



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

PYRY HAUTAJÄRVI

Energiatehokkuuden parantaminen 1970-luvun omakotitalossa

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2024

TIIVISTELMÄ

Hautajärvi, Pyry: Energiatehokkuuden parantaminen 1970-luvun omakotitalossa

Opinnäytetyö, AMK

Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Huhtikuu 2024

Sivumäärä: 48 + 5

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia energiatehokkuusparannuksia 1970-luvun omakotitalossa. Sähkön ja öljyn hinnan nousemisen takia on ollut entistä tärkeämpää kiinnittää huomiota asuinrakennuksen kokonaisenergian kulutukseen.

Opinnäytetyössä tutkittiin asuinrakennuksen vesikalusteiden virtauksia, sisäilman kosteuksia ja lämpötiloja sekä mahdollisia lämpöhäviöitä lämpökamerakuvauksen avulla. Samalla tutkittiin, miten eri lämmitysmuodot painovoimaisella ja koneellisella ilmanvaihdolla vaikuttavat asuinrakennuksen energiatehokkuuteen energiankulutuslaskennan avulla.

Laskennasta saatujen tulosten perusteella koneellinen ilmanvaihto ja maalämpö -yhdistelmä on energiatehokkain vaihtoehto kokonaisenergian kulutuksen puolesta, mutta maalämmön tilalle laittaisin ilmavesilämpöpumpun, sillä se on yleensä halvempi eikä vaadi lupia. Kosteus- ja lämpötilamittausten perusteella sisäilman lämpötilat ovat hieman koholla suositeltuun lämpötilaan nähden. Lämpökamerakuvausten perusteella rakennusten nurkkakohdat ja ikkunoiden liittymät ulkoseinärakenteisiin ovat pahimmat lämpöhäviöt.

Avainsanat: energiatehokkuus, lämpöhäviö, lämmitysjärjestelmät, ilmanvaihto

ABSTRACT

Hautajärvi, Pyry: Improving Energy Efficiency in a 1970s Detached House

Bachelor's thesis

Energy and Environmental Engineering

April 2024

Number of pages: 48 + 5

The purpose of this thesis is to study energy efficiency improvements in a 1970s detached house. Due to rising electricity and oil prices, it has become increasingly important to pay attention to the total energy consumption of a residential building.

The thesis examined the flows of water fittings in a residential building, indoor humidity and temperatures, and possible heat losses with the help of thermal camera imaging. At the same time, the study examined how different forms of heating with gravitational and mechanical ventilation affect the energy efficiency of a residential building with the help of energy consumption calculation.

Based on the results of the calculation, the mechanical ventilation and geothermal heat combination is the most energy-efficient option in terms of total energy consumption, but instead of geothermal heat I would put an air-to-water heat pump, as it is usually cheaper and does not require permission. Based on humidity and temperature measurements, indoor air temperatures are slightly elevated compared to the recommended temperature. Based on thermal imaging, the corners of the buildings and the connections of the windows to the exterior wall structures are the worst heat losses.

Keywords: energy efficiency, heat loss, heating systems, ventilation

ALKUSANAT

Haluan ensimmäiseksi kiittää lähisukulaisiani, että saan tehdä tämän opinnäytetyön juuri heidän omakotitalostaan. Toiseksi haluan kiittää äitiäni, kaksois-siskoani sekä lankoani ja hänen isäänsä kaikesta saamastani avusta ja tuesta tämän opinnäytetyön tekemisen aikana. Tukenne ovat olleet arvokasta. Viimeisenä, mutta ei vähäisempänä haluan antaa kiitokset opinnäytetyöohjaajaleni Jarkko Heinoselle.

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 ENERGIATEHOKKUUDEN TEORIA | 8 |
| 2.1 Energian loppukäyttö | 8 |
| 2.2 Pientalon energiahäviöt | 9 |
| 2.3 Energiatehokkuus | 9 |
| 2.4 Energiatodistus | 10 |
| 2.5 Lämmitysmuodot | 11 |
| 2.6 Rakentamisohjeistus 1970-luvulta verrattuna nykypäivään | 12 |
| 2.7 Ilmanvaihto osana energiatehokkuutta | 14 |
| 2.8 Suomalaisten vedenkulutustottumuksia | 15 |
| 3 TUTKIMUSMENETELMIEN KUVAUS | 17 |
| 3.1 Haastattelu | 17 |
| 3.2 Asuinrakennuksen energiankulutuksen laskenta | 17 |
| 3.3 Mittaukset | 18 |
| 3.3.1 Vesikalusteiden virtausmittaukset | 18 |
| 3.3.2 Huoneiden olosuhteiden mittaus | 19 |
| 3.3.3 Lämpökamerakuvaus | 19 |
| 4 KOHTEEN KUVAUS | 21 |
| 4.1 Omakotitalon kuvat ja piirustukset | 21 |
| 4.2 Nykyinen lämmitysmuoto | 28 |
| 4.3 Opinnäytetyökohteen sähkönkulutus | 31 |
| 4.4 Opinnäytetyökohteen käyttövedenkulutus | 32 |
| 4.5 Opinnäytetyökohteen öljynkulutus sekä aurinkopaneelien tuotos | 33 |
| 4.6 Opinnäytetyökohteen ilmanvaihto | 35 |
| 5 TUTKIMUKSET | 38 |
| 5.1 Asuinrakennuksen energiankulutuksen laskenta | 38 |
| 5.2 Mittaukset | 39 |
| 5.2.1 Vesikalusteiden virtausmittaukset | 39 |
| 5.2.2 Huoneiden olosuhteiden mittaus | 41 |
| 5.2.3 Lämpökamerakuvaus | 42 |
| 6 TULOKSET | 43 |
| 6.1 Asuinrakennuksen energiankulutuslaskenta | 43 |
| 6.2 Mittaukset | 46 |
| 6.2.1 Vesikalusteiden virtausmittaukset | 46 |
| 6.2.2 Huoneiden olosuhteiden mittaus | 47 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 6.2.3 Lämpökamerakuvaus | 47 |
| 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA | 49 |
| LÄHTEET | 53 |
| LIITE 1: LÄMPÖKAMERAKUVAT | 55 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on tutkia energiatehokkuuden parannustoimia 1970-luvun omakotitalossa. Kaikki energia, mitä saadaan säästettyä, on erityisesti ympäristölle hyödyksi. Taloudellisen näkökulman kannalta energiatehokkuus säästää asuinrakennuksen lämmityskuluissa.

Merkittävä osa Suomen rakennuskannasta koostuu 60–80-luvuilla rakennetuista asuinrakennuksista. Yksi näistä asuinrakennuksista on opinnäytetyössä käsiteltävä omakotitalo. Kaikkien 60–80-luvuilla valmistuneiden asuinrakennusten omistajat voivat hyötyä tästä tehdystä opinnäytetyöstä.

Opinnäytetyö pyrkii vastaamaan seuraaviin kehittämiskohteisiin: lämpöhäviöiden huomioimiseen, ilmanvaihtojärjestelmään, lämmitysmuotoon sekä käyttöveden kulutukseen.

Opinnäytetyössä käytettäviä menetelmiä ovat haastattelu, jolla saadaan tietoa omakotitalosta sekä kulutustottumuksista. Opinnäytetyön asuinrakennukselle tehdään energiankulutuksen laskenta eri lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmillä. Lisäksi asuinrakennuksesta, autotallista sekä kahdesta ulkovarastosta tehdään virtaus- ja olosuhdemittaukset. Lopuksi on otettu lämpökamerakuvia, jolla havaitaan lämpöhäviökohdat.

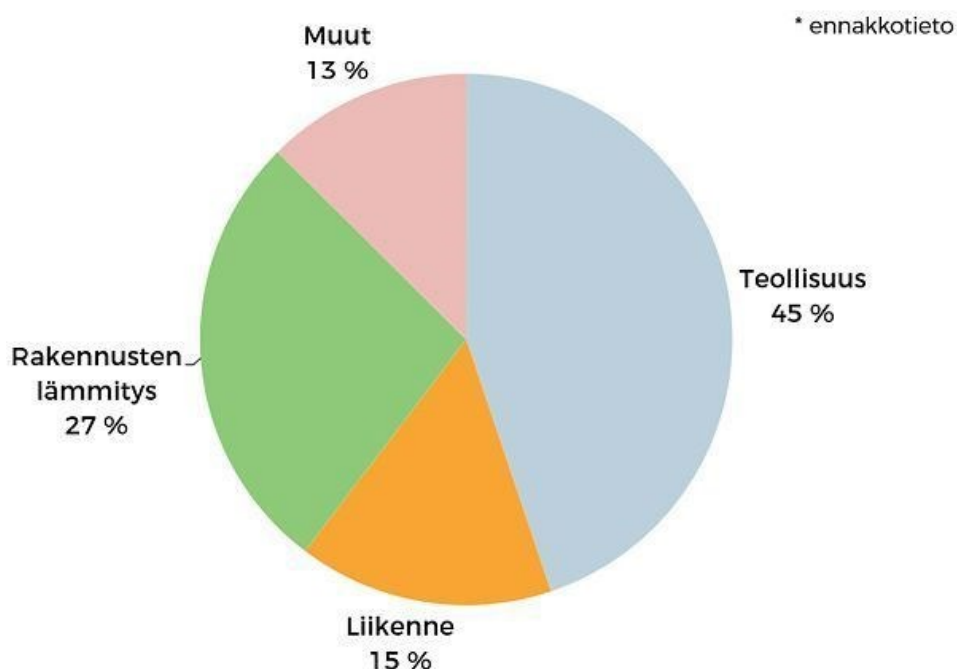
Asuinrakennuksen energiankulutuksen laskennassa ei ole mukana autotallia sekä kahta ulkovarastoa. Nämä kuitenkin vaikuttavat öljynkulutukseen, sillä autotallia ja kahta varastoa lämmitetään vesikiertoisilla pattereilla.

2 ENERGIATEHOKKUUDEN TEORIA

2.1 Energian loppukäyttö

Rakennusten lämmitys kuluttaa energiaa neljäsosan kaikesta käytetystä energiasta Suomessa (Suomen ympäristökeskus, 2022). Energian loppukäyttö on energiaa, joka jää häviöiden jälkeen käyttöön kotitalouksille, yrityksille ja kuluttajille. Energiahäviöitä tapahtuu, kun energiaa siirretään ja muunnetaan. (Motiva, 2023.)

Energian loppukäytön jakaantuminen sektoreittain 2022*

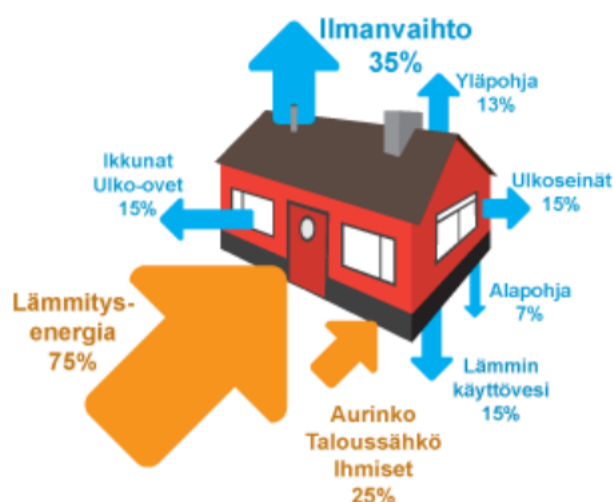


Kaavio 1. Energian loppukäytön sektorijakauma 2022 (Motiva, 2023)

Yläpuolella olevasta kaaviosta voidaan päätellä, että rakennukset ovat yksi merkittävimmistä energiatehokkuuden parantamisen kohteista. Energiatehokkuutta lisäävät rakennuksissa hyvä lämmöneristys, energiatehokkaat ikkunat, ilmatiiviit rakenteet, koneellinen ilmanvaihto, jossa on lämmöntalteenotto, sekä energiatehokkaat valaistukset ja laitteet, jotka toimivat sähköllä. (Motiva, 2021.)

2.2 Pientalon energiahäviöt

Rakennusfysikaalisesti ilmankosteus, ilman lämpötila ja ilmanpaine pyrkivät tasapainoon, eli sisäilman lämpö pyrkii lämpimämmästä kylmempään. Hyvä tasapaino voidaan saavuttaa rakenteiden oikeaoppisella eristyksellä ja tiiviydellä.



Kuva 1. Lämpöenergiatase pientalossa (Aamuvuori, 2013)

Lämpöenergiaa kuluu pientalossa suurimmaksi osaksi rakennuksen ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Lämpöenergiaa tulee rakennukseen sähkölaitteiden, ihmisten ja auringon vaikutuksesta. Lämpöhäviöitä muodostuu ilmanvaihdosta, ikkunoista ja ovista, ulkoseinistä, käyttövedestä sekä ala- ja yläpohjasta. (Kuva 1.)

2.3 Energiatehokkuus

Energiatehokkuuden kehittäminen on osa Euroopan unionin energia- ja ilmastopolitiikkaa. Tarkoituksena on pienentää palvelujen, suoritteiden ja tuotteiden valmistamiseen tarvittavaa energiamäärää. Energiatehokkuuden lisääminen tuo säästöjä, sillä energiatehokkuuden parantaminen alentaa hiilidioksidipäästöjä ja energiankulutusta. (Energiavirasto, n.d.)

”Energiatehokkuus tarkoittaa suoritteen, palvelun, tavaran tai energian tuotoksen ja energiapanoksen välistä suhdetta. Energiatehokkuuden parantaminen tarkoittaa teknisistä, ihmisten käyttäytymiseen liittyvistä tai taloudellisista muutoksista johtuvaa energiatehokkuuden lisääntymistä.” (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 3 § 1 mom. 2&5 k.)

2.4 Energiatodistus

Energiatodistus on asiakirja rakennusten energiatehokkuuden vertailuun sekä parantamiseen. Energiatodistusta vaaditaan olemassa oleville rakennuksille, kun rakennus myydään tai vuokrataan. Uudisrakennukselle rakennuslupaa haettaessa tulee myös esittää energiatodistus. (Motiva, 2022.) Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää rakennushankkeeseen ryhtyvän, eli rakennuttajan tai kohteen tilaajan pitävän huolta siitä, että rakennus suunnitellaan ja toteutetaan niin, että energiaa ja resursseja kuluu mahdollisimman taloudellisesti (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 17 luku 117g § mom. 1.) . Energiatodistusta ei kuitenkaan vaadita kaikille rakennuksille. Todistusta ei edellytetä rakennukselle, joka on kerrosaltaan alle 50 neliometriä tai joka on asuinrakennus, jota käytetään loma-asuntona, mutta jota ei kuitenkaan käytetä majoituselinkeinoon. (Motiva, 2022.)

Energiatodistus perustuu rakennuksen ominaisuuksiin eikä rakennuksen käyttäjien kulutustottumuksiin. Energiatodistuksessa on ammattilaisen laatimia suosituksia energiatehokkuuden parantamiseen, toteutunut energiankulutus, energiatehokkuusluokka ja E-luku, joista kaksi jälkimmäistä perustuvat laskennalliseen kulutukseen. Todistus on voimassa 10 vuotta sen myöntämisestä. (Motiva, 2022.)

2.5 Lämmitysmuodot

Öljypoltin hankkii polttoaineensa, eli öljyn, öljysäiliöstä ja käyttää öljyä lämmitteäkseen kattilan vesitilaa. Öljyn polttamisessa syntyvät palokaasut ohjataan ulos savuhormin kautta. Kiertovesipumppu pumpkaa lämmitettyä vettä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, kuten esimerkiksi pattereille. Lämmin käyttövesi lämmitetään kattilassa, sisällä olevan lämmönsiirtimen avulla. (Lämmitysenergia Yhdistys, n.d.)

Maalämpö hyödyntää luonnon omaa lämpövarastoa, jota muodostaa auringon säteily ja maapallon ydin. Aurinko ja ydin lämmittävät maaperää, kalliota ja vesistöä. Maalämpö otetaan talteen syvälle poratun lämmönkeruuputkiston ja pumpun avulla. Lämpö jaetaan vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Maalämmöllä voidaan lämmitellä käyttövesi. (Tom Allen Senera, n.d.) Maalämpö vaatii toimenpideluvan.

Kaukolämpö on tehokas tapa lämmitellä rakennuksia ja tuottaa lämmintä käyttövettä. Kaukolämpö perustuu kuumavesiverkostoon, joka kuljettaa kuumaa vettä voimalaitoksilta tai lämpökeskuksista asiakkaan lämmönvaihtimeen ja sieltä takaisin jäähtyneenä. Lämmönvaihtimet kiinteistössä erottelevat lämmitysveden ja käyttöveden toisistaan. (Rauman energia, n.d.)

Ilmavesilämpöpumpun ulkoyksikkö kerää ulkoilman lämpöenergiaa. Ulkoyksikön puhallin kierrättää ilman höyrystimen läpi. Kompressori ja paisuntaventtiili säätävät kylmäpiirin painetta, jotta kylmäaine muuttuu höyrystimessä neste-mäisestä höyryksi. Olomuodonmuutoksessa kylmäaine sitoo itseensä suuren määrän lämpöenergiaa ulkoilmasta. (Scanoffice, n.d.)

Kompressori puristaa kylmäaineen kaasuksi korkeampaan paineeseen ja edelleen kuumentaa sitä. Lämmin kaasu ohjataan sisäyksikössä sijaitsevaan lauhduttimeen, jossa kaasu muuttuu nesteeksi. Olomuodonmuutoksessa kylmäaine luovuttaa suuren määrän lämpöenergiaa lämmitysverkossa kiertävään veteen. Lämpöpumpun tuottama lämmin vesi ohjataan vaihtoventtiilin avulla joko kiinteistön lämmittämiseen tai käyttöveden lämmittämiseen tarpeen mukaan. (Scanoffice, n.d.)

2.6 Rakentamishojeistus 1970-luvulta verrattuna nykypäivään

Nykyaikaisessa rakennustyyllissä kosteudenhallintaan kiinnitetään enemmän huomiota verrattuna 1970-luvun rakennustyyliin, jolloin arvostettiin matalaperusteista rakennustyyliä. RT 820.1 -kortti vuodelta 1957 esitteli maanvaraisen alapohjan ja piilosokkelirakenteen, eli valesokkelin, joka on nykyään tunnettu riskirakenteena kosteudelle altistumisen vuoksi. RT 820.1 korvattiin uudella kortilla vuonna 1993.

Ympäristöministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet kosteudelle vuodelta 1998 antoi ohjeita maanvastaiselle alapohjalle. Siinä määrättiin, että ulkopuolen maanpinnan ja lattian yläpinnan välinen korkeusero tulisi olla vähintään 30 cm. (Ympäristöministeriö, 1998, s. 11.) Vertailun vuoksi, RT-korttien ohjeissa 1950-luvulla vastaava korkeus oli enintään 30 cm (Tulla, 2020, s. 16).

Ympäristöministeriön asetus 4/13 rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi korjaus- ja muutostöissä määritetään, että uusittavien ikkunoiden on täytettävä U-arvovaatimus, joka on vähintään $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ tai parempi. Mitä pienempi U-arvo, sitä paremmin ikkuna eristää lämpöä. (Ympäristöministeriö, 2014, s. 13.) Käytännön sovelluksissa, kuten lämmöneristämässä tavoitteena on minimoida lämpöenergian siirtyminen. Lämmönsiirtymistä vähennetään käyttämällä eristettä, joka sopii eristyskohtaan sekä jolla on mahdollisimman pieni U-arvo.

Taulukko 1. Lämmönläpäisykertoimia (Ympäristöministeriö, 2017, s. 9)

| Rakennusosa | Rakennusluvun vireilletulovuosi | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|------------|
| | -1969 | 1969- | 1976- | 1978- | 1985- | 10/2003- | 2008- | 2010- | 2012-2018- |
| Lämpimät tilat | | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 0,81 | 0,81 | 0,70 | 0,35 | 0,28 | 0,25 | 0,24 | 0,17* | 0,17* |
| Maanvarainen alapohja | 0,47 | 0,47 | 0,40 | 0,40 | 0,36 | 0,25 | 0,24 | 0,16 | 0,16 |
| Ryömintätillainen alapohja | 0,47 | 0,47 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,20 | 0,20 | 0,17 | 0,17 |
| Ulkoilmaan rajoittuva alapohja | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,29 | 0,22 | 0,16 | 0,16 | 0,09 | 0,09 |
| Yläpohja | 0,47 | 0,47 | 0,35 | 0,29 | 0,22 | 0,16 | 0,15 | 0,09 | 0,09 |
| Ovi | 2,2 | 2,2 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,0 | 1,0 |
| Ikkuna | 2,8 | 2,8 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 1,4 | 1,0 | 1,0 |
| Puolilämpimät tilat | | | | | | | | | |
| Ulkoseinä | 0,81 | 0,81 | 0,70 | 0,60 | 0,45 | 0,40 | 0,38 | 0,26* | 0,26* |
| Maanvarainen alapohja | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,45 | 0,36 | 0,34 | 0,24 | 0,24 |
| Ryömintätillainen alapohja | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,40 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,26 |
| Ulkoilmaan rajoittuva alapohja | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,45 | 0,30 | 0,28 | 0,14 | 0,14 |
| Yläpohja | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,45 | 0,30 | 0,28 | 0,14 | 0,14 |
| Ovi | 2,2 | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,4 | 1,4 |
| Ikkuna | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 1,8 | 1,8 | 1,4 | 1,4 |

Yläpuolella olevasta taulukosta nähdään lämmönläpäisykertoimien historiaa. Taulukko 1 näyttää lämmönläpäisykertoimien, eli U-arvojen, kehitystä vuosikymmenien aikana. Taulukko 1 havainnollistaa, että lämmönläpäisykertoimien arvojen kehityssuunta on ollut kohti pienempää lämmönläpäisyarvoa. Pienempi U-arvo parantaa rakennusten energiatehokkuutta.

Rakennuksen lämmöneristystä parantaa mahdollisimman pienen U-arvon käyttäminen. Lämmöneristyksen lisääminen tarkoittaa lämpöhäviöiden vähenemistä, mikä tarkoittaa pienempää lämmitysenergian tarvetta.

2.7 Ilmanvaihto osana energiatehokkuutta

Painovoimainen ilmanvaihto pohjautuu sisä- ja ulkoilman välisiin paine-eroihin, joka johtuu lämpötilan ja tuulen vaikutuksista. Tämän ilmanvaihtotavan haasteena ovat sääolosuhteiden vaihtelut, jotka vaikuttavat ilmavirtoihin. Painovoimainen ilmanvaihto on tehokkainta sään ollessa kylmä ja tuulinen. Toisaalta sään ollessa lämmin ja tyyni, on ilmanvaihto olemattoman pientä. (Hengitysliitto, 2023, s. 5.)

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa raikasta ulkoilmaa asuntoon tuovat korvausilmaventtiilit, jotka sijaitsevat useimmiten oleskelutilojen ulkoseinissä, ikkunakarmeissa tai tuuletusluukuissa. Poistoilmaventtiilit, kuten esimerkiksi keittiössä, saniteettitiloissa ja vaatehuoneessa, varmistavat ilman poistumisen. (Hengitysliitto, 2023, s. 5.)

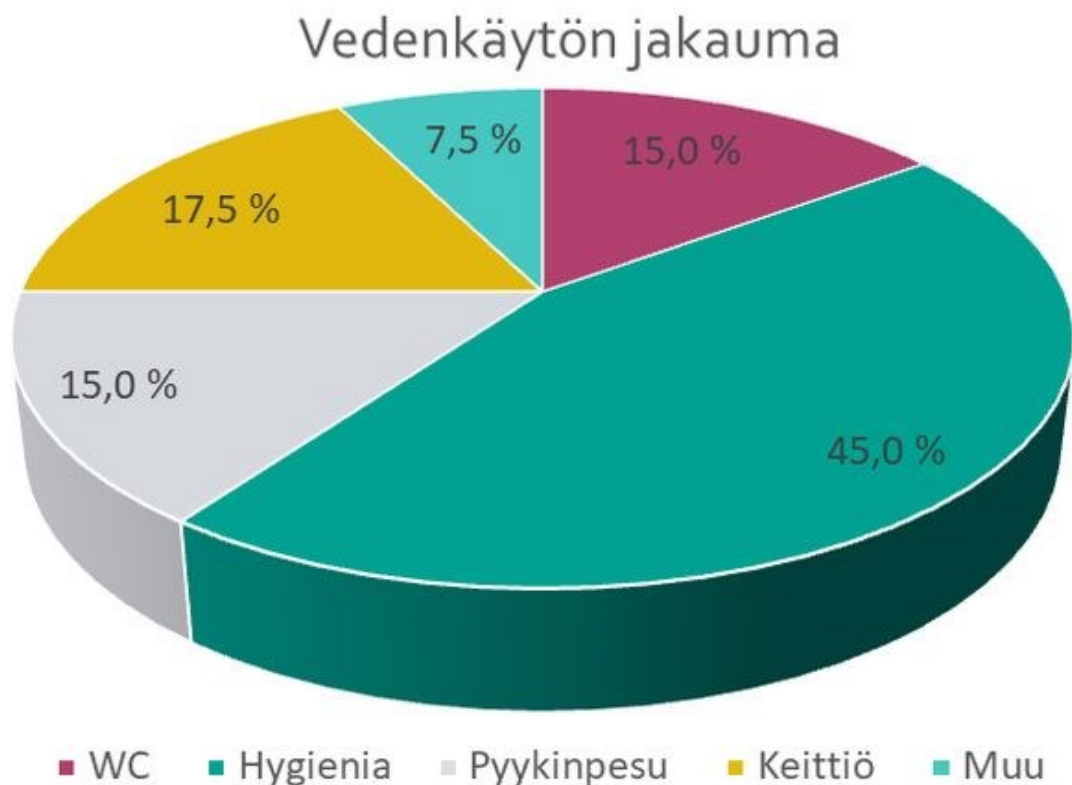
Nykypäivänä lähes kaikissa uudemmissa asuintaloissa on koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä, jonka avulla ilma puhalletaan sisään ja poistetaan koneen avulla. Tämän järjestelmän etuna on ilmavirtojen tarkka säätäminen, mikä takaa tasaisen ja jatkuvan ilmanvaihdon. (Hengitysliitto, 2023, s. 7.)

Koneellisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä sisään tuleva ilma voidaan lämmittää ja suodattaa ennen kuin ilma puhalletaan sisään. Lämmityksessä hyödynnetään poistoilmasta talteen otettua lämpöenergiaa, mikä tekee ilmanvaihtokoneesta energiatehokkaan. (Hengitysliitto, 2023, s. 7.) Ihanteellinen huonelämpötila on 20–22 astetta (Hengitysliitto, 2023, s. 13).

Kesäisin huoneilman suhteellinen kosteus vaihtelee ulkoilman kosteustason mukaisesti, yleensä liikkuen 50–70 %:n välillä. Vaihtelu johtuu sääolosuhteista. Talvisin lämmityskaudella on huoneilma kuivaa. Talvisin huoneilman suhteellinen kosteus on alle 40 % ja kovilla pakkasilla suhteellinen kosteus voi olla jopa alle 20 %. Talviaikaan huoneilman suotuisa suhteellinen kosteus liikkuu välillä 20–40 %. Lämmityskaudella suhteellisen kosteudella ollessa suurempi kuin 45 %, on ilmanvaihto huono. (Hengitysliitto, 2023, s. 13.)

2.8 Suomalaisen vedenkulutustottumuksia

Motivan ja Työtehoseuran toteuttamassa Kestävä veden käyttö -projektissa vuosina 2019–2020 tutkittiin suomalaisten vedenkäyttöä. Tutkimuksessa tarkasteltiin suomalaisten vedenkulutusta eri lähteiden avulla, kuten mittaustiedoilla, kyselytutkimuksella ja kulutusta seuraavan ryhmän avulla. Tämän avulla pyrittiin saamaan kokonaisvaltainen kuva siitä, miten suomalaiset käyttävät vettä ja miten vedenkulutusta voitaisiin kehittää kestävämmäksi ja tehokkaammaksi. Lämpimän veden osuus käytetystä vedestä oli 35 prosenttia, joten tästä voidaan päätellä, että kylmän veden osuus oli 65 %. (Motiva, 2024.)



Kaavio 2. Vedenkäytön sektorijakauma 2020 (Motiva, 2024)

Vuonna 2020 toteutettiin vedenkulutuksen kyselytutkimus, johon otti osaa 1750 vastaajaa. Kyselytutkimukseen osallistuneiden keskimääräinen vedenkulutus oli vuorokautta kohti 110 litraa per asukas. (Motiva, 2024) Tutkimukseen osallistuneiden vedenkäytön jakauma on yläpuolella kuvassa.

Käyttövedenkulutus on peräisin pääosin käyttäjistä. Oikeanlaisen verkosto-suunnittelun ja mitoituksen, yhdessä vesikalusteiden tarkastuksen kanssa, säästetään vedenkulutuksessa. Vesikalusteen virtaamaan vaikuttavat vesikaluste sekä veden jakelupaine talon käyttövesiverkostossa. Verkostosta löytyvä vuotokohta, kuten vuotava hana, vaikuttaa vedenkulutukseen. Vesikalusteiden tehokkuutta voidaan parantaa helposti ja pienin kustannuksin. Erilaisten suuttimien ja kahvojen avulla on mahdollista rajoittaa vedenvirtausta vesikalusteissa. (Sand, 2018.)

Vesikalusteen virtaaman tulee olla välillä 70–150 % normivirtaamasta, joka on ohjeellinen arvo virtaamalle (Talotekniikkainfo, 2018, s. 35). Virtausmittaus toteutetaan kylmälle ja lämpimälle vedelle, jonka avulla saadaan tietoa vesikalusteen virtauksesta.

Taulukko 2. Vesikalusteiden virtaamia (Talotekniikkainfo, 2018, s. 35)

| Vesipiste ¹⁾ | Normivirtaama q_n , dm ³ /s | |
|--|--|---------------|
| | Kylmä vesi | Lämmin vesi |
| Astianpesuallas | 0,2 | 0,2 |
| Astianpesukone kotitaloudessa | 0,2 | (0,2) |
| Pesuallas | 0,1 | 0,1 |
| Suihku | 0,2 | 0,2 |
| Kylpyamme | 0,3 | 0,3 |
| WC-istuin | 0,1 | - |
| Pesukone kotitaloudessa | 0,2 | - |
| Pesukone talopesulassa tai vastaavassa | 0,4 | - |
| Vesiposti pientalossa, DN 15 | 0,2 | - |
| Vesiposti kerrostalossa, DN 20 | 0,4 | - |
| Laskuhana, tasapohja-allas | 0,2 | 0,2 |
| Pesuistuin | 0,1 | 0,1 |
| Urinaalin huuhteluventtiili | 0,4 | - |
| Urinaalin huuhteluhana | 0,2 | - |
| Ryhmäpesuallas (n kpl) | 0,07 + 0,03 n | 0,07 + 0,03 n |
| Sarjaan kytketyt urinaalit (n kpl) | 0,14 + 0,06 n | - |
| Ryhmäsuihku (n kpl) | 0,14 n | 0,14 n |
| Teollisuus ym. laitteet | Lask. erikseen | - |

¹⁾ Jos vesikalusteessa on vaihtoehtoisia ulostuloja, otetaan mitoituksessa huomioon vain suurimman virtaaman antava ulostulo. Ulostuloksi luetaan tässä yhteydessä myös järjestely, jossa kalusteesta johdetaan vesi jollekin laitteelle, esimerkiksi pesukoneelle, helposti irrotettavan kytkennän kautta.

Virtauksen mittaaminen kertoo putkiston kunnosta ja energiatehokkuudesta, kun virtausta verrataan ohjearvoihin Taulukossa 2. Nämä ohjearvot ovat suosituksia, jotka ovat määritelty tietyille vesikalusteelle.

3 TUTKIMUSMENETELMIEN KUVAUS

3.1 Haastattelu

Haastatteluja tehtiin paikan päällä opinnäytetyökohteessa sekä kirjallisesti viestintäsovelluksien avulla. Haastatteluita varten on ollut kysymyksiä valmiina eri aiheisiin, kuten esimerkiksi öljynkulutukseen ja aurinkopaneelien tuottoon liittyen. Paikan päällä saadut haastattelutulokset kirjattiin ylös muistioon, jotta haastatteluista saadut tiedot jäävät kirjallisena muistiin. Haastatteluita pidettiin työn edetessä seuraavina päivinä: 10.2., 17.2., 19.2., 14.3. ja 12.4.

Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin haastattelua tietojen keräämiseksi omakotitalon omistajien käyttötottumuksista. Haastattelun tarkoituksena on hankkia tietoa öljynkulutuksesta, vedenkulutuksesta sekä lämmitystottumuksista. Haastattelun avulla pyritään luomaan kokonaisvaltainen kuva siitä, miten nämä tekijät vaikuttavat omakotitalojen energiankulutukseen. Opinnäytetyössä tarkastellaan haastattelutuloksia yksityiskohtaisesti, jotta voidaan tunnistaa mahdollisia energiatehokkuuden parantamiskeinoja ja kehittämisehdotuksia omakotitalojen energiankäyttöön.

3.2 Asuinrakennuksen energiankulutuksen laskenta

Asuinrakennuksen energiankulutuksen laskenta, joka tehdään laskentapalvelut.fi-sivustolla, noudattaa vuoden 2018 energiatodistusasetuksia. Tavoitteena on suorittaa energiatehokkuuslaskenta omakotitalolle eri lämmitysvaihtoehdoilla ja vertailla niiden vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. Laskennoissa käytetään valmiita, suuntaa antavia U-arvoja, jotka auttavat arvioimaan rakennuksen lämmöneristystasoa.

Tämän energiankulutuslaskennan avulla voidaan arvioida eri lämmitysvaihtoehtojen vaikutusta rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen sekä siten vertailla niiden energiatehokkuutta. Energiankulutuslaskentaan voidaan valita asuinrakennuksen lämmitysmuodoksi esimerkiksi öljylämmitys, maalämpö, kaukolämpö ja ilmavesilämpöpumppu. Energiankulutuslaskennan laatiminen auttaa tunnistamaan optimaalisen ja energiatehokkaan omakotitalon lämmitysjärjestelmävaihtoehdon tulevaisuutta ajatellen.

Näiden eri lämmitysvaihtoehtojen vertailu tarjoaa arvokasta tietoa omakotitalon omistajille, jotta he voivat tehdä perusteltuja päätöksiä energiatehokkuuden parantamiseksi ja ympäristövaikutusten vähentämiseksi.

3.3 Mittaukset

3.3.1 Vesikalusteiden virtausmittaukset

Vedenkulutusta voidaan mitata hanoista yksinkertaisella tavalla, eli sekuntikellon ja mitta-astian avulla tai virtaamamittaria käyttämällä. Sekuntikellon ja ämpäriin avulla selvitetään, kuinka monta litraa suihkusta tai hanasta tulee tietyn ajan kuluessa. Tässä opinnäytetyössä käytetään ämpäriä tai muuta soveltavaa astiaa, johon vettä päästetään ja ajanmittaukseen käytetään sekuntikelloa.



Kuva 2. Virtaamamittari (Oras, n.d)

Virtaamamittarin toimintaperiaate on yksinkertainen. Virtaamamittari laitetaan hanan alle, niin että näet kuvassa 2 olevan läpinäkyvän asteikon. Kun virtaamamittari on hanan alla ja näet mitta-asteikon, avataan hana kokonaan. Mitta-asteikoilta nähdään virtaama, jonka yksikkö on litraa minuutissa. Virtausmittaukset tehdään kylmälle ja lämpimälle vedelle erikseen.

3.3.2 Huoneiden olosuhteiden mittaus

Lämpö- ja kosteusolosuhteiden mittaamiseen käytetään PROF DT-321S -mittaria, joka mittaa lämpötilan ja suhteellisen kosteuden sisäilmasta. Mittausten tarkoituksena on seurata sisäilman laatua ja tarkistaa millaiset olosuhteet huoneissa on.

PROF DT-321S -mittari antaa tarkat lukemat lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Mittaukset auttavat tunnistamaan mahdolliset ongelmat ja tekemään tarvittavat säätötoimenpiteet. Mittausten avulla voidaan esimerkiksi säätää lämmitystä isommalle tai pienemmälle.

3.3.3 Lämpökamerakuvaus

Lämpökamerakuvaus, joka tunnetaan myös nimellä lämpökuvaus, on rakenteita rikkomaton tutkimusmenetelmä, jonka avulla arvioidaan rakennusosien laatua ja kuntoa. Lämpökamerakuvauksella pidetään huoli siitä, että rakenteet ja järjestelmät ovat energiataloudellisesti toimivia. (Kiwa, n.d.) Lämpökamerakuvausta suositellaan tehtäväksi talvella, kun on pakkasta, jolloin lämpövuodot näkyvät paremmin sisä- ja ulkolämpötilaerojen takia.



Kuva 3. Opinnäytetyössä käytetty lämpökamera

Lämpökamerakuvauksella havaitaan rakenteissa esiintyviä ilmavuotoja ja eristevikoja. Ilmavuodot ja eristeviat vaikuttavat sisätilan pintalämpötiloihin, mikä voi ilmanvaihdon seurauksena tuntua vetona. Vuotojen tiivistäminen parantaa käyttömukavuutta, kun kylmä ilma ei pääse sisään eikä lämpö karkaa rakennuksesta. Lisäksi tiivistäminen ennaltaehkäisee rakenteiden kosteusvaurioita sekä lämmityskulut pienenevät. (Polygon, n.d.)

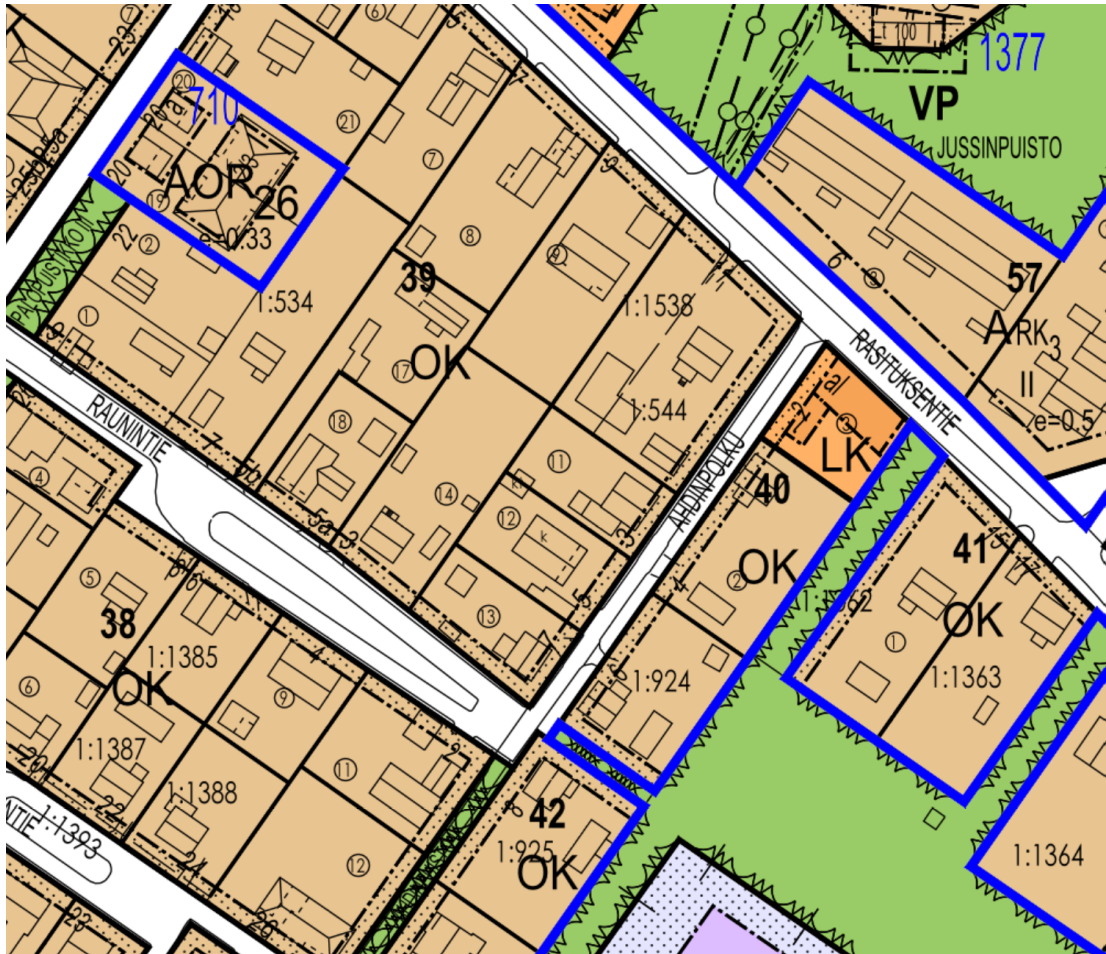
4 KOHTEEN KUVAUS

Opinnäytetyökohte on tiiliverhoiltu puurunkoinen, kaksikerroksinen omakotitalo ja sen yhteydessä oleva autotalli, jotka sijaitsevat Porissa. Omakotitalo on rakennettu vuonna 1977. Omakotitalon perustustapa on reunavahvistettu laatta. Omakotitalon alkuperäinen kattomuoto on harjakatto, ja autotallin kattomuoto on muutettu alkuperäisestä tasakatosta nykyiseen pulpettikattoon.

Alun perin omakotitalon kattona on ollut bitumiaalilevy, mutta sen päälle on asennettu peltikate. Autotallin kattomateriaalina on alun perin käytetty kaksikertaista huopaa, mutta sekin on vaihdettu peltikatteeksi. Tontin rakennusten julkisivumateriaali on puhtaaksi muurattua tiiltä, mikä tarkoittaa sitä, että tiiltä ei ole käsitelty ulkopinnalta.

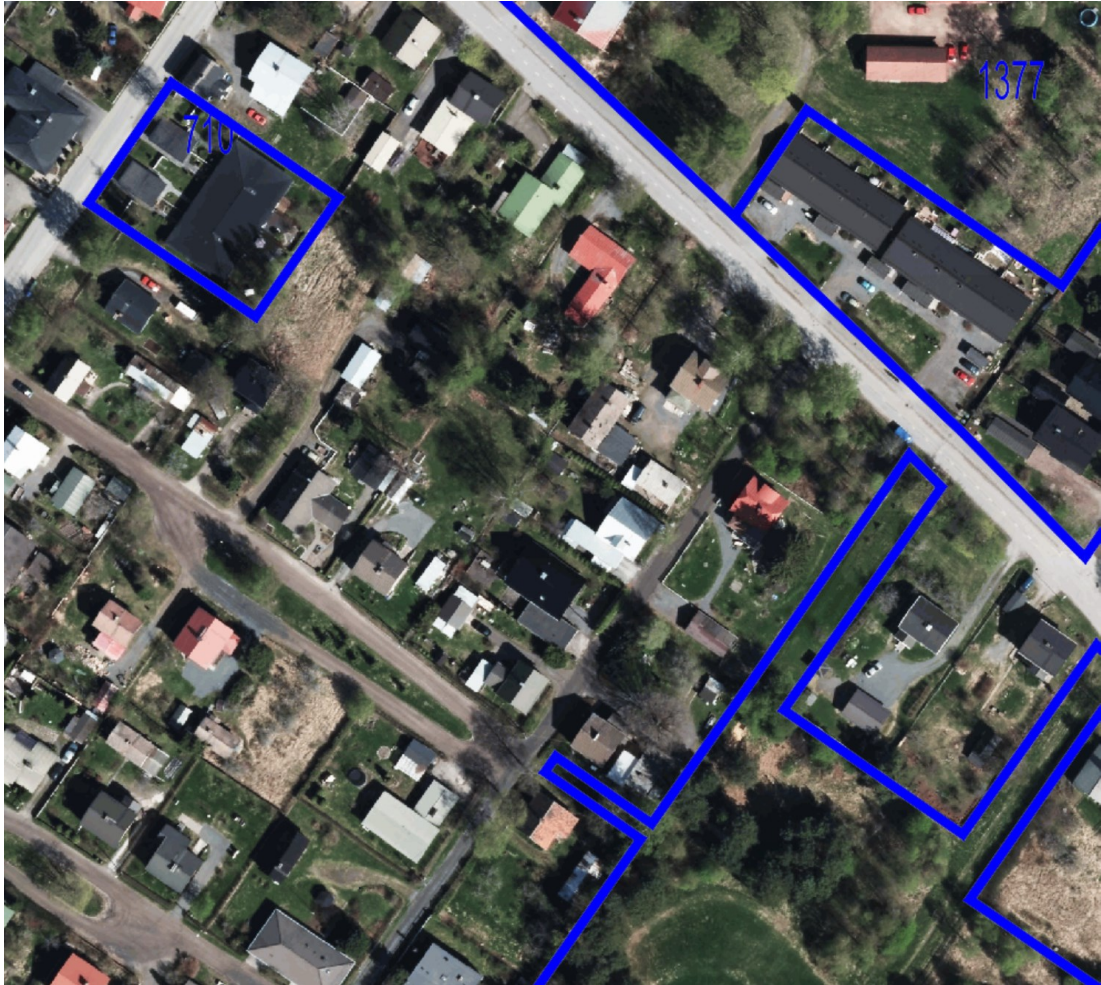
4.1 Omakotitalon kuvat ja piirustukset

Opinnäytetyökohteen asemakaavakuvasta havaitaan, että kohde sijaitsee omakotitaloalueella. Opinnäytetyöni ydinkohde on kaksikerroksinen omakotitalo sekä autotalli, jotka sijaitsevat Porissa.



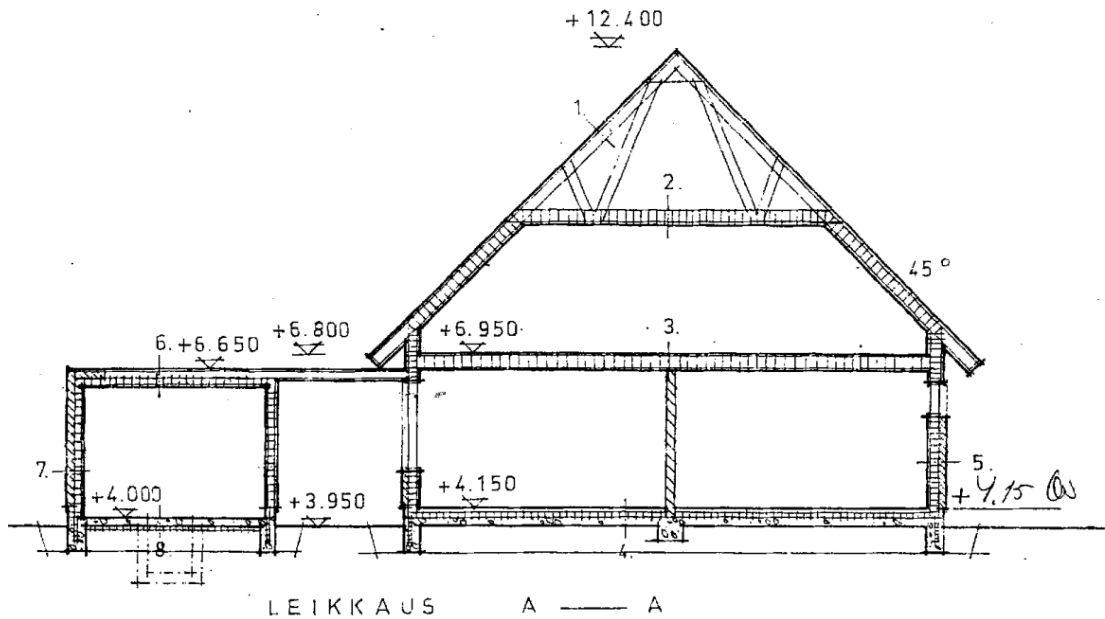
Kuva 4. Asemakaava opinnäytetyökohteen alueesta (Porin kaupunki, 2024)

Tässä opinnäytetyössä käytettävän omakotitalon tontti on asemakaavakuvan tontti numero 12. Tontit ovat melko pieniä, koska kohde sijaitsee taajama-alueella.



Kuva 5. Ilmakuva opinnäytetyökohteen alueesta (Porin kaupunki, 2024)

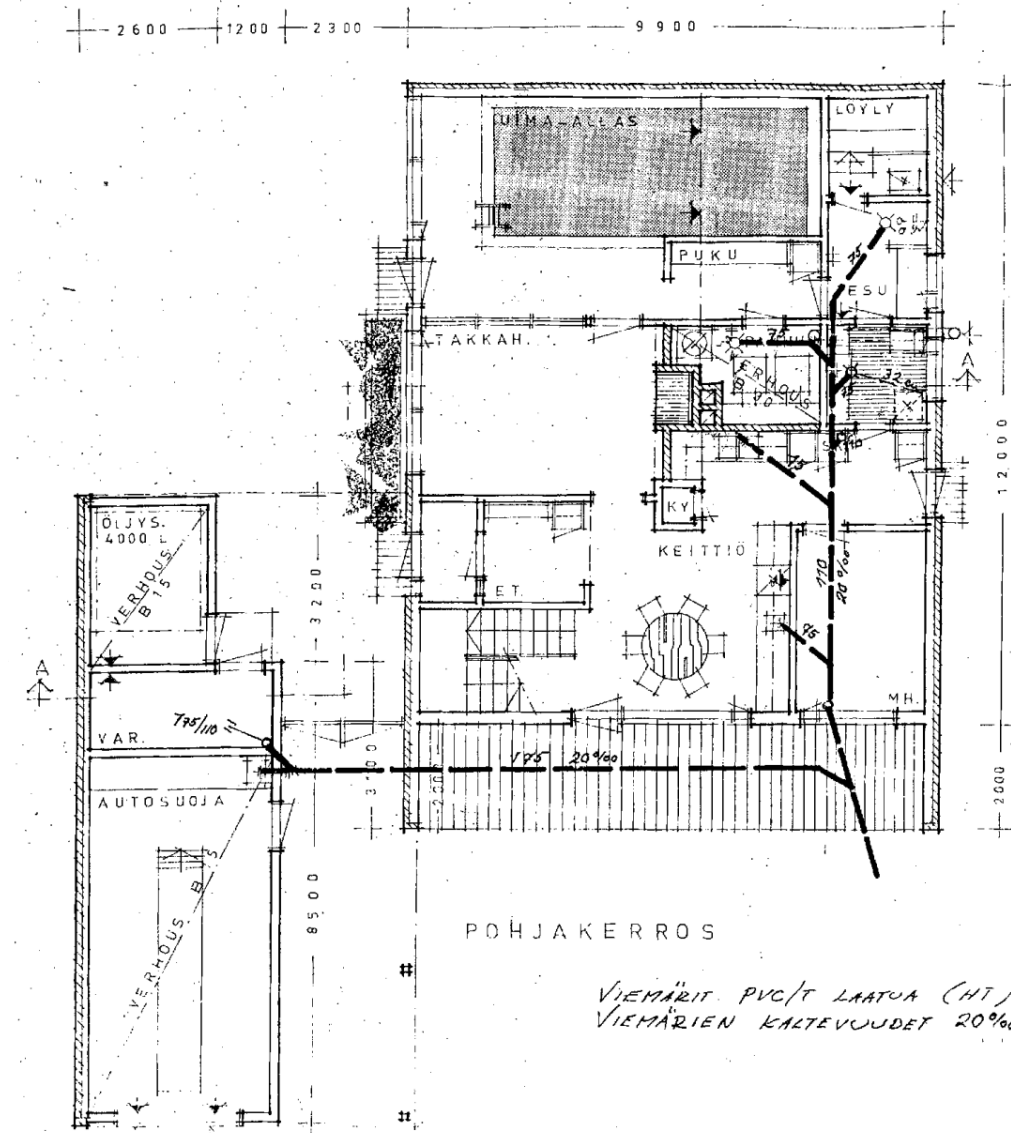
Yllä oleva ilmakuva antaa käsityksen tonteista, rakennuksista ja liikennejärjestelyistä. Asuinalue koostuu omakotitaloista ja rivitaloista.



- | | |
|--|--|
| <p>1. — BITUMIAALTOLEVY RUOTTEET KATTOTUOLIT 50 x 150</p> <p>2. — TUULENSUOJA MINER. VILLA 300 KATTOVASAT 50 x 150 ERIST. PAPERI ALUSLAUD. SISÄVERHOUS</p> <p>3. — LATTIAMATER. LASTULEVY 25 ÄÄNIERISTYS + PALKIT 75 x 225 ALUSLAUD. SISÄVERHOUS</p> <p>4. — LATTIAMATER. BET. LAATTA 50 KOVA LÄMPÖERISTYS 75 TERÄSBET. LAATTA 80 TIIV. SORA</p> | <p>5. — PUHT. MUUR. TIILI 60 ILMARAKO TUULENSUOJA RUNKO + LÄMM. ER. 150 ERIST. PAPERI SISÄVERHOUS</p> <p>6. — 2. KERT. HUOPA BITULIITTI HARVALAUD. KATTOVASAT MINER. VILLA 150 ERIST. PAPERI ALUSLAUD. SISÄVERHOUS</p> <p>7. — PUHT. MUUR. TIILI 130 RUNKO + LÄMM. ER. 100 ERIST. PAPERI SISÄVERHOUS</p> <p>8. — TASAUSBET. TERÄSBET. LAATTA 90 STYROX 50 TIIV. SORA</p> |
|--|--|

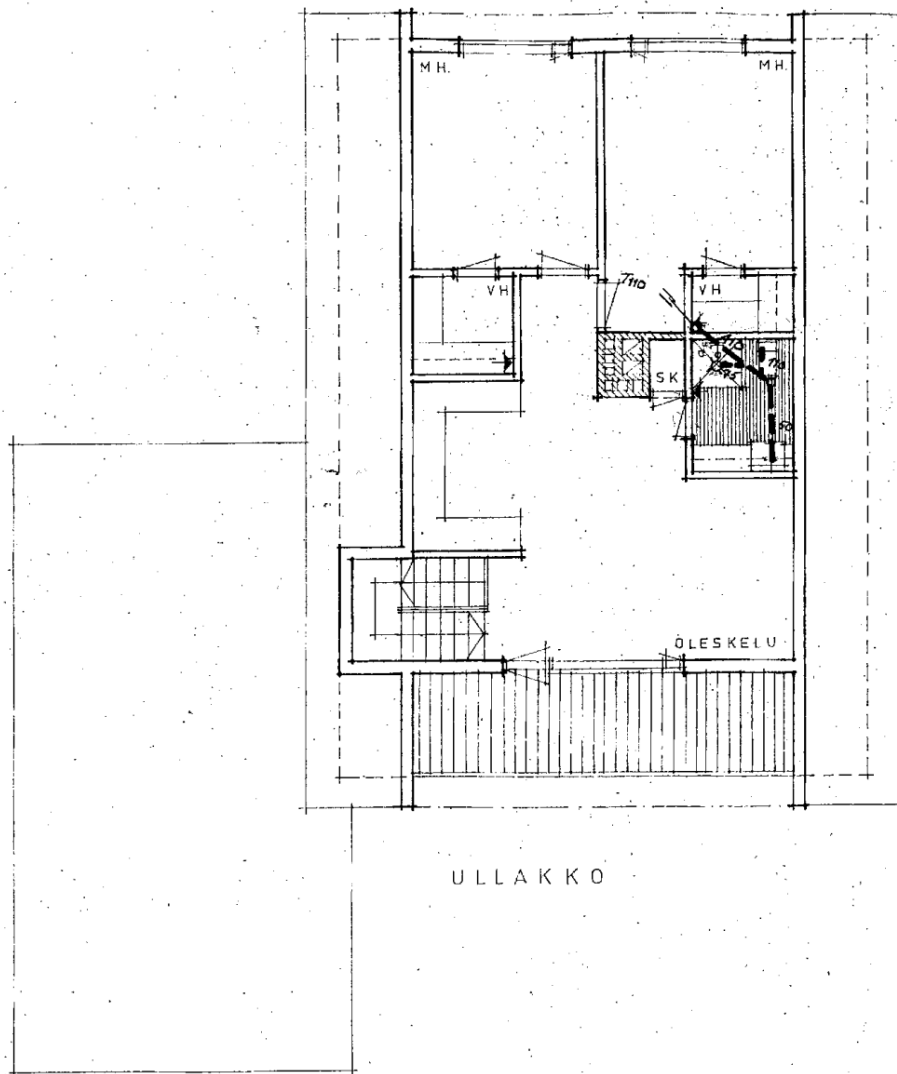
Kuva 6. Omakotitalon leikkauskuva

Omakotitalon leikkauskuvasta nähdään rakennuksen rakenteita, mittoja sekä kerrokset, joita opinnäytetyökohteessa on kaksi. Leikkauskuvassa on esitetty rakenteiden paksuuksia sekä ulkoseinät, alapohja, välipohja ja yläpohja.



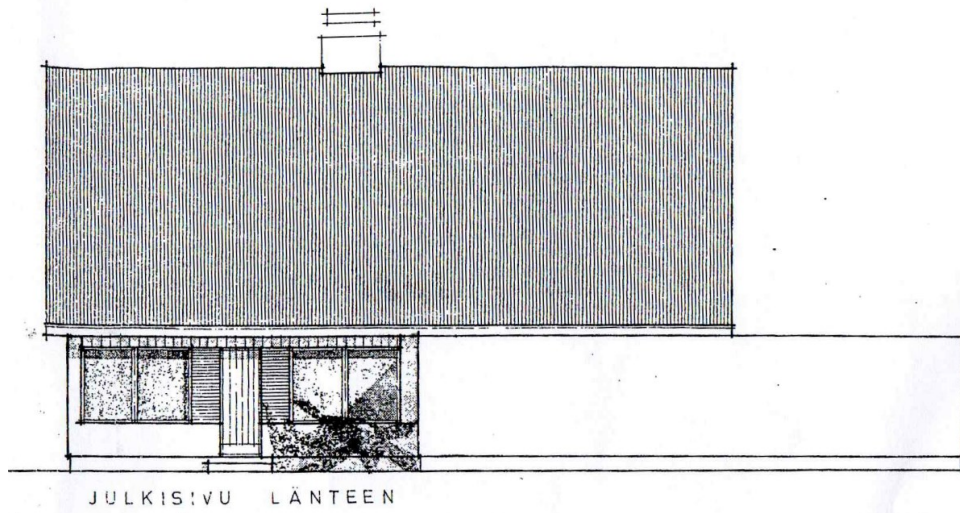
Kuva 7. Alakerran pohjapiirustus

Pohjapiirustukset tarjoavat käsityksen omakotitalon tilojen järjestyksestä sekä käyttötarkoituksesta. Piirustukset antavat käsityksen rakennuksen suunnittelusta ja toimivuudesta. Pohjakuvissa ovat merkittynä ala- ja yläkerran terassit sekä ulko-ovien paikat, kun talo on rakennettu. Nykyään öljysäiliö ei ole alkuperäisessä paikassaan, vaan se on siirretty autotallin jatkoksi. Alakerran uima-allas on muutettu varastoksi, jonka päälle on rakennettu oleskelutila ja poreallashuone.

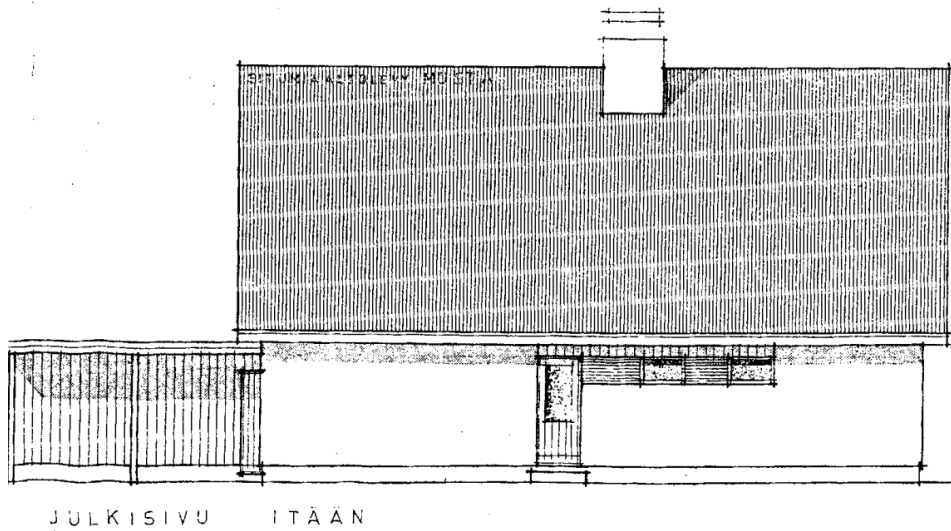


Kuva 8. Yläkerran pohjapiirustus

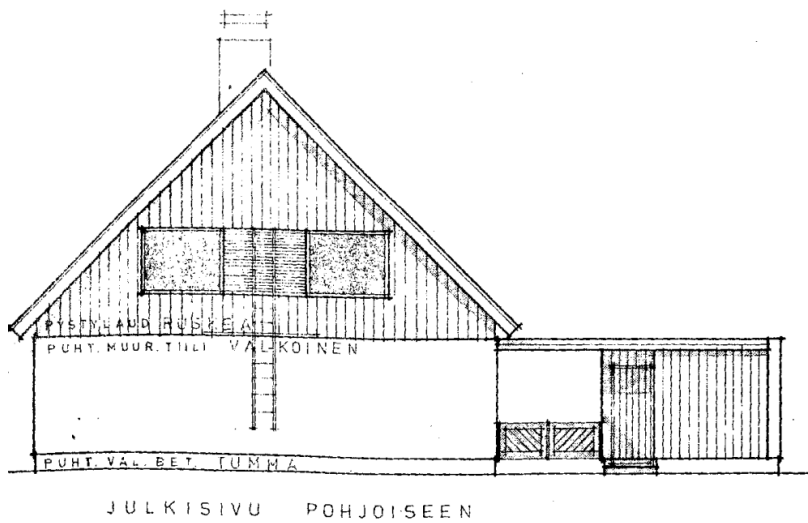
Yläkerran kylpyhuonetta on laajennettu niin, että kylpyhuoneen seinä on linjassa hormin kanssa. Yläkertaan on lisätty nykyisten omistajien toimesta kattoikkuna portaista katsottuna oikealle puolelle. Muita muutoksia rakenteellisesti yläkerran pohjaratkaisulle ei ole tehty.



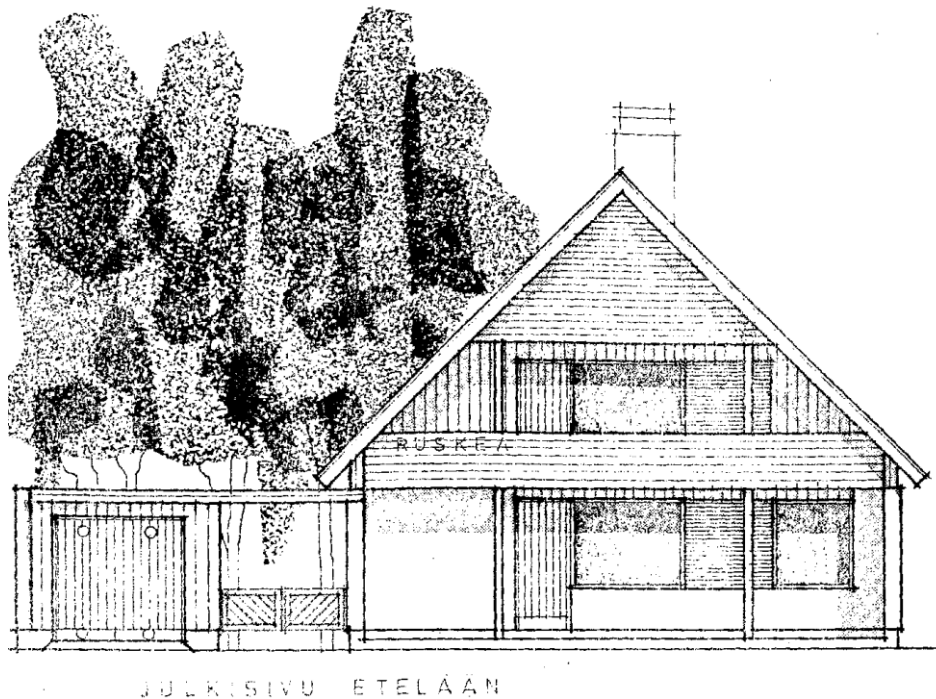
Kuva 9. Julkisivukuva lännestä



Kuva 10. Julkisivukuva idästä



Kuva 11. Julkisivukuva pohjoisesta



Kuva 12. Julkisivukuva etelästä

Omakotitalon julkisivukuva kertoo, millainen rakennuksen ulkoasu on. Julkisivukuvista nähdään talon muoto ja julkisivumateriaalit. Julkisivukuviin on merkitty talon ulkokuoren väri. Ikkunoiden ja ovien sijoittelut nähdään julkisivukuvista.

4.2 Nykyinen lämmitysmuoto

Vanhat rakennukset, kuten tämä opinnäytetyökohte, omaavat oman aikakautensa rakennustekniikkaa ja energiaratkaisuja, joista yksi keskeisimmistä oli vesikiertoinen patterilämmitys öljyllä. Öljylämmitys oli 1970-luvulla yleinen lämmitysmuoto, sillä se tarjosi tehokkaan ja edullisen tavan lämmittää taloja kylminä talvikuukausina. Öljyllä lämmitettävä patterilämmitys puolestaan mahdollisti lämmön jakamisen tasaisesti eri huoneisiin, mikä paransi asumismukavuutta.

Asuinrakennuksessa on kaksi ilmalämpöpumppua, joista toinen on yläkerrassa ja toinen alakerrassa. Ilmalämpöpumput ovat asennettu vuosina 2010 ja 2020. Nykyisten asukkaiden lisäksi alakertaan on asennettu varaava takka, jota käytetään syksyllä ja talvella usein. Ilmalämpöpumput ovat myös ahkerassa käytössä lähes päivittäin.



Kuva 13. Öljypoltin ja öljykattila

Asuinrakennuksen pälämmitysmuotona toimii öljylämmitys, mikä on ollut tyyppillinen lämmitysmuoto tämän aikakauden pientalolle. Omakotitalon alkuperäinen 1970-luvun öljypoltin ja -kattila ovat vaihdettu 1998.



Kuva 14. Öljykattilan teknisiä tietoja

Nykyinen öljylämmitysjärjestelmä on 26 vuotta vanha, joten se on kohta käyttökänsä päässä. Tämän takia asukkaat ovat jo alkaneet miettiä uutta energia- tehokkaampaa ja ekologisempaa lämmitysjärjestelmää, kuten esimerkiksi il- mavesilämpöpumppua.

Omakotitalossa on tehty käyttövesiremontti pinta-asennuksena ja autotallin katon korotus vuonna 2015. Käyttövesiremonttiin kuului käyttövesijärjestelmän suunnittelu, putkistojen reikien poraus, käyttövesijärjestelmän asennus, vesi- kohteiden kytkennät, vanhan käyttövesijärjestelmän poistaminen, koeponnis- tus ja koeponnistuspöytäkirja sekä loppusiivous. Näiden lisäksi uusittiin yksi wc-hana.

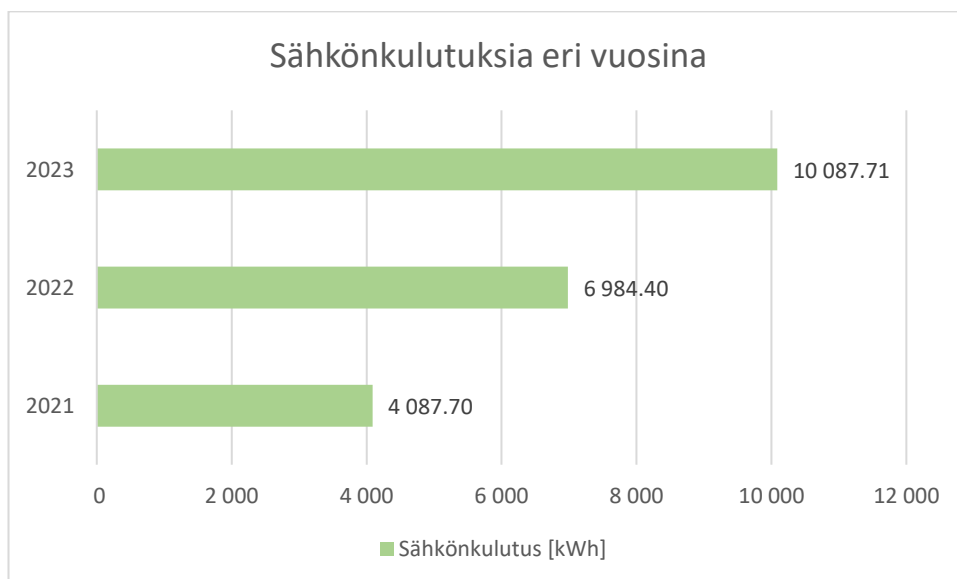
Taulukko 3. Rakenteiden U-arvoja

| Rakennusvaippa | U-arvo [W/m ² K] |
|----------------|-----------------------------|
| Ulkoseinät | 0.24 |
| Yläpohja | 0.14 |
| Alapohja | 0.32 |
| Uudet ikkunat | 1.00 |
| Vanhat ikkunat | 2.10 |
| Ulko-ovet | 1.00 |

Asuinrakennuksen alkuperäisiä ikkunoita on vaihdettu nykyaikaisiin ikkunoihin viimeisen kymmenen vuoden sisällä. Suihkun ja alakerran wc-tilan ikkunoita ei ole vaihdettu uusiin. Asuinrakennuksen alkuperäiset ulko-ovet ovat vaihdettu uusiin ulko-oviin. Taulukossa 4 on omakotitalon suuntaa antavia U-arvoja, jotka ovat tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisistä suunnitteluarvoista (Ympäristöministeriö, 2018), energiankulutuslaskentaa varten. Ikkunoiden ja ovien U-arvot ovat Ympäristöministeriön asetuksesta 4/13 (Ympäristöministeriö, 2014).

4.3 Opinnäytetyökohteen sähkönkulutus

Omakotitalossa on sähköä kulutettu eri vuosina huomattavasti eri määriä. Sähkönkulutustiedot ovat saatu omakotitalon asukkailta heidän sähköyhtiönsä kulutusseurannasta. Kulutustiedot ovat vuoden alusta vuoden loppuun.



Kaavio 3. Omakotitalon sähkönkulutuksia vuosina 2021–2023

Kaaviosta 3 nähdään, että 2021 sähkönkulutus on ollut 4088 kWh. Vuonna 2022 ja 2023 sähkönkulutukset ovat olleet 6984 kWh ja 10 088 kWh. Etätöiden tekeminen yhtenä päivänä viikossa on lisännyt sähkönkulutusta. Sähkönkulutuksen nousua selittää myös talouteen tullut hybridauto, jota ladataan kotona. Talouden sähkönkulutusta on lisännyt öljykattilan sähkövastuksen käyttöönotto talvella 2023 käyttöveden lämmittämiseen. Öljyä käytetään kuitenkin käyttöveden lämmittämiseen sähkövastuksen rinnalla esimerkiksi silloin, kun sähkönhinta on korkea ja se ei ole taloudellisesti kannattavaa.

4.4 Opinnäytetyökohteen käyttövedenkulutus

Tässä opinnäytetyökohteessa, eli kaksikerroksissa omakotitalossa sekä autotallissa on käytetty käyttövettä vuonna 2023 yhteensä 127 kuutiota vuodessa. Omakotitalossa vedenkulutusta seurataan etäluettavalla vesimittarilla. Omakotitalon vedenkulutus on pienentynyt toisen asukkaan uimaharrastuksen myötä. Vedenkulutus on hetkellisesti myös kasvanut, sillä talouden koko kasvoi kolmeen yhden asukkaan tullessa tilapäisesti asumaan omakotitaloon kolmannen asukkaan taloyhtiön linjasaneerauksen ajaksi.



Kuva 15. Vesimittari

Omakotitalon vesimittari vaihdettiin keväällä 2023 etäluettavaksi vesimittariksi, mikä helpottaa vedenkulutuksen seuranta. Vesimittari on asennettu autotaltiin. Yllä olevasta kuvasta nähdään, että kyseisessä omakotitalossa vettä on kulunut 31 m³ vuoden 2023 keväästä kuvanottohetkeen helmikuuhun 2024.

Taulukko 4. Käyttöveden kulutustietoja eri vuosilta

| Vuosi | Vedenkulutus [m ³] |
|-------|--------------------------------|
| 2023 | 127 |
| 2022 | 121 |
| 2021 | 109 |
| 2020 | 107 |

Taulukosta 3 nähdään omakotitalon asukkaiden käyttöveden kulutustietoja eri vuosilta. Vuosien 2023 ja 2022 noususta vedenkulutusta selittää talouden koon lisääntyminen yhdellä henkilöllä. Kolmas asukas tuli asumaan tilapäisesti omakotitaloon oman asuntonsa taloyhtiön linjasaneerauksen ajaksi. Vuonna 2021 keskimääräinen vedenkulutus asukasta kohden oli 149 litraa vuorokaudessa.

4.5 Opinnäytetyökohteen öljynkulutus sekä aurinkopaneelien tuotos

Opinnäytetyökohteen omistajien mukaan öljyä on kulunut omakotitalossa noin 1700 litraa per vuosi. Öljynkulutukseen on vaikuttanut omistajien mukaan omakotitalon katolle asennetut aurinkopaneelit. Aurinkopaneelien tuoton ansiosta opinnäytetyökohteen omistajat ovat siirtyneet käyttämään aurinkopaneelien tuottamaa sähköä niin käyttöveden lämmittämiseen talvella 2023 sähkövarustuksella kuin sähkölaitteisiin asuinrakennuksessa. Pörssisähkön halpa hinta on myös vaikuttanut öljynkulutukseen, sillä halpa sähkön hinta on öljyn hintaan nähden kannattavampi vaihtoehto. Alakerran varaavassa takassa poltetaan puita noin kaksi kuutiota vuodessa, mikä vaikuttaa myös öljynkulutukseen alentavasti.



Kuva 16. Aurinkopaneelien tuotos

Aurinkopaneelit ovat tulleet talouteen keväällä 2021. Aurinkopaneeleita on yhteensä 16 kappaletta. Yhden paneelin teho on 305 W, joten koko järjestelmän piikkiteho on 4,88 kWp. Kaikkea aurinkopaneelien tuottamaa sähköä ei pystytä taloudessa hyödyntämään, joten aurinkopaneelien tuottamaa sähköä myydään sähköyhtiölle.



Kuva 17. Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit ovat suunnattuna lounaaseen 45 asteen kulmassa, mikä on lähellä optimaalista suuntausta aurinkoenergian hyödyntämiseksi. Optimaalinen suuntaus olisi etelään 45 asteen kulmassa. Tontin rajalla oleva korkea tuija-aita varjostaa osittain aurinkopaneeleita, mikä heikentää aurinkoenergian tuotantoa.

4.6 Opinnäytetyökohteen ilmanvaihto

Opinnäytetyön asuinrakennuksessa sekä autotallissa on painovoimainen ilmanvaihto, mikä on myös tyypillinen tapa ilmanvaihdolle tämän ikäisissä pientaloissa. Asuinrakennuksen painovoimainen ilmanvaihto toimii savupiipun kautta. Poistohormit näkyvät yläkerran pohjakuvassa (Kuva 8).



Kuva 18. Autotallin ylempi ilmanvaihtosäleikkö



Kuva 19. Autotallin alempi ilmanvaihtosäleikkö



Kuva 20. Keittiön ilmanottosäleikkö

Autotallin alaosassa on ilmanvaihtosäleikkö, josta raikas, kylmä ilma pääsee autotalliin. Autotallin käytetty ilma poistetaan ylempänä olevasta ilmanpoistosäleiköstä. Keittiön ilmanottosäleiköstä tuodaan ilmaa asuinrakennukseen. Asuinrakennuksen muutamissa uusituissa ikkunoissa on korvausilmaventtiilit, joista ilmaa voidaan tuoda sisälle. Kaikissa ikkunoissa ei ole korvausilmaventtiilejä.

5 TUTKIMUKSET

5.1 Asuinrakennuksen energiankulutuksen laskenta

Energiankulutuslaskentaa varten tarvittiin pinta-alatietoja rakenneosille, kuten ulkoseinille, ala- ja yläpohjalle, ikkunoille ja oville. Alapohjan pinta-ala laskettiin sisämittojen mukaisesti. Yläpohjan pinta-ala laskettiin ulkoseinien sisämittojen mukaan. Ulkoseinien pinta-aloista vähennettiin ikkunoiden ja ovien pinta-alat.

Pinta-alojen mittaukset suoritettiin Bosch-merkkisellä lasermittarilla, joka antoi tarkat arvot pinta-aloista kolmen numeron tarkkuudella mittauspisteiden mukaan. Kaikki mitatut pinta-alatiedot ja muut tarvittavat lisätiedot, kuten U-arvot, syötettiin laskentapalvelut.fi-sivustolle.

Taulukko 5. Syötetyt rakennusvaipan arvot

| Rakennusvaippa | U-arvo [W/m ² K] | Pinta-ala [m ²] |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Ulkoseinät | 0.24 | 143.7 |
| Yläpohja | 0.14 | 128.2 |
| Alapohja | 0.32 | 107.7 |
| Uudet ikkunat | 1.00 | 18.3 |
| Vanhat ikkunat | 2.10 | 1.8 |
| Ulko-ovet | 1.00 | 7.5 |

Pinta-alojen jälkeen laskentapalvelut.fi-sivusto kysyi rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmää, johon valittiin painovoimainen ilmanvaihto tai haluttu ilmanvaihtokone. Seuraavaksi lisättiin lämmitysjärjestelmän tiedot, eli öljypoltin sähkövastuksella, kaksi ilmalämpöpumppua sekä varaava takka. Vastaavasti tähän voitiin valita lämmitysjärjestelmäksi esimerkiksi ilmavesilämpöpumppu öljyn tilalle.

Laskentapalvelut.fi-sivusto arvioi aurinkosähkön tuoton olevan 4129 kWh/vuosi, josta voitiin itse hyödyntää 1764 kWh. Edellä mainittu hyödynnetty aurinkosähkön tuotto lisättiin energialaskennan omavaraisenergian kohdalle. Laskentapalvelut.fi-sivusto päivittää laskentoja lisättyjen tietojen perusteella, ja lopuksi saadaan asuinrakennuksen energialaskennan tulos.

5.2 Mittaukset

5.2.1 Vesikalusteiden virtausmittaukset

Virtausmittaukset tehtiin 1.2.2024 omakotitalossa ja autotallissa oleville hanoille keittiössä, autotallissa, suihkussa sekä ylä- ja alakerran vessoissa. Virtausmittauksissa apuna käytettiin vaakaa, älypuhelimien sekuntikelloa, ämpäriä ja kuparista kiulua. Kiulua käytettiin vessojen hanojen virtausmittauksiin, sillä ämpäri ei mahtunut pesualtaaseen. Ämpäriä käytettiin muissa virtausmittauspisteissä.

Virtausmittausten alussa punnittiin tyhjän ämpäriin ja kiulun paino, jotta voidaan laskea veden paino ämpäriin tai kiulussa. Ennen virtausmittausta juoksuutettiin kylmää tai lämmintä vettä riippuen kumpaa vettä halutaan mitata, jotta varmasti tulee joko kylmää tai lämmintä vettä. Juoksutuksen jälkeen päästettiin joko ämpäriin tai kiuluun kylmää tai lämmintä vettä hanan ollessa maksimiasennossa auki. Samalla mitattiin sekuntikellolla aikaa, kun vettä päästettiin astiaan. Hanan suljettaessa myös ajanotto lopetettiin, minkä jälkeen punnittiin ämpäri tai kiulu. Lopputuloksena saatiin astian ja veden paino sekä mitattu aika. Saatuja tuloksia verrataan ohjearvoihin.



Kuva 21. Virtausmittausta autotallissa

Autotallin vesipiste on kauimmaisina omakotitalon käyttövesiverkostossa. Autotallin käyttövesiverkostossa on sulanapitokaapelit jäätymisen estämiseksi, sillä putket kulkevat välikaton kautta asuinrakennuksesta autotalliin.



Kuva 22. Veden pintalämpötilan mittausta lämpökameralla

Virtausmittausten yhteydessä mitattiin kylmän ja lämpimän veden pintalämpötilat heti virtausmittauksen jälkeen lämpökameran avulla. Veden lämpötilamittaukset toistettiin kylmälle ja lämpimälle vedelle kaikissa omakotitalon ja autotallin kohteissa, joissa on vesilaitteiston virtausta.

5.2.2 Huoneiden olosuhteiden mittaus

Lämpötila- ja kosteusmittaukset mitattiin 1.2.2024 omakotitalon jokaisesta huoneesta. Mittaukset tehtiin noin 1,1 metrin korkeudelta. Mittaukset tehtiin myös autotallista sekä sen vieressä olevista varastoista. Foreca-sääpalvelun mukaan mittaushetkellä ulkona sääolosuhteet olivat +2,4 °C, tuuli 9 m/s ja suhteellinen kosteus 58 %.



Kuva 23. Lämpötila- ja kosteusmittausta takkahuoneessa

Lämpötila- ja kosteusmittauksen aikana takkahuoneen sisäilman lämpötila oli 20,20 °C ja sisäilman suhteellinen kosteus oli 30,42 %. Takkahuoneessa on kaksi isoa ikkunaa, jotka ovat vaihdettu alkuperäisistä uusiin ikkunoihin.

5.2.3 Lämpökamerakuvaus

Lämpökamerakuvaus tehtiin 10.2.2024, ja Foreca-sääpalvelun mukaan lämpökamerakuvaushetkellä ulkona lämpötila oli -15,2 °C. Kuvaus aloitettiin alakerran eteisestä, jossa on ulko-ovi ja sen vieressä on ikkuna. Kuvausta jatkettiin kohti keittiötä, josta siirryttiin alakerran makuuhuoneeseen. Makuuhuoneesta jatkettiin alakerran wc-tilaan, jonka vieressä on suihku ja sauna. Suihkutilan kuvaamisen jälkeen siirryttiin kohti uima-allashuonetta, jossa sijaitsee harvoin käytetty ulko-ovi. Tämän jälkeen oli takkahuoneen vuoro ennen yläkertaan siirtymistä.

Yläkerrassa lämpökamerakuvaus suoritettiin oleskelutilassa sekä kahdessa makuuhuoneessa. Yläkerrassa on parveke, isot ikkunat, kattoikkuna sekä makuuhuoneissa omat ikkunat.

6 TULOKSET

6.1 Asuinrakennuksen energiankulutuslaskenta

Opinnäytetyön asuinrakennukselle tehtiin energiankulutuslaskenta laskenta-palvelut.fi-sivustolla, minkä tarkoituksena oli vertailla eri lämmitysmuotojen energiatehokkuusparannuksia nykyiseen omakotitalon öljylämmitykseen. Saatujen tulosten perusteella havaittiin, että eri lämmitysmuodoilla on suuria eroja rakennuksen energiatehokkuuden vertailulukuun, eli E-lukuun.

| YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------------------------|-----------------------|--|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|--|--|
| Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku) | | | | | | | | | | | | | |
| Lämmitetty nettoala, m ² | 168.9943 | | | | | | | | | | | | |
| Lämmitysjärjestelmän kuvaus | Öljylämmitys, varaava takka ja kaksi ilmalämpöpumppua / Öljypoltin sähkövastuksella | | | | | | | | | | | | |
| Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus | Painovoimainen ilmanvaihto | | | | | | | | | | | | |
| Käytettävä energiamuoto | Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia | | Energiamuodon kerroin | Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus | | | | | | | | | |
| | kWh/vuosi | kWh/(m ² vuosi) | | | kWhE/(m ² vuosi) | | | | | | | | |
| Sähkö | 4793 | 28 | 1.20 | 34.0 | | | | | | | | | |
| Puu | 5001 | 30 | 0.50 | 14.8 | | | | | | | | | |
| Öljy | 24612 | 146 | 1.00 | 145.6 | | | | | | | | | |
| Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö | 3552 | 21.0 | | | | | | | | | | | |
| Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku) | | | | 195 | | | | | | | | | |
| Rakennuksen energiatehokkuusluokka | | | | | | | | | | | | | |
| Käytetty E-luvun luokittelusteikko | Erilliset pientalot | | | | | | | | | | | | |
| Luokkien rajat asteikolla | <table border="1"> <tr> <td>A: ...79</td> <td>B: 80 ... 124</td> <td>C: 125 ... 161</td> </tr> <tr> <td>D: 162 ... 241</td> <td>E: 242 ... 371</td> <td>F: 372 ... 441</td> </tr> <tr> <td>G: 442 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | | | | A: ...79 | B: 80 ... 124 | C: 125 ... 161 | D: 162 ... 241 | E: 242 ... 371 | F: 372 ... 441 | G: 442 ... | | |
| A: ...79 | B: 80 ... 124 | C: 125 ... 161 | | | | | | | | | | | |
| D: 162 ... 241 | E: 242 ... 371 | F: 372 ... 441 | | | | | | | | | | | |
| G: 442 ... | | | | | | | | | | | | | |
| Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka | D | | | | | | | | | | | | |
| <small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</small> | | | | | | | | | | | | | |

Kuva 24. Asuinrakennuksen energiankulutus öljylämmityksellä

Öljylämmityksellä energiatehokkuusluokaksi saatiin D, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 195. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 4793 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo. Öljyä laskennan mukaan kuluu 24616 kWh, eli noin 2460 litraa öljyä vuodessa.

Öljylämmityksellä ja koneellisella ilmanvaihtokoneella (Vallox 110 MV) energiatehokkuusluokaksi saatiin C, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 126. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 5327 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo. Öljyä laskennan mukaan kuluu 12382 kWh, eli noin 1240 litraa öljyä vuodessa.

NIBE F1145-10 -maalämpöpumpulla energiatehokkuusluokaksi saatiin B, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 88. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 10192 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo.

NIBE F1145-10 -maalämpöpumpulla ja koneellisella ilmanvaihtokoneella energiatehokkuusluokaksi saatiin A, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 73. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 8196 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo.

Kaukolämmöllä energiatehokkuusluokaksi saatiin B, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 112. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 4727 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo. Kaukolämpöä laskennan mukaan kuluu 21209 kWh/vuosi.

Kaukolämmöllä ja koneellisella ilmanvaihtokoneella energiatehokkuusluokaksi saatiin B, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 84. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 5261 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo. Kaukolämpöä laskennan mukaan kuluu 10670 kWh/vuosi.

Jäspi Tehowatti Air Nordic 12 -ilmavesilämpöpumpulla energiatehokkuusluokaksi saatiin B, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 95. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 11155 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo.

Jäspi Tehowatti Air Nordic 12 -ilmavesilämpöpumpulla ja koneellisella ilmanvaihtokoneella energiatehokkuusluokaksi saatiin A, mikä tarkoittaa vertailulukua (E-lukua) 76. Sähköä kuluu tämän energiankulutuslaskennan perusteella 8617 kWh/vuosi. Puuta kuluu 5001 kWh/vuosi, mikä on energiankulutuslaskennan maksimiarvo.

Taulukko 6. Yhteenveto energiankulutuslaskennoista

| Lämmitysmuoto | Sähkö [kWh] | Puu [kWh] | Öljy [kWh] | Kaukolämpö [kWh] | Yhteensä [kWh] | Luokitus |
|-----------------------------|-------------|-----------|------------|------------------|----------------|----------|
| Öljy | 4 793 | 5 001 | 24 612 | | 34 406 | D |
| Öljy & koneellinen iv | 5 327 | 5 001 | 12 382 | | 22 710 | C |
| Maalämpö | 10 192 | 5 001 | | | 15 193 | B |
| Maalämpö & koneellinen iv | 8 196 | 5 001 | | | 13 197 | A |
| Kaukolämpö | 4 727 | 5 001 | | 21 209 | 30 937 | B |
| Kaukolämpö & koneellinen iv | 5 261 | 5 001 | | 10 670 | 20 932 | B |
| IVLP | 11 155 | 5 001 | | | 16 156 | B |
| IVLP & koneellinen iv | 8 617 | 5 001 | | | 13 618 | A |

Taulukosta 6 nähdään, että koneellisella ilmanvaihdolla on merkittävä vaikutus lämmitysenergian tarpeeseen. Esimerkiksi öljylämmitteinen asuinrakennus koneellisella ilmanvaihtokoneella varusteltuna verrattuna painovoimaiseen ilmanvaihtoon noin puolittaa energiankulutuslaskennan mukaan öljynkulutus-tarpeen vuodessa ja samalla kokonaissähkönkulutus nousee vain ilmanvaihtokoneen sähkönkulutuksen verran.

| Rakennusvaippa | | | | |
|--------------------|----------------|-------------------------------------|------------|----------------------------|
| Ilmanvuotoluku q50 | 5.46 | m ³ /(h m ²) | | |
| | A | U | UxA | Osuus lämpöhäviöstä |
| | m ² | W/(m ² K) | W/K | % |
| Ulkoseinät | 143.68 | 0.24 | 34.48 | 26.65 |
| Yläpohja | 128.16 | 0.14 | 17.94 | 13.87 |
| Alapohja | 107.72 | 0.32 | 34.47 | 26.64 |
| Ikkunat | 21.27 | 1.09 | 23.25 | 17.97 |
| Ulko-ovet | 7.48 | 1.00 | 7.48 | 5.78 |
| Kylmäsillat | - | - | 11.76 | 9.09 |

Kuva 25. Rakennusvaipan lämpöhäviöt energiankulutuslaskennassa

Kuvasta 25 nähdään energiankulutuslaskennassa käytettyjä pinta-aloja sekä rakennusvaipan U-arvoja. Lämpöhäviöitä muodostuu eniten ulkoseinistä sekä alapohjasta. Ikkunoiden U-arvot ovat 1,09 W/m²K, sillä se ottaa huomioon uudet ikkunat (1,0 W/m²K) sekä alakerran kolmet vanhat ikkunat (2,1 W/m²K).

6.2 Mittaukset

6.2.1 Vesikalusteiden virtausmittaukset

Vesikalusteiden virtausmittaustulokset kertovat, että astianpesualltaan virtaama on lähellä ohjearvoa. Alakerran ja yläkerran wc-tilojen pesuallaiden virtaamat ovat lähellä ohjearvon ääriarvoja. Suihkun virtaama on ohjearvoihin nähden todella heikko sekä autotallin pesualltaan virtaama on ohjearvon välillä.

Taulukko 7. Virtausmittaustulokset

| Vesipiste | Normivirtaama [l/s] | Kylmä vesi [l/s] | Lämmin vesi [l/s] | Ero [%] | Ero [%] |
|----------------------|---------------------|------------------|-------------------|---------|---------|
| Astianpesuallas | 0.2 | 0.2237 | 0.2160 | 112 | 108 |
| Alakerran pesuallas | 0.1 | 0.1404 | 0.1387 | 140 | 139 |
| Yläkerran pesuallas | 0.1 | 0.1408 | 0.1651 | 141 | 165 |
| Suihku | 0.2 | 0.1226 | 0.1499 | 61 | 75 |
| Autotallin pesuallas | 0.2 | 0.2613 | 0.1902 | 131 | 95 |

Virtausmittausten lisäksi mitattiin vesikalusteiden lämpötilat lämpimälle ja kylmälle vedelle. Alakerran kylmän veden lämpötilat vaihtelivat välillä 4,8 °C ja 8,2 °C. Lämpimän veden lämpötilat alakerrassa vaihtelivat välillä 54,1 °C ja 57,2 °C.

Taulukko 8. Veden lämpötilat vesikalusteissa

| Vesipiste | Kylmä vesi [°C] | Lämmin vesi [°C] |
|----------------------|-----------------|------------------|
| Astianpesuallas | 4.8 | 55.9 |
| Alakerran pesuallas | 6.2 | 57.2 |
| Yläkerran pesuallas | 13.4 | 50.2 |
| Suihku | 8.2 | 54.1 |
| Autotallin pesuallas | 0.8 | 36.6 |

Yläkerran vesikalusteen lämpötilat kylmälle ja lämpimälle vedelle olivat 13,4 °C ja 50,2 °C. Autotallin käyttöveden lämpötilat kylmällä pakkassäällä olivat 0,8 ° ja 36,6 °C.

6.2.2 Huoneiden olosuhteiden mittaus

Opinnäytetyön omakotitalon lämmitettyjen huoneiden lämpötilat vaihtelivat välillä 20,20 °C ja 23,70 °C. Asuinrakennuksen huoneiden suhteelliset kosteudet vaihtelivat välillä 22,52 % ja 30,42 %.

Taulukko 9. Lämpötila- ja kosteusmittaustulokset

| Tila | Lämpötila [°C] | RH [%] |
|-------------------------|----------------|--------|
| Eteinen | 20.74 | 28.57 |
| Keittiö | 20.88 | 26.38 |
| MH _{alakerta} | 21.25 | 27.22 |
| Takkahuone | 20.20 | 30.42 |
| Uima-allashuone | 22.16 | 25.00 |
| Pukuhuone | 22.54 | 24.87 |
| Tekninen tila | 23.20 | 26.11 |
| Suihku | 21.89 | 24.55 |
| Sauna | 22.18 | 22.52 |
| WC _{alakerta} | 21.55 | 28.86 |
| Portaat | 22.71 | 24.60 |
| Olohuone | 22.91 | 24.40 |
| WC _{yläkerta} | 23.57 | 24.62 |
| MH _{yläkerta1} | 23.70 | 23.61 |
| MH _{yläkerta2} | 23.30 | 23.30 |
| Työkaluvarasto | 12.36 | 35.44 |
| Pikkuvarasto | 14.11 | 42.92 |
| Autotalli | 11.85 | 33.14 |

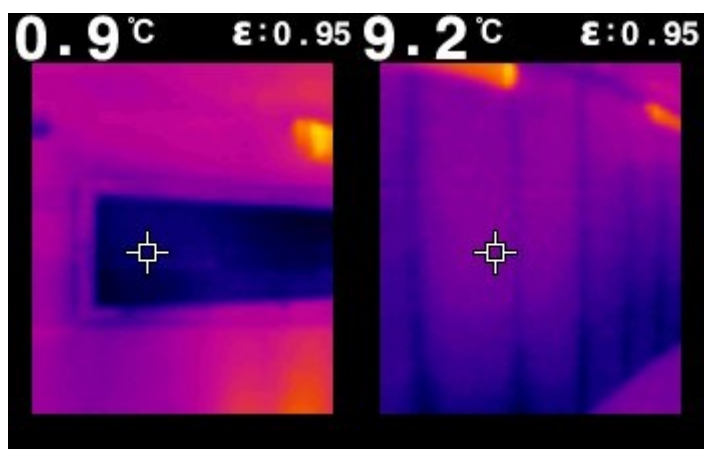
Asuinrakennuksen lisäksi tontilla sijaitsee autotalli, jonka yhteydessä on kaksi eri kokoista varastoa. Näiden lämpötilat vaihtelivat välillä 11,85 °C ja 14,11 °C, ja niiden kosteudet myös vaihtelivat välillä 33,14 % ja 42,92 %.

6.2.3 Lämpökamerakuvaus

Lämpökamerakuvausten perusteella asuinrakennuksen pahimmat vuotokohdat olivat huoneiden nurkkakohdat ja ikkunoiden liittymät ulkoseinärakenteisiin. Keittiön nurkan katossa menee tuloilmanputki, mikä näkyy kuvassa sinisenä johtaen kylmää ympärillä oleviin rakenteisiin.



Kuva 26. Keittiön tuloilman putki ja alakerran makuuhuoneen ikkuna



Kuva 27. Autotallin ikkuna, josta yksi lasipinta on mennyt rikki ja autotallin seinärakenne

Autotalli on kylmä tila, mikä näkyy lämpökamerakuvistakin. Autotallin lämmitys toteutuu vesikiertoisella patterilämmityksellä. Kaikki lämpökamerakuvat asuinrakennuksesta, varastoista ja autotallista ovat Liitteessä 1.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön alussa oma osaamiseni opinnäytetyön aiheeseen perustui koulussa käytyihin teorianunteihin sekä koululla tehdyistä harjoitustöistä. Haasteena oli laskentapalvelut.fi-sivuston käyttäminen aluksi, mutta sitä oppi käyttämään opinnäytetyön edetessä. Opinnäytetyön aikana olen oppinut enemmän aurinkopaneelien toiminnasta. Opinnäytetyön edetessä olen oppinut käyttämään uusia mittalaitteita sekä käyttämään rakennusalan sivustoa. Tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää omakotitaloissa, jos halutaan vertailla eri lämmitysmuotoja ja saada tästä opinnäytetyöstä tietoa mahdollisiin toimenpiteisiin asuinrakennuksen kokonaisenergiankulutuksen parantamiseksi säästämällä näin ympäristöä ja lämmityskustannuksia.

Saamani tilastoaineistot ovat luotettavia, koska ne ovat saatu toimittajien tietojärjestelmistä, kuten esimerkiksi sähköyhtiöltä. Vesikalusteiden virtaustulokset ovat luotettavia, sillä virtausmittaus on tehty itse ja oikein koulussa oppimien menetelmin. Lämpötilamittauksiin ja lämpökamerakuvauksen tuloksiin on voinut vaikuttaa laitteiden tarkkuudet sekä kalibroimiset. Mittauksissa käytetyt laitteet ovat lähes uusia.

Tässä opinnäytetyössä on noudatettu yksityisyyden suojaa. Opinnäytetyön alussa osapuolet tekivät kirjallisen suostumuksen opinnäytetyön tekemiseen. Kaikki haastattelu- ja mittaustulokset ovat säilytetty niin, että ulkopuolisilla osapuolilla ei ole asiaa niihin.

Lähteinäni olen käyttänyt Motivaa, jota pidän luotettavana lähteenä, sillä se on valtion omistama. Opinnäytetyötä tehdessäni olen hyödyntänyt lakeja, joiden lähteenä toimii Oikeusministeriön ylläpitämä Finlex. Lisäksi olen käyttänyt Ympäristöministeriötä lähteenä, mikä on luotettava virallinen valtion toimielin. Kaupungin sivuja olen käyttänyt myös lähteinä, sillä niitä ylläpitää viranomaisen ja siksi niitä voidaan pitää luotettavina. Orasta voi pitää luotettavana sivuna, sillä se on valmistajan sivu, jossa tuotetiedot pitävät paikkansa.

Haastatteluilla saatiin tietoa asukkaiden lämmitystottumuksista ja taloon tehdyistä parannuksista, kuten esimerkiksi aurinkopaneelin asennuspäivästä. Asuinrakennukselle tehtiin energiankulutuslaskenta, jonka avulla voidaan arvioida asuinrakennuksen energiatehokkuutta öljyllä tai muilla lämmitysjärjestelmillä. Nykyinen lämmitysjärjestelmä on kohta käyttökänsä päässä, joten senkin takia tämä vertailu oli hyvä tehdä tulevaisuutta ajatellen. Vesikalusteiden virtausmittaukset tehtiin, jotta huomataan, onko jonkin vesikalusteen virtaus liian suuri tai liian heikko. Virtausmittausten perusteella voidaan ehdottaa toimenpiteitä lämpimän ja kylmän veden virtaukseen. Veden ja huoneiden lämpötilamittaukset tehtiin, jotta huomataan, onko lämpötilat liian korkealla, jotta voitaisiin ehdottaa lämpötilan säätöä alemmas ja säästää energiaa. Lämpökamerakuvaus tehtiin lämpöhäviöiden huomaamisen takia.

Energiankulutuslaskentaa varten valitsin lämmitysjärjestelmiksi öljyn, maalämmön, kaukolämmön sekä ilmavesilämpöpumpun. Energia- ja ympäristötekniikan opiskelijana fossiilisen polttoaineen, kuten öljyn, käyttäminen asuinrakennuksessa on toimiva, mutta ei nykyaikainen tapa lämmittää taloa. Öljylämmitys ei ole eettisesti oikea tapa lämmittää taloa nykypäivänä. Maalämpö, kaukolämpö sekä ilmavesilämpöpumppu käyttävät uusiutuvaa energiaa, mikä on hyvä asia ympäristön kannalta.

Kiinnostava havainto asuinrakennuksen energiankulutuslaskennassa oli se, että koneellisella ilmanvaihdolla oli suuri vaikutus kokonaisenergiakulutukseen asuinrakennuksessa. Pelkästään koneellinen ilmanvaihtokone öljylämmityksen rinnalla tiputtaisi laskennan mukaan öljynkulutusta noin puolet alkuperäisestä öljynkulutuksesta. Nykyinen painovoimainen ilmanvaihto toimii kosteusmittausten perusteella. Koneellisen ilmanvaihtokoneen hankinta ei ole taloudellisesti järkevää.

Asuinrakennuksen energiankulutuslaskennan tulosten perusteella maalämpö, kaukolämpö ja ilma-vesilämpöpumppu ovat energiatehokkaampia lämmitysmuotoja omakotitalon lämmitykseen verrattuna asuinrakennuksen nykyiseen lämmitysmuotoon eli öljylämmitykseen. Edellä mainittujen lämmitysmuotojen kanssa oleva koneellinen ilmanvaihto olisi vieläkin energiatehokkaampi vaihtoehto kuin pelkästään lämmitysmuodon vaihtaminen öljystä toiseen lämmitysmuotoon. Maalämpö ja koneellinen ilmanvaihto -yhdistelmä on vertailussa olleista vaihtoehdoista energiatehokkain. Sen tilalle ehdotan ilma-vesilämpöpumppua, sillä se ei vaadi lupia ja on halvempi vaihtoehto. Kohteen asuinalueella ei ole toistaiseksi mahdollista liittyä kaukolämpöverkkoon. Kaukolämmön hinnan vaihteluväli on iso, mikä vaikuttaa asumiskustannuksiin.

Asuinrakennuksen energiankulutuslaskenta ei anna niin sanotusti oikeaa tulosta. Öljyä kuluisi energiankulutuslaskennan mukaan noin 2400 litraa vuodessa (Taulukko 6), kun todellinen kulutus on noin 1700 litraa vuodessa. Sähköä kuluu energiankulutuslaskennan mukaan 4973 kWh/vuosi (Taulukko 6), mikä on lähellä vuoden 2021 sähkönkulutusta, joka oli 4088 kWh. Silti sähkönkulutus on yläkanttiin laskennan osalta.

Öljynkulutukseen on vaikuttanut opinnäytetyökohteessa varaava takka, kaksi ilmalämpöpumppua, sähkövastuksen käyttäminen öljyn sijasta sekä lämpimän käyttöveden kulutusmuutokset. Öljynkulutukseen vaikuttaa niin monta tekijää tässä opinnäytetyökohteessa, joten öljynkulutus ei ole vakio.

Vesikalusteiden virtausmittausten perusteella suihkun virtaus on ohjearvoja alhaisempi. Suihkun alhaisempi virtaus ohjearvoihin nähden ei kuitenkaan haittaa käytännössä. Vaikka suihkun virtaus on alhaisempi ohjearvoon verrattuna, alempi virtaus säästää vettä, eikä lämpöenergiaa mene turhaan hukkaan. Autotallin veden lämpötilat olivat todella alhaisia, joten vesiputket kaipaivat lisäeristystä tai selvityksen, miksi autotalliin tulee viileää vettä.

Mitattujen tulosten perusteella voidaan todeta, että asuinrakennuksen sisälämpötila oli hieman koholla monissa huoneissa ja tiloissa verrattuna suositeltuun sisälämpötilaan, mikä on 20–22 °C. Tämä on myös tottumiskysymys, sillä toiset käyttäjät tykkäävät lämpimämmästä ja toiset viileämmästä sisäilmasta. Myös sähkölaitteet tuovat lämpöä sisäilmaan. Sisälämpötilan tiputtaminen parilla asteella tuo säästöä lämmityskustannuksiin.

Lämpökamerakuvausten perusteella eniten lämpöhäviöitä tapahtuu asuinrakennuksen nurkkakohdissa. Autotallin rikkiäinen ikkuna tulisi vaihtaa uuteen. Alakerran neljä vanhaa ikkunaa olisi hyvä vaihtaa uusiin, sillä uusissa ikkunoissa on parempi U-arvo kuin vanhoissa ikkunoissa ja näin ollen energiatehokkuus ikkunoiden osalta paranisi.

Aurinkopaneelien tuotto on ollut todellisuudessa isompi, kuin laskentapalvelut.fi-sivuston antama arvio. Aurinkopaneelien sähköntuotto kannattaisi käyttää kokonaan itse. Lämminvesivaraajan hankkiminen mahdollistaisi tämän. Aurinkopaneeleita varjostavan aidan lyhentäminen on järkevä toimenpide, jotta aurinkopaneelit tuottaisivat enemmän. Aurinkopaneelit tarvitsevat auringonvaloa ilman varjoja, jotta saadaan kaikki hyöty irti paneeleista. Samalla omavaraisenergia kasvaa, ja asuinrakennuksen energiatehokkuus paranee.

LÄHTEET

Aamuvuori, J. (2013). Olemassa olevan pientalon energiatehokkuuden parantaminen. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305066646>

Energiatehokkuuslaki 1429/2014. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429>

Energiavirasto. (n.d). Energiatehokkuus. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>

Hengitysliitto. (2023). Kodin sisäilma ja ilmanvaihto -opas. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/ilmanvaihto/ilmanvaihdon-kaytto/>

Kiwa. (n.d). Lämpökuvaus eli lämpökamerakuvaus. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme2/tekninen-konsultointi-ja-asiantuntijapalvelut/lampokuvaus/>

Lämmitysenergia Yhdistys. (n.d). Öljylämmitysjärjestelmän toiminta. Haettu 23.4.2024 osoitteesta <https://oljylammitys.fi/nykyaikainen-oljylammitys/oljylammitysjarjestelman-toiminta/>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=energiatehokkuus#L17-2P117g>

Motiva. (2021). Energiatehokkaan kodin tekeminen. energiaterokaskoti.fi. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://www.energiaterokaskoti.fi/perustieto/miten-tehdaan-energiaterokas-koti>

Motiva. (2022). Mikä on energiatodistus? Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika-on-energiatodistus>

Motiva. (2023). Energian loppukäyttö. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto-suomessa/energian-loppukaytto>

Motiva. (2024). Vedenkulutus. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://www.motiva.fi/koti-ja-asuminen/energiaterokas-arki/vedenkulutus>

Oras. (n.d). Virtaamamittari. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://www.oras.com/fi/tuoteperheet/oras/virtaamamittari/909900#guides>

Polygon. (n.d). Lämpökuvaus. Haettu 23.1.2024 osoitteesta <https://www.polygongroup.com/fi-FI/palvelut/muut-palvelut/lampokuvaukset/>

Porin kaupunki. (3.2.2024). Porin kaupungin karttapalvelu. Haettu 8.4.2024 osoitteesta <https://kartta.pori.fi/ims>

Rauman energia. (n.d). Tietoa kaukolämmöstä. Haettu 23.4.2024 osoitteesta <https://raumanenergia.fi/kaukolampo/tietoa-kaukolammosta>

Sand, M. (2018). Vettä ei tarvitse kuluttaa vain siksi, että sitä on paljon. Sitra.fi. <https://www.sitra.fi/blogit/vetta-ei-tarvitse-kuluttaa-vain-siksi-etta-sita-paljon/>

Scanoffice. (n.d). Ilmavesilämpöpumpun toiminta. Haettu 23.4.2024 osoitteesta <https://scanoffice.fi/ilma-vesilampopumput/opas/ilmavesilampopumpun-toiminta-ja-sahkonkulutus/ilmavesilampopumpun-toiminta/>

Suomen ympäristökeskus. (2022). Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa>

Talotekniikkainfo. (2018). Vesilaitteiston mitoitusohjeet (D1/2007). <https://talotekniikkainfo.fi/vesi-ja-viemarilaitteistot-opas/7-vesilaitteiston-mitoitus>

Tom Allen Senera. (n.d). Miten maalämpö toimii lämmityksessä? Haettu 23.4.2024 osoitteesta <https://www.tomallensenera.fi/maalampo>

Tulla, K. (26.3.2020). Valesokkeli osa II. Maanvaraisen alapohjan historia. https://rakennustarkkailija.files.wordpress.com/2018/11/valesokkelin-historiaa-osa-2_kor-26-3-2020.pdf

Ympäristöministeriö. (9.9.1998). C2 Määräykset ja ohjeet. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Ympäristöministeriö. (2014). Ikkunoiden ja ovien korjaus- ja muutoshankkeiden ohjeistus. https://ym.fi/documents/1410903/38439968/ikkunoiden-ja-ovien-korjaus--ja-muutoshankkeiden-ohjeistus-7EFDE1C3_86A8_4928_B227_5847B58BF9F8-104545.pdf/1740d599-d174-ced1-5e05-3bc327b2ac40/ikkunoiden-ja-ovien-korjaus--ja-muutoshankkeiden-ohjeistus-7EFDE1C3_86A8_4928_B227_5847B58BF9F8-104545.pdf?t=1603260187009

Ympäristöministeriö. (20.12.2017). Liitteet 1-5: YM:a rakennuksen energiatoistuksesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20171048>

Ympäristöministeriö. (2018). Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. https://www.motiva.fi/files/16465/Tyypillisia_olemassa_olevien_vanhojen_rakennusten_alkuperaisia_suunnitteluarvoja_-_Energiatodistusoppaan_2018_liite.pdf

LIITE 1: LÄMPÖKAMERAKUVAT

