

Jeremia Keränen

1960-LUVUN OMAKOTITALON ENERGIAREMONTTI

1960-LUVUN OMAKOTITALON ENERGIAREMONTTI

Jeremia Keränen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma, LVI-insinööri

Tekijä: Jeremia Keränen
Työn tilaaja: Mia Marttinen ja Samuel Keränen
Opinnäytetyön nimi suomeksi: 1960-luvun omakotitalon energiaremontti
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Energy Renovation for a 1960's House
Työn ohjaaja: Martti Rautiainen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 39 + 3 liitettä

Tässä työssä piirretään vanhaan omakotitaloon pohjapiirustukset, selvitetään rakennuksen nykyinen energiankulutus ja vertaillaan erilaisia energiaremontin vaihtoehtoja. Työn tuloksia on tarkoitus hyödyntää tehtävän energiaremontin valintaratkaisujen ja suoritustärjestyksen tukena.

Tavoitteena on tehdä energialaskelmat rakennukselle, laskea eri energiaremonttiratkaisujen kustannuksia ja vertailla niistä saatavia hyötyjä. Pohjakuvat tehdään Autodeskin AutoCAD-ohjelmalla. Lämpöhäviöt ja ilmanvaihtosuunnitelmat tehdään Kymdatan CADS Hepac Pro -ohjelmalla. Energialaskelmat tehdään CADSin Energialaskenta 2018 -työkalulla sekä Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla.

Työn tulokseksi saatiin laskelmia erilaisista energiaremontin vaihtoehtoista. Vaihtoehdot olivat ilmalämpöpumpun asennus öljylämmityksen rinnalle, ilmanvaihtoremontti, ilma-vesilämpöpumppu sekä ikkuna- ja oviremontti lisäeristyksen kanssa. Ilmanvaihtoremonttia varten suunniteltiin ilmanvaihtopiirros, jotta saatiin tietoon tarvittava massalutettelo ilmanvaihtojärjestelmästä.

Takaisinmaksuajaltaan parhaaksi vaihtoehdoksi nousi ilmalämpöpumpun lisäys kohteeseen. Energiatehokkain ratkaisu oli remontti, jossa uusitaan ovet ja ikkunat sekä asennetaan ulkoseiniin ja yläpohjaan lisäeristys. Ilmanvaihtoremontin havaittiin pudottavan ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutusta huomattavasti.

Asiasanat: energiaremontti, hybridi, pohjapiirros

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KOHDE	7
2.1 Tutustuminen kohteeseen	9
2.2 Pohjapiirroksen piirtäminen	12
3 LÄMPÖHÄVIÖT	14
3.1 Alapohjan U-arvo	15
3.2 Ulkoseinän U-arvo	16
3.3 Yläpohjan U-arvo	18
4 RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS	19
4.1 Tilojen lämmitys	20
4.2 Ilmanvaihdon lämmitys	20
4.3 Käyttöveden lämmitys	22
4.4 Kuluttajalaitteet ja valaistus	23
5 ENERGIAREMONTIN VAIHTOEHDOT	24
5.1 Lisäeristys sekä ovi- ja ikkunaremontti	24
5.1.1 Lisäeristys yläpohjaan	24
5.1.2 Lisäeristys ulkoseiniin	25
5.1.3 Ovi- ja ikkunaremontti	26
5.1.4 Tulokset	26
5.2 Hybridilämmitys	27
5.2.1 Ilmalämpöpumppu öljykattilan rinnalle	27
5.2.2 Ilma-vesilämpöpumppu	31
5.2.3 Ilma-vesilämpöpumppu öljylämmityksen tilalle	32
5.2.4 Ilma-vesilämpöpumppu öljylämmityksen rinnalle	33
5.3 Koneellinen ilmanvaihto	34
5.3.1 Ilmanvaihtosuunnitelmat	34
5.3.2 Ilmavirtojen mitoitus	34
5.3.3 Tulokset	35
6 YHTEENVETO	37

LIITTEET

Liite 1 Päivitetty pohjapiirros

Liite 2 Energiankulutuslaskelma

Liite 3 Ilmanvaihtojärjestelmän massaluettelo

1 JOHDANTO

Työssä lasketaan 1960-luvulla rakennettuun omakotitalon lämpöhäviöt ja tarkastellaan erilaisia energiaremontin vaihtoehtoja. Talo sijaitsee Tornion alueella. Työn tilaajana ovat Mia Marttinen ja Samuel Keränen.

Ensin laaditaan kohteen pohjapiirros AutoCAD-ohjelmalla. Seuraavaksi suoritetaan lämpöhäviölaskenta CADSin energialaskentatyökalulla. Tämän jälkeen määritetään rakennuksen tämänhetkinen laskennallinen energiankulutus. Sitä verrataan energiaremontissa tehtäviin parannusvaihtoehtoihin.

Yksi energiaremontin vaihtoehtoista on koneellisen ilmanvaihdon rakentaminen rakennukseen. Tästä vaihtoehdosta laaditaan ilmanvaihtosuunnitelma rakennukselle, jotta saadaan järjestelmästä massaluettelo hintavertailuun.

2 KOHDE

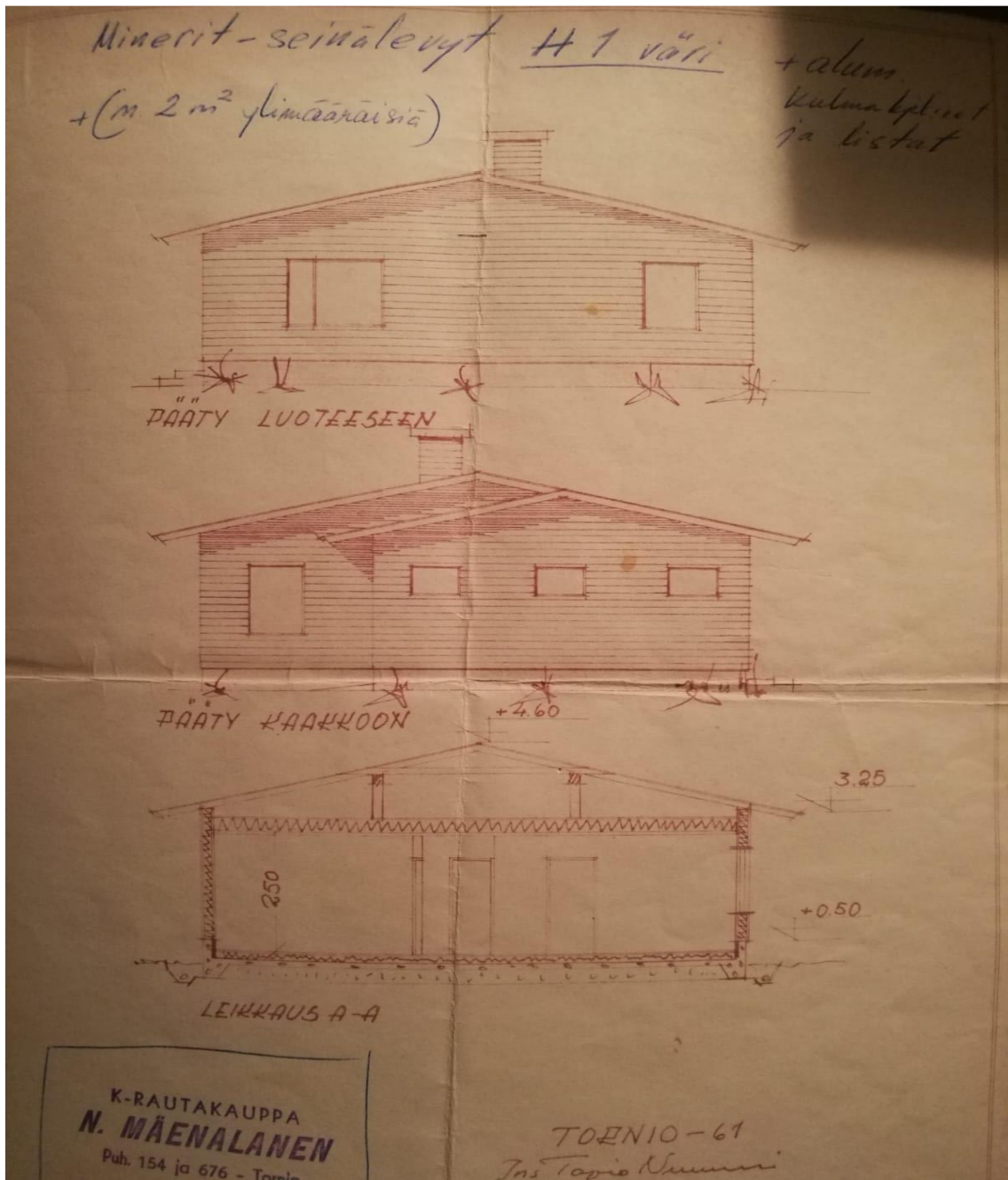
Kohde on 1964 vuonna rakennettu yksikerroksinen omakotitalo, joka sijaitsee Torniossa. Ulkoverhousmateriaali on puu. Alapohja on maanvarainen betonilaatta. Rakennuksessa on peltikatteinen loiva harjakatto. (Kuva 1.)

Kohteen nykyinen lämmitysmuoto on öljylämmitys ja lämmönjakotapa on vesikiertoinen patterilämmitys. Lämmitysputket ja -varusteet ovat alkuperäiset. Kohteessa on painovoi-
mainen ilmanvaihto, joka perustuu korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin
paine-eroihin. Kupariset käyttövesijohdot on vaihdettu 90-luvulla muoviputkiin. Käyttöve-
sijohdot on asennettu alajakoisena ja johdot ovat suoja-putkessa. Viemäriputket ovat al-
kuperäiset ja putkimateriaali on valurauta.



KUVA 1. Suunnittelukohde

Kohteen alkuperäisistä piirustuksista on käytössä pohjapiirros sekä julkisivu- ja leikkauspiirros (kuva 2).



KUVA 2. Rakennuksen alkuperäinen leikkauspiirros

2.1 Tutustuminen kohteeseen

Kohderakennukseen tehtiin yksi vierailu, jonka aikana otettiin valokuvia ja tarkistettiin kaikki oleelliset mitat talosta. Näin varmistettiin, että päivitetty pohjakuva on ajantasainen. Myös lämpöhäviöitä laskettaessa on tärkeää, että ikkunat, ovet sekä rakennuksen mitat ovat todenmukaisia.

Rakennuksen alla on paikalleen valettu betonirakenteinen tila, johon on sijoitettu teräksinen öljysäiliö. Öljysäiliöstä ei ole käytettävissä tarkempia tietoja, esimerkiksi säiliön ikää. Täten myös säiliön kuntoa on vaikea arvioida. Teräksisen öljysäiliön käyttöikäksi arvioidaan 50 vuotta. Mikäli myöhemmin päädytään energiaremonttiratkaisuun, jossa öljylämmitys pidetään käytössä niin öljysäiliön lasikuitupinnoitus voisi olla tarpeen. Pinnoittamisessa ongelmaksi muodostuu tilanpuute ahtaassa kellarissa. (Kuva 3.)



KUVA 3. Rakennuksen alla oleva öljysäiliö

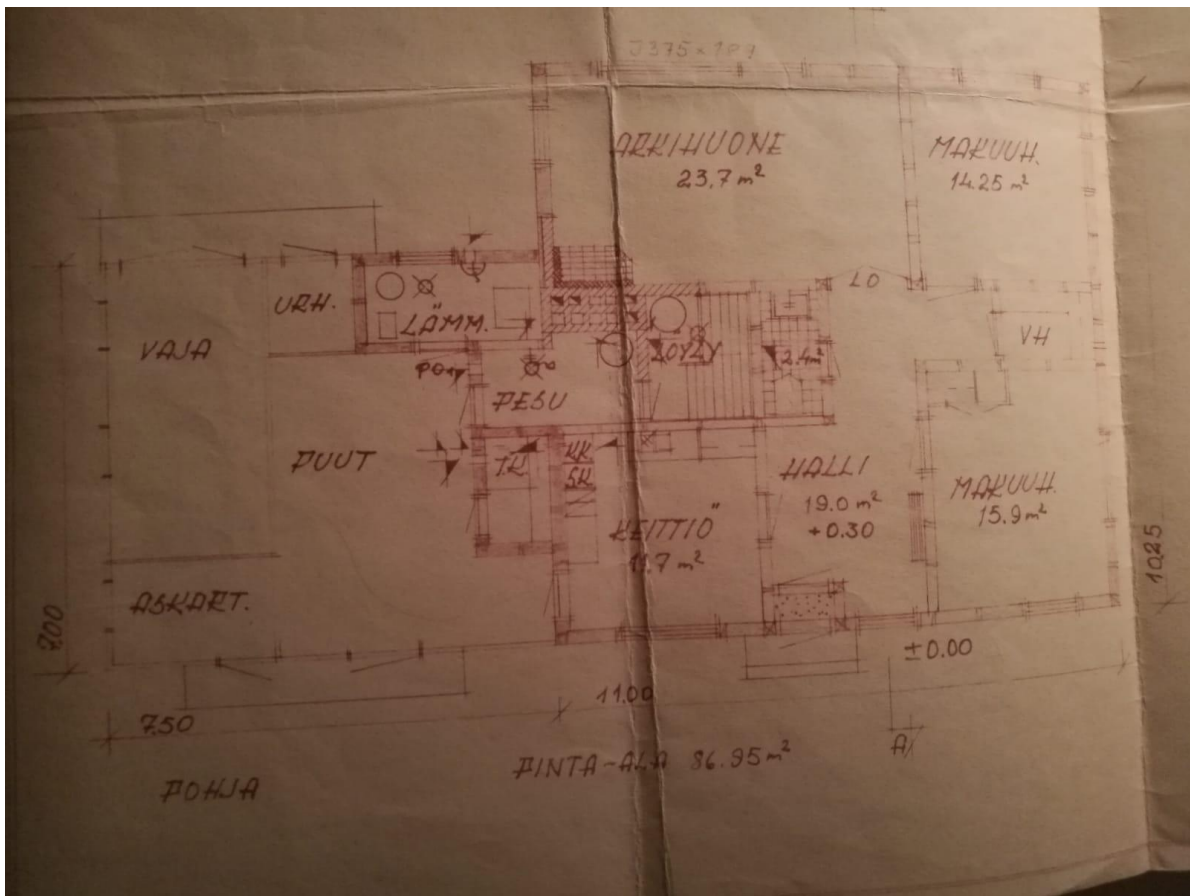
Rakennuksen lämmitysvesi ja lämmin käyttövesi lämmitetään KyH Blomstedt Kb -öljykattilalla, joka on valmistettu vuonna 1977. Öljykattilan teho on 25 kW ja sen maksimi käyttölämpötila on 120 °C. Öljypolttimena toimii Bentone B1FUV Basic, joka on valmistettu Ruotsissa ja sen valmistusvuosi on 2009. Sen tehoalue on 14,2 - 36,3 kW. (Kuva 4.)



KUVA 4. Öljykattila vuodelta 1977

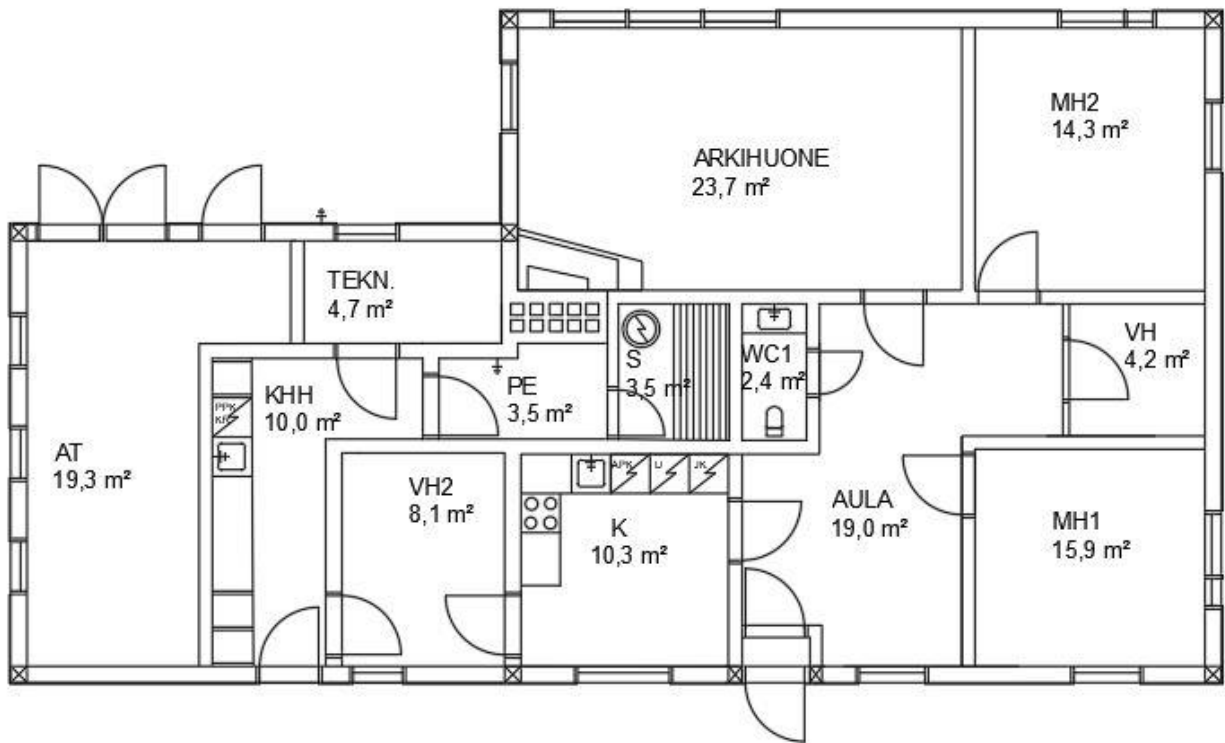
2.2 Pohjapiirroksen piirtäminen

Kohteesta on olemassa vanha, vuonna 1961 piirretty pohjapiirros (kuva 5). Pohjapiirroksen päivitys tehdään siksi että saadaan piirroksesta nykyaikainen ja ajantasainen versio, jota voidaan käyttää LVI-suunnitteluun. Jo vierailun aikana havaittiin, että vanha pohjapiirros ei täysin vastannut rakennettua taloa.



KUVA 5. Vanha pohjapiirros

Uusi pohjapiirros laadittiin AutoCAD-suunnitteluohjelmalla. Ensin vanha pohjakuva tuodaan ohjelmaan ja uusi kuva piirretään vanhan kuvan viereen. Uudessa pohjapiirroksessa on nykyisten ikkunoiden ja ovien lisäksi myös ajantasaiset väliseinät, jotka vastaavat mitoiltaan toteutusta. (Kuva 6.)

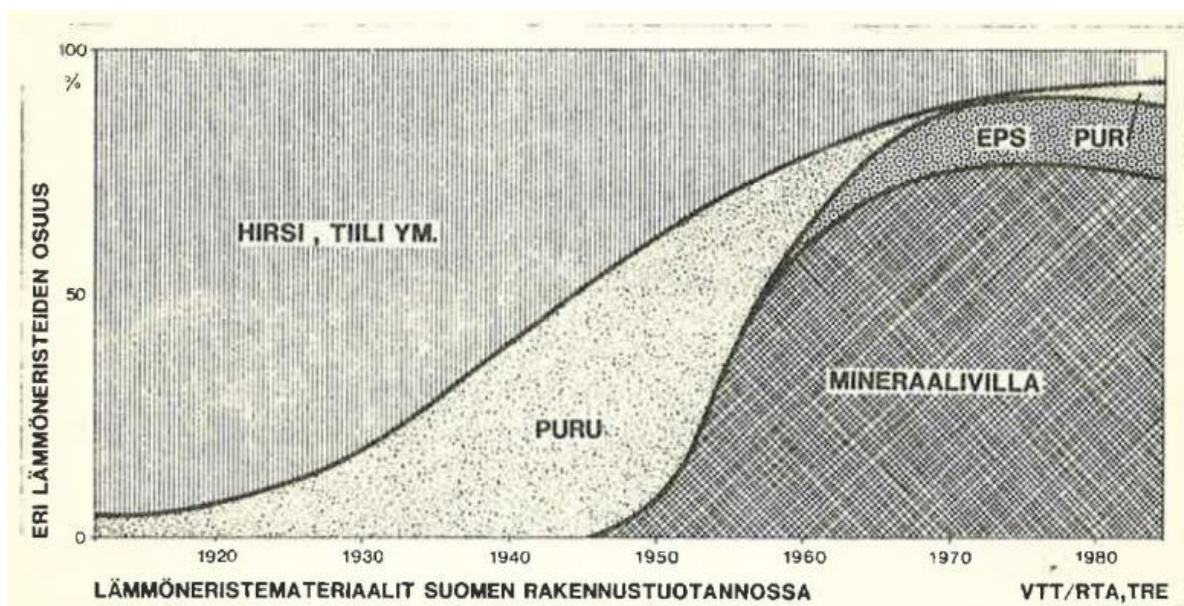


KUVA 6. Uusi pohjapiirros

3 LÄMPÖHÄVIÖT

Rakennuksen lämpöhäviöillä kuvataan rakennuksen lämmityksen tehontarvetta. Lämpöhäviöihin vaikuttavat rakenteissa käytetyt materiaalit ja niiden paksuus, tuloilman lämmitykseen kuluva lämmitysteho sekä rakenteiden nurkka, ovi- ja ikkunaliitoksista muodostuvat kylmäsillat.

Käytettävissä olevien vanhojen piirustusten perusteella on mahdotonta määrittää olemassa olevia rakenteita. Kohteessa vierailtaessa pystyttiin toteamaan ainoastaan seinien paksuudet ja 200mm puueristys yläpohjassa. Puueristys on ollut rakennusaikaan vielä jonkin verran käytetty eriste. Muita rakentamisessa käytettäviä eristeitä ovat hirsi, tiili, mineraalivilla sekä EPS eli styrokso. (Kuva 7.)



KUVA 7. Lämmöneristemateriaalit Suomessa eri vuosina

Kuvasta 8 nähdään hyvin, millaisia rakenneratkaisuja 60-luvun pientaloissa on käytetty. Maanvaraisessa alapohjassa alimmaisena on soratäyttö. Sen yläpuolella on EPS-styrokso lämmöneristeenä, jonka yläpuolella on betonilaatta. Yläpohjarakenteena on pinta-verhoilu, pinkopahvi ja puukuitulevy, jonka päällä on kantavat ristikot eristeineen. Ristikoiden päällä on pinkopahvi, tuuletusrimat sekä ruodelaudat johon peltikate kiinnittyy.



KUVA 8. 60-luvun pientalon rakennekuva (1, s. 1)

3.1 Alapohjan U-arvo

Suomessa käytettävät alapohjatyypit ovat maanvarainen ja tuulettuva alapohja. Kohteen alapohja on maanvarainen betonilaatta.

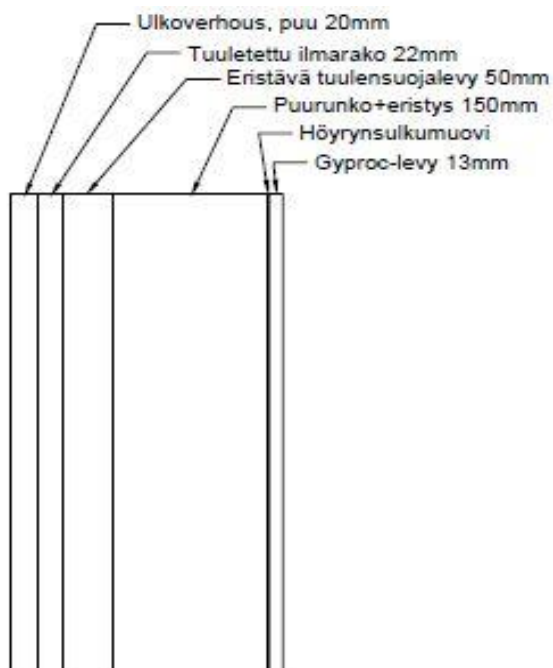
Koska alapohjan rakennetta ei saatu varmistettua, käytettiin rakenteen U-arvona ympäristöministeriön U-arvovaatimuksia. Alapohjan U-arvoksi valittiin 0,58 W/m²K. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1 Alapohjien U-arvovaatimukset 1940-luvun jälkeen

VTT/RIL 1949 Pohjois-Suomi	puurakenteinen lattia ulkoilmaa vasten	0,35
	kivirakenteinen lattia ulkoilmaa vasten	0,47
	puurakenteinen lattia lämmittämätöntä tilaa vasten	0,41
	kivirakenteinen lattia lämmittämätöntä tilaa vasten	0,58

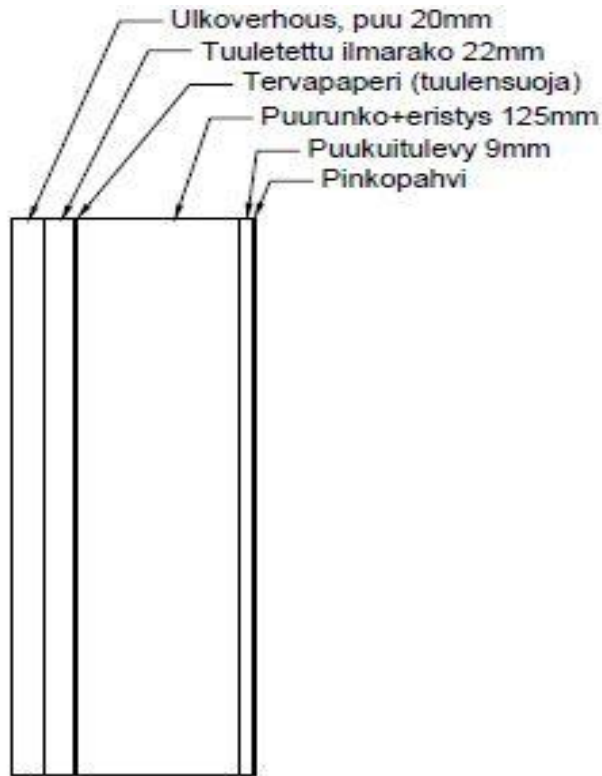
3.2 Ulkoseinän U-arvo

Nykyaikaisessa ulkoseinärakenteessa tuulensuojana on yleensä eristetty 50 mm:n paksuinen tuulensuojalevy. Eristetty seinärunko on hieman paksumpi verrattuna 60-luvun taloon. Sisäpuolella käytetään Gyproc-kipsilevyä ja höyrynsulkumuovia. (Kuva 9.)



KUVA 9 Nykyaikainen ulkoseinärakenne

Suunnittelukohteen ulkoseinärakenteeksi arvioidaan ulkoa sisälle päin: ulkovuoraus, 22 mm:n ilmarako, tuulensuojana tervapaperi, 125 mm:n puurunko eristeineen sekä sisäpuolella 9 mm:n puukuitulevy ja pinkopahvi. (Kuva 10.)



KUVA 10 Tyypillinen 60-luvun ulkoseinärakenne

Tässä rakennuksessa ulkoseinän U-arvoa ei pystytty vahvistamaan, joten U-arvoksi otettiin ympäristöministeriön U-arvovaatimukset (taulukko 2). Ulkoseinän U-arvoksi valittiin täytteellisen puuseinän arvo, joka on 0,52 W/m²K.

Nykyinen ulkoseinän U-arvovaatimus on 0,17 W/m²K, joten voidaan nähdä että seinärakenteiden kehitys on ollut nousujohteista vaatimusten kiristyessä.

TAULUKKO 2 Ulkoseinien U-arvovaatimukset 1940-luvun jälkeen

VTT/RIL 1949 Pohjois-Suomi	hirsiseinä, vuorattu	0,7
	hirsiseinä, vuorattu + lisäeristys	0,64
	täytteellinen puuseinä	0,52
	muu puuseinä	0,58
	lasivillalla tai vuorivanulla lämpöeristetty tiiliseinä	0,58
	lastuvillalevyllä lämpöeristetty tiiliseinä	0,64
	lastuvillalevyllä tai ladotulla kevytbetonilla lämpöeristetty betoniseinä tai muu seinä, pääasiallisesti kiviainesta, tai kevytbetonilla eristetty tiiliseinä	0,7

3.3 Yläpohjan U-arvo

Yläpohjan U-arvoksi arvioidaan 0,35 W/m²K taulukon 3 mukaan. Nykyinen tyypillinen yläpohjan U-arvo on 0,09 W/m²K, joka on huomattavasti parempi kuin suunnittelukohteen U-arvo. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3 Yläpohjien U-arvovaatimukset 1949-luvun jälkeen

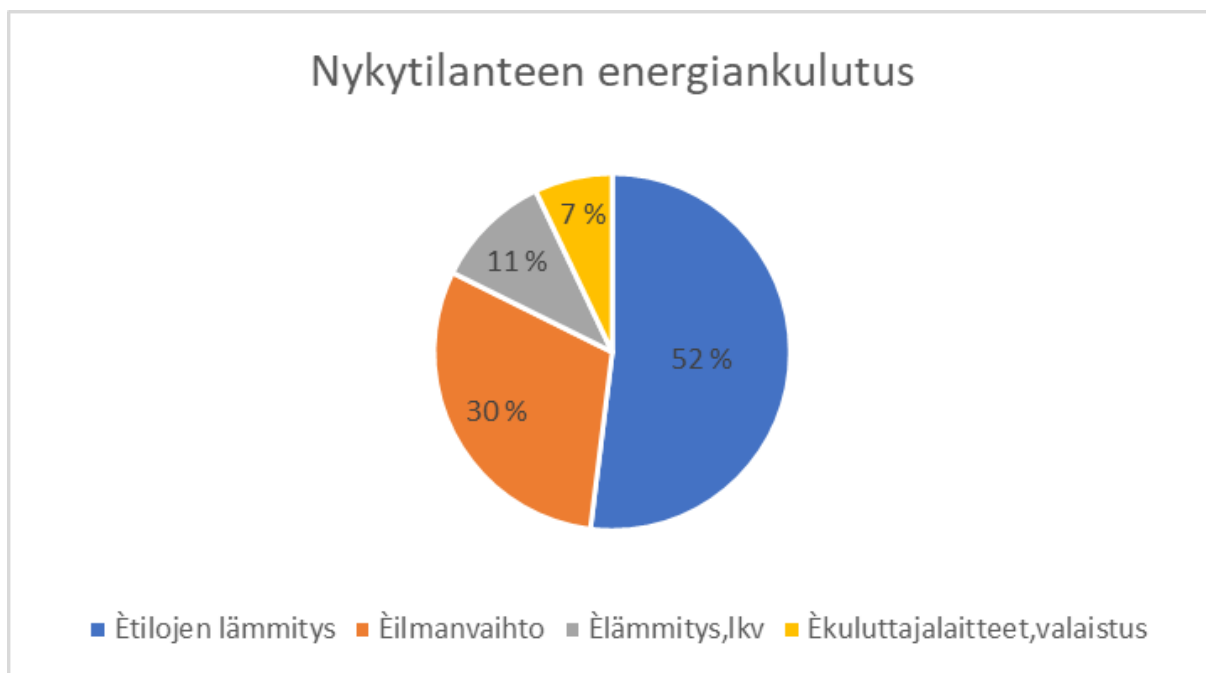
VTT/RIL 1949 Pohjois-Suomi	puukatto ulkoilmaa tai lämmittämätöntä tilaa vasten	0,35
	kivikatto ulkoilmaa vasten	0,52
	kivikatto lämmittämätöntä tilaa vasten	0,58

4 RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS

Mietittäessä asuinrakennukselle erilaisia energiaremontin vaihtoehtoja määritetään aluksi rakennuksen laskennallinen vuotuinen energiankulutus. Tähän sisällytetään rakennuksen tilojen, käyttöveden sekä ilmanvaihdon vuotuisen lämmityksen energiankulutukset. (Kuva 9) Tähän käytetään CADS-suunnitteluohjelmasta löytyvää E-luvun laskentatyökalua. Laskenta ei kerro todellista kulutusta mutta arvot ovat riittävän tarkkoja työn tarkoitukseen.

Rakennuksessa kuluu vuosittain lämmitysöljyä 2500 litraa ja taloussähköä 6000 kWh. Laskennan mukaan öljyä kuluisi vuosittain noin 3000 litraa ja taloussähköä 2800 kWh. Korkeamman öljynkulutuksen arvioidaan tulevan mahdollisesti huonommista U-arvoista. Tästä voidaan arvioida, että rakennuksessa on jopa hieman energiatehokkaammat rakenteet kuin mitä on arvioitu. Sähkönkulutuksen eroista voidaan nähdä, että sähköä kuluu todellisuudessa huomattavasti enemmän kuin laskennan ilmoittama 2800 kWh.

Kuten kuvasta 11 nähdään, energiankulutuksesta 52 % muodostuu tilojen lämmityksestä. Loput 48 % energiankulutuksesta muodostuvat ilmanvaihdon lämmityksen, käyttöveden lämmityksen sekä talon sähkölaitteiden energiankulutuksesta.



KUVA 11 Rakennuksen nykyinen energiankulutus

4.1 Tilojen lämmitys

Rakennuksen energiankulutuksesta merkittävin osuus on tilojen lämmitykseen käytetty energia. Siihen sisältyy tilojen lämpöhäviöiden lisäksi vuotoilman, korvausilman sekä tuloilman lämpeneminen tilassa. Rakennuksen tilojen energiankulutusta saadaan pienennettyä seuraavilla keinoilla: tiiviit rakenteet, riittävä eristys rakenteissa, lämmöntalteenotto ilmanvaihtokoneessa. Vanhassa rakennuksessa, jossa on painovoimainen ilmanvaihto, kovilla pakkasilla usein korvausilma-aukkoja suljetaan tai säädetään pienemmälle.

4.2 Ilmanvaihdon lämmitys

Ilmanvaihdon lämmityksen energiankulutus muodostuu ilmanvaihtokoneessa tapahtuvassa ilman lämmityksessä. Ilman lämmitys tapahtuu lämmöntalteenotto-laitteessa, jossa rakennuksen poistoilman lämpöä siirretään kylmään tuloilmaan, jonka jälkeen se lämpe-nee edelleen jälkilämmityspatterissa. Pientalon ilmanvaihtokoneessa jälkilämmityspatteri on usein varustettu sähkövastuksella, joka lämmittää tuloilmaa.

Koska painovoimaisessa ilmanvaihdossa ei ole lämmöntalteenottoa, luetaan se korvausilmaksi. Täten painovoimaisen ilmanvaihdon energiankulutus lasketaan tilojen lämmityksen yhteydessä korvausilmana.

Painovoimaisen ilmanvaihdon tuloilman lämmitykseen kuluva vuotuinen lämpöenergia lasketaan korvausilman lämpenemisen lämpöenergian kaavalla. (3, s. 25) Se lasketaan vuoden jokaiselle kuukaudelle erikseen keskilämpötilan vaihtumisen takia.

Kuukausittainen tuntimäärä eli Δt on 744, 720 tai 642 tuntia kuukaudesta riippuen. Sisälämpötilana käytetään 21 °C:ta ja mitoittavana ulkolämpötilana kuukausittaista keskilämpötilaa, joka vaihtelee -13,06 ja +14,36 °C:n välillä. (Taulukko 4)

TAULUKKO 4 Sää tiedot kuukausittain säävyöhyke IV

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, T_u , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$, kWh/m ²
Tammikuu	-13,06	1,4
Helmikuu	-12,62	13,6
Maaliskuu	-6,88	48,0
Huhtikuu	-1,56	121,0
Toukokuu	5,40	128,1
Kesäkuu	13,03	154,2
Heinäkuu	14,36	146,4
Elokuu	12,06	94,5
Syyskuu	6,60	63,7
Lokakuu	0,15	16,6
Marraskuu	-6,78	3,0
Joulukuu	-10,08	0,2
Koko vuosi	0,05	791

Mitoittavana ulkoilmavirtana käytetään arvoa 0,4 dm³/(sm²) josta saadaan mitoittavaksi ilmavirraksi 0,0548 m³/s (2, s. 6).

Ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysteho lasketaan kaavalla 1 (3, s. 25).

$$\Phi_{iv} = \rho_{,ilma} * C_{p,ilma} * q_{v,mit} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000 \quad \text{KAAVA 1}$$

$\rho_{,ilma}$ = Ilman tiheys (kg/m³)

$C_{p,ilma}$ = Ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

$q_{v,mit}$ = mitoittava ilmavirta (m^3/s)

T_s = mitoittava sisälämpötila ($^{\circ}C$)

T_u = mitoittava ulkolämpötila ($^{\circ}C$)

Δt = kuukausittainen tuntimäärä (h)

Painovoimaisen ilmanvaihdon vuotuiseksi energiankulutukseksi saadaan 12 025 kWh. Tämä arvo ei ole todellinen koska painovoimaista ilmanvaihtoa ei pidetä kovilla pakkasilla auki. Laskennassa kuitenkin käytetään arvoa 12 025 kWh koska on vaikea arvioida ajanjaksoa, milloin painovoimaista ilmanvaihtoa ei pidetä täysin auki. (Taulukko 5.)

TAULUKKO 5 Ilmanvaihdon kuukausittainen lämpöenergian kulutus

Kuukausi	$T_u, ^{\circ}C$	h/kk	Φ_{IV}, kWh
Tammikuu	-13,06	744	1666,4
Helmikuu	-12,62	672	1485,7
Maaliskuu	-6,88	744	1364,0
Huhtikuu	-1,56	720	1068,2
Toukokuu	5,4	744	763,2
Kesäkuu	13,03	720	377,4
Heinäkuu	14,36	744	324,9
Elokuu	12,06	744	437,4
Syyskuu	6,6	720	681,8
Lokakuu	0,15	744	1020,1
Marraskuu	-6,78	720	1315,3
Joulukuu	-10,08	744	1520,6
Koko vuosi	0,05	8760	12024,9

4.3 Käyttöveden lämmitys

Käyttöveden lämmittämisen energiankulutus muodostuu lämminvesivaraajassa tapahtuvasta veden lämmityksestä. Rakennuksen käyttötarkoitusluokka on 1, mikä tarkoittaa

sitä, että käyttöveden lämmitysenergian nettotarve on enintään 4200 kWh vuodessa. (2, s. 8)

4.4 Kuluttajalaitteet ja valaistus

Kuluttajalaitteilla tarkoitetaan rakennuksessa käytettäviä sähkölaitteita. Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen vuotuinen sähköenergiankulutus on samansuuruinen kuin niiden lämpökuorma. Tämä laitteilla tuotettu lämpökuorma siis kumoaa laitteiden käyttämän sähköenergian. (2, s. 10)

5 ENERGIAREMONTIN VAIHTOEHDOT

Seuraavaksi käydään läpi energiaremontin vaihtoehdot. Laskentaan otettiin mukaan viisi eri remonttivaihtoehtoa:

- ovi- ja ikkunaremontti, johon sisältyy lisäeristys ulkoseiniin ja yläpohjaan
- hybridivaihtoehtona ilmalämpöpumppu, joka asennetaan öljylämmityksen rinnalle
- ilmanvaihtoremontti, johon sisältyy lisäeristys yläpohjaan
- hybridivaihtoehtona UVLP, joka asennetaan öljylämmityksen rinnalle
- UVLP, joka asennetaan öljylämmityksen tilalle

Kun ovet ja ikkunat vaihdetaan, on luontevaa käyttää myöskin ulkoverhousta auki ja asentaa ulkoseiniin lisäeristys. Tämän takia lisäeristys otetaan remonttiin mukaan. Hybridivaihtoehtona ilmalämpöpumppu taas on helppo asentaa öljylämmityksen rinnalle. Myös vesipattereiden termostaattiventtiilit olisi hyvä vaihtaa remontin yhteydessä. Ilmanvaihtoremontissa otetaan puhallusvillan lisäys yläpohjaan koska on luontevaa asentaa eristys remontin yhteydessä. UVLP:sta eli ilma-vesilämpöpumpusta lasketaan sekä hybridivaihtoehto että öljylämmityksen korvaava vaihtoehto.

Eri remonttien kustannushintoina käytetään Taloon Yhtiöt Oy:n verkkokaupasta löytyviä hintoja.

5.1 Lisäeristys sekä ovi- ja ikkunaremontti

Energiaremonttina lisäeristys on usein helpoin tapa parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Vanhat rakenteet ovat usein huonompia lämmöneristävyydeltään ja lisäeristyksellä saadaan parannettua sitä. Laskentaan otetaan mukaan myös ovien ja ikkunoiden vaihto.

5.1.1 Lisäeristys yläpohjaan

Lisäeristykseksi yläpohjaan suunnitellaan 200 mm:n villaeristeen lisäystä. Eristeeksi valitaan itse levitettävä villapuru (kuva 12), jota saa ostettua 18 kg:n säkeissä. Yhden säkin

materiaalimenekki on 200 mm:n kerrospaksuudella 1 - 1,3 m²/kg ja eristyksen kokonaishinnaksi muodostuu noin 1800 euroa. CADS-ohjelma ilmoittaa yläpohjan uudeksi U-arvoksi 0,13 W/(m²K), joka on huomattavasti parempi kuin nykyinen 0,35 W/(m²K).



KUVA 12 Puhallusvillan levitys (4, s. 5)

5.1.2 Lisäeristys ulkoseiniin

Ulkoseiniin suunnitellaan asennettavaksi 50 mm:n paksuinen Runkoleijona-kuitulevy, joka toimii tuulensuojalevynä (kuva 13). Tuulensuojalevyn päälle asennetaan 22 mm:n rimakoolaus, jotta saadaan riittävä tuuletus ulkoseinään. Seinäpinta-alaa on yhteensä 108,5 m², jonka perusteella kustannushinnaksi muodostuu noin 1500 euroa.



KUVA 13 Tuulensuojalevyn asennus (5, s. 1)

5.1.3 Ovi- ja ikkunaremontti

Nykyisten ovien ja ikkunoiden U-arvoksi on arvioitu $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Tässä remontissa lasketaan vaihdettavaksi uudet 3-lasiset ikkunat, ulko-ovet sekä autotalliin uusi nosto-ovi. Näillä saadaan pienennettyä aukoista muodostuvia kylmäsiltoja. Uusien ovien ja ikkunoiden U-arvo $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ joka on myös nykymääräysten mukainen arvo.

5.1.4 Tulokset

Laskennan mukaan tilojen lämmityksen vuotuinen energiankulutus pieneni noin 40 % tällä remontilla. Remonttiin kuului siis lisäeristys yläpohjaan ja ulkoseiniin, sekä ikkunoiden ja ovien vaihto. Energiankulutuksen muutosta voidaan pitää merkittävänä. Remontin kokonaishinnaksi muodostui 16 072 euroa ja sen takaisinmaksuajaksi muodostui 16,2 vuotta.

Tämä remonttivaihtoehto oli kallein ratkaisu kaikista vaihtoehdoista. Se on silti hyvä vaihtoehto, jos ajatellaan rakennuksen energiatehokkuuden parantamista.

5.2 Hybridilämmitys

Hybridilämmityksellä tarkoitetaan lämmitysratkaisua, jossa käytetään kahta eri lämmönlähdettä rakennuksen sekä käyttöveden lämmitykseen. Näitä ratkaisuja nykyään paljon erilaisia johtuen siitä, että tarjolla on paljon erilaisia lämmitysmuotoja.

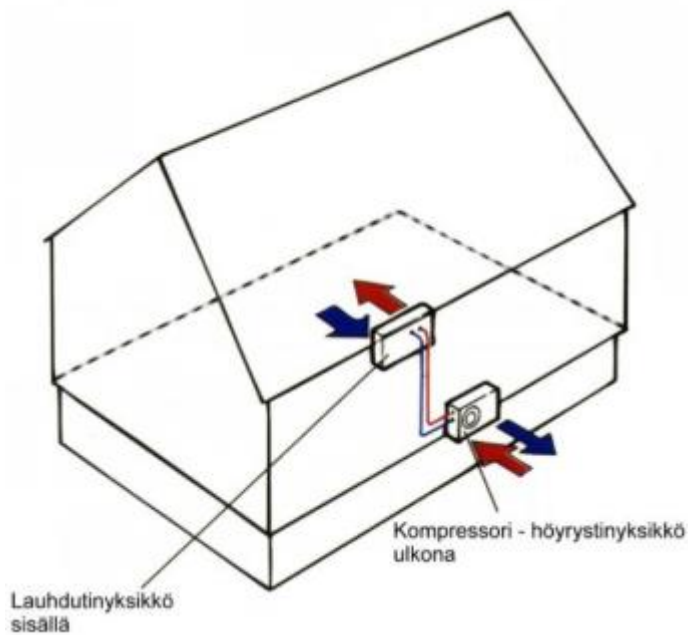
Esimerkkejä hybridilämmitysratkaisuista:

- Öljykattilan rinnalle asennetaan ilmavesilämpöpumppu, joka lämmittää öljykattilan apuna lämmitysvettä
- Öljykattilan rinnalle asennetaan ilmalämpöpumppu, joka lämmittää talon sisäilmaa vähentäen öljynkulutusta
- Hybridikattila, jossa on puun poltolle tulipesä sekä öljypoltin tukemassa puulämmitystä

5.2.1 Ilmalämpöpumppu öljykattilan rinnalle

Tässä työssä otetaan tarkasteluun ilmalämpöpumppu, joka asennettaisiin öljykattilan rinnalle. Ilmalämpöpumppu hyödyntää nimensä mukaan ulkoilmasta saatavaa lämpöenergiaa ja siirtää sen kylmäaineen välistyksellä sisäilmaan.

Pumpussa on kaksi lämmönvaihdinta: höyrystin sekä lauhdutin (kuva 14). Höyrystimessä lämpö siirtyy ulkoilmasta kylmäaineeseen ja lauhduttimessa kylmäaineesta huoneilmaan. Ilmalämpöpumpun ulkoyksikössä on kompressori, jonka avulla kylmäaine liikkuu höyrystimen ja lauhduttimen välillä. (15.)



KUVA 14 Ilmalämpöpumpun periaatekuva (6.)

Ilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös jäähdytykseen. Jäähdytystilanteessa pumppu toimii päinvastoin eli se siirtää kylmää aineen avulla lämpöä sisäilmasta ulkoilmaan. Tätä toimintaperiaatetta hyödyntävät myös jotkin ilmalämpöpumput sulattaessaan ulkoyksikön höyrystinkennoa.

Tätä samaista toimintaperiaatetta hyödyntää myös ilma-vesilämpöpumppu sulatustoiminnossaan, jossa pumppun ulkoyksikön höyrystinkennoa sulatetaan.

Mikäli ilmalämpöpumppua käytetään jäähdytykseen, rakennuksen energiankulutus nousee. Tämä taas syö osaltaan niitä säästöjä mitä pumpulla on lämmityskauden aikana saatu.

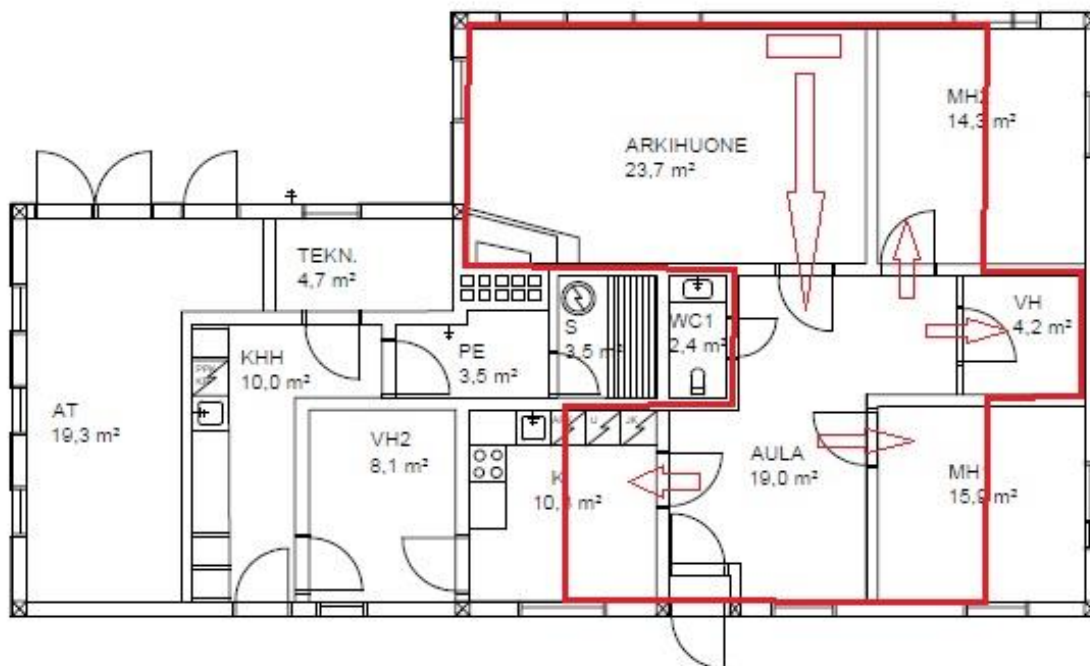
5.2.1.1 Ilmalämpöpumpun mitoitus

Ilmalämpöpumppu mitoitetaan palvelemaan taulukon 6 mukaan: puolittain mitoitettuna makuuhuoneet ja keittiö sekä täysin mitoitettuna arkihuone, aula ja vaatehuone.

TAULUKKO 6 Ilmalämpöpumpun mitoittavat lämpöhäviöt

Huone	Lämpöhäviöt	kW
ARKIHUONE	2,334	kW
AULA	1,142	kW
VH	0,318	kW
MH1*0,5	0,646	kW
MH2*0,5	0,7225	kW
K*0.5	0,367	kW
Yhteensä:	5,53	kW

Ilmalämpöpumpun mitoituksessa ensin katsotaan sisäyksikölle hyvä paikka. Sisäyksikön sijoituksessa pyritään valitsemaan sellainen paikka mistä lämmin ilma saadaan levitettyä mahdollisimman laajalle rakennukseen. (Kuva 15)



KUVA 15 Ilmalämpöpumpun vaikutusalue

Ilmalämpöpumpun konduktanssi lasketaan kaavalla 2 (7, s. 1).

$$G = \frac{\phi_{mit}}{t_{s,mit} - t_{u,mit}}$$

KAAVA 2

G = lämpöpumpun konduktanssi

ϕ_{mit} = lämmitystehontarve (kW)

$t_{s,mit}$ = mitoittava sisälämpötila (°C)

$t_{u,mit}$ = mitoittava ulkolämpötila (°C)

Seuraavaksi lasketaan lämpöpumpulta tarvittava lämmitysteho. Tarkasteltaviksi ulkolämpötiloiksi valitaan -10 °C sekä -15 °C.

Lämpöpumpulta tarvittava mitoitusilanteessa lasketaan kaavalla 3 (7, s. 2)

$$\phi_{tark} = G * (t_{s,mit} - t_{u,mit})$$

KAAVA 3

ϕ_{tark} = Pumpun tuottama teho tarkasteltavalla ulkolämpötilalla

G = Lämpöpumpun konduktanssi

$t_{s,mit}$ = mitoittava sisälämpötila (°C)

$t_{u,mit}$ = tarkasteltava ulkolämpötila (°C)

Kun tehontarpeeksi saadaan -10 °C:ssa 2,91 kW ja -15 °C:ssa 3,37 kW, valitaan ilmalämpöpumpuksi Toshiba RAS-35PKVSG-ND sisäyksikkö sekä Toshiba RAS-35PAVSG-

ND ulkoyksikkö. Kun valmistaja ilmoittaa, että lämpöpumppu tuottaa -15 °C ulkolämpötilassa $3,60\text{ kW}$ lämmitystehon sisälämpötilan ollessa 20 °C , voidaan todeta että valittu pumppu on sopiva käyttötarkoitukseen.

5.2.1.2 Tulokset

Ilmalämpöpumpun hinnaksi asennuksineen muodostuu 2000 euroa. Hinta on erään lämpöpumppuja myyvän ja asentavan yrityksen ilmoittama. Hintaan sisältyy ilmalämpöpumpun hinta asennuksineen. Sillä saadaan 10 vuoden aikana säästöä 589 €/vuosi . Investointina tämä vaihtoehto on halvin vaihtoehto. Takaisinmaksuaika on $2,2$ vuotta.

5.2.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Markkinoilta löytyy kahden tyyppistä ilma-vesilämpöpumppua. Toisella näistä lämmitetään vain rakennuksen lämmitysvesiä jonkin muun lämmönlähteen rinnalla.

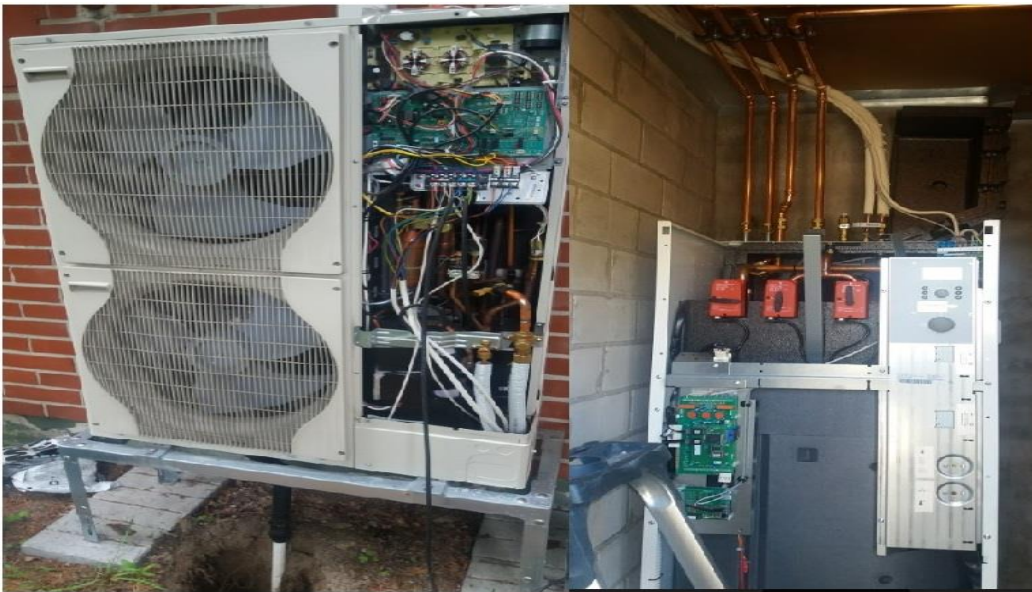
Tavanomaisessa lämpöpumpussa on ulkoyksikön lisäksi sisäyksikkö. Pumpulla voidaan lämmittää rakennuksen lämmitysvesi ja käyttövesi. Sisäyksikkö sisältää sähkövastuksilla varustetun lämminvesivaraajan. (Kuva 11) Sähkövastukset auttavat käyttöveden lämmityksessä kovilla pakkasilla, tai tilanteessa, jossa käyttövettä kuluu lyhyen ajan sisällä paljon. Tällöin lämpöpumppu ei välttämättä ehdi lämmittämään käyttövettä riittävän nopeasti.

Riippuen säävyöhykkeestä tällaiset kylmät ajanjaksot rajoittuvat enintään noin 20 päivään. Kylmäksi ajanjaksoksi määrittelen tilanteen, jossa ulkolämpötila on alle -20 °C .

Tästä nähdään, että ilma-vesilämpöpumppu kykenee lämmittämään ilman sähkövastuksien apua suurimman ajan vuodesta.

5.2.3 Ilma-vesilämpöpumppu öljylämmityksen tilalle

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan korvata rakennuksen jo käytössä oleva lämmitysmuoto. Kuvassa 11 on ilma-vesilämpöpumppu, jolla voidaan lämmittää rakennuksen lämmitysvesi ja käyttövesi.



KUVA 11 Tavanomainen ilma-vesilämpöpumppu

5.2.3.1 Energiankulutus

Ilma-vesilämpöpumppu ei erikseen mitoiteta. Se lisätään CADSin energianlaskentaan, jonka avulla ohjelma laskee tarvittavat energiankulutukset ja tuotetun lämmitysenergian. Laskentaohjelmalle kerrotaan pumpun olevan täysitehoinen.

5.2.3.2 Tulokset

Remontin investointihinnaksi saadaan 8949 euroa. Hinta muodostuu UVLP:n asennuksesta öljylämmityksen tilalle. Tällä remontilla energiaa säästyy vuosittain 979 kWh. Takaisinmaksuaika on 7,6 vuotta. Käyttökustannuksissa säästöä saadaan 10 vuoden aikana 2243 euroa.

5.2.4 Ilma-vesilämpöpumppu öljylämmityksen rinnalle

Niin kutsuttua pakkia käytetään nykylämmönlähteen rinnalla. Pakki-nimitys tulee siitä, kun pumpussa on ulkoyksikön lisäksi levylämmönvaihdin, joka muistuttaa pakkia. Tämä vaihdin on yhdistetty ohjauksineen itse lämmitysjärjestelmään. (Kuva 12)



KUVA 12 UVLP:n ohjausyksikkö ja levylämmönvaihdin

5.2.4.1 Energiankulutus

Kuten öljyn korvaavaa lämpöpumppua ei erikseen mitoiteta, ei myöskään pakkia mitoiteta. Öljyn rinnalle asennettava UVLP syötetään energianlaskentaan osatehoisena.

5.2.4.2 Tulokset

Remontin investointihinnaksi saadaan 5950 euroa. Hinta muodostuu UVLP:n asennuksesta. Tällä remontilla energiaa säästyy vuosittain 1256 kWh. Takaisinmaksuaika on 3,9 vuotta. Käyttökustannuksissa säästöä saadaan 10 vuoden aikana 7935 euroa.

5.3 Koneellinen ilmanvaihto

Yhtenä energiaremontin vaihtoehtona on poistaa käytöstä painovoimainen ilmanvaihto ja asentaa rakennukseen koneellinen ilmanvaihto LTO:lla. Kun vanhaan taloon laitetaan koneellinen ilmanvaihto, täytyy huolehtia että taloon ei synny alipaineisuutta kuten nykytaloissa, joihin on asennettu koneellinen ilmanvaihto. Vanhan rakennuksen rakenteet ovat yleensä epätiivimpiä kuin uudet rakenteet.

Mikäli koneellinen ilmanvaihto suunnitellaan alipaineiseksi, on tästä havaittu aiheutuvan sisäilmaongelmia. Näin ollen rakennuksen alipaine vetää epätiiviestä rakenteista epäpuhauksia sisäilmaan. Myös ylipaineisuutta tulee välttää, jottei sisäilman kosteus painu rakennuksen vaipan rakenteisiin.

5.3.1 Ilmanvaihtosuunnitelmat

Koneellinen ilmanvaihto otetaan vertailuun, jotta nähdään kuinka paljon lämmöntalteenotto vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen. Ilmanvaihtosuunnitelmat tehdään CADS-suunnitteluohjelmalla. Ilmanvaihtokanavistoa ei tässä mitoiteta koska ainoana tarkoituksena on saada selvitettyä tarvittava osaluettelo ilmanvaihtojärjestelmästä. Ilmanvaihtoremontissa yläpohjaan asennetaan myös 200 mm:n puhallusvilla.

5.3.2 Ilmavirtojen mitoitus

Ilmanvaihdon suunnittelu aloitettiin määrittämällä asuntoon asetusten mukaiset ilmavirrat (taulukko 7). Ilmanvaihtosuunnitelma tehdään CADS-suunnitteluohjelmalla. Järjestelmää ei erikseen mitoiteta koska tarkoitus on saada vain massaluettelo järjestelmästä, minkä perusteella voidaan laskea urakan hintaa investointina.

TAULUKKO 7 Ilmavirtojen mitoitustaulukko

Tila	Koko		Käyttötilanne					
			Tehostus [dm ³ /s]		Normaali [dm ³ /s]		Poissa [dm ³ /s]	
	m ²	m ³	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto	Tulo	Poisto
1 KRS_AT	19,3	47,5						
1 KRS_TEKN	4,7	11,6	7,8	7,8	6	6	2,4	2,4
1 KRS_AULA	19	46,7						
1 KRS_MH1	15,8	38,9	15,6		12		4,8	
1 KRS_MH2	14,3	35,2	15,6		12		4,8	
1 KRS_OH	23,7	58,3	23,4		18		7,2	
1 KRS_K	10,3	25,3		10,4		8		3,2
1 KRS_WC	2,4	5,9		10,4		8		3,2
1 KRS_VH1	4,2	10,3		7,8		6		2,4
1 KRS_VH2	8,1	19,9		7,8		6		2,4
1 KRS_KHH	10	24,6	10,4	15,6	8	12	3,2	4,8
1 KRS_PE	3,5	8,6		15,6		12		4,8
1 KRS_S	3,5	8,6	9,1	9,1	7	7	2,8	2,8

YHTEENSÄ	139	341	82	85	63	65	25	26
-----------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Rakennuksen alipaineisuus	3	%
Normaalin käytön ilmanvaihtokerroin	0,6	1/h
Normaalin käytön minimi-ilmavirta	47,4	dm ³ /s (0,5 1/h)
Tehostus verrattuna normaali käyttöön	30,0	% (mitoitus)

Ilmanvaihtokertoimeksi saadaan 0,6 1/h, mikä tarkoittaa, että rakennuksen tilavuudesta 60 % vaihtuu 1 tunnin aikana.

5.3.3 Tulokset

Ilmanvaihtoremontin investointihinnaksi saadaan 5591 euroa. Hinta muodostuu puhallusvillasta, ilmanvaihto-osista, ilmanvaihtokoneesta sekä eriste- ja kannakointitarvikkeista. Tällä remontilla energiaa säästyy vuosittain 1131 kWh. Takaisinmaksuaika on kohtuullinen: 4,1 vuotta. Käyttökustannuksissa säästöä saadaan 10 vuoden aikana 7935 euroa. Taulukossa 8 näkyvät tulokset eriteltyinä.

TAULUKKO 8 Laskennan tulokset

Vaihtoehto	Investointi, €	Energiansäästö kWh/10v	Säästetty, €/10v	Takaisinmaksuaika, v
Nykytilanne	-	-	-	-
Ovet+ikkunat+lisäeristys	14840	7652	-5217	16,2
Hybridi: Öljy+ILP	2000	7477	5889	2,2
Ilmanvaihtoremontti+puhallusvilla	5591	11308	7330	4,1
Hybridi:ÖLJY+UVLP	5950	12562	7935	3,9
UVLP öljyn tilalle	8949	9785	2243	7,6

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli laskea vanhan omakotitalon nykyinen energiankulutus sekä miettiä järkeviä energiansäästöratkaisuja. 10 vuoden ajanjaksolla nopein takaisinmaksuaika oli ilmalämpöpumpulla. Vastaavasti pisin takaisinmaksuaika oli ovi-, ikkuna- ja lisäeristysremontilla. Tämä johtuu pitkälti siitä, että kyseinen remontti on vaihtoehtoista kallein.

Työn tilaaja voi käyttää tämän opinnäytetyön tuloksia harkitessaan eri vaihtoehtoja tai remonttiratkaisujen järjestystä parantaakseen rakennuksen energiataloudellisuutta.

Opinnäytetyön haasteena oli saada laskettua vertailukelpoisia arvoja hintavertailuun. Koska rakennuksen olemassa olevien rakenteiden U-arvot perustuvat arvioihin, tulee laskelemaan suhtautua hieman kriittisesti. Todellisuudessa rakenteiden U-arvot voivat olla parempia kuin mitä laskelmissa käytettiin.

Remonttivaihtoehtojen takaisinmaksuajat vaikuttavat loogisilta. Esimerkiksi ilmalämpöpumpun tyyppinen takaisinmaksuaika on noin 2 vuotta. Tähän vaikuttaa suuresti myös se, kuinka paljon ilmalämpöpumppua käytetään kesäisin jäähdytykseen.

On vaikea sanoa, mikä ratkaisu olisi paras. Ratkaisu riippuu siitä, halutaanko enemmän rahallisia hyötyjä vai halutaanko ajatella enemmän rakennuksen energiatehokkuutta. On myös hyvä muistaa, että esimerkiksi öljyn hinta voi lähivuosien aikana nousta huomattavasti. Tämän vuoksi myös uusiutuvien luonnonvarojen merkitys rakennusten energianlähteenä tulee nousemaan.

LÄHTEET

1. Artikkele: Korjaa 60-luvun talo oikein. 2011. Merja Halme ja Eric Leraillez. Saatavissa: <https://www.meillakotona.fi/artikkelit/korjaa-1960-luvun-talo-oi-kein> Hakupäivä: 29.4.2019
2. 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuudesta. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_ rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus Hakupäivä: 22.4.2019
3. Ohje rakennuksen energiankulutuksen laskentaan. 2018. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_ rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus Hakupäivä: 17.3.2019
4. Puhalluskivivilla. 2015. Paroc Oy. Saatavissa: <https://www.paroc.fi/-/media/files/brochures/finland/paroc-blowing-wool-brochure-fi.ashx>. Hakupäivä: 30.4.2019
5. Esite huokoisista puukuitulevyistä. 2012. Suomen Kuitulevy Oy. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puukuitulevy%20RTKortti2012.pdf> Hakupäivä: 30.4.2019
6. Kuva ilmalämpöpumpun toimintaperiaatteesta. 2019. Välimäki Oy. <https://lampojakylmaasennus.fi/ilmalampopumppu-oulu> Hakupäivä: 30.4.2019
7. Ohje ilmalämpöpumpun mitoitukseen. 2017. Mikko Niskala. Saatavissa: https://moodle.oamk.fi/pluginfile.php/172975/mod_folder/content/0/09_L3_%2025_9_17%20Taulu%20T17-T18%20ILPI%20COP.pdf?forcedownload=1 Hakupäivä: 9.5.2019
8. Öljylämmitys. 2019. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/oljylammitys. Hakupäivä: 28.2.2019
9. Ilma-vesilämpöpumppu, 2019. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp. Hakupäivä: 28.2.2019

10. Ympäristöministeriön opas lämpöpumppujen energialaskentaan. 2012. Ympäristöministeriö. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus Hakupäivä: 17.3.2019
11. Lämmitysöljyn hinta. 2019. Neste Oil. Saatavissa: <https://www.neste.fi/lammitysolytilaus> Hakupäivä: 23.4.2019
12. Eristetyt lämmitys- ja käyttövesiputkistot. 2015. Uponor. Saatavissa: https://www.uponor.fi/-/media/country-specific/finland/download-centre/local-heat-distribution/installation-manuals/10011_eristetyt_putkistot_09_2015.pdf Hakupäivä: 23.4.2019
13. Ympäristöministeriön asetus vesi- ja viemärlaitteistoista. 2018. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7B6BCD2F9D-9D8A-419E-879A-8D8560E400B6%7D/133639> Hakupäivä: 23.4.2019
14. Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista. 2007. Saatavissa: https://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf 23.4.2019
15. Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskenta. 1985. Ympäristöministeriö, kumotut ohjeet. Saatavissa: <https://www.ym.fi/download/noname/%7B0AF901F1-809B-4CA5-A6B0-6C2D26E9CDD9%7D/100785> Hakupäivä: 1.4.2019
16. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnittelu-arvoja. 2018. Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://energiatodistus.motiva.fi/midcom-serveattachmentguid-1e8ea8b8606c502ea8b11e89b1a77278a7d4c494c49/energiatodistus-opas_2018_vanhojen_rakennusten_tyypillisia_suunnitteluarvoja.pdf Hakupäivä: 1.4.2019
17. Lämpöpumppujen hankintaopas. 2018. Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/14752/Lampopumppujen_hankintaopas_kunnat_ja_taloyhtiot.pdf Hakupäivä: 3.4.2019
18. 1009/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen sisäilmasta ja ilmanvaihdosta. Saatavissa: https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys Hakupäivä: 12.4.2019