakaöljyn hinta kaksinkertaistui syksyllä 1973. Vuodenvaihteessa 1973—1974 öljy kallistui vielä yli 100 %:lla. Raakaöljyn maailmanmarkkinahinta viisinkertaistui lyhyessä ajassa [25].

Kivihiilen huonona puolena on se, että kivihiilen palamistuotteista suurin osa on hiilidioksidia (CO_2) ja se on merkittävin ilmastomuutokseen vaikuttava kasvihuonekaasu. Osa hiilestä leviää nokena ympäristöön, lisäksi vedystä syntyy vettä ja rikistä rikkidioksidia.

Kivihiili kaasuuntuu ennen syttymistä ja kaasun palaessa syntyy myös hajua. Kivihiilen tuhkan määrä on 7 % ja haihtuvien aineiden osuus 34 %. Antrasiitti ei kaasuunnu ennen syttymistä ja näin ollen ei myöskään aiheuta samanlaista hajuhaittaa kuin kivihiilen poltto. Antrasiitin tuhkan osuus on 4,15 % ja haihtuvien ainesosien osuus on alle 10 %. Kivihiiltä ja antrasiittia voidaan polttaa, vaikka ne otettaisiin suoraan vedestä.

Kivihiili saattaa ruveta kaasuuntumaan varastoinnin aikana, se myös saattaa syttyä itsestään, kun se on varastoituna ulos kasaan. Jos kivihiilikasa kastuu sateessa, tästä vedestä voi alkaa erottumaan happi, joka voi aiheuttaa kasan itsestään syttymisen kasan sisällä. Paloa ei saa sammuttaa vedellä, vaan kasa painetaan tiiviimmäksi, jolloin palamiseen tarvittavaa happea ei ole tarpeeksi ja kasa sammuu [40].

Kuvassa 8 on esitetty eri kivihiililajien muodostuminen ajan kuluessa.



Kuva 8. Kivihiilen muodostuminen [14, s. 170].

Kivihiilen käytön kustannus on noussut päästökaupan alettua, sen kilpailuasema on heikentynyt esimerkiksi maakaasuun verrattuna. Kivihiilen etu polttoaineena on ollut sen hyvä saatavuus ja kohtuullinen hinta. Kivihiiltä on myös helppo varastoida poikkeustilanteiden varalle. Kivihiilellä onkin suuri merkitys maamme energiahuoltovarmuuden ylläpitämisessä. Huoltovarmuuskeskus velvoittaa pitämään yllä hiilivarastoja. [13] Huoltovarmuudella turvataan yhteiskunnan toimintakyky häiriötilanteissa. Pohjoisen sijaintimme vuoksi lämmitykseen tarvittava energian määrä henkeä kohti on maailman suurimpia [13].

Nykyinen hallitus on suunnitellut kieltävänsä kivihiilen käytön energiantuotannossa vuoden 2030 jälkeen [16, s. 172].

9 Päästökerroin

9.1 Polttoainekohtaiset päästökertoimet

Päästökerroin kertoo kasvihuonekaasujen määrän grammoina, muunnettuna hiilidioksidiksi joka vapautuu jokaista käytettyä kilowattituntia kohden. Sähkön päästökerroin

voidaan laskea monella eri tavalla. Todellinen kerroin vaihtuu sen mukaan, millä sähkö tuotetaan. Pahimmillaan se voi olla jopa 900 g CO₂/kWh. [15, s. 16].

Taulukossa 2 on esitetty polttoainekohtaiset CO₂ –päästökertoimet.

Taulukko 2. Polttoainekohtaiset CO₂ –päästökertoimet. Ei huomioida polttoaineen tuotannon, raaka-aineen hankinnan eikä kuljetuksen välillisiä CO₂ -päästöjä. [15].

Polttoaineet	kgCO₂/MWh
Raskas polttoöljy	284
Kevyt polttoöljy	261
Maakaasu	198
Nestekaasu	234
Turve	381
Kivihiili	341
Koksi	389
Puuperäiset polttoaineet	0

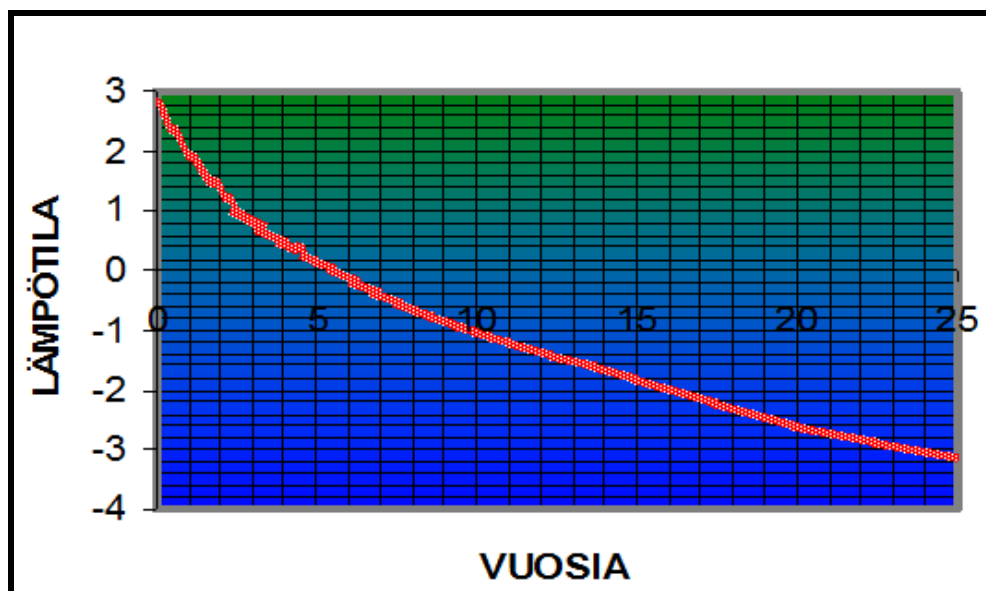
9.2 Lämpökaivo

Maalämpö on sanana harhaanjohtava, koska se ei erottele kalliolämpöä eli lämpökaivoa ja metrin syvyyteen maahan kaivettavaa vaakaputkistoa. Nämä ovat naapuritonttien kannalta kaksi täysin eri asiaa.

Kalliolämmöstä eli lämpökaivon lämmöstä lähes 100 prosenttia tulee maan pinnalta, josta se virtaa kallioon ja on siis käytännössä peräisin auringosta. Eri tonteilla on erilainen määrä lämpöä eristävää maata ja mitä pienempi tontti on, sitä vähemmän voi lämpöä tulla lämpökaivoon omalta alueelta. Tästä syystä ympäristö-ministeriö on julkaissut ohjeet suojaetäisyyksistä, jotta ei siis jäähdytettäisi naapuritontin alla olevaa kalliota liikaa. Jotkut lämpöpumppuyrittäjät ovat olleet tätä vastaan. Suomessa ei ole juurikaan julkaistu esimerkkejä naapurivaikutuksesta.

Asiaa voi laskea mitoitusohjelmilla, mutta yleisesti käytössä oleva ohjelma EED (Earth Energy Designer) perustuu sekin vain keskimääräisiin oletusarvoihin. [17, s. 117].

Kuvassa 9 on nähtävissä lämpökaivossa kiertävän liuoksen lämpötilan lasku naapuri-vaikutuksen takia tukholmalaisessa pientalokorttelissa erään laskelman mukaan. Lämpöpumppujen teho on 7 kW, jokaisella n. 800 neliömetrin tontilla on lämpöpumppu ja kaivo. [17]



Kuva 9. Lämpökaivossa kiertävän liuoksen lämpötilan lasku [17, s. 118].

Usein kalliolämpöpumppujen mitoituksessa käytetään optimointia suoran sähkön ja lämpöpumpun tehon välillä, jotta saataisiin järjestelmän rakennuskustannuksia halvemmiksi. Lämmöntarpeen lisääntyessä otetaan käyttöön sähkövastukset, joilla on saatu, on/off-kompressorien käyntijaksoja pidennettyä. Täystehomitoitetussa laitteistossa laitteisto ei siirry suoralle sähkölämmitykselle kovallakaan pakkasella.

Mediassa käydään keskusteluita siitä, mistä maalämpö on peräisin. Asmo Huuskon (Geologian tutkimuskeskuksesta) kirjoittama, Positio 1/2016 -lehdessä julkaistun kirjoitus ehkä selkeyttää kyseistä asiaa.

”Geoenergialla tarkoitetaan maa- ja kallioperään varastoitunutta auringon energiaa, jota hyödynnetään poraamalla 100–400 metriä syviä energiakaivoja. Arkiemmin puhutaan maalämmöstä, ja että lämpöä, joka syntyy ja varastoituu svemmällä kallioperässä, kutsutaan geotermiseksi energiaksi. Sen pääasiallisenä lähteenä on maapallon sisältämä luonnollinen lämpö, jota syntyy pitkäikäisten radioaktiivisten isotooppien (kalium, uraani, thorium) hajotessa maan kuoren yläosassa. Toinen lämmön lähde on syvemmällä maan vaipassa ja ytimessä tapahtuvat prosessit. Geotermisen energian vaikutusta on Suomessa havaittavissa vasta noin 500 metrin syvyydestä alkaen. Geotermisen energian hyödynnettävyys perustuu siihen, että lämpö kulkeutuu kohti pintaa lämmittäen kalliomassan ja sen sisältämän veden. [33]

Maaperään latautuu auringon lämpöä kesän aikana, joka siirtyy kallioperään johtumalla ja pohjaveden mukana. Suomen talvi katkaisee tämän luonnollisen latauksen [33, s. 1].

Kohderakennukseen on pyydetty tarjous lämpökaivosta noin 5 vuotta sitten, sen hinta oli tuolloin noin 15 000 euroa. Kielteiseen ostopäätökseen vaikutti se, ettei tarjousenantajan ratkaisussa olisi tuolloin haluttu hyödyntää vanhaa järjestelmää tai sen osia. Päätökseen vaikutti myös se, ettei rakennuksen kokonaisenergian kulutus ole välttämättä niin suuri, että kannattaisi investoida maalämpöön. Tästä seuraa se, että laitteiston takaisinmaksuaika venyy niin pitkäksi, ettei investointi ole enää kannattava. Takaisinmaksuajan olisi hyvä pysyä alle kymmenessä vuodessa.

10 Energian hintoja

Lämmitysenergian hintoja sekä näiden vuosihinnan muutos vuonna 2016 on nähtävissä taulukosta 3.

Taulukko 3. Lämmitysenergianhintoja kesäkuussa 2016

Energia	Hinta €/MWh	Hinta €/kWh	Vuosi­muutos - %
Kevyt polttoöljy (alv 24 %)	81,3	0,0813	-9,7
Kotitalous sähkö, L2 (alv 24 %)	116,5	0,1165	-1,8
Puupelletti ¹ (alv 24 %)	58	0,058	0,2
Kaukolämpö ¹ , rivitalo (alv 24 %)	77,15	0,07715	-0,7

¹ Puupelletin hinta toukokuulta 2016 ja kaukolämpö tammikuulta 2016. Energian hinnat. [35].

Taulukon 3 mukaan polttoöljyn, sähkön ja kaukolämmön hinta on laskenut ja pelletin hinta on noussut vuonna 2016.

11 Lämmönlähteiden kustannuksia

Lämmönlähteiden kustannuksia vuonna 2016, joita tarkasteltiin kohdekiinteistön osalta yksikkönä snt/kWh seuraavasti:

11.1 Pelletti

1 kg pellettiä sisältää energiaa n. 4,75 kWh ja pelletin hinta (04/ 2016) puhallusauto-toimituksena pääkaupunkiseudulla, 3 500 kg:n erältä oli 1 004,50 €, sisältäen alv 24 %. Toimituserän kWh-hinnaksi tulee:

$$4,75 \text{ kWh} * 3\,500 \text{ kg} = 16\,625 \text{ kWh} / 1\,004,50 \text{ €} \Rightarrow \underline{6,04 \text{ snt/kWh}}$$

Jos lämmityslaitteen hyötysuhde on esimerkiksi 80 %, kWh:n hinnaksi tulee 16 625 kWh * 0,8= 13 300 kWh => 1 004,50 € / 13 300 kWh = n. 7,6 snt/kWh

11.2 Antrasiitti

Antrasiittia 1 kg sisältää energiaa n. 8,2 kWh ja antrasiitti (10/2016) 40 kg:n säkeissä maksoi 42 €/sk, sisältäen alv 24 %. kWh-hinnaksi tulee

$$8,2 \text{ kWh} * 40 \text{ kg} = 328 \text{ kWh} \Rightarrow 42 \text{ €} / 328 \text{ kWh} = \underline{12,8 \text{ snt/kWh}}$$

Jos lämmityslaitteen hyötysuhde on esimerkiksi 80 %, kWh-hinnaksi tulee 328 kWh * 0,8= 262,4 kWh => 42 € / 262,4 kWh = n. 16 snt/kWh

11.3 Polttopuu

Polttopuun tehollinen lämpöarvo kuivassa aineessa on 19,00 MJ/ kg. Jos kosteus on esim. 20 p- %, on tehollinen lämpöarvo saapumistilassa Q seuraavasti:

$$Q = 19,00 \times ((100 - 20) / 100) \text{ MJ/kg} - 0,02443 \times 19,8 \text{ MJ/kg} = 14,7 \text{ MJ/kg.}$$

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa muutetaan yksikköön kWh/kg jakamalla tulos 14,7 MJ/kg 3,6:lla, jolloin saadaan 4,09 kWh/kg.

Jos toimituserä on esimerkiksi 10 irtom³, on tämä noin pino/p- m³ 6,13 m³.

Yksi p-m³ painaa noin 415 kg, jos kosteus on 20 p-%.

Kohderakennukseen tilattu (10/2016), polttopuun toimituserän tehollinen lämpöarvo saapumistilassa kosteudella 20 p-% on:

$$6,13/ \text{p-m}^3 * 415 \text{ kg} = 2\,543,95 \text{ kg (kuorman paino)} * 14,7 \text{ MJ/ kg} = \underline{37\,424 \text{ MJ}}$$

$$\text{Energiamäärä kWh on } 37\,424 \text{ MJ} / 3,6 = \underline{10\,396 \text{ kWh}}$$

Polttopuun hinta oli 55 EUR/ irto-m³, 10m³ * 55 € = 550 € (sis. alv), kWh hinnaksi tulee 550 € / 10 396 kWh = 5,29 snt/kWh.

Jos lämmityslaitteen hyötysuhde on esimerkiksi 80 %, kWh-hinnaksi tulee

$$10\,396 \text{ kWh} * 0,8 = 8316 \text{ kWh} \Rightarrow 550 \text{ €} / 8316 \text{ kWh} = \underline{6,61 \text{ snt/kWh}}$$

11.4 Sähkö

Sähkö maksoi keskimäärin kesäkuussa 2016 noin 12 snt/kWh. Jos käytetään energia-varaajan lämmittämiseen pörssisähköä, joka lämmitetään yö-sähköllä klo 22.00–06.00 välillä (sähkön hinta katsottu 14.12.2016) Fortum Tarkka nimisen sopimuksen tuntihintojen keskiarvon mukaan hinta sisältää alv: n ja siirtomaksun, voidaan päästä arvoon n. 6 snt/kWh.

Pörssisähkön hinnat vaihtelivat 14.12.2016 kalleimman klo 18.00:n hinnan 12,47 snt/kWh ja halvimman klo 03.00:n hinnan 5,70 snt/kWh välillä. Vertailuhinta sisältää alv:n ja siirtomaksun kohderakennuksen paikallisen verkkoyhtiön hinnoilla.

12 Energian hinnan ja kulutuksen vaikutus

Energian hinnan ja kulutuksen määrän yhteisvaikutus vuosikustannuksiin ovat keskeisin tekijä arvioitaessa investoinnin kannattavuutta, jos harkitaan esimerkiksi uuden lämmityskattilan tai ilma-vesi-lämpöpumpun ostamista ja näiden takaisinmaksuaikoja. Taulukosta 4 nähdään eri kulutusmäärien ja energian hintojen vaikutus koko vuoden kustannuksiin.

Taulukko 4. Energian hinnat ja kulutuksen vaikutus.

Energian hinnan ja kulutuksen vaikutus vuosi kustannuksiin		
Energian kulutus vuodessa kWh	Energian hinta EUR/ kWh	kulutyhteensä EUR/ vuosi
16000	0,06	960 €
16000	0,08	1280 €
16000	0,1	1600 €
16000	0,12	1920 €
20000	0,06	1200 €
20000	0,08	1600 €
20000	0,1	2000 €
20000	0,12	2400 €
24000	0,06	1440 €
24000	0,08	1920 €
24000	0,1	2400 €
24000	0,12	2880 €
28000	0,06	1680 €
28000	0,08	2240 €
28000	0,1	2800 €
28000	0,12	3360 €

13 Hyötysuhteen ja energian hinnan vaikutus lämmityskuluihin

Ilman mittausta käyttäjä ei tiedä lämmityskattilansa energiatehokkuutta. Säädot, kattilan kunto, polttoaineen laatu ja yleensäkin lämmityslaitteiston käytännön toteutus ja huoltojen suorittaminen riittävän usein vaikuttavat palamisen tehokkuuteen. Nuohooja tai esimerkiksi kattilavalmistajan valtuuttama asentaja voi mitata kattilan energiatehokkuuden ja opastaa oikeissa säädöissä niin, että päästöt olisivat pienet ja hyötysuhde olisi mahdollisimman hyvä. Mittaus tehdään savukaasuanalysointilaitteella.

Esimerkiksi jos uusitaan keskuslämmityskattila, jonka kustannuksiksi jää kotitalousvähennysten ja asennustöiden jälkeen 4 000 € ja oletetaan, että vanhan kattilan hyötysuhde on 70 % ja uuden kattilan hyötysuhde olisi 90 %, paranisi hyötysuhde 20 %. Mikäli energian hinta olisi esim. 6 snt/kWh ja kokonaislämmitysenergian tarve olisi 16 000 kWh, tulisi vuodessa säästöä: $16\,000\text{ kWh} \cdot 0,9 = 14\,400\text{ kWh} \Rightarrow 16\,000 - 14\,400 = 1\,600\text{ kWh}$. Tarvitaan lisää energiaa, jotta saadaan tarvittava 16 000 kWh täyteen eli yhteensä 17 600 kWh, jonka hinta on esim. $0,06\text{ snt/kWh} = \text{yhteensä } 17\,600\text{ kWh} \cdot 0,06 = \underline{\underline{1\,056\text{ €/ vuosi}}}$.

Vanhalla kattilalla lämmittäminen maksaisi $16\,000\text{ kWh} * 0,7 = 11\,200\text{ kWh} \Rightarrow 16\,000 - 11\,200\text{ kWh} = 4\,800\text{ kWh}$. Tarvitaan lisää energiaa, jotta saadaan tarvittava $16\,000\text{ kWh}$ täyteen eli yhteensä $20\,800\text{ kWh}$ jonka hinta on $0,06\text{ snt/kWh} =$ yhteensä $20\,800\text{ kWh} * 0,06 =$ **1 248 €**

Uuden kattilan tuoma säästö olisi vuodessa $1\,248\text{ €} - 1\,056\text{ €} =$ **192 €**

Investoinnin takaisinmaksuaika (koroton) olisi $4\,000\text{ €} / 192\text{ €} =$ **20,83 vuotta**

Tämä ei ole kannattavaa, koska maksuaika olisi liian pitkä.

Mikäli energian hinta olisi puolet kalliimpaa ja energian kulutusta olisi puolet enemmän tulisi takaisinmaksuajaksi $\Rightarrow 35\,200\text{ kWh} * 0,12 = 4\,224\text{ €}$

$41\,600\text{ kWh} * 0,12 = 4\,992\text{ €} \Rightarrow$ Säästöä vuodessa: $4\,992\text{ €} - 4\,224\text{ €} =$ **768 €**

$4\,000\text{ €} / 768\text{ €} =$ **5,2 vuotta**, joten investointi olisi kannattava.

Taulukosta 5 nähdään, millainen vaikutus on, jos esimerkiksi lämmityskattilan hyötysuhde on huono tai hyvä ja miten kokonaisenergian määrän ja lämmitysenergian kWh/€ hinnan vaihtelu vaikuttaa kokonaiskustannuksiin.

Taulukko 5. Hyötysuhteen ja energian hinnan vaikutus vuosikuluihin.

Hyötysuhteen ja energian hinnan vaikutus vuosi kuluihin				
Ostettu lämmitysenergian määrä, kWh	Energian hinta EUR/kWh	Hyötysuhde	Saatu lämmitysenergia määrä kWh	Kulut yhteensä EUR/ vuosi
16000	0,06	90 %	14400	864
16000	0,09	80 %	12800	1152
16000	0,12	70 %	11200	1344
20000	0,06	90 %	18000	1080
20000	0,09	80 %	16000	1440
20000	0,12	70 %	14000	1680
24000	0,06	90 %	21600	1296
24000	0,09	80 %	19200	1728
24000	0,12	70 %	16800	2016
28000	0,06	90 %	25200	1512
28000	0,09	80 %	22400	2016
28000	0,12	70 %	19600	2352
32000	0,06	90 %	28800	1728
32000	0,09	80 %	25600	2304
32000	0,12	70 %	22400	2688

14 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot

Ohjetietokortissa RT- 18- 10922 kerrotaan kiinteistön rakenteiden, rakennusosien, aluerakenteiden ja LVIA-järjestelmien keskimääräiset tekniset käyttöiät ja näiden tarkastusvälit sekä huoltovälit ja kunnossapitojaksot [4].

Ohjekortin tietoja voidaan käyttää apuna mm. kuntoarvioissa, kuntotarkastuksissa, energiakatselmuksissa, kuntotutkimuksissa, kunnossapito jaksojen suunnitteluun sekä hankesuunnitteluun ja elinkaaren määrittelyyn. Asuinkiinteistönsä kuntoarviota tilaavan ohje saadaan KH-kortista 90- 00534 [2].

15 Kohteen lämmönlähdenvaihtoehtojen tarkastelua

15.1 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu voi säästää jopa 50 % lämmitysenergiasta eli noin 25 % sähkölämmittäjän koko sähkölaskusta. On otettava huomioon, että esimerkiksi nelihenkiseltä perheeltä menee taloussähköön yhteensä noin 5 200 kWh vuodessa (tähän kulutukseen, joka siis on muuta sähköä käyttäen kuten ruuan valmistukseen, siivoamiseen, astianpesuun, valaistukseen ym.) kuluvaa sähköenergiaa, johon ei voida vaikuttaa ilmalämpöpumpulla. Huono asennus ja väärä käyttö voivat taas nostaa sähkölaskua.

Lämpöpumpun toimintaperiaate perustuu kylmäaineen olomuodon muutokseen: nesteestä höyryksi ja takaisin. Kylmäaine vuoroin sitoo ja vuoroin luovuttaa lämpöä. Kylmäaine kiertää putkissa ulko- ja sisäyksikön välissä, se höyrystyy ulkoyksikön höyrystimessä ulkoilman lämmön vaikutuksesta. Kylmäaine on nestemäisessä muodossa miinus asteista ja höyrystyy jo matalassa lämpötilassa. Höyrystyessään kylmäaine sitoo itseensä lämpöä ulkoilmasta ja lämpenee noin 0 °C:n lämpötilaan, minkä jälkeen kylmäainehöyry menee kompressoriin, joka puristaa sitä tiiviimmäksi, jolloin myös paine nousee ja kylmäaineen lämpötila. Kuuma höyry luovuttaa lämpönsä sisäyksikön lauhduttimessa huoneilmaan siellä olevan puhaltimen avulla. Jäähdyessään kylmäaine muuttuu taas nestemäiseksi ja takaisin ulkoyksikön höyrystimeen, ja kierto jatkuu.

Joissain tapauksissa pumpun asentaminen ei olekaan vähentänyt lämmityskuluja, vaan nostanut niitä pahimmillaan yli 2 000 kWh. Tähän voi olla monta syytä. Pumppu on voitu asentaa väärin, tyhjiöinti ei ole onnistunut vaan putkistoon on jäänyt esim. kosteutta. Kosteuden poistoon ja tyhjiöinnin onnistumiseen auttaa putkiston huuhteleva tyypellä, joka olisikin aina suositeltavaa. Pakkaskelillä ilmalämpöpumpun asentamista tulee välttää, koska kosteuden poistaminen putkistosta vaikeutuu, mitä kovempi pakkasen ulkona on.

Syynä heikkoon energian säästöön voi olla myös se, että ei osata käyttää laitetta oikein. Valmistajien olisi ehkäpä hyvä selkeyttää ainakin joidenkin merkkien kohdalla toimintoja. Laitteen ollessa viilennyskäytössä voisi kaukosäätimen näytössä oleva merkki jäähdytystilassa olla esimerkiksi sinisellä valolla ilmaistu ja lämmityskäytön tilassa punaisella valolla, niin että käyttäjällä olisi selkeämpi tieto siitä, mikä asetus on milloinkin päällä. Automaattiasennolla voi laite taas viilentää asuntoa, jos samanaikaisesti lämmitetään huonetta myös jollakin muulla lämmityslaitteella.

Ilmalämpöpumpun viilennysmahdollisuus on etenkin vanhemmille sydänvaivaisille asukkaille helpotus. Jos asunto yllämpenee kesäaikana liikaa, viilennystä ei tarvitse kuitenkaan pitää päällä kuin muutama tunti kuumimpaan aikaan ja laite voidaan sammuttaa tämän jälkeen, jolla taas pienennetään riskiä, että rakenteet alkaisivat kostua liikaa.

Ilmalämpöpumpuilla on saatu keskimäärin 3 000 kWh:n säästöjä Elvari-hankkeen testitaloissa vuodessa. Rahaksi muutettuna tämä tekee sähkön hinnalla 12 snt/kWh noin 360 €.

15.2 Ilmalämpöpumpun antaman lämmitystehon arviointi

Vertaamalla ilmalämpöpumpun antamaa lämmitystehon määrää ja sen sähköverkosta ottamaa sähkötehoa voidaan arvioida ilmalämpöpumpun hyötysuhde. Mittauksista on standardissa SFS- EN 14511-1 määritetty mm. mittaolosuhteet ym. Standardissa on annettu ilmantiheydelle (ρ_i) arvo $1,204 \text{ kg/m}^3$ ja paineelle arvo $101,325 \text{ kPa}$ kuivassa $20 \text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa. Tuotetun tehon mittaukset tulisi suorittaa $+7 \text{ }^\circ\text{C}$:n, $+2 \text{ }^\circ\text{C}$:n, sekä $-7 \text{ }^\circ\text{C}$:n, $-15 \text{ }^\circ\text{C}$:n, $-20 \text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötiloissa ja mittausten vähimmäiskeston tulisi olla 35 minuuttia ja lisäksi vielä mittausten oton välin tulisi olla 30 sekuntia. [31, s. 14.]

Seuraavaksi esitettävä mittaustapa ei ole standardien mukainen, eikä se ole oikea mittaamisen tapa ilmalämpöpumpun tehokkuuden määrittämiseen eikä sitä saa käyttää virallisesti hyötysuhteen arviointiin. Omistaja halusi karkean arvion lämmityslaitteen toiminnan hyvydestä, mutta käytettävissä ei ollut kaikkia standardin vaatimia laitteita eikä mahdollisuutta pidempään seurantaan. Mittaukset tehtiin lyhyen mittausajan puitteissa ja puutteellisin varustein ja mittaustuloksia verrattiin VTT:n tekemään testausselesteeseen ja voitiin arvioida, että vaikka olosuhteet olivat puutteelliset, mitatut ja lasketut tulokset olivat kuitenkin lähellä virallisia mittauksia tehneen tahon kanssa. Näin ollen voitiin päätellä, että laite pelaa edelleenkin oikealla hyötysuhteella, myös toteutuneiden sähkön kulutustietojen perusteella, ei ole syytä epäillä, etteikö laite toimisi hyvin. Myös omistajan pidempiaikainen käyttökokemus laitteen hyvästä toiminnasta yli -20 °C :n pakkasilla vahvisti käsitystä siitä, että ilmalämpöpumppu toimii luvulla tehokkuudella.

Kohderakennusta lämmittävä Mitsubishi Electric -ilmalämpöpumppu MSZ- GE 35 VAH on toiminut moitteetta jo noin kuuden vuoden ajan eikä siis olisi aiheuttanut mittauksen tarvetta. Kuitenkin mielenkiinnosta päätettiin mitata yksinkertaisilla kotikonstilla laitteen toimintaa ja verrata sitä saatavilla olleeseen VTT:n tekemään testausselesteeseen.

Mittauksen ilmavirtana käytettiin Mitsubishi Electric -ilmalämpöpumpun MSZ- GE 35 VAH tuottamaa virtaa testausselesteestä NRO VTT- S – 01485- 11 ilmoitettua suurimmalla puhallusteholla (asento High), sisäilman puhaltimen ilmavirran nopeus (q) n. $120\text{ dm}^3/\text{s}$.

- ⇒ Mittausten aikana ulkolämpötila oli -2 °C (1.12.2016 klo 14.15)
- ⇒ Laitteen asetus arvo $+24\text{ °C}$
- ⇒ Ilmavirta $120\text{ dm}^3/\text{s}$ (säätöasento: High) Lähde: testausseleste
- ⇒ Sisäyksikön puhallusilman lämpötila = keskiarvo 37 °C
- ⇒ Sisäyksikön imuilman lämpötila = keskiarvo $23,7\text{ °C}$
- ⇒ Lämpötilan nousu $13,3\text{ °C}$
- ⇒ Mitattu ulkoyksikön ottama virta verkosta = $2,6\text{ A}$
- ⇒ Mitattu jännite verkossa = 230 V
- ⇒ Standardi määrittää lämpötilat kelvineinä, joten lisätään $\text{°C} + 273,15$
- ⇒ $(37\text{ °C} + 273,15 = 310,15) - (23,7\text{ °C} + 273,15 = 296,85)$
- ⇒ $P_H = q \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta t$
- ⇒ Kaavalla lasketaan lämmitysteho ilman virtausnopeuden, ilman tiheyden, ilman ominaislämpökapasiteetin ja puhallusilman/ imuilman lämpötilan erotuksella.

$$\Rightarrow 0,12 \text{ m}^3/\text{s} * 1,204 \text{ kg}/\text{m}^3 * 1,005 \text{ kJ}/\text{kg} * \text{K} * (310,15 - 296,85) \text{ K} = \underline{1,931 \text{ kW}}$$

Sisäyksikön antama lämpöteho on 1,931 kW

$$\Rightarrow \text{ohmin lain perusteella verkosta otettava teho } P = U * I$$

$$\Rightarrow P \text{ on teho}$$

$$\Rightarrow U \text{ on jännite}$$

$$\Rightarrow I \text{ on virta}$$

$$\Rightarrow P = 2,6 \text{ A} * 230 \text{ V} = 598 \text{ W} = 0,598 \text{ kW}$$

$$\Rightarrow \text{COP} = 1,931 \text{ kW} / 0,598 \text{ kW} = 3,23$$

Kokonaishyötysuhdetta vääristää tai parantaa tässä mittauksessa etenkin se, ettei mitausten aikana ollut sulatusjaksoja, joiden kesto ja määrä huonontavat COP-arvoa. Myös ilmavirran todellisella määrällä, jota ei siis tässä yhteydessä mitattu vaan käytettiin Vtt:n testausselesteesta saatuja arvoja, on vaikutusta COP-arvoon.

Tässä mitattu COP-arvo on vain juuri mittaushetkellä toteutunut suuntaa antava tieto, jota verrattiin maahantuojan teettämään testin arvoon. Mittauksista ei tehty myöskään virhetarkastelua, joka tulisi tehdä aina oikeaoppisesti tehdyistä mittauksista.

Mittausvälineet olivat seuraavat: Lämpöpumpun jännite ja virta mitattiin Fluken T5-600 jännite-, virta- ja jatkuvuustesterillä. Lämpötilat mitattiin Bosch-lämpötilatunnistimella PTD 1: mittalaitteella ja digitaalisella lämpömittarilla.

15.3 Vesi-ilmalämpöpumppu VILP

Kohderakennuksen lämmön lähteeksi on harkittu vesi-ilmalämpöpumppua. Omistajan ostopäätöstä on vielä mietityttänyt laitteen takaisinmaksuaika. Sosiaalisessa mediassa käydään keskusteluita, joissa ei ole aina oltu tyytyväisiä päästyyn säästöön, joten kannattaa panostaa tarkempaan kohdekohtaisiin tekijät huomioivaan laskelmien tekoon ennen ostopäätöksen tekoa.

Takaisinmaksuaikaan vaikuttaa oleellisesti mm. se, millainen on rakennuksen kokonaisenergiansiirto lähtötilanteessa, laitteiston hinta, käytettävän lämmityspiirin veden lämpötila. Mikäli veden lämpötila on yli 50 °C, on hyötysuhde oleellisesti huonompi kuin esim. 35 °C:n kiertovedellä. Lisäksi otetaan huomioon käyttöveden tarpeen määrä sekä sen lämmittämiseen valittu ratkaisu, eli onko erillinen varaaja, jolla nostetaan vain käyt-

töveden lämpötila vielä lopuksi noin 60 °C:seen, kun lämmityspiirin vesi on ensin lämmitetty 35—45 °C:seen.

Elvari- sähkölämmityksen tehostamishanke (Motiva) on tutkinut vesi-ilmalämpöpumpuilla saavutettua säästöä ja tullut siihen tulokseen, että otollisinta VILP:n hankinta on, kun

- vesi-ilmalämpöpumppu liitetään lattialämmitykseen
- kokonaisenergiankulutus on lähtötilanteessa vähintään 25 000 kWh
- käyttöveden kulutus on suhteellisen vähäistä
- asennuskohteen sääolosuhteet ovat leutoja.

Kohdekohtaiset säästöt olivat välillä 3 750—17 000 kWh/a, ja keskimäärin päästiin säästöön 9 824 kWh/a eli keskimäärin saatiin säästöä 38 prosenttia kokonaiskulutuksesta. Takaisinmaksuaika oli noin seitsemän vuotta, vuotuinen säästö oli 1 179 €, sähkön hinnan ollessa 0,12 €/kWh [32, s. 1—2].

15.4 eneuvonta.fi

Lämmitystapojen vertailulaskuri <http://lammitysvertailu.eneuvonta.fi/> -sivuilla antaa seuraavan arvion kohderakennuksen energian tarpeesta, jos siinä asuisi 4 henkilöä ja rakennuksen pinta-alana käytettiin 200 m²:ä, joka vastaa rakennuksen lämmitettyä alaa, ja tilavuutena on 440 m³.

Lämmitysenergian tarve vuodessa laskurin mukaan on seuraava:

- käyttöveden lämmitysenergia on 4 000 kWh.
- lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa on 30 840 kWh.
- lämmitysenergian hinta suoralla sähköllä = 3 769 €

Vuotuinen energiakustannus ilma-vesilämpöpumpulla on 2 457 €.

Samalla vertailulaskurilla arvioitiin myös nykyisessä käytössä, lämmitetyn pinta-alan (90 m² ja 216 m³) ja asukasmäärän tiedoilla, yksi asukas.

Saatiin lämmitysenergian tarve vuodessa laskurin mukaan:

- käyttöveden lämmitysenergia on 1 000 kWh ja
- lämmitysenergian kokonaistarve vuodessa on 14 176 kWh

- vuotuinen energiakustannus suoralla sähköllä 1 733 €.

Vuotuinen energiakustannus ilma-vesilämpöpumpulla (IVLP) on 1 129 €

Saatu vuotuinen energiakustannus IVLP:llä vaatii kuitenkin laskurin mukaan 10 000 €:n alkuinvestoinnin, josta seuraa se, että takaisinmaksuaika venyy pitkäksi. Jos vuotuista säästöä tulee $1\,733 - 1\,129 \text{ €} = 604 \text{ €} \Rightarrow 10\,000 \text{ €} / 604 \text{ €} = \underline{16,5 \text{ vuotta}}$, joka on liian pitkä aika, ottaen huomion, että energian hinta pysyy samana ja laitteen hyötysuhde pysyisi samana koko sen elinkaarenaikana ilman mitään huoltokuluja. Tuossa ajassa kompressori on todennäköisesti uusittava.

15.5 Pörssisähkö

Taulukosta 6 on nähtävissä vuosien 2013—2016 pörssisähkön hinnat kuukausitasolla EUR/MWh. Tähän hintaan lisätään vielä kuluttajan maksama sähkön siirtoyhtiön osuus, joka on vuoden 2016 kohdetalon yösähkön osuudelta 4,39 snt/kWh ja päivänsähkön 5,69 snt/kWh sisältäen verot.

Taulukko 6. Kuukausitasolla lasketun pörssisähkön keskihinnat [36].

Kuukausitasolla lasketun pörssisähkön keskihinnat				
Vuosi	2016	2015	2014	2013
Keskiarvo EUR/MWh	26,44	20,98	29,61	38,1
Keskiarvo EUR/kWh	0,02644	0,02098	0,02961	0,0381
Sähkönsiirto EUR/kWh	0,0439	0,0439	0,0439	0,0439
Kokonaishinta EUR/kWh	0,07034	0,06488	0,07351	0,082

Korkein hinta on ollut 2013 huhtikuussa 45,91 EUR/MWh $\Rightarrow 45,91 / 1000 =$
n. 0,046 €/kWh $\Rightarrow 0,0439 \text{ €/kWh} + 0,046 \text{ €/kWh} = 0,0899 \text{ €/kWh}$ kallein hinta (4/2013).

Tuntikohtainen pörssisähkön keskihintavertailu on edullisempi verrattuna kuukausitasolla tehtyyn keskihintavertailuun.

Mikäli ajoitettaisiin lämmittämisen sähkön käyttö yöpäähkölle, klo 22.00—06.00 ja lämmitettäisiin energiavaraajaa tällöin pörssisähköllä, jonka hinnoittelu olisi tuntikohtaista, voitaisiin päästä alle 6 snt/kWh:n hintaan. Sitten lämmityksen osalta olisivat kustannukset arviolta noin $30\,840\text{ kWh} * 0,060\text{ €} = \underline{1\,850\text{ € vuodessa}}$

Kaikkea sähkön käyttöä lämmitysenergiaan ei luonnollisestikaan voida laskea halvemmalla yöpäähköllä tapahtuvaksi, vaan osa tapahtuu päivän aikana. Silloin osuus voisi olla esim. noin 4 000 kWh vuodessa, jonka osuus lisätään yöpäähkön osuuteen. Tästä tulisi kustannuksia 12 snt/kWh hinnalla $0,12\text{ €} * 4\,000\text{ kWh} = \underline{480\text{ € vuodessa}}$

Mikäli oletetaan, että hyötysuhde, olisi 100 % sähkölämmityksellä, tulisi kustannuksia yhteensä noin $1\,850\text{ €} + 480\text{ €} = \underline{2\,330\text{ €}}$

Tulevaisuudessa sähkön siirtohinnoittelu haluttaisiin muuttaa tehoperustaiseksi, jolloin siirtomaksu määräytyisi kuluttajan liittymän laadun perusteella eikä enää kulutetun energian perusteella. Tällöin uudistus suosisi paljon sähköä, mutta tasaisesti ja matalalla teholla kuluttavia asiakkaita. Tämä olisi epäedullista niille käyttäjille, jotka varaavat halvemman sähkön hinnan aikana esim. energiavaraajaa suurella teholla.

Jos käytetään ilmalämpöpumppua lämmitykseen, COP on vähintään 2 (testausselesteen) NRO VTT- S- 01485-11 mukaan noin -7 °C :seen asti. COP on luokkaa 1,5 – 25 °C :seen asti. Kuvasta 10 näkyvästä Ilmatieteen laitoksen keskilämpötilataulukosta nähdään, että COP 2 on saavutettavissa Helsingin seudulla.

Mikäli käyttövesi lämmitetään suoralla sähköllä (12 snt/kWh), tulisi kustannuksia seuraavasti:

- ⇒ $30\,840\text{ kWh} - 4\,000\text{ kWh} = 26\,840\text{ kWh} / 2 = 13\,420\text{ kWh} * 0,12\text{ €/kWh} = \underline{1\,610,4\text{ € vuodessa}}$
- ⇒ $4\,000\text{ kWh} * 0,12\text{ €/kWh} = \underline{480\text{ € vuodessa}}$
- ⇒ Yhteensä $1\,610,4\text{ €} + 480\text{ €} = \underline{2\,090,4\text{ € vuodessa}}$

Kohderakennuksen käytännössä toteutunut lämmitysenergiankulutus nykyisellä käytöllä on noin 12 000—14 000 kWh vuodessa, kun lämmityksen on pääasiassa hoitanut ilmalämpöpumppu ja lisäksi on käytetty sähkövastusta ja polttopuita kovimmilla pakkasilla, joiden osuus sisältyy tuohon vuotuisen 12 000—14 000 kWh:iin.

Pieni kulutus kohderakennuksen lämmityskuluissa johtuu siitä, ettei kaikkia tiloja ole lämmitetty, vaan käytännössä ensimmäistä asuinkerrosta on lämmitetty vain, jonka pinta-ala on noin 90 m². Koska talossa on viime aikoina ollut vain yksi asukas, ei käytöveden kulutus ole ollut kovin suurta ja koska ilmalämpöpumppu on ollut pääasiallinen lämmityslähde. Lisäksi keskilämpötilat talviaikaan ovat olleet viime vuosina melko korkeita, joten ilmalämpöpumpun hyötysuhdekin on ollut melko hyvä.

Kuvassa 10 nähdään vuoden 2015 keskilämpötilat Helsingissä. Lämpötilat ovat olleet melko samankaltaisia viimeiset kolme vuotta.



Kuva 10. Keskilämpötilat 2015 Helsinki. [37]

15.6 Vesitakka

Kohderakennukseen on mietitty myös vesitakan asentamista kellarikerrokseen. Olemassa oleva savuhormi ja melko lyhyt lämmön siirtomatka takasta varaajalle pienentävät asennuskuluja, mitä lyhyempi siirtomatka varaajan ja takan välillä on, sen parempaan hyötysuhteeseen päästään.

Vesikiertotakkojen hinnat ovat n. 2 000—12 000 € riippuen tehosta, mallista ym. Takaisinmaksuaikaa vastaan tarkasteltuna ei ole varmaankaan järkevää investoida vesikiertotakkaan kovin suuria summia, koska kohdetalossa on jo keskuslämmityskattila rakennuksen lämmittämiseen. Ajatus olisi kuitenkin se, että jos halutaan saada takka, olisi energiataloudellista pyrkiä saamaan kaikki mahdollinen lämpö talteen ja hyötykäyttöön. Kohderakennukseen voisi soveltua jokin pienempitehoinen takka, jossa olisi vesikierto lämmöntalteenotolle. Tila, johon takka on suunniteltu asennettavaksi, ei ole kovin suuri, joten sen tehonkaan ei tarvitse olla suuri, ettei yllämmitetä tilaa.

Kuvasta 11 nähdään tekniset tiedot **Loriet**-merkkisestä kaakelikuorisesta vesikiertotakasta, joka kokonsa puolesta sopisi suunniteltuun tilaan.

TEKNISET TIEDOT			
Mitat (l x k x s):	570x1258x567 mm	Säädettävä ensiöilma:	kyllä
Teho:	24 kW / 19 kW	Säädettävä toisioilma:	kyllä
Teho veteen:	14,5 kW / 10,5 kW	Jälkipoltt:	kyllä
Paino:	207 kg	Hyötysuhde:	86,9%
Tulipesän koko:	330x300x345 mm	Polttoaineen kulutus kg/h:	6,4 / 4,3
Luukun koko:	325x223 mm	Savukaasut:	~204 °C*
Lämmitysala:	688 m ²	Co päästöt:	0,3 %
Hormiliitos:	130 mm, päältä	Hiukkaspäästöt:	25,3 mg/Nm ³ *
Max paine:	3 bar	Turvaetäisyydet palavaan:	
Lämmönvaihtimen koko:	50 l	sivuilla:	200 mm
		takana:	200 mm
		edessä:	1000 mm
Hinta: 2790,00 €			

Kuva 11. Tekniset tiedot Loriet-vesikiertotakasta. [39]

15.7 Vesikiuas

Vesikiertokiukaassa on tulipesän sisällä lämmönvaihdinyksikkö, joka liitetään hybridi-varaajaan. Tällöin saadaan siirrettyä osa kiukaan lämmitystehosta esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen. Kiukaista on saatavilla myös malleja, joissa tulipesän täyttöluuku jää esimerkiksi takahuoneen puolelle ja itse kiukaan kivitila on saunan puolella.

Myös vesikiukaan asentamista on harkittu kohderakennukseen kiukaan vaihdon yhteydessä, koska normaalin puukiukaan hyötysuhteet ovat huonoja. Hyvänä puolena vesikiukaissa on se, että siitä saadaan siirrettyä lämpöä esimerkiksi käyttövedeen, jonka tarve on yleensä juuri suurinta silloin kuin saunotaan. Näiden kiukaiden lämmön tuotosta noin 1/3 saadaan siirrettyä käyttövedeen ja 2/3 jää saunan ilman lämmittämiseen eli esimerkiksi 12 kWh:n tehoisesta puukiukaasta 4 kWh menee veden lämmittämiseen ja 8 kWh saunatilan lämmittämiseen. Kiuas tarvitsee lisäksi myös latauspumppupaketin, joka siirtää lämmitetyn veden varaajan ja kiukaan välillä. Lisäksi tarvitaan myös pumppun termostaattiohjaus, terminen turvaventtiili ja ylipaineventtiili.

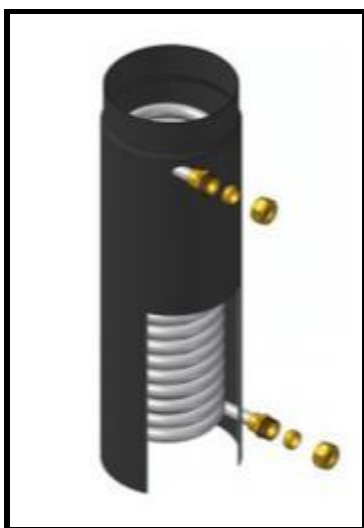
Vesikiertokiukaiden hinnat alkavat noin 1 400 €:sta.

15.8 Talteenottopiippu

Talteenottopiippua näyttäisi olevan ainakin kahta eri mallia, jotka on esitetty kuvissa 12 ja 13. Ekolämmöx Oy:n myymässä mallissa on hormin sisällä kierukka, jossa kiertää vesi ja joka ottaa savukaasuista hukkalämpöä talteen. Myyjä kertoo esitteessään, että

LTO- piipun ulkokuori on tehty haponkestävästä teräksestä, ja lämmönvaihdivierukka titaanirosterin sekoituksesta, joka kestää 1000 asteen lämpötiloja. Savukaasut jäähtyvät LTO- piipussa noin 200 astetta, ja sen teho veteen on 4-8 kW riippuen tulisijan tyypistä.

LTO- piippu tarvitsee kiertovesipumpun, elektronisen ohjaimen (Sorel STDC) ja ylipaineventtiilin. Vesikiertokiukaan tai -takan yhteydessä LTO- piippu kytketään sarjaan ja käytetään samaa pumppujärjestelmää. [38]



Kuva 12. Ekolämmöx Oy



Kuva 13. Tulituote Oy

Tulituote Oy:n mallissa teräshormia ympäröi vesitila, joka kerää hukkalämmön talteen.

Myyjä kertoo, että

Piippu voidaan asentaa mihin tahansa tulisijaan tehostamaan energiantuottoa käyttöveteen tai lämmitysjärjestelmään. Vesikiertoinen talteenotto ei koskaan heikennä tulisijan toimivuutta tai supista energiatehokkuutta, vaan hyödyntää tehokkaasti hukkalämmön, joka muuten kulkeutuisi hormin kautta ulos. Näin jokaisen polttopuun yhteenlaskettu kokonaisteho nousee. Mittauksissa hormi tuottaa 100- 300 l (+ 58°C) käyttövettä lämmityskerralla. Vesimoduuleja kytketään sarjaan kappalemäärällisesti savukaasulämpötilojen mukaan, jolloin varmistetaan ettei hormisto jäähdy liikaa, jolloin veto-ominaisuus pysyy hyvänä ja kondenssiota ei pääse muodostumaan hormistoon. [39]

Jos lasketaan, että hukkalämmöstä saatu yhteisteho olisi noin 8 kWh ja saunotaan esimerkiksi 2 h/viikko, tulisi hukkalämpöenergiaa talteen: $2 * 8 \text{ kWh}$, jos yksi kWh suoralla sähköllä maksaa esim. 0,12 €/kWh, tekee tämä yhteensä 1,92 €/ kerta. Jos vuodessa saunotaan esim. 52 kertaa, tulisi tästä n. 99,8 € vuositasolla.

Vesikiertokiukaan ja lämmöntalteenottohormin arvioitu hinta on noin 2 500 € kaikkien varolaitteiden kanssa ilman asennusta. Takaisinmaksuaika on niin pitkä, että on vaikea saada kannattavaa tästä yhdistelmästä, mutta jos lähtökohta on, että halutaan parantaa kiukaan hyötysuhdetta ja ottaa talteen hukkalämpöä, voi asia olla toisin.

15.9 Vesikiertoinen pellettitakka

Vanha keskuslämmityskattila alkaa ikänsä puolesta ehkä olla tiensä päässä. Vaikka sinänsä vanhat valurautakattilat ovat hyvin kestäviä mutta hyötysuhteet alkavat olla heikot, voi olla perusteltua harkita uuden kattilan vaihtoa muutaman vuoden aikana. Investoinnin kannattavuuteen vaikuttaa energian hinta ja tarvittava vuotuinen lämmitysenergian määrä.

Lämmityskattilan vaihtoa suunniteltaessa voisi toinen vaihtoehto olla vesikiertopellettitakka, jolloin vanha puukattila saisi jäädä varalle ja takka voitaisiin kytkeä lataamaan energiavaraajaan lämpöä.

Tulituote Oy:n myymä Raffaella Idro -merkinen pelletti-vesikiertotakka on esitetty kuvassa 14. Se soveltuisi kokonsa ja tehonsa puolesta kohteeseen.



Kuva 14. Vesikiertoinen pellettitakka. [39].

Laitteen tekniset tiedot kertovat takalla veteen saatavan tehon olevan 3,9—15,7 kW. Kuvasta 15 selviävät myös muut tarpeelliset tiedot.

TEKNISET TIEDOT

Mitat (l x k x s):	633x1176x624 mm	Kaukosäädin:	kyllä
Teho:	5.3–18.8 kW	Vesikiertopumppu:	kyllä
Teho veteen:	3.9–15.7 kW	Lämpötila-anturi vedelle:	kyllä
Paino:	211 kg	Hyötysuhde:	91,6 %
Säiliön koko:	36 kg	Polttoaineen kulutus:	1,2–4,2 kg/h
Huoneilmapuhallin:	kyllä	Savukaasut:	– 136,6 °C
Lämmitysala:	540 m ³	Co päästöt:	0,004 %
Hormiliitos:	80 mm, takaa	Hiukkaspäästöt:	– mg/Nm ³
Virrankulutus:	100–120W	Turvaetäisyydet palavaan:	
Lämmönvaihdin:	18,5litraa	sivuilla:	200 mm
Värit: Punainen, harmaa tai valkoinen		takana:	200 mm
		edessä:	800 mm

Kuva 15. Vesikiertoinen pellettitakka, tekniset tiedot. [39].

Takalle luvataan hyötysuhteeksi yli 90 % (hyötysuhde ilmenee kuvasta 14) ja savukaasujen lämpö-tilaksi luvataan noin 136 °C.

Nykyinen hallitus haluaa lisätä voimakkaasti kotimaisen bioenergian käyttöä, vaarana tässä on se, että tällöin myös biopolttoaineiden hinnat lähtevät nousuun, kuten pellettien hinnoille tapahtui 2005—2010, hinnat kaksinkertaistuivat.

Jos uusi vesikiertoinenpellettitakkajärjestelmä maksaisi esimerkiksi 4 000€, ja tällä tuotettaisiin lämmitys energiaa kylmimpään aikaan 8 000 kWh vuodessa, joka maksaisi 0,06 €/kWh, tulisi lämmityksen hinnaksi 480 €/a. Takaisinmaksuaika (koroton) olisi $4\,000\text{ €} / 480\text{ €} = 8,3$ vuotta. Investointi olisi kohtalaisen kannattava ottaen huomioon vielä sen, että vanha puulämmityskattila jäisi rinnalle varalämmönlähteeksi.

16 Yhteenveto kohdetalon kunnosta ja jatkotoimenpiteistä

Talo on osittain alkuperäisessä varustelutasossaan ja osa talosta on remontoitu/ kunnostettu eri vuosikymmeninä. Talo on alun perin rakennettu kahden perheen käyttöön, ja ensimmäinen kerros on ollut 60-luvulta asti jatkuvassa asumiskäytössä. Toinen kerros on ollut myös vakituksessa asumiskäytössä vuoteen 2012 asti ja 4 viimeistä vuotta lähinnä varastona, lukuun ottamatta paria lyhyempää jaksoa, jolloin siellä on asuttu. Talo on asuttavassa ja kohtuullisessa kunnossa. Kellarikerroksessa sijaitsevien pesutilojen ja saunatilojen remontti on osittain kesken. Salaojitus ja routasuojaukset olisi teh-

tävä pikimmiten. Samassa yhteydessä talon sisäänkäynnin eteiserakennus kannattaisi purkaa ja rakentaa uudestaan, koska sen alla olevan puuvaraston betoniseinät ovat niin huonossa kunnossa ja halkeilleet, että olisi helpompi purkaa ne ja rakentaa harjoista uusi. Samassa yhteydessä voitaisiin tehdä lisää varastotilaa, mikäli tarvetta.

Sähköjärjestelmä ja patteriverkoston putkien uusiminen olisi kannattavinta ajoittaa sisätilojen pintaremontoinnin yhteyteen, jolloin välttyttäisiin ylimääräisiltä purkutöiltä ja lopputulos on tällöin parempi ja yhtenäisempi.

Keskukslämmityskattilan uusiminen tai päälämmönlähteen vaihdon kannattavuuteen vaikuttaa tulevaisuuden energian hintojen kehitys, jota on vaikea ennustaa tässä vaiheessa. Niin kauan kuin sähkön hinta pysyy nykytasolla, on ehkä järkevintä jatkaa nykyistä lämmitystavan käyttöä eli, varaavan sähkölämmityksen, ilmalämpöpumpun ja puilla lämmittämistä, mikäli tähän riittää mielenkiintoa ja aikaa.

Lämmitysenergiaa pitäisi pystyä säästämään n. 10 000 kWh tämän kokoluokan rakennuksessa, mikäli energian hinta on n. 0,06 €/kWh ja mikäli laitteistoon sijoitetaan yli 5 000 €, jotta takaisinmaksuaika olisi kohtuullinen. Yli kymmenen vuoden takaisinmaksuajat alkavat olla liian pitkiä tällaisissa hankkeissa.

Jos omistaja päätyy rakentamaan taloon takan, olisi vesikiertoinen pellettitakka varteenotettava vaihtoehto, koska se pystyisi myös toimimaan päälämmönlähteenä tarpeen vaatiessa. Koska hankintahinta on kuitenkin kohtalaisen edullinen, olisi tämä todennäköisesti kannattava investointi.

Monipuolinen ja muuntojoustava lämmitysratkaisu on etu, mikäli eri energian hinnat vaihtelevat paljon, toisaalta taas jos on paljon erilaisia laitteistoja, kasvaa myös näiden vikaantumisen riski etenkin, mitä monimutkaisempia nämä ovat. Laitteistot vanhenevat ajan kuluessa.

17 Ensisijaisesti ehdotetut korjauskohteet

Kohderakennuksen nykyiset omistajat eivät asu tällä hetkellä kohderakennuksessa, he ovat omatoimisesti remontoineet rakennusta aikataulujen salliessa. Tällaisissa hankkeissa siitä on hyötyä, jos aikataulut eivät pakota hosumaan remonttia suunniteltaessa ja toteutettaessa. Tällöin jää aikaa harkita eri vaihtoehtoja, työn ja tilojen toteutuksien

suhteen: korjauskohteet ja järjestys voidaan sovittelua joustavammin, omien tarpeiden mukaan, esimerkiksi seuraavaan tapaan:

- Vanhan puuvaraston purkaminen ja uuden rakentaminen.
- Salaojat rakennuksen ympärille sekä ulkopuolinen lämmöneristys kellarin seinien maan alle jäävälle osuudelle sekä routasuojaus kiertämään rakennuksen ympäri.
- Termostaatit pattereihin.
- Uusi lämmön säädin poistetun säätimen tilalle niin, että saadaan säädettyä patteriverkoston menoveden lämpötila ulkoilman mukaan.
- Uusi patteriverkoston kiertovesipumppu.
- Kellaritilojen remontti loppuun.
- Varautuminen ilmasta veteen lämpöpumpun asentamiseen, mikäli otetaan kaikki kerrokset asuinkäyttöön tai vaihtoehtoisesti vesikierto pelletitakan asentaminen kellarikerrokseen.
- Varautumisen patteriverkoston/pattereiden uusimiseen, jos päädytään ilmastaveteen lämpöpumpun asentamiseen tai jos sisätiloja remontoidaan laajemmalti.
- Varautuminen toisen ilmalämpöpumpun asentamiseen, jolla voitaisiin lämmitellä 2. kerroksen asuntoa, mikäli ei haluta ilmastaveteen lämpöpumppua.
- Varautumisen sähköverkoston uusimiseen sisätilojen remontoinnin yhteydessä.
- Siirtyminen pörssisähköön ja sähkölämmittämisen lisääminen yöaikaan vaikuttaisi olevan tällä hetkellä yllättävän edullinen ja helpoin vaihtoehto, etenkin kun on jo olemassa oleva järjestelmä tätä varten. Tässä yhteydessä kannattaisi asentaa vielä toinen 6 kW:n sähkövastus energiavaraajaan. Huonona puolena tässä on se, että sähkön hinta nousee yleensä, kun on kovimmat pakkaset ja suurin kulutus.

Tulevaisuudessa sähkön siirtohinnoittelu haluttaisiin muuttaa tehoerustaiseksi, jolloin siirtomaksu määräytyisi kuluttajan liittymän laadun perusteella eikä enää kulutetun energian perusteella. Tällöin uudistus suosisi paljon sähköä mutta tasaisesti ja matalalla teholla kuluttavia asiakkaita. Tämä olisi epäedullista niille käyttäjille, jotka varaavat halvemman sähkön hinnan aikana esim. energiavaraajaa suurella teholla. Nämä teho-
piikit haluttaisiin leikata siis tulevaisuudessa pois, ja ne käyvät uudessa suunnitteilla olevassa laskutusmallissa kalliiksi, vaikka itse sähkö olisikin halpaa tuona aikana.

Uuden lämmitysjärjestelmän valintaa vaikeuttaa, jos ei tiedetä riittävän tarkasti tulevaa rakennuksen käyttöastetta, kuinka paljon tarvitaan lämmitettyä asuin-alaa ja mikä on lämpimän käyttöveden tarve, onko käyttäjiä 1 henkilöä kuten nyt vai mahdollisesti 4–5 henkilöä. Mahdollisiin tuleviin muutoksiin varautuminen ajoissa remontoinnin yhteydessä on yleensä taloudellisesti edullista, mikäli otetaan huomioon kustannukset rakennuksen koko elinkaaren ajalta. [1, s. 90.]

Varautuminen myöhempään taloteknisten järjestelmien käyttöön saattaa itsessään lisätä rakennuksen taloudellista käyttöikä [1, s. 95]. Kestävässä rakentamisessa toimivuudelle asetetaan tilojen käyttötarkoitusta ja käyttäjien tarvetta vastaavat tavoitteet.

18 Yhteenveto

Työn tarkoituksena on antaa tietoa 1960-luvun pientalon remonttia, kunnostamista, ylläpitämistä tai talotekniikan uudistamista harkitsevia tai energian säästämiseen tähtäävään kunnostamiseen liittyvissä asioissa. Työssä kiinnitettiin huomiota eri seikkojen vaikutuksiin, kun mietitään valintaa eri lämmitystapojen välillä, sekä arvioitiin näillä saavutettavia säästöjä nykyiseen järjestelmään verrattaessa.

Eri lämmitysratkaisuiden kulutuksia ja kustannuksia laskettiin. Esimerkkikohteen tällä hetkellä olevaa yläkerta ja kellarikerrosta ei varsinaisesti tarvitse välttämättä lämmitellä, koska ne toimivat lähinnä varastotiloina ja saavat tarvittavan lämmön keskimääräisen kerroksen rakenteiden läpi kulkevasta lämmöstä, jolloin lämmitettävä pinta-ala puolittuu ja vaikuttaa luonnollisesti radikaalisti koko rakennuksen vuotuisen lämmitysenergian määrään sekä myös tästä syystä erilaiseen lämmityslaitteiston ja tavan valintaan.

Lämmityskulujen kustannuksia arvioitiin myös eri lämmönlähteiden ja energian hintojen muutoksilla sekä lämmityslaitteiston eri hyötysuhteiden vaikutusta kokonaislämmityskuluihin. Työssä selvitettiin myös, millaisilla lisälämmöneristyksen määrillä eri rakenteissa päästään nykyiset vaatimukset täyttäviin ratkaisuihin. Lisäksi insinööriyössä selvitettiin, miten sisätilojen remontointi voi muuttaa olosuhteita sähkölaitteistojen asennusten suhteen ja mitä muutoksia se voi vaatia vanhaan sähkölaitteistoon.

Työn tulosten arvion kannalta oli hankalaa saada tarkkaa tietoa sähköenergian kuluksista kohderakennuksen osalta. Kohderakennuksen ja samalla tontilla sijaitsevan toisen rakennuksen sähköt tulevat saman sähkönmittauspisteen kautta mutta toinen rakennus ei käytä lämmittämiseen lainkaan sähköä, vaan lämpenee pelletillä ja sen sähkön kulutus muodostuu ainoastaan taloussähkön käytöstä. Kun tarkasteltiin toteutunutta kokonaissähkön kulutusta viimeisen kolmen vuoden aikana, oli tämä pysynyt vakaana, keskimäärin vuositasolla n. 13 000 kWh:ssa, yhteensä näiden kahden rakennuksen osalta.

Kohderakennuksen lämmönlähteiden tarkastelussa yllätti varaavalla sähkölämmityksellä ja oikein ajoitetulla pörssisähkön käytöllä saatu energian hinta, jos varaaja pystytään lämmittämään yöaikaan.

Tarkastelussa saatiin käsitys siitä, millainen säästö tai vaikutus lämmitys energian käyttöön on sillä, jos osa rakennuksen tiloista voidaan pitää ylläpitolämmöllä. Laskelmista saatiin käsitys siitä millaisella lämmitysenergian kulutuksella ja hinnoilla on kannattavaa siirtyä toiseen lämmitysmuotoon.

Tarkastelun ja laskentatulosten perusteella kohteen lämmitysenergian tarpeeksi saatiin, mikäli koko rakennus olisi asumiskäytössä ja kaikki lämpimät tilat lämmitettäisiin ja asukkaita olisi 4 henkeä, yhteensä 30 840 kWh. Jos tämä lämmittäminen ajoitettaisiin yösähkölle ja lämmitettäisiin energiavaraajaa tällöin pörssisähköllä, jonka hinnoittelu olisi tuntikohtaista, voitaisiin päästä alle 6 snt/kWh:n hintaan, jolloin lämmityksen osalta olisivat kustannukset arviolta noin 1 850 € vuodessa.

Samalla lämmitystapojen vertailulaskurilla (eneuvonta.fi) arvioitiin myös nykyisessä käytössä, lämmitetyn pinta-alan ja asukasmäärän tiedoilla, 90 m² nykyisellä yhdellä asukkaalla. Saatiin lämmitysenergian tarve vuodessa laskurin mukaan. Kun käyttöveden lämmitysenergia oli 1 000 kWh, tuli lämmitysenergian kokonaistarpeeksi vuodessa 14 176 kWh. Jos tämäkin lämmitysenergia voitaisiin saada hintaan n. 6 snt/ kWh kuten yllä, tulisi kustannuksia n. 850 € vuodessa. Vuotuinen energiakustannus suoralla sähköllä oli laskurin mukaan 1 733 € tässä vaihtoehdossa.

Lämmitysenergiaa pitäisi pystyä säästämään n. 10 000 kWh tämän kokoluokan rakennuksessa. Mikäli energian hinta on n. 0,06 €/kWh ja mikäli laitteistoon sijoitetaan yli

5000 €, takaisinmaksuaika olisi kohtuullinen. Yli kymmenen vuoden takaisinmaksuajat alkavat olla liian pitkiä tällaisissa hankkeissa mielestäni.

Sähkön hintaan saattaa tosin olla tulossa korotuksia, koska tulevaisuudessa sähkön siirtohinnoittelu haluttaisiin muuttaa tehoperustaiseksi, jolloin siirtomaksu määräytyisi kuluttajan liittymän laadun perusteella eikä enää kulutetun energian perusteella. Tällöin uudistus suosisi paljon sähköä mutta tasaisesti ja matalalla teholla kuluttavia asiakkaita. Tämä olisi epäedullista niille käyttäjille, jotka varaavat halvemman sähkön hinnan aikana esim. energiavaraajaa suurella teholla. Nämä tehopiikit haluttaisiin leikata siis tulevaisuudessa pois ja käyvät uudessa suunnitteilla olevassa laskutusmallissa kalliiksi, vaikka itse sähkö olisikin halpaa tuona aikana.

Työssä opittiin myös se, että on erittäin vaikea ennustaa halvinta lämmitysratkaisua. Kuten luvussa 7 Huomioita lämmitysjärjestelmän uusimisesta todettiin, että lämmitystavan valintaa vaikeuttaa osaltaan myös se, ettei näytä olevan mahdollista esittää energiateollisuuden taholta pidemmälle tulevaisuuteen skenaarioita, mahdollisista tulevista tariffien ja polttoaineiden hinnan muutoksista.

Lähteet

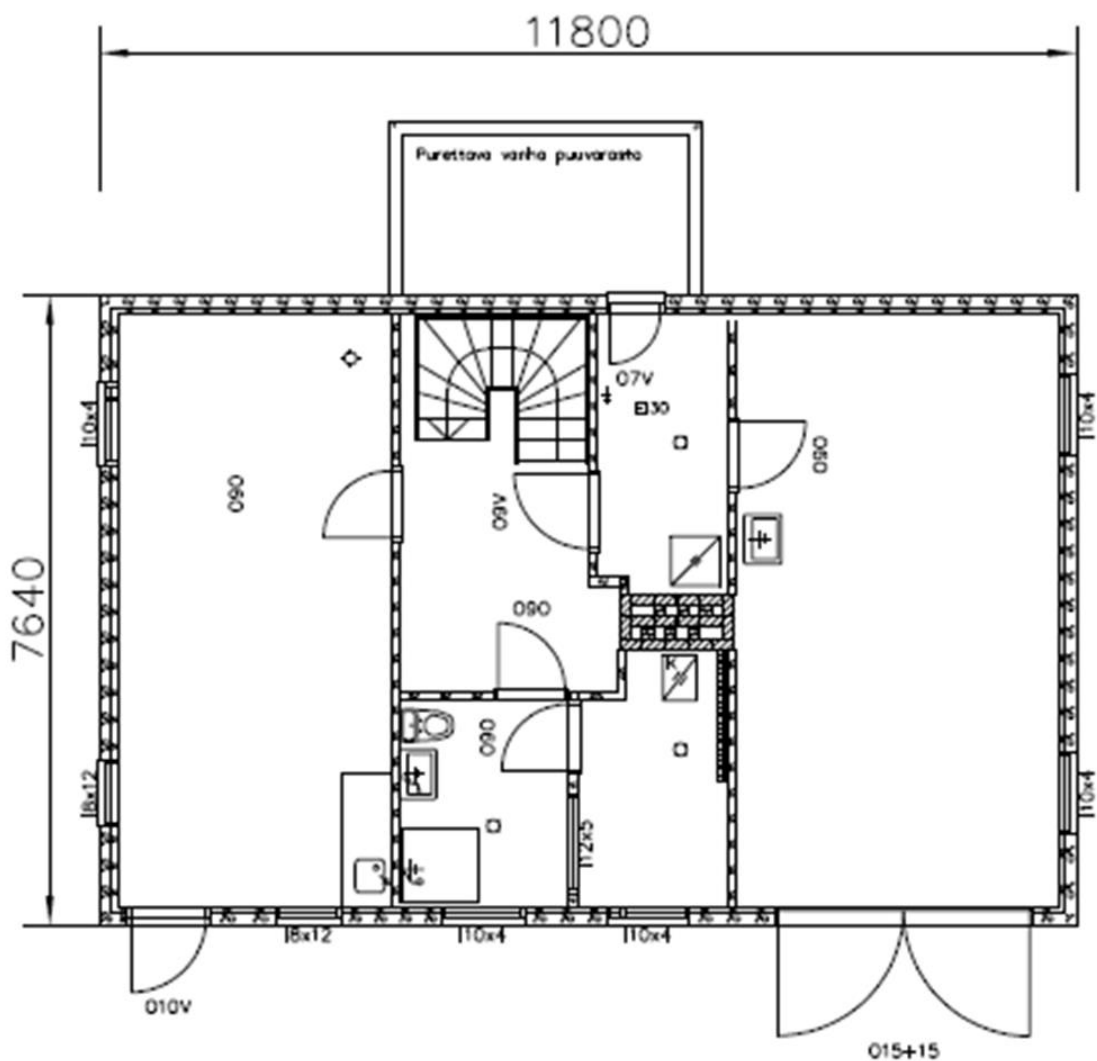
- 1 Rakennusten ja rakennusten elinkaaren hallinta. 2013 Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 2 Asuinkiinteistön kuntoarvio. 2013. Tilaajan ohje. KH-kortti 90- 00534. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- 3 LVV-Kuntotutkimusopas. 2013. Opas lämmitys-, vesi- ja viemäriverkostojen kuntotutkimuksiin. Helsinki: Suomen LVI-liitto.
- 4 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. 2008. RT-kortti 18-10922. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- 5 Jälleenrakennuskauden pientalon korjaustapaohje. 2014. Verkkodokumentti. Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto.
<http://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/torpparinmaki_korjaustapa/sokkelit_kellarin_seinat_kortti.pdf> Luettu 20.11.2016.
- 6 Salaojien huolto ja kunnossapito. 1989. KH-kortti 91-00129. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS.
- 7 Lämmitysmuodot. 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/hake-_pilke-_ja_halkokattilat> Luettu 2.12.2016.
- 8 Antrasiitti. 2016. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<<https://fi.wikipedia.org/wiki/Antrasiitti>> Luettu 2.12.2016.
- 9 Keskuslämmitys. 2016. Verkkodokumentti. Suomen Kotteria Oy.
<<http://www.kotteria.com/keskuslammitys.html>> Luettu 3.12.2016.
- 10 Keskuslämmitys. 2010. Verkkodokumentti. Savatum Oy.
<<http://www.savatum.com/kotteria/kaytto.html>> Luettu 3.12.2016.
- 11 Viemärintijärjestelmät, käsikirja. 2006. Uponor Suomi Oy.
- 12 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D1. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 13 Energiahuolto. 2017. Verkkodokumentti. Huoltovarmuuskeskus.
<<http://www.huoltovarmuus.fi/toimialat/energiahuolto/>> Luettu 20.1.2017.
- 14 Rinne Hannu. 2013. Perinnemestarin rintamamiestalo. Kunnostus ja ylläpito. Riika: WSOY.
- 15 Laitinen, Jussi. 2010. Pienen suuri energiakirja. Helsinki: Intokustannus Oy.
- 16 Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. 2016. Verkkodokumentti. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.
<<http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf> > Luettu 20.12.2016.

- 17 Hagner Börje. 2016. LVI-alan historiakooste. Verkkodokumentti. Suomen LVI-liitto ry.
<http://www.sulvi.fi/wpcontent/uploads/2015/10/LVI_historiikki_Borje_Hagner.pdf> Luettu 27.12.2016.
- 18 Myy energiaa älä motteja. 2016. Verkkodokumentti. VTT Oy.
<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2013/Energiasis%C3%A4ll%C3%B6lt%C3%A4%C3%A4n_tunnetun_pilkkeen_valmistusohje.pdf> Luettu 4.1.2017.
- 19 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 20 SFS-käsikirja 600-1. 2012. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS Ry.
- 21 Sähköasennusstandardien tulkintakysymyksiä. 2015. Verkkodokumentti. Sähköinfo Oy.
<1.amazonaws.com/sahkoasennusstandardien_tulkintoja.pdf?K.D2ufU9P5jb4exT_maqT6sWI4GleWjf> Luettu 4.1.2017.
- 22 Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijalämmitys. 2008. Verkkodokumentti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus VTT Oy.
<<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-10553-08.pdf>> Luettu 20.12.2016.
- 23 Tietoa tulisijoista. 2016. Verkkodokumentti. Suomalaiset Tulisijat Ry.
<<http://www.tulisijat.tv/tietoa/sivuti.htm#muunkannalta>> Luettu 27.12.2016.
- 24 Lehdistötiedoite. 11.3.2015. Verkkodokumentti. Nuohousalan Keskusliitto Ry.
<<http://www.nuohoojat.fi/binary/file/-/id/16/fid/697/>> Luettu 5.1.2017.
- 25 Historiatietoja. 2016. Verkkodokumentti. Öljy- ja biopolttoaineala Ry.
<<http://www.oil.fi/fi/oljymarkkinat/historiatietoja>> Luettu 5.1.2017.
- 26 Ulkoseinän lisälämmöneristys. 2013. Verkkodokumentti. Oulu rakennusvalvonta. <http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_6_Ulkoseina_2013_02_01.pdf> Luettu 8.12.2016.
- 27 Rakennusten ilmanpitävyys. 2011. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL Ry.
<<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110501.pdf>> Luettu 2.11.2016.
- 28 Ikkunakorjaus. 2014. Verkkodokumentti. Oulu rakennusvalvonta.
<http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2014/10/Pientalo_4_Ikkunakorjaus_2014_10_14.pdf> Luettu 2.11.2016.
- 29 Yläpohjan lisälämmöneristys. 2013. Verkkodokumentti. Oulu rakennusvalvonta.
<http://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/Pientalo_7_Ylapohja_2013_02_01.pdf> Luettu 2.11.2016.

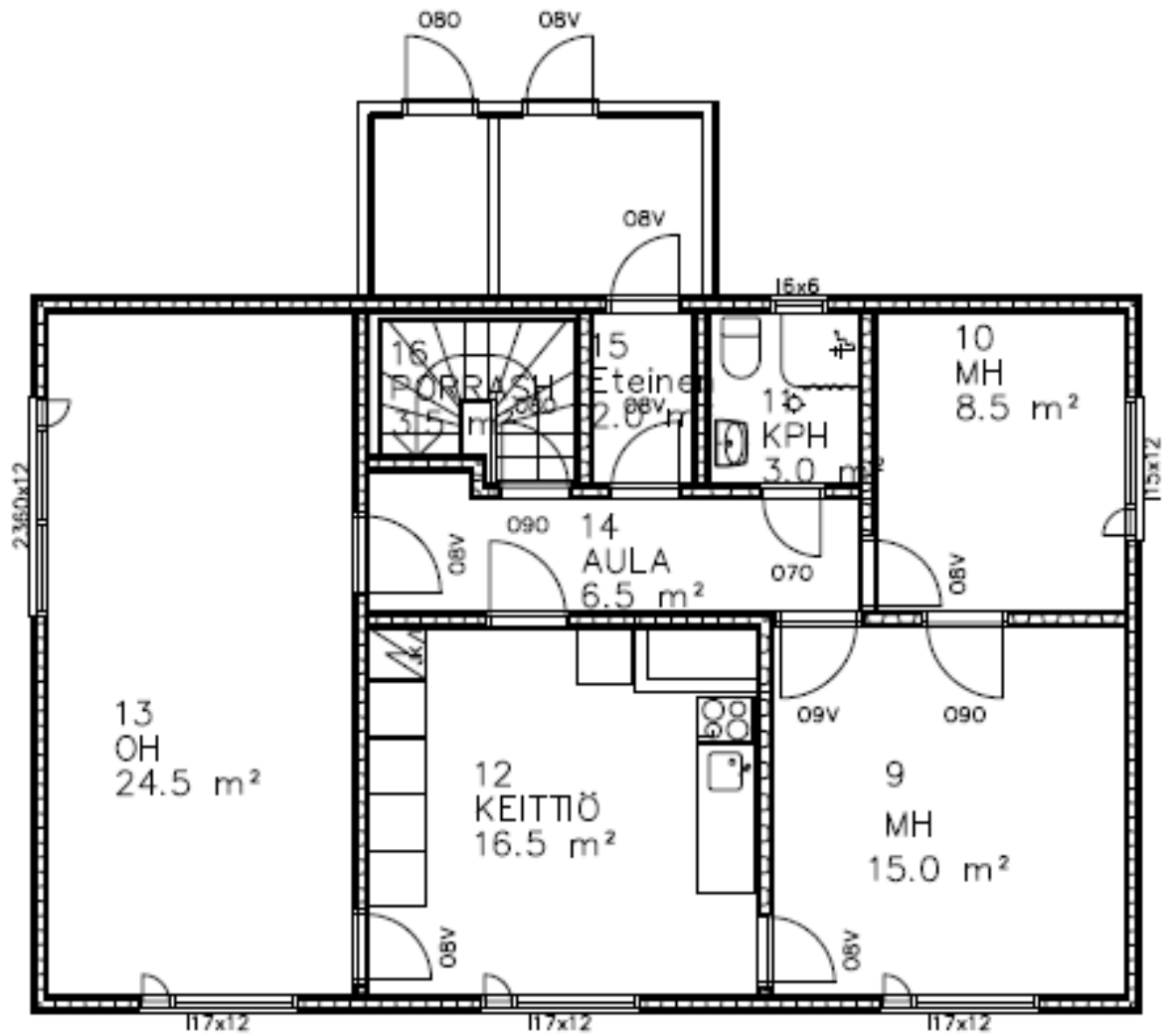
- 30 U-arvo. 2010. Verkkodokumentti. Ikkunawiki <<http://www.ikkunawiki.fi/talous-ja-ymparisto/u-arvo/>> Luettu 16.11.2016.
- 31 Lämpöpumppujen energialaskentaopas. 2012. Verkkodokumentti. Aalto-yliopisto. <<http://www.ym.fi/download/noname/%7B10A732A6-EA2F-45F9-869C-6F909138CB26%7D/30757>> Luettu 20.11.2016.
- 32 Tutkittua säästöä ilma-vesilämpöpumpulla. 2016. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <http://motiva.fi/files/5919/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf> Luettu 5.1.2017.
- 33 Geologian tutkimuskeskus kartoittaa Suomen geoenergiapotentialia. 2016. Verkkodokumentti. Geologian tutkimuskeskus. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio_1_2016_geologiantutkimuskeskus_kartoittaa> Luettu 28.12.2016.
- 34 Puusta jalostetaan biohiiltä. 2016. Verkkodokumentti. Tekniikka & talous. <<http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/sijoitusyhtiolta-kymmenien-miljoonien-investointi-mikkeliin-puusta-jalostetaan-biohiilta-6603070>> Luettu 7.12.2016.
- 35 Lämmitysenergian kuluttajahintoja kesäkuu. 2016. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/ehi/2016/02/ehi_2016_02_2016-09-07_tau_003_fi.html#_ga=1.3499255.634526872.1489521935> Luettu 8.12.2016.
- 36 Pörssisähkön keskihinnat. 2016. Verkkodokumentti. Nordpoolspot. <<http://nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area Prices/SYS1/Monthly/?view= table>> Luettu 17.12.2016.
- 37 Keskilämpötilat Helsinki. 2015. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2015>> Luettu 20.12.2016.
- 38 Lämmön talteenotto piippu. 2016. Verkkodokumentti. Ekolämmöx Oy <<http://www.ekolammox.fi/tuote/lto-piippu/>> Luettu 20.12.2016.
- 39 Warm-In talteenottohormi . 2016. Verkkodokumentti. Tulituote Oy <http://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/lto_piiput/warm_in_talteenottohormi/> Luettu 20.12.2016.
- 40 Kotiaho Pentti. 2016. Toimitusjohtaja, Kotteria Oy. Keskustelu Vantaalla 10.11.2016.

Kohderakennuksen pohjakuvat

Kellarikerros



1. Kerros



2. Kerros

