

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# ENERGIATEHOKKUUS ASUINRA- KENNUKSISSA

TEKIJÄ Kalle Niskanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Kalle Niskanen	
Työn nimi Energiatehokkuus asuinrakennuksissa	
Päiväys 05.05.2022	Sivumäärä/Liitteet 48
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) AH-Talotekniikka (AH Elens Oy)	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön idea sai alkunsa energian hintojen nousun ja sopivan kohteen löytymisen myötä, jossa energiankäyttöä voitaisiin tehostaa. Työn tavoitteena oli löytää keinoja asuinrakennusten energiatehokkuuden parantamiseen, energiankäytön tehostamiseen sekä kuinka energiankäytöstä johtuvia kustannuksia voidaan pienentää. Työn keskeisenä tavoitteena oli selvittää keinoja rintamamiestalon energiankäytön tehostamiseksi. Lisäksi tavoitteena oli saada itselle lisää hyödyllistä tietoa energiankulutuksen ja kustannusten alentamisen suhteen.</p> <p>Työssä käsiteltiin sähkön hintaa ja sen muodostumista, asumisen energiankulutusta ja sen jakautumista eri osa-alueille sekä ratkaisuja, joilla energiankulutusta saatiin vähennettyä. Työssä selvitettiin lämmitystehon tarpeen mitoittamista ja energiankulutuksen vertailua ja seuranta. Työssä tarkasteltiin tarkemmin rintamiestalon lämmityksen energiankulutusta mittausten ja laskelmien avulla. Lopuksi työssä tutkittiin mahdollisia ratkaisuja, joilla tutkittavan kohteen energiankäyttöä saadaan tehostettua.</p> <p>Työn tuloksena saatiin aikaan tutkimus asuinrakennusten energiatehokkuudesta, energiankäytön tehostamisesta sekä kustannusten alentamisesta. Talon asukkaille saatiin parempi käsitys, kuinka energiankäyttöä saadaan tehostettua. Sähkölämmityksen ohjaukseen ja seurantaan saatiin rakennettua järjestelmä, jolla voidaan tarkkailla lämpötiloja, sähkölämmittimien kulutuksia ja tarvittaessa ohjata sähkölämmitystä. Tulevaisuudessa järjestelmää voidaan kehittää lisäämällä siihen esimerkiksi valaistuksen ohjausta. Lisäksi työ antoi itselle paremman käsityksen energiatehokkuudesta ja energiankäytöstä sekä niiden tehostamisesta.</p>	
Avainsanat Energiatehokkuus, Sähkönkulutus, Sähkön hinta, Energiankulutus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Kalle Niskanen	
Title of Thesis Energy Efficiency in Residential Buildings	
Date 05 May 2022	Pages/Appendices 48
Client Organisation /Partners AH-Talotekniikka (AH Elens Oy)	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The idea of the thesis originated in the rise of energy prices and then finding a suitable place where the use of energy could be made more efficient. The aim of the thesis was to find out the ways to improve energy efficiency in residential buildings and how to intensify the use of energy as well as to find out the ways to reduce the costs related to energy use. The main aim was to study these subjects targeted to a certain old wooden house. The thesis will also increase the author's knowledge related to the subjects.</p> <p>The thesis focused on the price of electricity and how this is formed, energy consumption and how it is divided, as well as solutions to reduce energy consumption. The ways to measure the need of heating capacity and how to compare and monitor energy consumption were studied. More detailed attention was paid to the energy consumption of the wooden house with the help of measurements and calculations. Finally, different options were shown up how to increase energy efficiency in the house under study.</p> <p>As a result of the thesis, vision about energy efficiency in residential buildings, energy efficiency and cost reduction were formed. The inhabitants of the house got a better idea of how to make their energy use more effective. A system was built in the house to help the controlling and monitoring of electric heating. The system will enable the monitoring of the temperatures, consumption of electric heaters and if necessary, the controlling of electric heating. It is possible to develop the system further for example by adding the lighting controlling on it. Making this thesis increased the author's knowledge in the field of energy efficiency and energy use.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>Energy efficiency, Electricity consumption, Price of electricity, Energy consumption</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	ENERGIATEHOKKUUS JA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN .....	7
3	SÄHKÖN HINTA.....	9
4	ASUMISEN ENERGIANKULUTUS.....	12
4.1	Valaistus.....	13
4.2	Lämmitys .....	13
4.2.1	Sähkölämmitys .....	14
4.2.2	Puulämmitys .....	15
4.2.3	Maalämpö .....	16
4.2.4	Kaukolämpö .....	16
4.2.5	Poistoilmalämpöpumppu .....	17
4.2.6	Ilma-vesilämpöpumppu.....	17
4.2.7	Muut lämmitysmuodot .....	18
4.3	Ilmanvaihto .....	19
4.4	Laitteiden sähkönkulutus .....	20
4.5	Lämminvesivaraaja .....	22
5	ÄLYKÄS OHJAUS.....	25
6	LÄMMITYSTEHDON TARVE .....	27
6.1	Johtumislämpöhäviöt .....	27
6.2	Vuotoilman lämmitysteho .....	29
6.3	Ilmanvaihdon lämmitysteho.....	32
6.4	Rintamamiestalon lämpöhäviöt .....	34
7	RINTAMAMIAESTALON KULUTUSMITTAUKSET .....	35
8	RINTAMAMIAESTALON ENERGIANKÄYTÖN TEHOSTAMINEN.....	40
9	YHTEENVETO.....	42
10	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET .....	44

## KUVALUETTELO

KUVA 1. Tyypillisen kotitalouskuluttajan sähkön hinnan muodostuminen (Energiateollisuus 2011b) .....	9
KUVA 2. Tyypillisen sähkölämmittäjän sähkön hinnan muodostuminen (Energiateollisuus 2011c) .....	10
KUVA 3. Sähkölämmitteisen omakotitalon sähkönkulutuksen jakautuminen (Fortum 2019b) .....	12
KUVA 4. Kaukolämmitteisen omakotitalon sähkönkulutuksen jakautuminen (Fortum 2019a) .....	12
KUVA 5. Tilojen seuranta OptiWatti ohjausjärjestelmän avulla (Niskanen 2022) .....	26
KUVA 6. Shelly Plug Wifi etäohjattava pistorasia (Niskanen 2022) .....	35
KUVA 7. Shelly Pro 4PM kytkin (Niskanen 2022) .....	36
KUVA 8. Shelly lämpötilasensori (Niskanen 2022) .....	37
KUVA 9. Lämmityksen sähkönkulutuksen kuvaaja (Niskanen 2022) .....	38
KUVA 10. Ilmalämpöpumpun sähkönkulutuksen kuvaaja (Niskanen 2022) .....	38

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tutkia kodin energiatehokkuutta ja sen parantamista. Energiatehokkuuden parantamisella on myönteisiä vaikutuksia hiilidioksidipäästöjen ja energiankulutuksen pienentämisen sekä kustannussäästöjen suhteen. Energiatehokkuus ja sen parantaminen on ajankohtainen sekä monia koskettava aihe. Kotitalouksissa on paljon potentiaalisia vaihtoehtoja ja ratkaisuja energian kulutuksen pienentämiseksi.

Työn tarkoituksena on tehdä teoriapohjainen tutkielma kodin energiatehokkuudesta, sen lisäämisestä ja siitä kuinka kodin sähkönkulutusta voidaan pienentää. Tarkoituksena on löytää ratkaisuja, joilla saadaan aikaiseksi säästöjä aiheuttamatta haittaa kodin jokapäiväisissä tekemisissä. Keskeisin tavoite työssä on tarkastella tukittavan rintamamiestalon energiankulutuksen määrää ja keksiä ratkaisuja sen pienentämiseksi, sekä auttaa talon asukkaita hahmottamaan energian kulutukseltaan suurimmat kohteet.

Työssä käsitellään sähkön hintaa ja sen muodostumista, asumisen energian kulutusta ja sen jakautumista eri osa-alueille sekä ratkaisuja, joilla energiankulutusta saadaan vähennettyä. Työssä käydään läpi lämmitystehon tarpeen mitoitusta ja energian kulutuksen vertailua ja seurantaa. Työssä tarkastellaan tarkemmin rintamiestalon lämmityksen energian kulutusta mittausten ja laskelmien avulla.

Työllä ei ollut varsinaista tilaajaa, työ toteutettiin kuitenkin yhteistyössä AH-Talotekniikan kanssa. Yhteistyön myötä työlle saatiin osaavaa tukea ja monia hyviä ajatuksia sekä ideoita työn kehittämisen suhteen.

## 2 ENERGIATEHOKKUUS JA ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Energiatehokkuus on Suomen yksi keskeinen toiminta-alue, jolla pyritään saavuttamaan ilmasto- ja energiapolitiittisia tavoitteita. Energiatehokkuuden lisäämisellä vähennetään kasvihuonepäästöjä ja kasvatetaan kustannussäästöjä. Ilmastohyötyjen lisäksi energiatehokkuuden parantamisella energiankulutuksen määrää saadaan laskettua. Energiankulutuksen laskeminen vaikuttaa taas ostoenergian tarpeen pienenemiseen. Rakennussektoreista ja kiinteistöistä aiheutuu suurin osa Suomen kokonaisenergiankulutuksesta ja päästöistä. Kiinteistöissä perinteisiä energiatehokkuuden parantamisen keinoja ovat julkisivujen eristyksen parantaminen sekä ilmanvaihtojärjestelmän tehostaminen. (Smart energy transition 2017; Ilmasto-opas 2021.)

Energiatehokkuuden kehittämistä Suomessa EU:ssa on parannettu lainsäädännön avulla. EU:lla on käytössä energiatehokkuuden parantamista koskeva energiatehokkuusdirektiivi. Vuonna 2018 voimaan astui tarkastettu energiatehokkuusdirektiivi (EU)2018/2002. Kyseisessä direktiivissä tavoitteita on tiukennettu verrattuna nykyiseen vuosien 2014–2020 tavoitetasoon. EU:n jäsenmailla laaditaan vuotuiset sitovat energiansäästövelvoitteet. Suomen nykyiseen energiansäästövelvoitteen tavoitetasoon 1,76 TWh/a verrattuna vaatimustaso nousee 1,9–2,36 TWh/a, tarkoittaen 9–35 %:n nousua. Euroopan unionin yhteistavoite vuodelle 2020 oli 20 %, vuodelle 2030 tavoite asetettiin 32,5 %:iin. Ekosuunnitteludirektiivillä 2009/125/EU ja energiamerkintäasetuksella (EU)2017/1369 säännellään EU:ssa tuotteisiin liittyvää energiatehokkuutta. Ekosuunnitteludirektiivillä ja energiamerkintäasetuksella varmistetaan, että laitteiden suunnittelu ja myynti on energiatehokasta. Ekosuunnitteludirektiivin ja energiamerkintäasetuksen ansiosta saadaan aikaan merkittäviä säästöjä energian kulutuksen suhteen. Euroopan komission mukaan arvioitiin, että vuonna 2020 saatiin aikaan 1900 TWh säästöt energiankulutuksen suhteen energiamerkintöjen ja ekologisen suunnittelun ansiosta. Suomessa energiatehokkuusdirektiivi laitetaan käytäntöön energiatehokkuuslain (787/2020) avulla. Ekosuunnittelulailla (1005/2018) ja -asetuksella (1043/2010) varmistetaan ekosuunnitteludirektiivin ja energiamerkintäasetuksen käytäntöönpano. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2019; Ilmasto-opas 2021.)

Merkittävä keino energiatehokkuuden kehittämiseen on energiatehokkuussopimusten käyttäminen. Energiatehokkuussopimusten ansiosta Suomen energiansäästöavoitteista katettiin yli puolet kauden 2014–2020 aikana. Energiatehokkuussopimusten avulla tiukat energiansäästövelvoitteet on mahdollista saavuttaa ilman uusia pakkokeinoja tai lainsäädäntöjä. Energiatehokkuussopimuksen solmiminen on Suomessa vapaaehtoista. Valtio solmii sopimuksia eri toimialojen kanssa. Sopimuksilla ohjataan yrityksiä ja yhteisöjä energiatehokkuuden edistämiseksi. Sopimuksen solmineet tahot asettavat itselleen tavoitteen energiankäytön tehostamisen suhteen sekä määräajan tavoitteen saavuttamiselle. Vuosien 2017–2020 aikana vuosittaista energiankäyttöä on tehostettu 8,9 TWh kuntien ja yritysten toimesta. Säästön suuruudella voitaisiin kattaa 444 000 sähkölämmitteisen pientalon energiankulutus. (Energiatehokkuussopimukset julkaisuaika tuntematon a; Energiatehokkuussopimukset julkaisuaika tuntematon b.)

Energiatehokkuuden edistämisen kannalta kulutusjouoston tai toiselta nimeltään kysyntäjouoston käyttö on oivallinen keino. Kulutushuippujen aikaisen tehontarpeen pienentäminen on kulutusjouoston pääasiallinen tehtävä. Kulutusjouoston avulla energian käyttöä voidaan säädellä tarpeen mukaan, mikä on energiansäästön kannalta suotuisaa. Energian käyttöä voidaan hetkellisesti pienentää ja

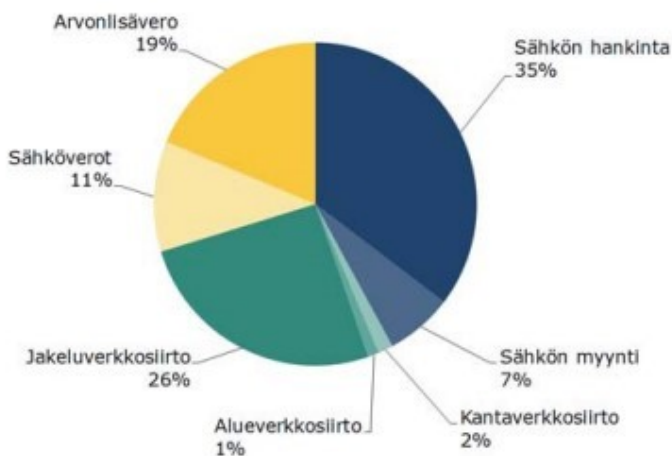
siirtää kulutusta ajankohtaan, jolloin sitä on saatavilla muun muassa edullisemmin, tehokkaammin ja ympäristöystävällisemmin. Vaihtelevan uusiutuvan energian tuotannon määrän kannalta kulutusjouston avulla rakennuksen energian käyttöä saadaan tasapainotettua. Uusituvan energian ylijäämä voidaan hyödyntää myöhemmin varastoimalla se esimerkiksi sähköautojen akkuihin tai vesivaraajiin. Kulutusjouston käytön mahdollistamiseksi tarvitaan älytekniikka ja automaatiota. Älytekniikan- ja automaation avulla toteutettu lämmön ja sähkönkulutuksen ohjaus mahdollistaa kulutusjouston tarjoamat mahdollisuudet ilman, että se vaikuttaa arkiseen elämään. (Smart energy transition 2017.)



### 3 SÄHKÖN HINTA

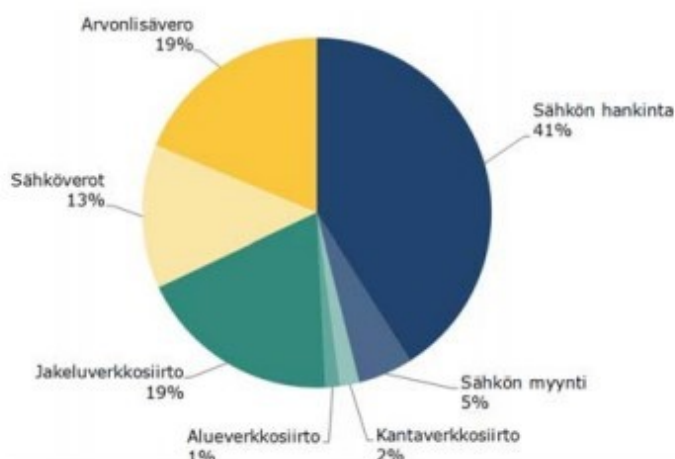
Sähkönhinta koostuu kolmesta kokonaisuudesta. Sähkönhinnan muodostavia kokonaisuuksia ovat sähköenergian hinta, sähkönsiirron hinta ja erilaiset sähkö- ja arvonlisäverot. Suomessa kuluttaja voi ostaa sähkön haluamaltaan sähkömyyjältä. Sähköverkkoyhtiön ei voi vaikuttaa, vaan sähkönsiirrostä vastaa alueella toimiva jakeluverkkoyhtiö. Sähkönsiirrosta perittävällä maksulla katetaan sähköverkon kunnossapito, valvonta, rakentaminen, kulutusten mittaaminen ja yleisesti sähköverkon kehittäminen. Energiavirasto valvoo hintatasojen kohtuullisuutta sähkönsiirron hintojen suhteen. Kuvissa 1 ja 2 on nähtävissä, kuinka sähkön hinta muodostuu tyypilliselle kotitalouskuluttajalle ja tyypilliselle sähkölämmittäjälle. Sähkölämmittäjällä sähkön hankinnan osuus on suurempi tyypilliseen kotitalouskuluttajan nähden. Tästä syystä jakeluverkon siirtoon menevä prosentuaalinen osuus laskee. Tyypillisellä kotitalouskuluttajalla tilanne on vuorostaan päinvastainen. Sähkön hankinta on vähäisempää, jolloin prosentuaalisesti jakeluverkon siirron osuus kasvaa. Säännöllisellä sähkösopimuksen kilpailuttamisella ja itselle parhaiten sopivilla sopimusratkaisuilla voidaan säästää sähkölaskun suuruudessa. (Energiateollisuus 2011a; Energiateollisuus julkaisuaika tuntematon a.)

#### Tyypillisen kotitalouskuluttajan sähkön hinnan muodostuminen



KUVA 1. Tyypillisen kotitalouskuluttajan sähkön hinnan muodostuminen (Energiateollisuus 2011b)

## Tyypillisen sähkölämmittäjän sähkön hinnan muodostuminen



KUVA 2. Tyypillisen sähkölämmittäjän sähkön hinnan muodostuminen (Energiateollisuus 2011c)

Sähköenergian hinta sisältää sähkön hankintaan ja sähkön myyntiin menevät kustannukset. Myytävä sähkö hankitaan omilta voimalaitoksilta tai sähköpörssistä. Sähköpörssin hinta perustuu kysynnän ja tarjonnan määrään. Kysynnän määrään eniten vaikuttavia tekijöitä sään lisäksi ovat vuoden- ja vuorokaudenaika sekä teollisuuden sähkön kysynnän kautta syntynyt yleinen taloudellinen tilanne. Sään vaikutus tarjonnan määrään on myös merkittävä. Erityisesti sateiden määrä vaikuttaa vesivoimaan ja täten tarjontaan. Tarjonnan määrään vaikuttavia tekijöitä ovat myös polttoaineiden ja päästöoikeuksien hinnat. Näiden hintojen muutos näkyy tukkumarkkinahinnassa tuotannon muuttuvien kustannuksien seurauksena. Sähkön myyntikustannukset koostuvat myynnin ja markkinoinnin aiheuttamista kustannuksista, joita ovat muun muassa asiakaspalveluun, hallintoon ja laskutukseen liittyvät kustannukset. (Energiateollisuus 2011a.)

Sähkön myyjillä on olemassa erilaisia sähkömyyntisopimuksia, joilla ostettavaan sähköenergian hintaan voidaan vaikuttaa. Yleisesti määräaikaisissa sopimuksissa hinta on matalampi kuin toistaiseksi voimassa olevissa sopimuksissa. Toistaiseksi voimassa olevissa sopimuksissa hinnan muutokset ovat mahdollisia, sillä sähkömarkkinoiden kehitys vaikuttaa sähkön hintaan. Hinnan muutokset voivat olla säännöllisiä tai epäsäännöllisiä, näistä kuitenkin sovitaan etukäteen sopimusta laadittaessa. Kuluttajan on kuitenkin saatava hintojen noususta tietoa vähintään yhtä kuukautta aikaisemmin. Toistaiseksi voimassa olevissa sopimuksessa noudatetaan kahden viikon irtisanomisaikaa. Määräaikaisessa sopimuksessa kuluttajalla on aina tiedossa paljonko sähköstä maksaa, eikä sähkömarkkinoilla tapahtuva hintojen muutos vaikuta sopimukseen. Määräaikainen sopimus onkin hyvä vaihtoehto, kun halutaan vakauttaa kulutusmenoihin ilman yllättäviä hinnan muutoksia. Määräaikainen sopimus tehdään vähintään vuodeksi kerrallaan, eikä sopimuksen aikana voida vaihtaa sopimusta toiseen. Yleisesti määräaikaiset sopimukset ovat mahdollista purkaa muuton yhteydessä. Sopimusasioita laatiessa tulee kuitenkin aina kiinnittää huomioita irtisanomisehtoihin. (Energiateollisuus julkaisuaika tuntematon b.)

Edellä läpi käytyjen toistaiseksi voimassa olevien ja määräaikaisten sopimusten lisäksi pörssisähkösopimus eroaa näistä selkeästi. Pörssisähkölle on olemassa paljon erilaisia nimityksiä kuten tunti-sähkö, spot-sähkö ja markkinasähkö. Pörssisähkösopimuksessa sähkön hinta määräytyy Pohjoismaiden sähköpörssin Nord Poolin spot-hinnan mukaan jokaiselle tunnille erikseen. Pörssisähkösopimuksessa kuluttaja maksaa pörssihinnan mukaisen hinnan kuluttamastaan sähköstä. Hintaan lisätään kuitenkin vielä sähkön myyjän määrittelemä marginaaliosuus. Pörssisähkösopimus sopii etenkin käytettäväksi sellaisissa talouksissa, jossa sähkön käyttöä voidaan kotiautomaation avulla ajoittaa vuorokauden halvimmille tunneille. Tällöin voidaan saada aikaan merkittäviä säästöjä sähkölaskussa. Esimerkkinä pörssisähkö on sopiva omakotitaloon, jossa päämuotoisena lämmitystapana on sähkölämmitys. Toisena ääripäänä on kerrostaloasunto, jossa sähkön kulutus on vähäisempää, ei pörssisähkösopimuksella saada aikaan yhtä merkittäviä hyötyjä kuin omakotitalossa. Pörssisähkösopimukset ovat olleetkin pitkän aikavälin tarkastelussa kaikkein halvimpia sähkösopimusmuotoja. Pörssisähkösopimuksissa haittapuolena ovat kuitenkin mahdolliset nopeatkin hinnanmuutokset. Hinnan muutoksista hyvänä esimerkkinä on vuoden 2021 joulukuussa tapahtunut suuri hintojen nousu. Kyseisenä ajanjaksona spot-hinnat nousivat korkeimmillaan yli 120 snt/kWh hintoihin. (Leppäkoski Energiakauppa 2018; Sähkön Kilpailutus 2021.)

Sähkön mittaustavalla eli tariffeilla voidaan vaikuttaa myös sähkösopimuksen hinnoitteluun, sillä se liittyy sähkönsiirtoon. Yleensä mittaustavan valinta tapahtuu sähköliittymän tilaamisen yhteydessä. Erilaisia sähkön mittaustapoja ovat yleissähkö, kausisähkö, aikasähkö sekä tehosähkö. Mittaustavoissa on eroavaisuuksia ja eri mittaustavoissa energian hinnoittelu vaihtelee. Yleissähkö on näistä kaikkein yleisin mittaustapa. Yleissähkö soveltuukin parhaiten kohteeseen, jossa ei ole käytössä sähkölämmitystä, sähkönkäyttö tapahtuu pääosin päivällä ja jossa sähkönkäyttö on vähäisempää, kuten esimerkiksi kerrostaloasuntoon. Yleissähkössä energianhinnassa ei tapahdu vaihtelua. (KSS Energia julkaisuaika tuntematon.)

Kausisähkössä on kaksi erilaista mittaustapaa talviarkipäivä sekä muun ajan kulutus. Talviarkipäivän mittaus on käytössä ajankohtina: kello 7.00–22.00 maanantaista lauantaihin 1.11.–31.3., muun ajan kulutuksen mittaus on käytössä kaikkina muina ajankohtina. Mittaus soveltuu hyvin kohteisiin, joissa suurin sähköenergian käyttö voidaan rajoittaa yöaikaan ja on mahdollista hyödyntää kesäajan halvempaa sähkön hintaa. Kausisähkö sopii hyvin kohteisiin, joissa voidaan hyödyntää varaavaa yöaikaista sähkölämmitystä, takkaa tai leivinuunia. Muun ajan ajanjaksolla käytettävä sähkö on halvempaa kuin talviarkipäivän ajanjaksoilla käytetty sähkö. (KSS Energia julkaisuaika tuntematon.)

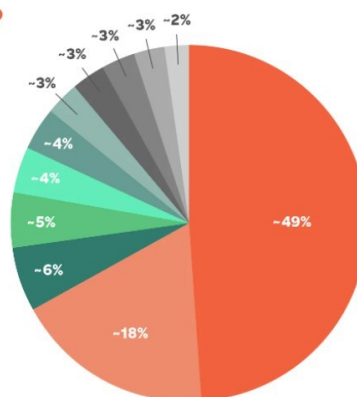
Aikasähkö sopii kohteisiin, jossa käytössä on suora sähkölämmitys eikä päiväsaikaan voida hyödyntää mitään muuta lämmitysjärjestelmää. Aikasähkössä tarkoituksena on ajoittaa suurin sähkönkäyttö yöajalle, jolloin voidaan hyödyntää edullisempaa sähkön hintaa. Aikasähkössä käytetään yöajalle ja päiväajalle eri energian hintaa. Päiväajan mittaus on käytössä aikavälillä 7.00–22.00 maanantaista sunnuntaihin ympäri vuoden. Yöajan mittaus on käytössä aikavälillä 22.00–7.00 maanantaista sunnuntaihin ympäri vuoden. (KSS Energia julkaisuaika tuntematon.)

## 4 ASUMISEN ENERGIANKULUTUS

Asumisen kokonaisenergian kulutusta tarkasteltaessa kulutus voidaan jakaa kolmeen suurempaan kokonaisuuteen: tilojen lämmitykseen, käyttövedenlämmitykseen ja taloussähkön osuuteen. Taloussähkön osuuteen sisältyy ruuan valmistukseen, valaistukseen ja muihin sähkölaitteisiin kulunut energian määrä. Sähkönkulutuksen kannalta kodin lämmitysmuodolla on siihen suuri vaikutus. Kuvassa 3 on nähtävissä esimerkki sähkönkulutuksen jakautumisesta, kun kyseessä on neljän hengen sähkölämmitteinen omakotitalo. (Fortum 2019c.)

### Neljän hengen sähkölämmitteinen omakotitalo (120 m<sup>2</sup>), vuotuinen sähkönkulutus

Yhteensä n. 19 700 kWh

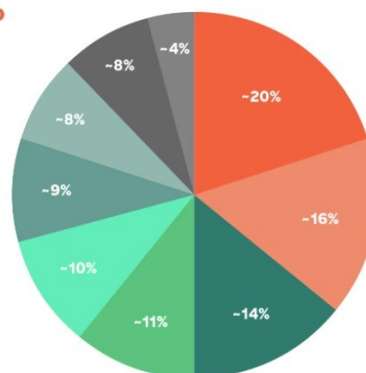
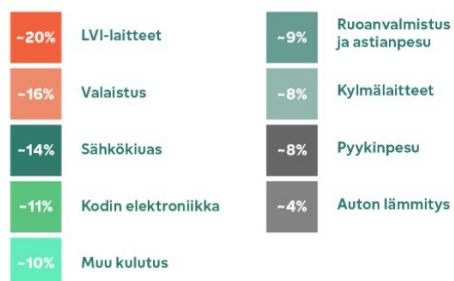


KUVA 3. Sähkölämmitteisen omakotitalon sähkönkulutuksen jakautuminen (Fortum 2019b)

Vertailun vuoksi kuvassa 4 on nähtävissä sähkönkulutuksen jakautuminen, kun talon ja veden lämmittäminen tapahtuu kaukolämmön avulla. Esimerkeissä on hyvin nähtävillä, kuinka sähkönkulutus muuttuu ja painottuu tasaisemmin eri asioihin, kun tilojen ja käyttöveden lämmittäminen ei vaadi sähköä.

### Neljän hengen kaukolämmitteinen omakotitalo (120 m<sup>2</sup>), vuotuinen sähkönkulutus

Yhteensä n. 7 300 kWh



KUVA 4. Kaukolämmitteisen omakotitalon sähkönkulutuksen jakautuminen (Fortum 2019a)

## 4.1 Valaistus

Markkinoilla olevia asumisessa tyypillisesti käytettäviä valonlähteitä ovat loistelamput, pienloistelamput (energiansäästölamput), halogeenilamput ja led lamput. Energiatehokkuusvaatimusten kiristymisen takia halogeenilamput ovat poistumassa markkinoilta, näistä on käytössä enää erikoislamput, pienjännitteiset halogeenit ja B-luokan halogeenilamput. Vuoden 2016 syyskuun ensimmäisestä päivästä alkaen verkkojännitteisten halogeenilamppujen valmistus ja markkinoille tuonti on kielletty. Ympäristötelevien halogeenilamppujen valmistus ja markkinoille tuontikielto tuli puolestaan voimaan ensimmäinen syyskuuta 2018. (Lampputieto julkaisuaika tuntematon.)

Valaistuksen osuus asumisen kokonaisenergiankulutuksesta on noin 3 % luokkaa. Valaistuksen energiankulutus on pienentynyt merkittävästi viime vuosien aikana. Suurena syynä energiankulutuksen pienentymiseen on led-valojen lisääntyminen. Led-valot ovat tällä hetkellä selkeästi paras mahdollinen ratkaisu kodin valaistusta ajatellen. Led-valoissa on pitkä käyttöikä ja ne ovat energiatehokkuuden, kokonaiskustannusten sekä valon laadun kannalta järkevä valinta. Mikäli valaistuksessa käytetäänkin led-polttimoita tai valaisimia, voidaan muutamilla asioilla vaikuttaa entisestään energiankulutukseen ja energiatehokkaisuun ratkaisuihin ilman että käyttömukavuus kärsii. Tällaisia ratkaisuja ovat muun muassa valaistuksen ohjaus, tarpeen mukainen käyttö, valitsemalla ympäristöön / tilaan sopivat valaisimet sekä valitsemalla valaisimet, jotka ovat käyttöhyötysuhteeltaan tehokkaita. Luonnonvalon hyödyntäminen kannattaa ottaa myös huomioon, etenkin suunniteltaessa uudisrakennuksia. Lisäksi sisustuksella on myös merkitystä, vaaleiden sävyjen käytöllä voidaan valaistuksen tarvetta pienentää. (Lampputieto 2020; Suomen virallinen tilasto (SVT)a; Ilmasto-opas 2018.)

## 4.2 Lämmitys

Asumisen sähkönkulutusta tarkastellessa lämmitykseen kuluu selkeästi suurin osa kokonaisenergian määrästä eli noin kaksi kolmasosaa kokonaisenergiankulutuksesta. Lämmitykseen kuluva energia voi kuitenkin olla vielä suurempi, jos kyseessä on vanhempi tai suurempi talo. Tilojen lämmitykseen vuonna 2020 kului 64,3 % kokonaisenergiankulutuksesta. Yleisimmät energianlähteet, joita tilojen lämmitykseen käytettiin vuonna 2020 olivat kaukolämpö, puu ja sähkö. Kokonaislämmitysenergian käytöstä 82 % osuus koostui edellä mainituista lämmitysmuodoista. Lämpöpumppuenergia on näiden jälkeen suosituin energianlähde. Lämmitysjärjestelmää valittaessa ei ole yhtä oikeaa vaihtoehtoa. Valinnan yhteydessä on tärkeää tarkastella erilaisten kustannuksien lisäksi järjestelmän käytettävyyttä, ekologisuutta, mahdollista tilantarvetta ja rakennuspaikkaa. Viime vuosina uusien talojen neliömäärät ovat pienentyneet ja neliöiden tehokkaampi käyttö ja lämmittäminen on lisääntynyt. Sähkölämmitys on yleinen ratkaisu alle 100 neliömetrin taloissa. Tätä suuremmissa taloissa maalämpö on yleinen ja energiatehokas ratkaisu. Kohteesta riippumatta hybridilämmityksen suosiminen on kannattavaa. Hybridilämmityksessä lämmitykseen käytetään kahta tai useampaa eri lämmitysmuotoa, joita voidaan vuorotella tai käyttää samanaikaisesti. Esimerkiksi jos kyseessä on sähkölämmitteinen talo, varsinaisen lämmitysjärjestelmän tukena on kannattavaa käyttää jonkinlaista varavaa tulisijaa. (Suomen virallinen tilasto (SVT)b; Energiatehokas koti 2020d; Suomela 2017.)

#### 4.2.1 Sähkölämmitys

Investointina sähkölämmitys on yleensä edullinen mutta käyttökustannuksiltaan kallis. Uusiutuvan energian hyödyntäminen sähkölämmityksen ohella on kannattavaa. Puu- ja aurinkoenergian käytöllä voidaan vähentää ostoenergian määrää ja näin saada aikaan säästöä. Uudisrakentamisessa kannattaa panostaa rakennuksen eristämiseen ja ilmatiiveyteen tarvittavan lämmitysenergian pienentämiseksi. Ilmalämpöpumpun lisääminen sähkölämmityksen rinnalle lisää energiatehokkuutta. Ilmalämpöpumppu voi tutkimusten mukaan vähentää kokonaisenergiankulutusta 10–30 %. Etuina sähkölämmityksessä on korkea hyötysuhde, lämmön jakamisessa saavutettu korkea energiatehokkuus sekä lämpötilasäädöissä nopeasti reagoivat ja tarkat säädöt. (Motiva 2021; Motiva 2022.)

Sähkölämmityksen toteutukselle on eri toteutustapoja kuten vesikiertoisena toteutettu sähkölämmitys tai huonekohtainen sähkölämmitys. Huonekohtainen sähkölämmitys voidaan toteuttaa käyttäen ilmalämmitystä, kattolämmitystä, lattialämmitystä tai patterilämmitystä. Käytettäessä sähköpattereita saadaan aikaan hyvä hyötysuhde, koska lämpö tuotetaan samassa tilassa, jossa sitä myös tarvitaan. Sähköpattereiden tehokerroin on lähellä yhtä, sillä kaikki sähköpattereihin sähköllä siirrettävä energia muuttuu lämmöksi. Sähköpatterit ovat myös helppoja asentaa ja tämän takia ne ovatkin suosittuja peruskorjauskohteissa. Lisäksi sähköpattereita voidaan käyttää kodin kaikissa tiloissa. Pattereiden tavanomainen sijoituspaikka on ikkunoiden alapuolella. Huonekohtaisessa sähkölämmityksessä käyttöveden lämmityksessä tarvitaan erillinen noin 300–500 litran suuruinen lämminvesivaraaja. Lämminvesivaraajan vesi lämmitetään noin 1,5–3 kW:n sähkövastuksen avulla. Huonekohtaisella sähkölämmityksellä saadaan aikaan noin 10–15 % korkeampi hyötysuhde verrattuna vastaavanlaiseen vesikiertoiseen lämmitykseen. Lämpötilojen säätely tapahtuu termostaattien avulla. Termostaatit voivat olla joko mekaanisia tai elektronisia. Elektronisilla termostaateilla saadaan aikaan monipuolisempia ja tarkempia säätöjä kuin mekaanisilla termostaateilla. (Energiatehokas koti 2020a; Löydä sähkömies 2020; Motiva 2021.)

Lattialämmityksessä toteutustapoja on kaksi, varaava tai jatkuvatoiminen. Jatkuvatoiminen lattialämmitys sopii hyvin tiloihin, jotka ovat jatkuvassa käytössä. Jatkuvatoimisessa lattialämmityksessä lämmityskaapeli asennetaan heti pintamateriaalin alapuolelle. Pesutiloissa ja klinkkerilattioissa käytetään jatkuvatoimista lattialämmitystä. Varaava lattialämmitys sopii hyvin tiloihin, jossa mahdollinen lämpötilan vaihtelu ei haittaa ja lämpötilaa voidaan pitää alhaisempana verrattuna normaaliin sisälämpötilaan. Hyvä esimerkki tällaisesta tilasta on varasto. Varaavassa lattialämmityksessä kaapelin asennus tapahtuu betonilaatan sisälle. Lattialämmitys sopii hyvin kaikkiin tiloihin ja sillä saadaan lisättyä hyvin lämpöviihtyvyyttä. Parhaimmillaan lämpöviihtyvyys on tilanteessa, jolloin huoneen lämpötila on hieman alhaisempi kuin lattiapinnan lämpötila. (Energiatehokas koti 2020a; Löydä sähkömies 2020.)

Kattolämmityksellä saadaan huoneeseen tuotettua nopeasti lämpöä. Kattolämmitys sopii hyvin vapaa-ajan asuntoihin, joissa pidetään alhaista lämpötilaa poissaolon aikana ja saapuessa se halutaan nostaa nopeasti. Paras hyöty kattolämmityksestä saadaan, kun sitä käytetään yhdessä lattialämmityksen kanssa. Kattolämmityksessä katon verhoilumateriaali lämmitetään sisäkattoon asennettujen lämpökelmujen avulla. Lämpö siirtyy huoneeseen lämpösäteilyn avulla. (Energiatehokas koti 2020a; Löydä sähkömies 2020.)

Ilmalämmityksessä ilmanvaihtokoneessa tuloilmaa lämmitetään jakolaitteiden sähkövastusten avulla, tämän jälkeen lämmin ilma puhalletaan huoneisiin. Ilmalämmitys sopii parhaiten käytettäväksi passiivitaloissa. (Energiatehokas koti 2020a; Löydä sähkömies 2020.)

Vesikiertoisessa sähkölämmityksessä vettä lämmitetään varaajassa tai sähkökattilassa sähkövastuksien avulla. Vesivaraajien optimaalinen koko kohteen mukaan on noin 100–500 litraa. Lämpimän käyttöveden sekä tilojen tarvitsema lämmitysenergia saadaan varaajasta. Vesivaraajalla toimivassa lämmityksessä kannattavinta on lämmittää vettä yöaikaan, jolloin voidaan hyödyntää yöllä olevaa halvempaa sähkön hintaa. Lämpöhäviöiden suuruus vanhoissa ja suurissa varaajissa on merkittävä. Vuoden aikana lämpöhäviöiden suuruus voi olla 2000–10000 kWh. Saneeraamalla vanha varaaja uuteen, voidaan saada aikaan merkittävä säästö. Suuren vesivaraajan hyödyntäminen puukattiloiden tai aurinkokeräimien yhteydessä voi olla kannattavaa säästöjen kannalta. Säästöä voidaan myös saada liittämällä varaaja maalämpöpumppuun tai vesilämpöpumppuun. Normaalissa käytössä suuri vesivaraaja kuluttaa paljon energiaa, mutta sitä voidaan käyttää myös energiavarastona sähkökatkon varalle. Sähkökattila tuottaa koko ajan energiaa talon tarpeen mukaan. Tyypillinen sähkökattilan tilavuus on noin 200 litraa. Vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä lämpö jaetaan sähkökattilasta kaikkiin huonetiloihin. Yleensä lämpöä ei varastoida mutta erillinen varaaja on kuitenkin mahdollista liittää järjestelmään. (Energiatehokas koti 2020l.)

#### 4.2.2 Puulämmitys

Puulämmityksen etuna on edullinen hinta, etenkin jos puut ovat saatavilla omasta metsästä. Muita etuja puulämmitykselle ovat ympäristöystävällisyys, ilmanvaihdon edistäminen sekä kosteuden poistaminen. Puulämmityksen huonoja puolia on sen työläs käyttö ja noen syntyminen. Tärkeitä asioita puulämmityksessä on järjestelmän säännöllinen huolto ja kuivan polttoaineen käyttö. Kuivan polttoaineen käytöllä hiukkaspäästöt pienenevät ja palamisprosessista saadaan tehokkaampaa. Säännöllisellä järjestelmän huollolla voidaan minimoida hiukkaspäästöjen suuruus. Puulämmitys soveltuu lämmitysmuotona pääasialliseen lämmitykseen kuin myös tukilämmitykseen. Tukilämmityksestä puhuttaessa puulämmityksellä voidaan saada katettua merkittävä osa lämmityksen tarpeesta. Talon lämmitystarpeesta kolmasosa voidaan tuottaa sopivan kokoista tulisijaa hyödyntäen. Parhaita tulisijoja tukilämmityksen näkökulmasta ovat suuret varaavat tulisijat, tällöin lämpöä siirtyy pitkään eri huonetiloihin. (Energiatehokas koti 2020k; Energiatehokas koti 2020h; Thermia julkaisuaika tuntematon.)

Puulämmitystä pääasiallisena lämmityksenä käytettäessä lämpö tuotetaan puukattiloissa polttamalla halkoja, pilkkeitä, klapeja, haketta tai pellettiä. Kattilatyyppejä on erilaisia niiden palotavan mukaan, kuten ylä-, ala- ja käänteispallokattila. Yläpallokattiloiden hyötysuhde on paras, mutta se vaatii eniten työtä. Alapallokattilassa puiden lisäämisen väli on pidempi ja palaminen on tasaisempaa verrattuna yläpallokattilaan. Käänteispallokattilassa puu palaa kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa puu kaasuuntuu, tämän jälkeen lopullinen polttoaineen palaminen tapahtuu jälkipolttotilassa. Käänteispallokattilassa palamisprosessi on puhdas. Kattilasta lämpö jaetaan eteenpäin yleensä vesikiertoisen patteri- tai lattialämmityksen lämmönjakojärjestelmän avulla. Energiatehokkuutta voidaan lisätä varaajan avulla. Varaajia käytetään erityisesti pilkekattiloiden yhteydessä. Energiatehokkuuden lisäksi varaajan ansiosta pilkekattiloiden käyttö helpottuu ja sen sitovuus vähenee. Energiatehok-

kuutta voidaan lisätä myös automatiikan avulla, jolloin säädettävyys paranee, samalla palamisprosessista saadaan puhtaampi. Puhtaamman palamisen kautta polttoainekustannukset pienenevät sekä päästöjen ja järjestelmän huoltotarpeen määrä vähenee. (Energiatehokas koti 2020h; Motiva 2020c.)

#### 4.2.3 Maalämpö

Lämmitysmuotona maalämmitys on käyttökustannuksiltaan edullinen mutta alkuinvestointina kallis. Mitä suurempi energiantarve on, sitä suuremmat ovat investointikustannukset. Maalämmitys voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla: vesistöön asennetulla lämmönkeruupiirillä, vaakaputkisto lämmönkeruupiirillä tai lämpökaivolla. (Energiatehokas koti 2020.)

Lämpökaivolla toteutettu lämmönkeruu onkin kaikkein suosituin vaihtoehto. Vuositasolla noin 60 % maalämpökohteista toteutetaan käyttäen lämpökaivoa. Järjestelmän hyvä puoli on, että se voidaan asentaa ahtaalle tontille, huonona puolena se on yleisesti kallein vaihtoehto. Lämpökaivolla toteutetussa järjestelmässä ensimmäisenä maahan porataan noin 100–350 m syvä energiakaivo. Kaivoon asennetaan putkisto, jossa kierrätetään lämmönkeruuseen tarkoitettua liuosta. Liuos koostuu yleensä 70 % vedestä ja 30 % etanolista. Etanolia käytetään, jotta putkistossa kiertävä liuos ei jäädy. Syvälle maahan varastoitunut lämpö lämmittää putkistossa kulkevaa liuosta, joka ohjataan eteenpäin maalämpöpumpulle, jossa lämpö otetaan talteen. (Energiatehokas koti 2020e; Thermia 2021.)

Vesistöihin asennettujen lämmityspiirien määrä on prosentuaalisesti pienin. Vesistöihin asennettujen lämmönkeruuputkistojen määrä vuosittain on noin 5 % luokkaa. Vesistöihin asennettu lämmönkeruupiiri asennetaan vesistön pohjaan vähintään kahden metrin syvyyteen, siellä putkisto kiinnitetään pohjaan. Vesistöissä maaperän lämmönsiirto-ominaisuudet ovat paremmat, joten vesistöön asennetulla lämmönkeruupiirillä voidaan saada aikaiseksi suurempia tehoja ja energiamääriä vaakaputkisto-lämmönkeruupiiriin verrattuna. (Energiatehokas koti 2020e.)

Vaakaputkistolla toteutetussa lämmönkeruupiirissä putkisto asennetaan maanpinnan alapuolelle noin metrin syvyyteen. Pohjoisemmassa Suomessa syvyyttä kasvatetaan vähintään 1,5:n metriin. Maaperään asennetulla putkistolla tarkoituksena on kerätä maanpinnalle varastoitunutta lämpöenergiaa. Vaakaputkistolla toteutettuja maalämpökohteita on vuositasolla noin 30 %. Maalämmitys on pitkäikäinen investointi, joka on energiatehokas ja ympäristöystävällinen ratkaisu. Maalämmityksen käyttökustannukset ovat niin alhaiset, että järjestelmän investointiin kulunut hinta saadaan katettua kymmenen vuoden aikana. (Energiatehokas koti 2020e.)

#### 4.2.4 Kaukolämpö

Kaukolämpö on yleisin lämmitysmuoto kaupunki- ja taajama-alueilla. Kaukolämmityksessä lämpö tuotetaan voimalaitoksissa ja siirretään eteenpäin kuuman veden avulla kaukolämpöverkkoa pitkin. Energian tuottamiseen käytetään lämpölaitoksia ja yhteistuotantolaitoksia. Yhteistuotantolaitoksissa tuotetaan yhdessä sähköä ja lämpöä. Yhteistuotantolaitosten sähköntuotannon yhteydessä turbiinin pyöriessä syntyy hukkalämpöä, joka otetaan talteen, tätä voidaankin hyödyntää kaukolämmityksessä. Voimalaitoksilta kuuma vesi ohjataan kaukolämpöverkkoa pitkin kiinteistön lämmönvaihtimiin. Kiinteistön jäähtynyt vesi ohjataan takaisin kaukolämpöverkkoon. Kaukolämmön hyviä puolia



ovat muun muassa lämmitysjärjestelmän helppokäyttöisyys, toimintavarmuus ja järjestelmän pitkäikäisyys. Huono puoli kaukolämmityksessä on se, että kaukolämmön hinnanvaihteluihin ei voida vaikuttaa. Voimalaitoksissa pääasiassa käytetyt polttoaineet ovat maakaasu, kivihiili, turve ja puu. Vuonna 2019 49,4 % kaukolämmön tuottamasta energiasta toteutettiin uusiutuvalla energialla ja hukkalämmöllä. Energiatehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden kannalta uusiutuvan energian ja hukkalämmöllä tuotetun energian osuus on merkittävä. Kaukolämmitys on hyvä valinta, mikäli lämmitettävä kohde on alueella, jossa lämmön hinta on kohtuullinen. (Motiva 2020b; Lämpöykkönen 2017b; Energiamaailma julkaisuaika tuntematon.)

#### 4.2.5 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumpulla toteutettavassa lämmityksessä talon lämmitykseen tarvittava energia saadaan poistoilmasta, joka poistuu talon ilmanvaihtoputkien kautta. Poistoilmassa oleva lämpö johdetaan vesikiertoiseen lattialämmitysjärjestelmään, tuloilmaan tai käyttöveden lämmitykseen. Ilmanvaihdon ollessa tehokasta saadaan myös energiaa parhaiten talteen. Talon ollessa kylmillään ilmanvaihto on pientä ja energiaa ei saada taltioitua tarpeeksi. Tällaisessa tapauksessa lisää lämpöä voidaan tuottaa vesivaraajan sähkövastuksen avulla. Poistoilmalämpöpumpulla kaikki talon lämmittämiin vaadittavan energiantuotto ei ole mahdollista. Poistoilmalämpöpumpun rinnalla käytetään lisälämmitykseen soveltuvia ratkaisuja kuten ilmalämpöpumppua tai varaavaa takkaa. Poistoilmalämpöpumpun etuja ovat muun muassa järjestelmän sopivuus erilaisiin kohteisiin, järjestelmän helppo liitettävyyys aurinkosähköön, helppokäyttöinen ohjaus ja ympäristöystävällisyys. Järjestelmän suurena etuna on myös huomattava energiansäästö. Suoraan sähkölämmitykseen verrattuna voidaan saada aikaan noin 30–40 % suuruusluokkaa olevia säästöjä. Poistoilmalämpöpumppu soveltuu parhaiten taloihin, joissa lämmitykseen vaadittava energianmäärä on pientä. Uudet matalaenergiatalot tai passiivitalot ovat kyseiselle järjestelmälle sopivia kohteita. (Motiva 2020d; Lämpöykkönen 2017a.)

#### 4.2.6 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu on lämmityksenä samankaltainen kuin maalämpö. Ilma-vesilämpöpumppu onkin hyvä ratkaisu, mikäli talossa ei voida käyttää maalämmitystä. Ilma-vesilämpöpumppua voidaan käyttää päälämmitysmuotona tai lämmitysmuotona jonkin muun järjestelmän, kuten sähkön öljyn tai puun kanssa. Maalämmitykseen verrattuna eroja on lämmön keräämisessä, investointihinnassa ja energiansäästössä. Ilma-vesilämpöpumpulla lämmitykseen vaadittava energia kerätään ulkoilmasta. Investointikustannuksiltaan ilma-vesilämpöpumppu on halvempi kuin maalämpöjärjestelmä. Maalämmöllä saadaan aikaan suurempi energiansäästö ilma-vesilämpöpumppuun verrattuna. Suoraan sähkölämmitykseen tai öljylämmitykseen verrattuna ilma-vesilämpöpumppu on kuitenkin paljon energiatehokkaampi ratkaisu. Säästöä sähköön tai öljyyn verrattuna voidaan saada noin 40–60 %. Ilma-vesilämpöpumppu soveltuu niin uusiin kuin saneerauskohteisiin. Järjestelmä on kannattava hankkia kohteeseen, jossa on alle 200 neliometriä asuinpinta-alaa. Järjestelmän mitoituksessa kannattaa ottaa huomioon, että kovilla -20 – -30 asteen pakkasilla pumpun antoteho ja lämpökerroin heikkenee huomattavasti. Ilmavesilämpöpumppu tuottaa noin 50 % vähemmän tehoa -20 asteen pakkasella verrattuna +7 asteen lämpötilaan. Järjestelmän mitoituksessa kannattakin ottaa huomioon, että järjestelmä on tarpeeksi tehokas, jotta lämpöä saadaan tuotettua kovillakin pakkasilla. (Lämpöykkönen 2017a; Lämpöykkönen 2017b; Energiatehokas koti 2020c.)

#### 4.2.7 Muut lämmitysmuodot

Muita lämmitykseen käytettyjä päälämmitysmuotoja ovat muun muassa öljylämmitys sekä maakaasulämmitys. Molemmat järjestelmät ovat toimintaperiaatteeltaan samanlaisia. Järjestelmissä polttoainetta poltetaan kattilassa ja polttamisesta syntyvä lämpö jaetaan eteenpäin lämmönjakojärjestelmällä. Järjestelmät eroavat toisistaan lämmön tuottamiseen käytettävän polttoaineen ja sen varastoinnin suhteen. Öljylämmityksessä öljyn varastointiin käytetään säiliötä, kun taas maakaasulla toteutetussa lämmityksessä kaasua ei varastoida ollenkaan. Maakaasu saadaan järjestelmään kaasuverkon kautta. Molemmissa lämmitysmuodoissa polttoaineena hyödynnetään fossiilisia polttoaineita. Järjestelmissä haittapuolena on ympäristölle koituvat haittavaikutukset sekä korkea polttoaineen hinta. Hyvänä puolena järjestelmissä on korkeat höytysuhteet ja helppokäyttöisyys. Öljy- ja maakaasulämmitysjärjestelmien määrä on vähäisempää verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin. Öljylämmittäjien määrän vähentymisen taustalla on lämmitysmuodosta luopuminen 2030-luvun alkuun mennessä. Julkisissa rakennuksissa öljylämmityksestä luovutaan vuoteen 2024 mennessä. Luopuminen on osa Suomen hiilineutraalia tavoitetta. Pientalon omistajalle tarjotaan avustusta tämän vaihtaessa öljylämmityksen johonkin muuhun lämmitysmuotoon. Öljylämmityksestä maalämpöön tai ilma-vesilämpöpumppuun vaihdettaessa avustusta myönnetään 4000 euroa, muihin lämmitysmuotoihin vaihdettaessa avustusta myönnetään 2500 euroa. Avustuksien myöntämisestä vastaa Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon; Motiva 2016; Energiatehokas koti 2020m.)

Pellettilämmitys on omakotitalon päälämmitysmuotona varsin hyvä ratkaisu. Pelleteillä lämmittäminen ei kuormita ympäristöä paljoa ja lämmittäminen on tehokasta. Öljylämmitykseen verrattuna kuutiossa pellettejä on saman verran energiaa kuin 300–330 litrassa polttoöljyä. Huonoja puoli ovat järjestelmän työläys, pölyisyys ja pellettien varastointiin vaadittava tilan tarve. Pellettilämmitysjärjestelmän komponentteja ovat kattila, poltin, siirtoruuvi ja siilo pellettien varastointia varten. Pelleteillä lämmitettäviä kohteita on tällä hetkellä varsin vähän, noin 30 000 kohdetta. Tulevaisuudessa määrän oletetaan kasvavan. (Bioenergia 2020; Energiatehokas koti 2020g; Thermia julkaisuaika tuntematon.)

Tukilämmitysmuotoina ilmalämpöpumppu on hyvä ratkaisu lämmityksen tukemiseen. Ilmalämpöpumpun hankkiminen esimerkiksi sähkölämmityksen rinnalle on järkevä valinta. Yksistään ilmalämpöpumppu ei sovellu lämmitysmuodoksi, mutta sillä voidaan kuitenkin kattaa jopa 40–60 % kohteen tilojen lämmityksestä. Kesällä ilmalämpöpumpulla voidaan myös viilentää huonetiloja. Ilmalämpöpumppu sopii kaikenlaisiin kohteisiin, kuitenkin avaralla pohjaratkaisulla oleva kohde on paras, jolloin ilma saadaan jaettua suuremmalle alueelle. Lämmityskäytössä ilmalämpöpumpulla tuotettava lämpötila kannattaa asettaa noin 3–5 astetta haluttua huonelämpötilaa korkeammaksi. Huonetilojen ovet pesutiloja lukuun ottamatta kannattaa pitää auki, jotta ilma pääsee kiertämään hyvin kaikkialle. Lisäksi pumpun puhallus kannattaa pitää koko ajan jatkuvatoimisena, suurella teholla ja suunnata se alas ja sivusuuntaan. Kaksikerroksisissa taloissa kannattaa asentaa ilmalämpöpumppu kumpaankin kerrokseen säästöjen saavuttamiseksi. Ilmalämpöpumpuissa hyötysuhdetta kuvataan COP arvolla, arvo ilmoitetaan ulkoilman ollessa 7 astetta. COP arvon ollessa esimerkiksi 4, tarkoittaa arvo sitä, että yhdellä kilowatilla sähköä saadaan tuotettua neljä kilowattia lämpöä. Ulkoilman kylmetessä ilmalämpöpumpun hyötysuhde laskee, kovalla pakkasella voi pumpun tehokkuus laskea jopa 50 %.

Hyötysuhde on korkeimmillaan, kun ulko- ja sisälämpötilan lämpötilaero on pieni. Ilmalämpöpumpun käyttämiseksi tukilämmitysmuotona voidaan saada aikaan keskimäärin noin 3000 kWh:n säästö kokonaisenergiankulutukseen nähden. Ilmalämpöpumppu oikein säädettynä, käytettynä ja sijoitettuna on hyvä valinta, jolla saadaan aikaan säästöä. (Optiwatti 2018; Keravan energia 2020; Energiatehokas koti 2020k; Motiva 2021a.)

Aurinkolämmitys on tukilämmitysmuotona hyvä ja ympäristöystävällinen ratkaisu. Aurinkolämmitys toimii auringosta saatavan säteilyn avulla. Säteily voidaan hyödyntää lämpönä aurinkokeräimen, lämpövaraston ja lämmönsiirto-putkiston avulla. Aurinkosäteily muutetaan kerääjän avulla lämmöksi, lämmön siirtäminen aurinkokeräimeltä eteenpäin tapahtuu joko nesteen tai ilman välityksellä. Lämpö kuljetetaan varaajaan, josta se voidaan hyödyntää eteenpäin käyttöveden lämmitykseen tai talon lämmitysjärjestelmään. Auringosta saatava säteilyn määrä vaihtelee sään, vuodenajan ja sijainnin mukaan. Vaihtelevuuden takia järjestelmällä voidaan varastoida lämpöä ja käyttää sitä myös silloin, kun auringosta saatavaa säteilyä ei ole saatavilla. Erilaisia aurinkokeräimiä ovat vesi- ja ilmakeräimet sekä taso- ja tyhjiöputkikeräimet. Keräimien keskinäisessä vertailussa tyhjiökeräimet ovat tehokkaampia kuin tasokeräimet, mutta samalla ne ovat myös noin 30–50 % kalliimpia. Aurinkolämmityksellä saavutettavia hyötyjä ovat muun muassa rajaton energiamäärä, hiilidioksidipäästöttömyys, fossiilisten polttoaineiden määrän väheneminen ja kustannussäästöjen kasvu. Aurinkolämmityksen avulla on mahdollista kattaa jopa 60 % veden lämmitykseen menevästä energiamäärästä. Tilojen lämmitykseen menevää energiamäärää voidaan kattaa aurinkolämmityksen avulla noin 35 %. Haittapuolena järjestelmän käytölle on Suomen pitkä talvi, jolloin on pimeää ja auringon säteilyä ei päästä hyödyntämään. Pitkästä talvesta huolimatta aurinkolämpöjärjestelmällä voidaan tuottaa lämpöä 8–10 kuukauden ajan. Oikein mitoitettuna ja sijainniltaan hyvään asennuspaikkaan asennetuilla aurinkokeräimillä voidaan saada aikaan suuria määriä ympäristöystävällisesti tuotettua energiaa. (Motiva 2020a; Sundial julkaisuaika tuntematon; Vaillant julkaisuaika tuntematon.)

### 4.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tehtävänä on tuoda rakennukseen raikasta ja puhdasta ilmaa sekä poistaa sieltä kosteutta ja epäpuhtauksia. Ilmanvaihto tapahtuu paine-eron kautta. Paine-ero saadaan aikaiseksi käyttäen koneellista ilmanpoistoa, koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa tai painovoimaisella tuulen ja lämpötilaeron yhteisvaikutuksella. Uusissa rakennuksissa ilmanvaihto toteutetaan useimmiten ilmanvaihtokonetta käyttäen. Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla rakennukseen tuleva ilma suodatetaan ja tällöin etuna on, että tuloilmasta saadaan poistettua siitepölyt ja muut mahdolliset saasteet. (Energiatehokas koti 2020b; Motiva 2021b.)

Ilmanvaihdon energiatehokkuutta voidaan lisätä lämmön talteenoton avulla. Lämmön talteenotossa poistettavasta ilmasta voidaan lämpö hyödyntää tuloilmaan, tällöin tarvittavan lämmitysenergian määrää saadaan pienennettyä. Pelkässä poistoilmanvaihdossa tai painovoimaisessa ilmanvaihdossa energiatehokkuutta saadaan lisättyä päivittämällä järjestelmä tulo-poistoilmanvaihtoon, joka on varustettu lämmöntalteenotolla. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa lämmitysenergian määrää voidaan talvikuukausina vähentää pienentämällä lautasventtiileitä. Talvikuukausina painovoimaisessa ilmanvaihdossa lämpötilaero on suuri ja ilmanvaihto saattaa toimia liian tehokkaasti. Lautasventtiilien pie-

mentämällä poistuvan ilmamäärään suuruutta saadaan vähennettyä. Poistoilmalämpöpumpun lisääminen koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään on myös yksi vaihtoehto lisätä energiatehokkuutta. Poistoilmapumpulla taltioitua lämpöä voidaan hyödyntää käyttö- ja lämmitysveden lämmittämiseen. Ilmanvaihtokoneiden käytöllä, säädöillä ja huollolla on myös merkitystä energiatehokkuuden parantamisessa. (Motiva 2012; Omakiinteistö 2021.)

Lämmöntalteenotolla olevissa koneissa kesä- ja talviasennon oikea-aikaisella käytöllä ja tuloilman lämmityksellä on merkitystä. Kesäasennon päälle jättäminen talviaikana vaikuttaa siten, että lämmöntalteenotto ei ole toiminnassa ja tuloilmaa lämmitetään pelkästään jälkilämmitysvastuksen tai vesipatterin avulla ja tämä aiheuttaa turhia kustannuksia kulutuksessa. Lisäksi vesipatterin jäätyminen riski kasvaa. Lämmöntalteenotossa tuloilmaa ei voida aina lämmittää tarpeeksi pelkästään poistettavan ilman avulla, jolloin ilman lämmittämiseen käytetään apuna jälkilämmitystä. Energiatehokkuuden kannalta tuloilma kannattaa pitää mahdollisimman alhaisena, jolloin jälkilämmityksen käyttöä voidaan vähentää. Tuloilmaa voidaan pitää alhaisena, kun pääasiallinen lämmitys tapahtuu varsinaisella tilojen lämmitysjärjestelmällä. Käyttöaikojen säädöillä saadaan ilmanvaihto toimimaan tehostetusti silloin, kun sille on enemmän tarvetta ja vähennettyä sitä muulloin. Säättöjä ei tule kuitenkaan tehdä asumisviihtyvyyden kustannuksella. Ilmanvaihtokoneen suodattimien ja kennon säännöllisellä puhdistamisella voidaan parantaa energiatehokkuutta. Likaisilla suodattimilla on vaikutusta huoneilman vaihtuvuuteen sekä lämmöntalteenoton toimivuuteen. Lämmöntalteenottokennon likaantuessa koneen hyötysuhde voi laskea, koska liika rajoittaa lämmön johtavuutta. Huonosti toimiva lämmöntalteenotto voi lisätä lämmitysenergiaan meneviä kustannuksia. Ilmanvaihtolaitteen valinnan yhteydessä kaikkein merkittävin arvo energiatehokkuuden kannalta on vuosihyötysuhde. Vuosihyötysuhteessa on otettu huomioon kuinka suuren osan lämmöntalteenotto kattaa ilmanvaihdon lämmitysenergian määrästä. Ilmanvaihtoon kuluu noin 20–40 % talon lämmittämiseen käytettävästä energiasta, joten sillä on iso merkitys lämmityskuluja ajatellen. (Motiva 2012; Omakiinteistö 2021.)

#### 4.4 Laitteiden sähkönkulutus

Asumisen energiankulutuksesta eniten sähköä kuluu kodin lämmityksen jälkeen muihin kodin sähkölaitteisiin. Laitteiden kulutukseen vaikuttavat laitteen ikä, kunto ja käyttö. Kodinkoneita käytetään kodin laitteista eniten ja ne kuluttavatkin suurimman osan kodin taloussähkön määrästä. Kodinkoneiden sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa esimerkiksi päivittämällä vanhat laitteet energiatehokkaampiin laitteisiin, sijoittamalla kylmälaitteet viileään paikkaan ja käyttämällä koneita tehokkaasti ja tarvittaessa. Kylmälaitteiden järkevällä sijoituksella voidaan välttää lieden, auringonvalon tai muiden sähkölaitteiden mahdollisesti aiheuttama lämpövaikutus. Ulkopuolisen kylmälaitteisiin kohdistuvan lämmön takia laitteet joutuvat lisäämään jäähdytystä, jolloin sähkönkulutus kasvaa. Lämmöstä joutuvaa kasvua kylmälaitteiden sähkönkulutukseen voi olla jopa 10–20 %. Lisäksi riittävä tila kylmälaitteiden ympärillä lisää ilmankiertoa, jolloin laitteet eivät lämpene turhaan. (Ilmasto-opas 2018; Vaasan sähkö 2020.)

Pesemällä täysiä koneellisia astioita tai pyykkiä, laitteiden käyttö on tehokasta eikä vajaiden koneiden käytöllä käytetä sähköä turhaan. Ruuanlaitossa sähköä voidaan säästää esimerkiksi valmistamalla ruokaa kerralla enemmän ja välttää uunin sekä lieden turhaa käyttöä. Viihde-elektroniikan käyttö kodeissa on kasvanut ja niiden sähkön kulutuksen määrä voi olla hyvinkin merkittävä. Viihde-

elektroniikan osalta sähköä voidaan säästää sammuttamalla tarpeeton laite kokonaan. Laitteet kuluttavat sähköä, vaikka ne olisivatkin sammutettuina valmiustilassa. Saunan lämmittäminen on suuri sähköä kuluttava toimenpide, sillä sähkökiuas onkin usein kodin suuritehoisin laite. Saunaa lämmitettäessä kannattaa se lämmitellä kerralla koko perhettä varten ja välttää useita erillisiä lämmityskertoja. Lisäksi saunomislämpötilan pitäminen 100–80 asteessa 100 asteen sijasta pienentää sähkön kulutusta 20–30 %. Kodin sähkön kulutukseen on vaikutusta myös sillä, kuinka monta henkilöä asuu kyseisessä kohteessa. Pienillä asioilla ja niiden kärsivällisellä toistamisella voidaan saavuttaa säästöä sähkönkulutuksen suhteen. Alapuolella olevassa taulukossa 1 on nähtävillä esimerkkinä kodin tyypillisiä laitteita ja niiden kulutuksia. Taulukossa laitteiden kulutukset ovat suuntaa antavia, todellisuudessa laitteiden kulutukset voivat poiketa taulukossa esitetyistä arvoista. (Ekosähkö julkaisuaika tuntematon; Vaasan sähkö 2020; Ilmasto-opas 2018.)

Hankittaessa uutta laitetta on syytä kiinnittää huomiota laitteen energiatehokkuuteen. Energiatehokkuuden arvioinnissa ja vertailussa auttaa laitteiden energiamerkinnät. Energiamerkinnöissä on nähtävillä laitteen energiatehokkuusluokka, energiankulutus ja mahdollisesti muita tietoja kuten esimerkiksi laitteen äänitaso. Laitteet luokitellaan luokkiin A-G, energiatehokkuudeltaan A-luokka on paras ja G-luokka huonoin. Maaliskuusta 2021 alkaen aloitettiin energiamerkintöjen vaiheittainen uudelleen skaalaus. Skaalauksella useiden tuoteryhmien osalta plusluokitukset jätetään pois. Muutoksen ohella useista tuoteryhmistä A-luokitus jätetään hetkellisesti pois, muutoksella jätetään tilaa uusille energiatehokkaimmille tuotteille. Energiamerkintöjen ansiosta kuluttajalla on mahdollista vertailla laitteiden energiatehokkuutta ennen ostopäätöstä. Uusien energiamerkintöjen ohella myös eri tuoteluokkien välinen vertailtavuus paranee. Energiatehokkaan laitteen ostamisella laitteiden käytönaikaisia kustannuksia saadaan pienennettyä. (Energiamerkintä julkaisuaika tuntematon.)

TAULUKKO 1. Kodin sähkölaitteiden kulutukset (Lumme energia julkaisuaika tuntematon)

Laite	Kulutus
Sähköliesi	1,2 kWh / vrk
Mikroaaltouuni	0,2 kWh / 10 min
Kahvinkeitin	0,1 kWh / 10 min
Vedenkeitin	0,1 kWh / 5 min
Leivänpaahdin	0,1 kWh / 10 min
Jääkaappipakastin	0,8–1,2 kWh / vrk
Jääkaappi 150–200 l	0,3–0,8 kWh / vrk
Pakastin 100–200 l	0,5–1,0 kWh / vrk
Astianpesukone	0,8–1,1 kWh / kerta
Pyykinpesukone	0,6–1,9 kWh / kerta
Kuivausrumpu	2,1 kWh / 4 kg puuvilla pyykkiä
Höyrysilitysrauta	1 kWh / h
Televisio (LED 40")	<0,07 kWh / h
Televisio (LCD 32")	0,08–0,19 kWh / h
Pelikoneet	0,05–0,16 kWh / h
Pöytätietokone	0,13–0,17 kWh / h
Kannettavatietokone	0,03 kWh / h
Puhelimen lataus	0,04 kWh / h
Laajakaistamodeemi	51 kWh / vuosi
Sähkökuuas (Kertalämmitteinen)	5,5–10 kWh / kerta
Sähkökuuas (Jatkuvalämmitteinen)	2000–3200 kWh / vuosi

#### 4.5 Lämminvesivaraaja

Käyttöveden lämmitykseen kuluu tilojen lämmityksen ja kodin muiden laitteiden jälkeen seuraavaksi eniten sähköä. Vuonna 2020 koko Suomen asumisen energiankulutuksesta 17 % syntyi käyttöveden lämmityksestä. Energian kulutuksen määrät vaihtelevat kohteen mukaan. Ulkolämpötilalla ei ole juurikaan vaikutusta lämpimän käyttöveden energiankulutuksen suuruuteen. Lämminvesivaraajassa energiaa kuluu lämmitettävän veden lisäksi välttämättömiin lämpöhäviöihin. Lämminvesivaraaja kuluttaa sähköä noin 800–1200 kWh vuodessa henkilöä kohden. Sähkönkulutukseen voidaan vaikuttaa säätelämällä muun muassa lämpimän veden kulutusta. Lämpimän veden kulutukseen voidaan vaikuttaa esimerkiksi päivittämällä vesikalusteet malleihin, joissa veden virtausta voidaan rajoittaa sekä kiinnittämällä huomiota veden turhaan kulutukseen. Lämminvesivaraajan veden lämpötilan asetusarvon alentamisella on mahdollista vaikuttaa kulutukseen, mikäli lämmin vesi riittää käytettäväksi. Lisäksi veden lämmittämisen kustannuksissa on mahdollista säästää käyttämällä yösähköä, mikäli yösähkön käyttö on selkeästi edullisempaa. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergian nettotarvetta voidaan arvioida käyttäen kaavaa 1. Lämpimän käyttöveden nettotarpeen laskentaan ei sisälly mahdollisia lämpöhäviöenergian määriä, joita syntyy putkistossa, varaajassa tai lämmityslaitteessa. (Ympäristöministeriö 2017; Suomen virallinen tilasto (SVT)a; Motiva 2021c.)

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})}{3600} \quad (1)$$

Kaavassa:

$Q_{lkv,netto}$	Lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarve (kWh)
$\rho_v$	Veden tiheys (1000 kg/m <sup>3</sup> )
$c_{pv}$	Veden ominaislämpökapasiteetti (4,2 kJ/ (kg K))
$V_{lkv}$	Lämpimän käyttöveden kulutus (m <sup>3</sup> )
$T_{lkv}$	Lämpimän käyttöveden lämpötila (°C)
$T_{kv}$	Kylmän käyttöveden lämpötila (°C)
3600	Kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi (s/h)

Kylmän ja lämpimän veden lämpötilaerona voidaan käyttää arvoa 50 °C mikäli ei ole tarpeellista käyttää muuta arvoa. Lämpimän käyttöveden kulutuksen laskemiseen voidaan käyttää henkilöä kohden laskettua ominaiskulutusta tai vaihtoehtoisesti se voidaan laskea rakennuksen pinta-alaa kohden laskettua ominaiskulutusta. (Ympäristöministeriö 2017.)

$$V_{lkv} = \frac{n V_{lkv,omin,henk} \Delta t}{1000} \quad (2)$$

$$V_{lkv} = \frac{V_{lkv,omin} A_{netto} \Delta t}{365} \quad (3)$$

Kaavassa:

$V_{lkv}$	Lämpimän käyttöveden kulutus (m <sup>3</sup> )
$n$	Henkilöiden lukumäärä
$V_{lkv,omin,henk}$	Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus (m <sup>3</sup> )
$\Delta t$	Ajanjakson pituus (Vuorokautta)
1000	Kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi (dm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
$V_{lkv,omin}$	Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ( $\frac{m^3}{m^2}$ vuorokaudessa)
$A_{netto}$	Rakennuksen lämmitetty nettoala (m <sup>2</sup> )
365	Kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos vuosikulutuksesta vuorokausikulutukseksi (vuorokautta /a)

Laskettaessa asuinrakennukseen lämpimän käyttöveden kulutusta käytetään tällöin henkilöperusteisia arvoja, muissa tapauksissa käytetään pinta-alaan perustuvia arvoja. Henkilöperusteisena arvona voidaan käyttää arvoa  $50 \text{ dm}^3/\text{henkilö}$  vuorokaudessa, mikäli kyseessä on huoneistokohtainen mitaus ja laskutus tarkastellessa asuinrakennusta. Asuinrakennuksia koskien muissa tapauksissa voidaan laskennassa käyttää arvoa  $60 \text{ dm}^3/\text{henkilö}$  vuorokaudessa. Asuinrakennuksissa voidaan käyttää 40 % osuutta lämpimästä käyttövedestä kokonaiskulutukseen nähden, mikäli lähtötietona on käytettävissä käyttöveden kokonaiskulutuksen suuruus. (Ympäristöministeriö 2017.)

Työssä tarkasteltavan rintamamiestalon lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarpeen laske-  
misessa käytetään ensimmäisenä kaavaa 2, jolla ratkaistaan lämpimän käyttöveden kulutuksen määrä. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksena käytetään arvoa  $60 \text{ dm}^3/\text{henkilö}$  vuorokaudessa ja henkilöiden lukumääränä käytetään arvoa 3. (Ympäristöministeriö 2017.)

$$V_{lkv} = \frac{3 * 60 * 365}{1000} = 65,7 \text{ m}^3$$

Lämpimän käyttöveden kulutuksen ratkaisun jälkeen käytetään kaavaa 1 johon ratkaistu arvo sijoitetaan.

$$Q_{lkv,netto} = \frac{1000 * 4,2 * 65,7 * 50}{3600} = 3832,5 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden kulutuksen lisäksi kaavassa muiden vakioiden lisäksi käytetään kylmän ja lämpimän veden lämpötilaeroa arvoa  $50 \text{ °C}$ . Lämpimän käyttöveden lämpöenergian nettotarpeeksi saadaan 3832,5 kWh vuodessa. (Ympäristöministeriö 2017.)



## 5 ÄLYKÄS OHJAUS

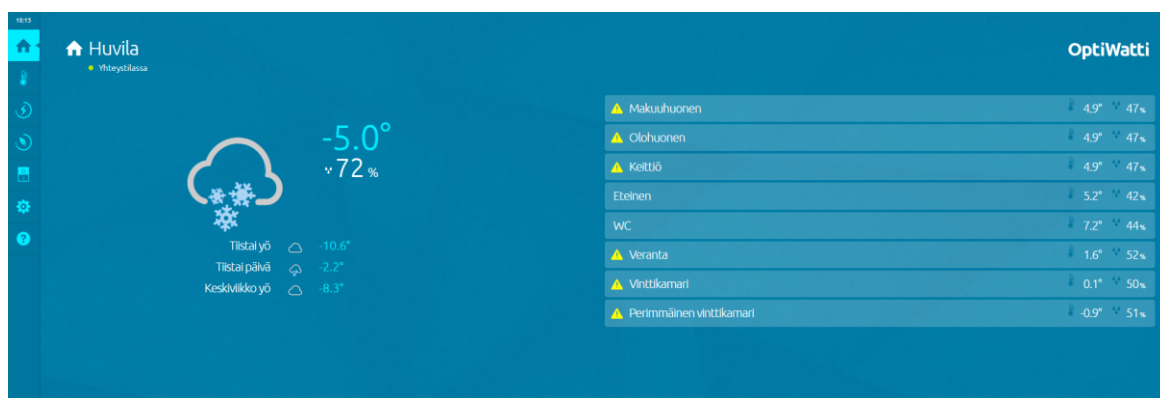
Omakotitalojen älykäs talotekniikka on lisääntynyt reilusti viime vuosina ja yleistyy tulevaisuudessa. Perinteisesti talon erilaisia järjestelmiä ohjataan erillisinä järjestelminä, mutta tulevaisuudessa järjestelmien automatisointi yleistyy, varsinkin pienimuotoiset kotiautomaatiolaitteet ja toiminnot ovat yleistyneet reilusti. Kodin eri äly- ja automaatio-ominaisuuksien avulla on mahdollista saada aikaan säästöjä energiankulutuksen suhteen, esimerkiksi etäohjattavilla pattereiden termostaateilla ja ajastetulla valaistuksella. Kodin automaatiojärjestelmän avulla voidaan ohjata, valvoa ja säätää kodin eri järjestelmiä. Kodin tekniikkaan kuuluu monia eri osia kuten valaistusta, lämmitystä, ilmanvaihtoa, eri sähkölaitteita ja mahdollisia turvajärjestelmiä. Monissa edellä mainituissa järjestelmissä on paljon erilaisia ohjausmahdollisuuksia. Lämmityksen ohjauksessa voidaan hyödyntää esimerkiksi sähkön hintaa, ulkolämpötilaa tai sääennustetta. Huonelämpötilan ohjauksella lämpötiloja voidaan säätää tarpeen mukaan. Esimerkiksi työpäivän ja yön ajaksi lämpötiloja voidaan alentaa. Valaistusta voidaan säätää tarpeen mukaan helposti, vaikka puhelimen avulla. (Energiatehokas koti 2020j; Urakkamaailma julkaisuaika tuntematon.)

Kodin laitteiden hallinnan ja ohjauksen helpottamiseksi ei kuitenkaan ole aina välttämätöntä hankkia suurta automaatiojärjestelmää, johon kodin kaikki järjestelmät kytkeytyvät. Esimerkiksi kodin valaistuksen hallintaan on olemassa moni erilaisia vaihtoehtoja, jotka eivät vaadi suuria investointeja ja asennuksia. Esimerkiksi Philips Hue- sarjan tuotteilla on mahdollista rakentaa helposti ohjattava valaistusjärjestelmä, joka ei vaadi varsinaisia sähkötöitä. Philips Hue- sarjan kaltaiset tuotteet sopivatkin hyvin esimerkiksi vanhempiin kohteisiin, jossa valaistuksen halutaan tuoda lisää älyä ja ohjattavuutta. Suuremmissa uusien kohteisiin suunnitelluissa älyvalaistusjärjestelmissä DALI-järjestelmällä saadaan rakennettua kattava keskitetty alusta valaistuksen ohjausta varten. Mikäli kohteen valaistus halutaan liittää osaksi suurempaa kokonaisuutta, voidaan se toteuttaa esimerkiksi suosittuun KNX-järjestelmän avulla. (Winled 2019.)

Lämmityksen osalta keskeinen keino kodin energiatehokkuuden parantamiseksi on älykäs lämmityksen ohjaus. Etenkin sähkölämmityksen osalta lämmityksen ohjauksen parantamisen avulla saadaan aikaan säästöjä. Sähkölämmityksen tarkkuuden ja nopean reagoinnin ansiosta järjestelmä on helppo kytkeä ulkoiseen lämmönsäätöohjaukseen, jolla lämpötilojen säätäminen tapahtuu nopeasti ja helposti. Lämmityskustannuksissa saadaan 5 % säästö jokaista astetta kohden lämpötilan laskemisen suhteen. Vuositasolla voidaan saavuttaa jopa 30 % säästö huonekohtaisella lämmityksen ohjauksella. Lämmityksen optimointiin voidaan vaikuttaa erilaisilla keinoilla asumismukavuudesta tinkimättä. Keinoja lämpötilojen optimointiin on esimerkiksi huoneiden yllämmityksen estäminen, markkinasähkön käyttö ja lämmityksen karsiminen tiloista, jossa sille ei ole tarvetta. (Energiatehokas koti 2020i.)

Markkinoilla on olemassa aktiiviseen lämmityksen ohjaukseen erilaisia järjestelmiä, joiden avulla lämmitystä voidaan helposti säätää ja seurata huonekohtaisesti etäyhteyden avulla. Järjestelmien avulla lämmitys voidaan esimerkiksi ohjata käytettäväksi vuorokauden edullisimpien tuntien aikaan. Esimerkkinä edellä mainittujen ominaisuuksien omaavasta suomalaisesta ohjausjärjestelmästä on OptiWatti. OptiWatin ohjausjärjestelmä on langaton, jossa lämmitystä voidaan ohjata tietokoneen,

tabletin tai puhelimen avulla. Ohjausjärjestelmän avulla ohjausta voidaan hyödyntää kaikissa sähköllä toimivissa lämmittimissä, esimerkiksi patteri- tai lattialämmityksessä. Lämmittimien ohjauksen lisäksi lämminvesivaraajan ja auton lämmityksen ohjaus on mahdollista liittää järjestelmään. Järjestelmän hyviä puolia ovat helppo asennettavuus, helppokäyttöisyys, järjestelmän itseoppivuus ja säästöjen aikaan saaminen. Lisäksi ohjaus voidaan liittää kaikkiin jo ennalta asennettuihin lämmittimiin. Lämpötilojen tarkkailu tapahtuu antureiden avulla, joita asennetaan lämmitettäviin huoneisiin sekä ulos. Lämmityksen ennakkoinnissa myös sääennuste otetaan huomioon ja näin lämpötilat saadaan pidettyä tasaisena ulkolämpötilan muutoksista riippumatta. Järjestelmän historiatietojen avulla lämpötiloja ja kulutuksen määriä voidaan tarkastella tarpeen vaatiessa myöhemmin. Kuvassa 5 on nähtävissä, kuinka OptiWatti ohjausjärjestelmän avulla voidaan esimerkiksi tarkkailla kohteen ulkolämpötilaa, ilmakeuhetta ja huonekohtaisia lämpötiloja. (Energiatehokas koti 2020i.)



KUVA 5. Tilojen seuranta OptiWatti ohjausjärjestelmän avulla (Niskanen 2022)

## 6 LÄMMITYSTEHDON TARVE

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän mitoitus perustuu siihen, kuinka suuret ovat rakennuksen lämpöhäviöt eli kuinka paljon lämpöä siirtyy ulos rakenteiden läpi johtumalla, ilmanvaihdon poistoilman ja hallitsemattoman vuotoilmanvaihdon mukana. Mitoitus toteutetaan yleensä huonekohtaisesti, jolloin lämmitystehon määrä lasketaan rakennuksen jokaiselle huoneelle erikseen. Laskennan lähtötietoina tarvitaan rakenteiden pinta-aratiedot, rakenteiden läpäisykertoimet (U-arvot), rakennuksen sijaintiin perustuvat mitoituslämpötilat, ilmanvaihtoon perustuvat tiedot sekä rakennuksen tiiveyskerroin. Tiiveyskerroin tarvitaan, jos kyseessä on tavallista tiiviimpi rakennus. Lämpöhäviöiden lisäksi laskennassa selvitetään ominaislämpöhäviöiden määrä (H). Ominaislämpöhäviöiden määrää käytetään energiankulutuksen laskentaan. Lämmitystehon tarpeen määrittämisellä on vaikutusta kustannuksiin. Lämmitystehon tarpeen arviointi liian suureksi lisää turhia kustannuksia, kun taas liian pieneksi arvioitu tehon tarve ei riitä kattamaan koko tilan lämmitystarvetta. (Sähkötieto 2021.)

### 6.1 Johtumislämpöhäviöt

Rakenteiden johtumislämpöhäviöt syntyvät lämpötilaeron seurauksena sisä- ja ulkopuolen välillä. Rakenteiden ominaislämpöhäviöiden määrä lasketaan pinta-alan ja lämmönläpäisykerroimen avulla kaavalla 4.

$$H_{rakenne} = A_{rakenne} * U_{rakenne} \quad (4)$$

Kertomalla rakenteen ominaislämpöhäviön määrä rakenteen yli vaikuttavalla lämpötilaerolla saadaan laskennan tuloksena rakenteen yli vaikuttava johtumislämpöhäviön määrä. Johtumislämpöhäviöt lasketaan kaavalla 5.

$$Joht = \Sigma H_{rakenne} * \Delta T = H_{lattia} * (T_s - T_{u,mit,maa}) + H_{katto} * (T_s - T_{u,mit,katto}) + H_{seinä} * (T_s - T_{u,mit}) + H_{ikkuna} * (T_s - T_{u,mit}) + H_{ovi} * (T_s - T_{u,mit}) \quad (5)$$

Kaavoissa 4 ja 5:

$H_{rakenne}$	Ominaislämpöhäviö (W/K)
$A_{rakenne}$	Rakennusosan pinta-ala ( $m^2$ )
$U_{rakenne}$	Rakenteen lämmönläpäisykerroin (W/( $m^2$ K))
$T_s$	Sisäilman lämpötila ( $^{\circ}$ C)
$T_{u,mit,maa}$	Maan lämpötila lattiarakenteen alla ( $^{\circ}$ C)
$T_{u,mit,katto}$	Mitoittava ulkolämpötila (yläpohja), välipohjassa yläpuolisen tilan lämpötila ( $^{\circ}$ C)
$T_{u,mit}$	Mitoittava ulkolämpötila ( $^{\circ}$ C)

Laskelmissa lasketaan työssä tarkasteltavan rintamamiestalon lämmitystehon tarvetta. Mitoittavana ulkolämpötilana käytetään arvoa  $-32\text{ °C}$ , koska kyseinen rakennus sijaitsee Pohjois-Savossa, joka vuorostaan kuuluu vyöhykkeeseen 3. Sisäilman lämpötilana käytetään arvoa  $+21\text{ °C}$ , pesuhuoneessa käytetään lämpötilana arvoa  $+20\text{ °C}$  ja alakerroksessa lämpötilana arvoa  $+17\text{ °C}$ . Maan lämpötilana lattiarakenteen alla käytetään arvoa  $+4\text{ °C}$ , koska kyseessä on maanvarainen lattia. Maanvaraisessa lattiassa käytettävä arvo saadaan, kun vuoden keskilämpötilaan lisätään ohjeen mukaisesti kaksi astetta  $T_{u,keski} + 2\text{ °C}$ . Laskelmissa käytettävät arvot perustuvat sähkötieto ST 55.01 sähkölämmityksen mitoitus ohjeeseen. Käytetyt rakenteiden lämmönläpäisykertoimet (U-arvot) ovat nähtävissä taulukossa 2. Laskelmissa käytetyt muut arvot ovat nähtävillä taulukossa 3. (Sähkötieto 2021.)

TAULUKKO 2. Laskennan U-arvot

Laskennan U-arvot	W/(m <sup>2</sup> K)
Ulko-ovi	0,7
Ikkuna	1,2
Ulkoseinä (Keski- ja yläkerta)	0,29
Ulkoseinä (Alakerta)	0,22
Lattia	0,25
Katto	0,18

TAULUKKO 3. Laskennan lähtötiedot

Laskennan lähtötiedot	
T <sub>u</sub> , Mitoittava ulkolämpötila (°C)	-32
T <sub>u</sub> , Mitoittava ulkolämpötila välipohja (°C)	21
T <sub>u</sub> , Maan lämpötila lattiarakenteen alla (°C)	4
T <sub>s</sub> , Sisäilman lämpötila (°C)	21
T <sub>s</sub> , Pesuhuoneen sisäilman lämpötila (°C)	20
T <sub>s</sub> , Alakerroksen sisäilman lämpötila (°C)	17
P <sub>i</sub> , Ilman tiheys (kg/m <sup>3</sup> )	1,2
C <sub>pi</sub> , Ilman ominaislämpökapasiteetti (ws/kgK)	1000
n Vuotoilma, Vuotoilmakerroin (1/h)	0,16
Yksikkömuunnos kerroin	3600
Yksikkömuunnos kerroin	1000

Esimerkkilaskelmana rintamamiestalon keittiön johtumislämpöhäviöiden laskemisessa ensimmäisenä selvitettiin rakenteiden pinta-alat. Rakenteiden pinta-alojen selvityksen jälkeen kaavaa 4 käyttäen laskettiin keittiön rakenteiden ominaislämpöhäviöiden määrät. Esimerkiksi keittiön lattian ominaislämpöhäviöt laskettiin seuraavalla tavalla:

$$H_{lattia} = 30,41\text{ m}^2 * 0,25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} = 7,6 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Keittiön lattian ominaislämpöhäviöiden laskennan jälkeen lattian johtumislämpöhäviöiden määrä selvitettiin kaavaa 5 käyttäen.

$$7,6 \frac{W}{K} * (21^{\circ}C - 5^{\circ}C) = 121,6 W$$

Laskennat toistettiin kaikille keittiön rakenteille. Rakenteiden johtumislämpöhäviöt laskettiin yhteen ja laskennan tuloksena saatiin keittiön johtumislämpöhäviöiden kokonaismäärä. Laskenta suoritettiin rakennuksen kaikille huoneille. Rakennuksen huoneiden johtumislämpöhäviöiden tulokset ovat nähtävissä taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Rakennuksen johtumislämpöhäviöt

Johtumislämpöhäviöt	(W)
<b>Keskikerros</b>	
Eteisaula	172,4
Olohuone	850,1
Keittiö	633,0
WC	0,0
<b>Yläkerta</b>	
MH1	392,3
MH2	419,6
Työhuone	248,8
WC	17,9
Vaatehuone	270,6
Käytävä 1	118,5
Käytävä 2	67,1
Porrastila	385,2
<b>Alakerta</b>	
Porrastila	124,8
Sauna	118,1
Pesuhuone	201,4
Pukuhuone	108,3
Varasto 1	400,5
Varasto 2	101,5
Kellari	236,5
<b>Yhteensä</b>	<b>4866,6</b>

## 6.2 Vuotoilman lämmitysteho

Vuotoilmavirran aiheuttamat ominaislämpöhäviöt lasketaan yleensä huonekohtaisesti. Vuotoilmavirta syntyy paine-eron takia, joka aiheutuu tuulen ja lämpötilaerojen takia. Vaikuttavia tekijöitä vuotoilmavirran suuruuteen ovat rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus sekä ilmanvaihdon toteutus. Rakennuksen vuotoilmavirran suuruus voidaan laskea käyttäen kaavaa 6. Laskelmissa käytettävät arvot perustuvat sähkötieto ST 55.01 sähkölämmityksen mitoitus ohjeeseen. (Sähkötieto 2021.)

$$q_{v,vuotoilma} = n_{vuotoilma} * \frac{V}{3600} \quad (6)$$

Vuotoilmavirran suuruuden selvittämisen jälkeen ominaislämpöhäviöiden osuus voidaan laskea käyttäen kaavaa 7.

$$H_{vuotoilma} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,vuotoilma} \quad (7)$$

Lopullinen lämmitystehon tarve vuotoilman aiheuttamien häviöiden kattamiseksi saadaan kaavaa 8 käyttäen. Lämmitystehon tarve

$$\phi_{vuoto} = H_{vuotoilma} * (T_s - T_{u,mit}) \quad (8)$$

Kaavoissa:

$H_{vuotoilma}$	Ominaislämpöhäviö (W/K)
$\rho_i$	Ilman tiheys (1,2 kg/m <sup>3</sup> )
$c_{pi}$	Ilman ominaislämpökapasiteetti (1000 Ws/(kgK))
$q_{v,vuotoilma}$	Vuotoilmavirta (m <sup>3</sup> /s)
$V$	Tilan ilmatilavuus (m <sup>3</sup> )
$T_s$	Sisäilman lämpötila (°C)
$T_{u,mit}$	Mitoittava ulkolämpötila (°C)
$n_{vuotoilma}$	Vuotoilmakerroin (1/h (=0,16 1/h))
$\phi_{vuoto}$	Vuotoilman aiheuttama lämmitystehon tarve (W)
3600	kerroin yksikkömuunnokselle
1000	kerroin yksikkömuunnokselle

Esimerkkilaskelmana rintamamiestalon keittiön vuotoilmavirran aiheuttamien ominaislämpöhäviöiden laskemisessa ensimmäisenä selvitettiin huoneen tilavuus. Tilavuuden selvityksen jälkeen kaavaa 6 käyttäen laskettiin keittiön vuotoilman määrä.

$$q_{v,vuotoilma} = 0,16 * \frac{73 \text{ m}^3}{3600} = \frac{0,00324 \text{ m}^3}{\text{s}}$$

Vuotoilmavirran suuruuden selvittämisen jälkeen ominaislämpöhäviöiden osuus voidaan laskea käyttäen kaavaa 7.

$$H_{vuotoilma} = 1,2 \frac{\text{kg}^3}{\text{m}} * 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} * \frac{0,00324 \text{ m}^3}{\text{s}} = 3,89 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Lämmitystehon tarve vuotoilman aiheuttamien häviöiden kattamiseksi saadaan kaavaa 8 käyttäen.

$$\phi_{vuoto} = H_{vuotoilma} * (21^\circ\text{C} - (-32^\circ\text{C})) = 206 \text{ W}$$

Laskenta toistettiin rakennuksen kaikille huoneille. Tulokset ovat taulukoituna taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Rakennuksen vuotoilmasta johtuvat häviöt

Vuotoilma häviöt (W)	
<b>Keskikerros</b>	
Eteisaula	59,2
Olohuone	225,2
Keittiö	206,3
WC	8,4
<b>Yläkerta</b>	
MH1	92,7
MH2	72,7
Työhuone	62,7
WC	10,7
Vaatehuone	43,2
Käytävä 1	53,5
Käytävä 2	16,1
Porrastila	51,1
<b>Alakerta</b>	
Porrastila	17,8
Sauna	50,5
Pesuhuone	34,2
Pukuhuone	44,1
Varasto 1	135,7
Varasto 2	36,9
Kellari	71,8
<b>Yhteensä</b>	<b>1292,7</b>

### 6.3 Ilmanvaihdon lämmitysteho

Rakennuksen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle määritetään häviötehot erikseen, koska ilmanvaihtokoneiden ja tilojen lämmönjakelujärjestelmien hyötysuhteissa voi olla poikkeavuuksia. Lisäksi tuloilman lämmittämiseen voi olla käytössä eri energiamuotoja kuin tilojen lämmitykseen. Laskelmissa ilmanvaihdon ilmavirtana käytetään käyttöajan tehostamatonta ilmavirran arvoa, joka on laadittu käyttöolosuhteiden ja sisäilmastotavoitteiden mukaan. Ilmavirran määrän ollessa tuntematon voidaan keskimääräisenä arvona asuinrakennuksissa käyttää  $0,35\text{--}0,50 \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{s}}\right)/\text{m}^2$  ( $0,5 - 0,7 \frac{1}{h}$ ). Toimistorakennuksissa voidaan käyttää arvoa  $2 \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{s}}\right)/\text{m}^2$ . Mikäli rakennuksessa on käytössä ilmanvaihtokone, voidaan sen ominaislämpöhäviöt laskea käyttäen kaavaa 9. (Sähkötieto 2021.)

$$H_{iv} = \rho_i * c_{pi} * q_{v,poisto} * (1 - \eta_{p,mit}) \quad (9)$$

Lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusulkolämpötilalla lasketaan kaavalla 10. Mikäli jäteilman lämpötilaa ei ole tiedossa voidaan käyttää arvoa  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$\eta_{p,mit} = \frac{T_s - T_{jäte,mit}}{T_s - T_{u,mit}} \quad (10)$$

Poistoilmavirran määrä saadaan laskettua käyttäen kaavaa 11.

$$q_{v,poisto} = \text{Ominaisilmavirta} \frac{l}{m^2} * A \quad (11)$$

Lopuksi ilmanvaihdon tarvitsema teho voidaan laskea käyttäen kaavaa 11.

$$\phi_{iv} = H_{iv} * (T_s - T_{u,mit}) \quad (12)$$



Kaavoissa:

$H_{iv}$	Ominaislämpöhäviö (W/K)
$\rho_i$	Ilman tiiveys ( $1,2 \text{ kg/m}^3$ )
$c_{pi}$	Ilman ominaislämpökapasiteetti ( $1000 \text{ Ws/(kgK)}$ )
$q_{v,poisto}$	Poistoilmavirta ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
$V$	Tilan ilmatilavuus $\text{m}^3$
$T_s$	Sisäilman lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{u,mit}$	Mitoittava ulkolämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\eta_{p,mit}$	Lämmön talteenoton poistoilman lämpötilasuhde
$T_{jäte,mit}$	Jäteilman lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ )

Työssä tarkasteltavassa kohteessa ei ole käytössä ilmanvaihtokonetta. Mikäli kohteessa kuitenkin olisi ilmanvaihtokone, saataisiin esimerkiksi keittiön ilmanvaihdon häviötehoa laskettua käyttäen ensimmäisenä kaavaa 10.

$$\eta_{p,mit} = \frac{21^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}}{21^{\circ}\text{C} - (-32^{\circ}\text{C})} = 0,30$$

Ilmanvaihdon häviötehon osuuden jälkeen poistoilmavirran suuruus saadaan käyttäen kaavaa 11.

$$0,5 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 30,41 \text{ m}^2 = 15,2 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 0,0152 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviöiden suuruus saadaan käyttäen kaavaa 9.

$$H_{iv} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left(1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}}\right) * 0,0152 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * (1 - 0,30) = 12,77 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Lopuksi voidaan laskea ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema tehon määrä käyttäen kaavaa 12.

$$\phi_{iv} = 12,77 \frac{W}{K} * (21 \text{ °C} - (-32 \text{ °C})) = 677 \text{ W}$$

Laskenta toistettaisiin rakennuksen kaikille huoneille, jolloin tuloksena saataisiin ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho koko rakennuksen osalta.

#### 6.4 Rintamamiestalon lämpöhäviöt

Kohteen kokonaishäviöt saadaan selville laskemalla yhteen johtumislämpöhäviöt, ilmavuotohäviöt ja mahdolliset iv-koneesta johtuvat häviöt kaavalla 13.

$$\emptyset_{yht} = \emptyset_{Joht} + \emptyset_{vuoto} + \emptyset_{iv} \quad (13)$$

Taulukossa 6 on nähtävillä kohteen huonekohtaiset lämpöhäviöt sekä koko rakennuksen yhteenlaskettu lämpöhäviöiden määrä.

TAULUKKO 6. Rakennuksen lämpöhäviöt

Lämpöhäviöt	(W)
<b>Keskikerros</b>	
Eteisaula	231,6
Olohuone	1075,3
Keittiö	839,3
WC	8,4
<b>Yläkerta</b>	
MH1	485,0
MH2	492,4
Työhuone	311,5
WC	28,6
Vaatehuone	313,8
Käytävä 1	172,0
Käytävä 2	83,1
Porrastila	436,3
<b>Alakerta</b>	
Porrastila	142,6
Sauna	168,6
Pesuhuone	235,6
Pukuhuone	152,3
Varasto 1	536,2
Varasto 2	138,4
Kellari	308,3
<b>Yhteensä</b>	<b>6159,3</b>

## 7 RINTAMAMIESTALON KULUTUSMITTAUKSET

Työssä tarkasteltiin vuonna 1963 rakennettua kerrosalaltaan 94 m<sup>2</sup> rintamamiestaloa. Talossa on kolme kerrosta: alakerta, keskikerros ja yläkerta. Talon pääasiallinen lämmitys tapahtuu puulämmityksen avulla. Lämmitettäviä tulisijoja ovat leivinuuni, takka ja pönttöuuni. Puulämmityksen kannalta keskeisimpiä tulisijoja ovat leivin- ja pönttöuuni. Takka sekä pönttöuuni sijaitsevat olohuoneen puolella, leivinuuni keittiössä. Puulämmityksen tukena ovat sähköpatterit, ilmalämpöpumppu ja alakerrassa olevat lattialämmitykset. Sähkölämmityksen osalta yläkerran makuu- ja työhuoneissa ovat sähköpatterit. Ilmalämpöpumppu on sijoitettu portaikkoon yläkerran ja keskikerroksen välille. Ilmalämpöpumpun tehtävänä on jakaa ja tuottaa lämpöä keskikerroksesta yläkertaan. Keskikerroksessa ainoastaan keittiössä ovat sähköpatterit, muissa keskikerroksen huoneissa sähkölämmitystä ei ole. Alakerrassa pesu- ja pukuhuoneessa on käytössä lattialämmitykset. Lisäksi saunassa ja varastossa ovat sähköpatterit.

Sähkölämmityksen osuutta mitattiin erilaisten kulutusmittareiden avulla. Keittiössä sekä alakerran varastossa olevat sähköpatterit olivat pistotulppaliitännäisiä lämmittimiä, jolloin näiden sähkönkulutus saatiin selville pistorasian ja pistotulpan väliin tulevilla etäohjattavilla pistorasioilla. Etäohjattavat pistorasiat olivat malliltaan Shelly Plug W. Pistorasioissa on sisäänrakennettu virrankulutusmittari, jolla saatiin selville laitteiden kulutukset. Kuvassa 5 on nähtävillä Shelly Plug W pistorasia.



KUVA 6. Shelly Plug Wifi etäohjattava pistorasia (Niskanen 2022)

Lattialämmitysten, ilmalämpöpumpun ja muiden sähköpattereiden sähkönkulutuksen mittaukseen ja seurantaan käytettiin kahta sähkökeskuksen DIN-kiskoon asennettavaa Shelly Pro 4PM kytkintä. Yhdessä kytkimessä on neljä kanavaa, yhteen kanavaan voidaan kytkeä korkeintaan 16 A kuorma. Kytkin kestää enimmillään yhteensä 40 A kuorman. Kytkin sisältää lämpösuojaan, ylivirtasuojan, ylijännitesuojan ja palosuojan. Kytkimet yhdistettiin Wifi-yhteyden kautta, mutta yhdistäminen on myös

mahdollista toteuttaa käyttäen Ethernet tai Bluetooth yhteyttä. Laitteiden ohjausta ja kulutuksien seuranta suoritettiin Shelly Cloud sovelluksen ja nettisivun kautta. Sovelluksen kautta kytkettyjä laitteita voidaan ohjata etäyhteydellä päälle ja pois päältä tarpeen vaatiessa. Laitteiden kulutustiedot ovat nähtävillä myös kytkimestä itsestään ja laitteita voidaan lisäksi ohjata kytkimestä painikkeiden avulla. Kuvassa 6 on yksi sähkökeskukseen asennetuista kytkimistä. (Dustin home julkaisuaika tuntematon.)



KUVA 7. Shelly Pro 4PM kytkin (Niskanen 2022)

Kulutusmittauksien yhteydessä myös lämpötiloja mitattiin ulkoa sekä sisältä eri huoneista. Lämpötilan seurannassa ja mittauksessa käytettiin Shelly Wifi-yhteydellä toimivia lämpötila- ja ilmankosteus-sensoreita. Sensorien mittaustulokset olivat nähtävissä Shelly Cloud sovelluksen tai nettisivun kautta. Kuvassa 7 on nähtävillä yksi lämpötilan mittaamiseen käytetty sensori.



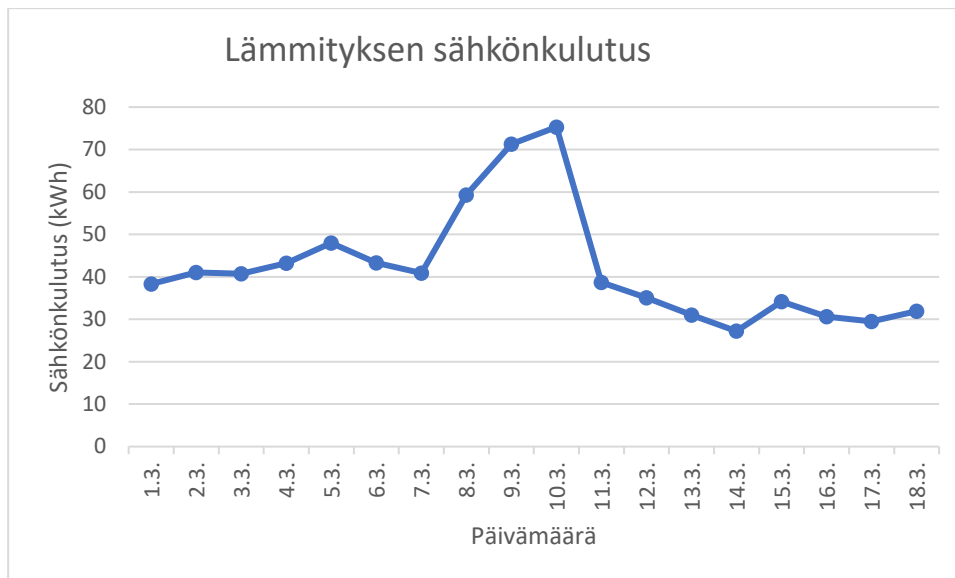
KUVA 8. Shelly lämpötilasensori (Niskanen 2022)

Kulutusmittauksia suoritettiin puulämmityksen yhteydessä sekä ilman puulämmitystä. Mittauksilla pyrittiin selvittämään sähkönkulutuksen suuruus, jos lämmitys suoritettaisiin pelkästään sähkölämmityksen avulla ilman puulämmitystä. Taulukossa 2 on nähtävillä sähkönkulutukset lämmityksen osalta sekä vuorokauden alimmat lämpötilat ajalta 01.03.2022-18.03.2022. Ajanjaksolla järjestettiin tauko puulämmityksen osalta, jolloin ennen 10.3. iltapäivää lämmitettiin puulla edellisen kerran 5.3. Leivinuuniin varastoitunut lämpö on mittaustulosten perusteella vaikuttanut vielä 7.3, jonka jälkeen lämpötilan laskiessa sähkölämmitys on aloittanut lämmittämisen.

TAULUKKO 7. Mittaustulokset

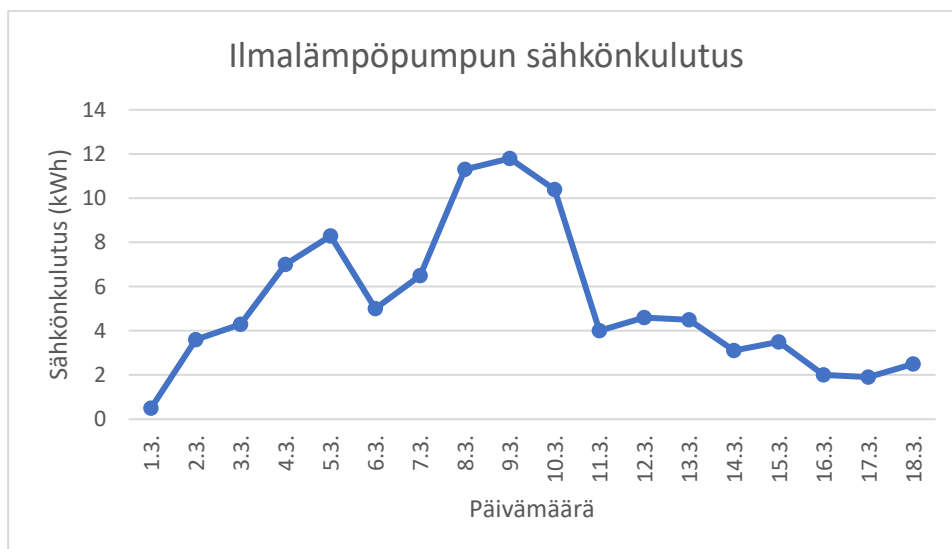
Päivämäärä	Lämmityksen sähkönkulutus (kWh)	Vuorokauden alin Lämpötila (°C)
1.3.	38,3	-5,1
2.3.	41,0	-3,3
3.3.	40,7	-5,5
4.3.	43,2	-14,3
5.3.	48,0	-17,3
6.3.	43,3	-5,9
7.3.	40,9	-12,9
8.3.	59,3	-10,4
9.3.	71,3	-8,4
10.3.	75,3	-10,4
11.3.	38,7	-1,1
12.3.	35,1	-7,1
13.3.	31,0	-7,6
14.3.	27,2	-11,3
15.3.	34,2	-10,9
16.3.	30,6	-6,3
17.3.	29,5	-8,0
18.3.	31,9	-4,0

Kuvassa 8 on mittaustulosten pohjalta laadittu kuvaaja. Kuvaajasta on nähtävissä puulämmityksestä pidetyn tauon vaikutus sähkönkulutukseen. Sähkölämmityksen tehostuminen näkyy sähkönkulutuksen nousuna, jossa kulutushuippu saavutettiin 10.3. sen ollessa 75,3 kWh.



KUVA 9. Lämmityksen sähkönkulutuksen kuvaaja (Niskanen 2022)

Ilmalämpöpumpun sähkönkulutus on nähtävissä kuvassa 9. Kuvaajasta on nähtävissä sähkönkulutuksen kasvu, kun lämmitys toteutettiin ainoastaan sähköllä. Ilmalämpöpumpun keskimääräinen kulutus ajanjaksolla 1.3–18.03. oli 5,3 kWh vuorokaudessa.



KUVA 10. Ilmalämpöpumpun sähkönkulutuksen kuvaaja (Niskanen 2022)

Mittaustulosten perusteella oli havaittavissa, että sähkönkulutuksessa tapahtui keskimäärin 86 prosentin nousu aikana, jolloin talon lämmitys tapahtui sähkölämmityksen avulla. Päivinä, jolloin uunin lämmittäminen vaikutti tuloksiin, vuorokauden keskimääräinen sähkönkulutus oli 36,91 kWh. Ajanjaksolla, jolloin uunia ei lämmitetty vuorokauden keskimääräinen sähkönkulutus oli 68,63 kWh. Talon keskikerroksen ainoana lämmönlähteenä sähkölämmityksen osalta toimineet keittiön patterien todettiin olevan riittämättömiä kattamaan lämpöä koko keskikerrokseen. Lämmön riittämättömyys oli huomattavissa olohuoneen lämpötilan perusteella. Lisäksi mittausten aikana oli huomattavaa, että puulämmitys ei vaikuta alakerrassa olevien lattialämmitysten ja sähköpattereiden sähkönkulutukseen. Alakerran osalta lämmitykseen kuluvan sähkönkulutuksen osuus on keskimäärin vakio lämmityksestä riippumatta. Lämmityksen sähkönkulutukseen vaikuttivat ainoastaan keittiön ja yläkerran sähköpatterit sekä ilmalämpöpumppu.

Sähkön hinnan suuruus on noin 15 snt/kWh. Kuukauden sähkönkulutuksen hinta sähkölämmityksen osalta olisi noin 320 e, mikäli laskelmissa käytetään mittaustulosten pohjalta saatua arvoa 68,63 kWh / päivä. Leivinuunin ja pönttöuunin lämmitykseen kuluneiden puiden määrä kuukaudessa on keskimäärin noin 1,22 m<sup>3</sup>. Laskettaessa keskimääräisellä 55 e / pinokuutio hinnalla, kuukauden aikana lämmitykseen kuluneiden puiden hinnaksi tulisi tällöin noin 67 e. Sähkölämmityksen ja puulämmityksen kustannusten ero on tässä tapauksessa merkittävä. Tulosten pohjalta puulla lämmittäminen on kustannusten kannalta selkeästi kannattavampaa. Kustannusten määrissä voi olla kuitenkin paljon vaihtelevuutta verrattuna johonkin toiseen kohteeseen, sillä vaikuttavia tekijöitä on muun muassa puun hinta, sähkön hinta, lämmityskäytännöt ja sää. Puulla lämmittäminen sähkölämmitykseen verrattuna on myös reilusti työläämpää. Tuloksien perusteella saadaan kuitenkin jonkinlaista käsitystä puu- ja sähkölämmityksen kustannusten määristä.

## 8 RINTAMAMIESTALON ENERGIANKÄYTÖN TEHOSTAMINEN

Työn loppupuolella yhdessä talon asukkaiden kanssa käytiin läpi työn tuloksia ja mahdollisia ratkaisuja, joilla energian kulutusta voitaisiin tehostaa ja saavuttaa tätä kautta myös rahallisia säästöjä. Kohteessa on entuudestaan käytössä 20 aurinkopaneelia aurinkoenergian hyödyntämistä varten. Aurinkopaneeleilla tuotettu sähkön määrä on talvikuukausina vähäisempää ja tästä syystä yhtenä vaihtoehtona uusituvan energiantuotannon kannalta ajatuksena oli tuulivoiman hyödyntäminen. Kohde sijaitsee korkealla avaralla kohdalla, jossa tuulen hyödyntäminen energiantuotannossa olisi varsin hyvä vaihtoehto. Tarkoituksena onkin tulevaisuudessa perehtyä tarkemmin mahdollisuuksiin tuulivoiman käyttöönoton suhteen.

Talossa keittiön ja olohuoneen välisessä seinässä ylhäällä on aukko, josta leivinuunista syntynyt lämpö pääsee paremmin jakautumaan olohuoneen puolelle. Keittiön ja yläkerran välille suunniteltiin vastaavanlaista toteutusta lämmön jakamisen parantamiseksi. Keskikerroksen ja yläkerran välillä portaikossa on ilmalämpöpumppu, joka tuottaa ja jakaa lämpöä yläkerran puolelle. Mikäli ilmalämpöpumpulla haluttaisiin saada aikaan suurempaa hyötyä, olisi vaihtoehtona hankkia yläkertaan oma ilmalämpöpumppu ja siirtää nykyinen ilmalämpöpumppu tehostamaan keskikerroksen lämmitystä.

Aurinkosähkön yhteydessä energian varastointi olisi energiankäytön tehostamisen kannalta merkittävä ratkaisu. Aurinkosähköllä tuotettu ylijäämä olisi mahdollista varastoida virtuaaliseen akkuun ja hyödyntää sitä myöhemmin esimerkiksi suurten kulutushuippujen aikana tai talvella, jolloin aurinkosähkön tuotto on muuten vähäistä. Virtuaalisen akun käyttö auttaisi pitämään kustannuksia tasaisempana energiankäytön suhteen.

Energiankäytön tehostamisen kannalta kuitenkin merkittävin ratkaisu olisi talon eristyksen parantaminen. Talon eristystä parantamalla lämpöhäviöitä saataisiin laskettua ja lämmityksestä tulisi tällöin tehokkaampaa. Talossa on tarkoituksena lähiaikoina uusia ulkovuoraus, jonka yhteydessä eristystä tullaan parantamaan.

Talo on rakennettu vuonna 1963 ja taloon on tehty ajansaatossa ulkoverhoukseen puutäytteen puurungon paneeliverhoukseen poistettu ja ulkopintaan on asennettu 50 x 100 vaakakoolaus, jossa lämmöneristeenä on käytetty 100 mm lasivillaa. Rakenteen tuulensuojaus on toteutettu tervapaperilla ja sen päälle on asennettu pystykoolauksena 22 x 100 millinen lauta. Koolauksen päälle on kiinnitetty ulkovuoraukseksi 6 mm paksuinen karaattilevy.

Koska ulkoverhoukseen on vanha ja remontin tarpeessa, kannattaa tässä yhteydessä parantaa myös ulkoseinän lämpöeristystä. Ulkoseinästä poistetaan vanha karaattilevy, lautakoolaus, tervapaperi sekä vanha lasivilla. Vanhan lasivillan tilalle, olemassa olevaa runkoa hyväksikäyttäen, asennetaan 100 mm paksu PAROC Renova lisäeriste. Tällöin vanhan ulkoseinän U-arvoa 0,29 W/m<sup>2</sup>K saadaan parannettua arvoon 0,22 W/m<sup>2</sup>K, jolloin rakennuksen lämmön eristävyys paranee merkittävästi. Ulkoseinän paksuus säilyy ennallaan, joka on tärkeää juuri ikkunoiden ja ulko-ovien osalta. Mikäli ulkoseinän paksuutta kasvatetaan entisen seinärakenteen päälle, jäävät ikkunat sekä ovet huomattavan syvälle ulkoverhouksen pinnasta ja tämä heikentää talon ulkonäköä. Uutta ulkoverhousta varten asennetaan vielä eristeen päälle tarvittava koolaus, jolla mahdollistetaan seinärakenteen ulkopinnan riittävä tuuletus. Tämän jälkeen seinään asennetaan ulkoverhoukseen lauta tai paneeli.



Alapuolella on listattuna kymmenen energiansäästöön liittyvää vinkkiä. Kiinnittämällä huomiota vinkkeihin ja noudattamalla niitä määrätietoisesti saadaan energiankulutusta ja kustannuksia alennettua. Vinkit ovat syntyneet aiemmin käsiteltyjen teoriaosuuksien pohjalta.

1. Huonelämpötilojen laskeminen.
2. Turhien valojen sammuttaminen.
3. Huomion kiinnittäminen lämpimän veden käyttöön.
4. Kodinkoneiden tehokas käyttäminen.
5. Viihde-elektronikan sammuttaminen (valmiustila mukaan lukien).
6. Lämpöpattereiden edustan avoimena pitäminen.
7. Saunan tehokas käyttö ja lämmittäminen.
8. Kylmälaitteiden järkevä sijoittaminen.
9. Huomion kiinnittäminen ilmanvaihdon toimivuuteen.
10. Energiatehokkaiden laitteiden hankkiminen.

## 9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutkia asuinrakennusten energiatehokkuutta, selvittää keinoja energiankäytön tehostamiseksi sekä selvittää kuinka energiankäytöstä johtuvia kustannuksia voidaan pienentää. Työn keskeisenä tavoitteena oli seurata työssä tutkittavan rintamamiestalon energiankulutusta ja saada aikaan ratkaisuja, joilla energiankulutusta voidaan tehostaa. Lisäksi tavoitteena oli saada itselle hyödyllistä tietoa energiankulutuksesta ja kustannusten alentamisesta.

Työn tavoitteisiin päästiin ja aikaan saatiin kokonaisuus, jossa käsitellään sähkön hintaa ja sen muodostumista, asumisen energiankulutusta ja sen jakautumista eri osa-alueille sekä ratkaisuja, joilla energiankulutusta saadaan vähennettyä. Lisäksi tarkemmassa tarkastelussa olleeseen rintamiestalon rakennettiin sähkölämmityksen ohjaukseen pienimuotoinen järjestelmä, jolla voidaan muun muassa tarkkailla huoneiden lämpötiloja ja tiloissa olevien sähkölämmittimien energiankulutusta. Talon asukkaille saatiin myös tärkeää tietoa talon lämmitykseen liittyen sekä vinkkejä, kuinka talon energian käyttöä voidaan tehostaa ja sitä kautta säästää kustannuksissa.

Rintamiestalon energiankulutuksen tehostamiseksi keksittiin muutamia vartenotettavia ratkaisuja, joilla voidaan tehostaa energiankäyttöä. Kehitysideoita oli muun muassa eristyksen parantaminen, pientuulivoimalan hankkiminen ja aurinkoenergian varastointi myöhempää käyttöä varten. Lisäksi aikaan saatiin lista, jota noudattamalla energiankäyttöä voidaan tehostaa. Kehitysideoista merkittävimmät olivat eristyksen parantaminen ja aurinkoenergian varastointi. Kyseiset ideat ovat tarkoitus toteuttaa mahdollisimman nopeasti.

Työn tuloksien perusteella rakennusten lämmitys aiheuttaa suurimman osan energiankulutuksesta kokonaisenergiankulutukseen nähden. Lämmityksen aiheuttama energiankulutuksen määrä on kuitenkin tapauskohtainen ja se on monen eri tekijän summa. Rakennuksen lämmitykseen kannattaa kiinnittää huomiota mahdollisuuksien ja tarpeen mukaan. Rakennusten eristyksen parantamisella, tukilämmitysjärjestelmien käytöllä, ilmavaihdon toimivuudella ja mahdollisesti lämmitysjärjestelmän vaihtamisella energiatehokkaampaan vaihtoehtoon voidaan parantaa rakennuksen energiatehokkuutta merkittävästi.

Lämmityksen lisäksi energiansäästöön voidaan vaikuttaa kiinnittämällä huomiota kodin sähkölaitteiden sekä lämpimän veden käyttöön. Energiansäästön kannalta olisi järkevää ostaa energiatehokkaampia laitteita ja kodinkoneita sekä pyrkiä käyttämään niitä mahdollisimman tehokkaasti ja vain tarpeen mukaan. Lämpimän käyttöveden säätelyllä vähennetään veden lämmittämisen tarvetta, joka vaikuttaa alentavasti kustannuksiin. Veden kulutuksen määrään voidaan vaikuttaa esimerkiksi vedenkulutusta rajoittavilla vesikalusteilla.

Energiatehokkuuden parantamisella on myönteisiä vaikutuksia hiilidioksidipäästöjen ja energiankulutuksen pienentämiseen sekä kustannussäästöjen kasvuun. Energiatehokkuuden parantamisella on täten hyötyä niin itselle kuin ympäristölle.

## 10 POHDINTA

Työ onnistui kokonaisuutena hyvin ja sain paljon uutta tietoa energiankulutukseen, kulutuksen tehostamiseen ja kustannuksiin liittyen. Työssä saatiin kasattua mielestäni hyvä kokonaisuus, jonka avulla jokainen voi tarkastella omaa energiankulutusta ja saavuttaa kustannussäästöjä. Työn tekemisen myötä sain kehitystä muun muassa tiedon etsinnässä, raportoinnissa ja vuorovaikutustaidoissa. Työelämän kannalta kyseisten taitojen kehittämällä on positiivinen merkitys.

Työn sisällön suunnittelu onnistui hyvin ja työn alkaessa olikin jo hyvin selkeä käsitys siitä mitä asioita työssä käsitellään. Aiheesta löytyi tietoa todella paljon ja tiedon etsinnässä pyrin tutkimaan mahdollisimman uusia ja luotettavia lähteitä. Haastavinta työssä oli arvioida käsiteltävien asioiden laajuutta.

Kulutusmittausten suorittamisen ajankohtana olisi voinut toimia paremmin joului-, tammi- tai helmikuu, jolloin pakkasta olisi ollut enemmän ja tasaisemmin. Kovemalla pakkasella olisi voitu saada selville todellinen huippuenergiankulutus, kun lämpötilat ovat vuoden alhaisimmat.

Jatkokehityksenä työlle olisi rakennetun ohjausjärjestelmän laajentaminen. Järjestelmään voitaisiin liittää valaistuksen ohjausta ja mahdollisesti auton lämmityksen- tai latauksen ohjausta. Toinen jatkokehitysidea olisi tuulivoiman lisääminen aurinkosähkön tueksi ja näiden yhteisvaikutuksen tutkiminen sähkön hankintakustannusten suhteen.

## LÄHTEET

Bioenergia 2020. Pellettienergia. Verkkojulkaisu. <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/>. Viitattu 05.03.2022.

Dustin home julkaisuaika tuntematon. Shelly Pro 4PM. Verkkojulkaisu. <https://www.dustin-home.fi/product/5011252756/pro-4pm?tab=description>. Viitattu 20.03.2022.

Ekosähkö julkaisuaika tuntematon. Vinkkejä sähkön säästämiseen. Verkkojulkaisu. <https://www.ekosahko.fi/kotiasiakkaille/vinkkeja-sahkon-saastamiseen>. Viitattu 16.03.2022.

Energiamaailma julkaisuaika tuntematon. Suomi on kaukolämmityksen edelläkävijä. Verkkojulkaisu. <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolampo-ja-jaahdytys/>. Viitattu 25.02.2022.

Energiamerkintä julkaisuaika tuntematon. Yleisesti ja UKK. Verkkojulkaisu. <https://energiamerkinta.fi/energiamerkinta/>. Viitattu 15.03.2022.

Energiatehokas koti 2020a. Huonekohtainen sähkölämmitys. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/huonekohtainen\\_sahkolammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/huonekohtainen_sahkolammitys). Viitattu 22.02.2022.

Energiatehokas koti 2020b. Ilmanvaihto. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/ilmanvaihto](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto). Viitattu 10.03.2022.

Energiatehokas koti 2020c. Ilma-vesilämpöpumppu. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-ja\\_maalampopumput/ilma-vesilampopumppu](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-ja_maalampopumput/ilma-vesilampopumppu). Viitattu 02.03.2022.

Energiatehokas koti 2020d. Lämmitys. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys). Viitattu 09.03.2022.

Energiatehokas koti 2020e. Maalämpöpumppu. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-ja\\_maalampopumput/maalampopumppu](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-ja_maalampopumput/maalampopumppu). Viitattu 25.02.2022f.

Energiatehokas koti 2020g. Pellettilämmitys. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pellettilammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys/pellettilammitys). Viitattu 05.03.2022.

Energiatehokas koti 2020h. Puulämmitys. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/puulammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/puulammitys). Viitattu 23.02.2022.

Energiatehokas koti 2020i. Sähkölämmityksen ohjaaminen. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/sahkolammituksen\\_ohjaaminen](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/sahkolammituksen_ohjaaminen). Viitattu 28.03.2022.

Energiatehokas koti 2020j. Taloautomaatio. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/taloautomaatio](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/taloautomaatio). Viitattu 28.03.2022.

Energiatehokas koti 2020k. Tukilämmitysjärjestelmät. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/tukilammitysjarjestelmat](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/tukilammitysjarjestelmat). Viitattu 07.03.2022.

Energiatehokas koti 2020l. Vesikiertoinen sähkölämmitys. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/vesikiertoinen\\_sahkolammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys/vesikiertoinen_sahkolammitys). Viitattu 22.02.2022.

Energiatehokas koti 2020m. Öljylämmitys. Verkkojulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/oljylammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/oljylammitys). Viitattu 05.03.2022.

- Energiatehokkuussopimukset julkaisuaika tuntematon a. Sopimus. Verkkajulkaisu. <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/sopimus/>. Viitattu 27.03.2022.
- Energiatehokkuussopimukset julkaisuaika tuntematon b. Tulokset vuosilta 2017–2020. Verkkajulkaisu. <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/tulokset/sopimusten-tulokset-yhteensa/tiivistelmatuloksista/>. Viitattu 27.03.2022.
- Energiateollisuus 2011a. Sähkön hinta pähkinänkuoressa 2011. Pdf-tiedosto. Julkaistu 4.11.2011. [https://energia.fi/files/624/Sahkon\\_hinta\\_-esite.pdf](https://energia.fi/files/624/Sahkon_hinta_-esite.pdf). Viitattu 2.2.2022.
- Energiateollisuus 2011b. Tyypillisen kotitalouskuluttajan sähkön hinnan muodostuminen. Kuva. Julkaistu 4.11.2011. [https://energia.fi/files/624/Sahkon\\_hinta\\_-esite.pdf](https://energia.fi/files/624/Sahkon_hinta_-esite.pdf). Viitattu 2.2.2022.
- Energiateollisuus 2011c. Tyypillisen sähkölämmittäjän sähkön hinnan muodostuminen. Kuva. Julkaistu 4.11.2011. [https://energia.fi/files/624/Sahkon\\_hinta\\_-esite.pdf](https://energia.fi/files/624/Sahkon_hinta_-esite.pdf). Viitattu 2.2.2022.
- Energiateollisuus julkaisuaika tuntematon a. Sähkön hinta. Verkkajulkaisu. [https://energia.fi/energiasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon\\_hinta](https://energia.fi/energiasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon_hinta). Viitattu 2.2.2022.
- Energiateollisuus julkaisuaika tuntematon b. Vähittäismarkkinat. Verkkajulkaisu. <https://energia.fi/energiasta/energiamarkkinat/sahkomarkkinat/vahittaismarkkinat>. Viitattu 2.2.2022.
- Fortum 2019a. Kaukolämmitteisen omakotitalon sähkönkulutuksen jakautuminen. Kuva. <https://yhdedessa.fortum.fi/sahkonkulutus>. Viitattu 16.03.2022.
- Fortum 2019b. Sähkölämmitteisen omakotitalon sähkönkulutuksen jakautuminen. Kuva. <https://yhdedessa.fortum.fi/sahkonkulutus>. Viitattu 16.03.2022.
- Fortum 2019c. Sähkön kulutus yksiössä, kaksiossa ja omakotitalossa. Verkkajulkaisu. <https://yhdedessa.fortum.fi/sahkonkulutus>. Viitattu 16.03.2022.
- Ilmasto-opas 2018. Sähkölaitteissa ja valaistuksessa on merkittäviä energiansäästämahdollisuuksia. Verkkajulkaisu. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/5fbaa6aa-f525-4cdd-9699-23d415815ae5/sahkolaitteissa-ja-valaistuksessa-on-merkittavia-energiansaastomahdollisuuksia.html>. Viitattu 15.02.2022.
- Ilmasto-opas 2021. Energiatehokkuustoimista on taloudellista hyötyä. Verkkajulkaisu. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/75ef09a7-01a2-489a-862e-0dce463a8e1c/energiatehokkuustoimista-on-taloudellista-hyotya.html>. Viitattu 27.03.2022.
- Keravan Energia 2020. Kannattaako ilmalämpöpumppu?. Keravan Energian blogi. 10.12.2020. <https://www.keravanenergia.fi/blog/artikkeli/kannattaako-ilmalampopumppu/>. Viitattu 07.03.2022.
- KSS Energia julkaisuaika tuntematon. Sähkön siirtotuotteet. Verkkajulkaisu. <https://kssverkko.fi/mittaustavat>. Viitattu 7.2.2022.
- Lampputieto 2020. Eikö ledi pala kaikissa kodin valaisimissa? – perusteita muiden lamppujen käytölle ei enää löydy. Verkkajulkaisu. <https://lampputieto.fi/media/ajankohtaista/eiko-ledi-vielakaan-pala-kaikissa-kodin-valaisimissa-perusteita-muiden-lamppujen-kaytolle-ei-ena-loydy/>. Viitattu 15.02.2022.
- Leppäkoski Energiakauppa 2018. Pörssisähkön hinta – mistä se koostuu?. Leppäkosken Energiakaupan blogi. 21.12.2018. <https://energiakauppa.fi/blogi/porssisahkon-hinta/>. Viitattu 2.2.2022.
- Lumme energia julkaisuaika tuntematon. Sähkön kulutus omakotitalossa – näin paljon laitteet vievät sähköä. Lumme energian blogi. Julkaisuaika tuntematon. <https://www.lumme-energia.fi/blogi/sahkon-kulutus-omakotitalossa#e176fccd>. Viitattu 16.03.2022.

Lämpöykkönen 2017a. Fakta 18: Talon lämmitys-esittelyssä eri lämmitysjärjestelmät ja niiden hinnat. Verkkajulkaisu. <https://lampoykkonen.fi/100faktaa/fakta-18-uudisrakentaja-tunnetko-taman-hetken-suosituimmat-lammitysmuodot/>. Viitattu 25.02.2022.

Lämpöykkönen 2017b. Faktat 80–85: Omakotitalon energiankulutus – mitä eri lämmitysmuodot maksavat?. Verkkajulkaisu. <https://lampoykkonen.fi/100faktaa/faktat-80-85-omakotitalon-sahkonkulutus-mita-eri-lammitysmuodot-maksavat/>. Viitattu 02.03.2022.

Löydä sähkömies 2020. Suora sähkölämmitys on taloudellinen valinta. Verkkajulkaisu. <https://www.loydasahkomies.fi/kodin-sahkoistys/lammitys-ja-jaahdytys/lammitys/>. Viitattu 22.02.2022.

Motiva 2012. Energiatehokas ilmanvaihto 2012. Pdf-tiedosto. Julkaistu 2012. [https://www.motiva.fi/files/6147/Energiatehokas\\_ilmanvaihto2012.pdf](https://www.motiva.fi/files/6147/Energiatehokas_ilmanvaihto2012.pdf). Viitattu 10.03.2022.

Motiva 2016. Maakaasu. Verkkajulkaisu. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/maakaasu](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maakaasu). Viitattu 05.03.2022.

Motiva 2020a. Aurinkokeräinten hyötysuhteet. Verkkajulkaisu. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten\\_hyotysuhteet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/aurinkokerainten_hyotysuhteet). Viitattu 09.03.2022.

Motiva 2020b. Kaukolämpö. Verkkajulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/kaukolampo](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/kaukolampo). Viitattu 25.02.2022.

Motiva 2020c. Keskuslämmityskattilat. Verkkajulkaisu. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/puulammitys\\_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/keskuslammityskattilat). Viitattu 23.03.2022.

Motiva 2020d. Poistoilmalämpöpumppu. Verkkajulkaisu. [https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-\\_ja\\_maalampopumput/poistoilmalampopumppu](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/poistoilmalampopumppu). Viitattu 26.02.2022.

Motiva 2021a. Ilmalämpöpumppu. Verkkajulkaisu. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys/lampopumpun\\_hankinta/ilmalampopumppu](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/lampopumpun_hankinta/ilmalampopumppu). Viitattu 22.02.2022.

Motiva 2021b. Ilmanvaihto. Verkkajulkaisu. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys/ilmanvaihto](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/ilmanvaihto). Viitattu 10.03.2022.

Motiva 2021c. Lämmin vesi. Verkkajulkaisu. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys/lammin\\_vesi](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/lammin_vesi). Viitattu 22.03.2022.

Motiva 2022. Sähkölämmityksen keskeisimmät tehostamiskeinot. Verkkajulkaisu. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/remontoi\\_ja\\_huolla/energiatehokas\\_sahkolammitys/sahkolammityksen\\_keskeisimmat\\_tehostamiskeinot](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/energiatehokas_sahkolammitys/sahkolammityksen_keskeisimmat_tehostamiskeinot). Viitattu 22.02.2022.

Nibe julkaisuaika tuntematon. Maalämpö-maahan varastoitunutta energiaa. Verkkajulkaisu. <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/maalampo---maahan-varastoitunutta-energiaa>. Viitattu 25.02.2022.

Niskanen, Kalle 2022. Ilmalämpöpumpun sähkönkulutuksen kuvaaja. Kuva. 22.03.2022. Kuopio.

Niskanen, Kalle 2022. Lämmityksen sähkönkulutuksen kuvaaja. Kuva. 22.03.2022. Kuopio.

Niskanen, Kalle 2022. Shelly lämpötilasensori. Valokuva. 21.03.2022. Kuopio.

Niskanen, Kalle 2022. Shelly Plug Wifi etäohjattava kulutusmittari. Valokuva. 21.03.2022. Kuopio.

Niskanen, Kalle 2022. Shelly Pro 4PM kytkin. Valokuva. 21.03.2022. Kuopio.

- Niskanen, Kalle 2022. Tilojen seuranta OptiWatti ohjausjärjestelmän avulla. Kuva. 28.03.2022. Kuopio.
- Omakiinteistö 2021. Energiatehokas ilmanvaihto. Verkkojulkaisu. <https://www.omakiinteisto.com/energiatehokas-ilmanvaihto/>. Viitattu 10.03.2022.
- OptiWatti 2018. Ilmalämpöpumppu on sähkölämmityksen paras kaveri. OptiWatti blogi. 18.08.2018. <https://www.optiwatti.fi/ilmalampopumppu-sahkolammituksen-paras-kaveri/>. Viitattu 07.03.2022.
- Smart energy transition 2017. Policy Brief: Rakennusten kysyntäjousto ja energiatehokkuus luovat perustan puhtaalle energiajärjestelmälle. Verkkojulkaisu. [http://smartenergytransition.fi/fi/rakennusten\\_kysyntajousto\\_ja\\_energiatehokkuus/](http://smartenergytransition.fi/fi/rakennusten_kysyntajousto_ja_energiatehokkuus/). Viitattu 27.03.2022.
- Sundial julkaisuaika tuntematon. Aurinkolämpö. Verkkojulkaisu. <https://www.sundial.fi/category/3/aurinkolampo>. Viitattu 09.03.2022.
- Suomela 2017. Hybridilämmitys kannattavin lämmitysratkaisu uusissa omakotitaloissa. Verkkojulkaisu. <https://www.suomela.fi/hybridilammitys-kannattavin-lammitysratkaisu-uusissa-omakotitaloissa/>. Viitattu 09.03.2022.
- Suomen virallinen tilasto (SVT)a. Liitekuvio 2. Asumisen energiankulutus käyttökohteittain vuonna 2020. Asumisen energian kulutus. Julkaistu 16.12.2021. Helsinki: Tilastokeskus [https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen\\_2020\\_2021-12-16\\_kuv\\_002\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen_2020_2021-12-16_kuv_002_fi.html). Viitattu 15.02.2022.
- Suomen virallinen tilasto (SVT)b. Lämmityskulutuksen lasku peitti etätyn vaikutuksen asumisen energiankulutuksessa vuonna 2020. Asumisen energiankulutus. Julkaistu 16.12.2021. Helsinki: Tilastokeskus [https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen\\_2020\\_2021-12-16\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/asen/2020/asen_2020_2021-12-16_tie_001_fi.html). Viitattu 15.02.2022.
- Sähköinfo Severi 2021. Sähkötieto 2021. ST 55.01 Sähkölämmityksen mitoitus. Pdf-tiedosto. Julkaistu 28.06.2021. <https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.savonia.fi/item/609?search=sahkolammituksen%20mitoitus>. Viitattu 24.02.2022.
- Sähkön Kilpailutus 2021. Sähkön hinta nousi uuteen ennätykseen – Joulukuu 2021. Sähkön Kilpailutuksen blogi. 7.12.2021. <https://www.sahkon-kilpailutus.fi/blogi/porssisahkon-hinta-ennatyskorkealla/>. Viitattu 2.2.2022.
- Thermia 2021. Miten maalämpö toimii?. Verkkojulkaisu. <https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/>. Viitattu 25.02.2022.
- Thermia julkaisuaika tuntematon. Eriaiset lämmitysmuodot. Verkkojulkaisu. <https://www.thermia.fi/hyodyllista-tietoa/valitse-lampopumppu/vertaa-lammitysmuotoja/>. Viitattu 05.03.2022.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2019. Työ- ja elinkeinoministeriö julkaisuja 2019. Energiatehokkuustyöryhmän raportti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 30.09.2019. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161811/TEM\\_53\\_2019\\_Energiatehokkuustyoryhman\\_raportti\\_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161811/TEM_53_2019_Energiatehokkuustyoryhman_raportti_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 27.03.2022.
- Urakkamaailma julkaisuaika tuntematon. Älykoti-auttaa arjessa ja turvaa kotia. Verkkojulkaisu. <https://www.urakkamaailma.fi/alykoti>. Viitattu 28.03.2022.
- Vaasan sähkö 2020. Omakotitalon sähkönkulutus-mistä se koostuu. Verkkojulkaisu. <https://www.vaasansahko.fi/energianeuvonta/omakotitalon-sahkonkulutus-mista-se-koostuu/>. Viitattu 16.03.2022.
- Vaillant julkaisuaika tuntematon. Aurinkolämpöjärjestelmä. Verkkojulkaisu. <https://www.vaillant.fi/asiakkaat/neuvoja-ja-tietoa/miten-eri-teknologiat-toimivat/aurinkokeraimet/>. Viitattu 09.03.2022.
- Winled 2019. Mikä on älyvalaistus. Winled blogi. 03.12.2019. <https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/mika-on-alyvalaistus>. Viitattu 28.03.2022.

Ympäristöministeriö 2017. Suomenrakentamismääräyskokoelma. Energiatehokkuus. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Pdf-tiedosto. Julkaistu 20.12.2017. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7b4332AA81-75E1-4CA0-B208-B0ACB60A267F%7d/133692>. Viitattu 22.03.2022.

Ympäristöministeriö julkaisuaika tuntematon. Öljylämmityksestä luopuminen. Verkkojulkaisu. <https://ym.fi/oljylammityksesta-luopuminen>. Viitattu 05.03.2022.