

# Vapaa-ajan asuntojen energiatehokas ja rakennusturvallinen ylläpito

Veikko Laitinen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2023

Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähköinen talotekniikka

LAITINEN, VEIKKO:

Vapaa-ajan asuntojen energiatehokas ja rakennusturvallinen ylläpito

Opinnäytetyö 55 sivua

Huhtikuu 2023

---

Työ sai alkunsa vuoden 2022 energiakustannusten noususta. Suomessa on monia vapaa-ajan asuntoja, joita pitää talvella lämmittää. Vapaa-ajan asunnon kylmänä pitäminen voi johtaa esimerkiksi kosteusvaurioihin tai vesiputkien jäätymiseen. Lämmityskustannukset näyttivät alkusyksystä nousevan niin suuriksi, että monet vapaa-ajan asuntojen omistajat joutuvat miettimään, miten rahat riittävät mökin talviylläpitoon. Työn tarkoituksena oli tutkia ja vertailla keinoja, joilla mökin talviylläpidon energiankulutusta voidaan pienentää rakennusturvallisuus ottaen huomioon.

Tavoitteena oli löytää mittauskohteiksi monia erityyppisiä mökkejä, jotta työstä on hyötyä mahdollisimman monelle mökkeilijälle. Mökkien talviylläpidon toteutustavoista varsinkin tasalämpölämmitystä ja kuivanapitolämmitystä haluttiin vertailla keskenään. Myös ilmalämpöpumpun toimintaa ylläpitolämmityksessä haluttiin tutkia. Ylläpitolämmitystapojen vertailun lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin myös lämmityslaitteiden etäohjausmahdollisuuksia.

Työn tulokset kuitenkin osoittavat, että kuivanapitolämmitys on energiatehokkaampi ylläpitolämmitystapa kuin tasalämpölämmitys varsinkin silloin, kun mökin sisäilma voidaan päästää pakkasen puolelle. Kuivanapitolämmityksestä saatiin paras hyöty, kun ulkona oli kuiva ilma ja reilusti pakkasta. Ilmalämpöpumppu kulutti vähemmän sähköä ylläpitolämmityksessä kuin suora sähkölämmitys sähköpattereilla. Kello-ohjaukset ja etäohjattavat pistorasiat ovat työn tulosten perusteella helppoja käyttää, ja ne tuovat merkittäviä taloudellisia hyötyjä pörssisähkösopimuksen käyttäjille.

Pilottikohteiden mittauksissa ilmeni haasteita, joiden takia mittaustulokset jäivät vajaiksi tai hävisivät kokonaan. Kohteiden mittaukset aloitettiin liian myöhään, minkä vuoksi ylläpitolämmityksen eri tapoja ei päästy vertailemaan keskenään. Mittauslaitteiston luotettavuusongelmien takia mittausdataa menetettiin.

---

Asiasanat: Vapaa-ajan asunto, energiatehokkuus, rakennusturvallisuus, ylläpitolämmitys, kuivanapitolämmitys

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services

LAITINEN, VEIKKO:  
Energy Efficient Upkeep of Holiday Homes

Bachelor's thesis 55 pages  
April 2023

---

The idea for this thesis came up from the rising energy prices at the end of summer 2022. The media speculated that the electricity price might rise so high that normal people might not have enough money to pay the electricity bill. Many people in Finland have a summer house that needs to be kept warm during the winter so that they do not get mold growing inside. Many of these summer houses are kept too warm. Therefore, the purpose of this thesis was to find solutions to how the energy consumption can be lowered when there is no use in the summer house keeping the summer house healthy.

The objective was to find many alternative summerhouse types so that the results of the thesis can help as many people as possible. One of the main objectives was to compare set temperature heating to moisture dependable heating. A further goal was to test time-controlled heating solutions and remote-controlled outlets. The time-controlled heating solutions aimed to provide money savings for hour-based electricity price customers.

The results show that the humidity dependent heating is cheaper than set temperature heating especially when it is cold and dry outside. Time-controlled heating worked as intended and cut the costs for hour-based electricity price customers. The remote-controlled outlets were found to work well and cut the costs.

The tests were not executed as planned so the results of the thesis were not complete. The tests at the summer houses were started too late in the winter and there were no adjustments made to the heating solutions in time to see differences in energy consumptions. In one of the measuring places the measuring equipment stopped working so there was no data to be analyzed. Despite the problems some good data was gathered.

---

Key words: energy efficiency, holiday home, upkeep, moisture-dependent heating

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn tavoitteet.....	6
1.2	Kosteuden vaikutukset rakenteisiin .....	7
1.3	Pörssisähkön hintavaihtelu vuorokauden aikana .....	7
2	VAPAA-AJAN ASUNTOJEN TILASTOJA JA TIETOJA .....	8
2.1	Mökkien määrä Suomessa.....	8
2.2	Vapaa-ajan asuntojen koko.....	8
2.3	Varustelutaso vapaa-ajan asunnoissa .....	9
2.3.1	Vesijärjestelmät .....	9
2.3.2	Sähköjärjestelmät.....	9
2.3.3	Tietojärjestelmät .....	10
2.3.4	Lämmitysjärjestelmät.....	10
3	TUTKITTAVAT YLLÄPITOLÄMMITYSTEKNIIKAT .....	11
3.1	Tasalämpölämmitys ja sen sovelluksia .....	11
3.1.1	Tasalämpölämmitys.....	11
3.1.2	Ajastettu tasalämpölämmitys .....	11
3.1.3	Etäohjaus .....	12
3.2	Kuivanapitolämmitys .....	13
3.2.1	Toimintaperiaate.....	13
3.2.2	Kosteuden käyttäytyminen mökin sisällä .....	13
3.2.3	Kuivanapitolämmityksen toteutustapa .....	14
4	MITTAUSLAITTEET .....	15
4.1	Leveltec ProMod Lite 2i kuivanapitolämmitysohjain .....	15
4.2	Sähkölämmitin.....	16
4.3	Sähköenergian mittaus .....	17
4.4	Olosuhdemittaus .....	20
4.5	Mittauslaitteistojen yhdistäminen internettiin .....	21
5	MITTAUSKOHTEIDEN TULOKSET .....	23
5.1	Kohde 1 Lempäälän lautarakenteinen mökki .....	23
5.1.1	Kohteen kuvaus.....	23
5.1.2	Mittaussuunnitelma.....	23
5.1.3	Mittausten kulku.....	23
5.1.4	Tulokset.....	24
5.2	Kohde 2 Pirkkalan pörssisähkömökki.....	30
5.2.1	Kohteen kuvaus.....	30
5.3	Mittaussuunnitelma .....	30

5.3.1	Mittausten kulku.....	31
5.3.2	Tulokset.....	32
5.4	Kohde 3 Terälähdän lautarakennemökki.....	39
5.4.1	Kohteen kuvaus.....	39
5.4.2	Mittaussuunnitelma.....	39
5.4.3	Mittausten kulku.....	40
5.4.4	Tulokset.....	40
5.5	Kohde 4 Pälkäneen lautarakennemökki.....	44
5.5.1	Kohteen kuvaus.....	44
5.5.2	Mittaussuunnitelma.....	44
5.5.3	Mittausten kulku.....	45
5.5.4	Tulokset.....	45
5.6	Kohde 5 Ruoveden hirsimökki.....	47
5.6.1	Kohteen kuvaus.....	47
5.6.2	Mittaussuunnitelma.....	47
5.6.3	Mittausten kulku.....	48
5.6.4	Tulokset.....	48
6	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	50
6.1	Ylläpitolämmityksen tuloksien vertailu.....	50
6.2	Kello- ja etäohjauksen johtopäätökset.....	51
6.3	Mittauslaitteiden ongelmat.....	51
6.4	Muita mittausten aikana tulleita huomioita.....	52
6.5	Tavoitteita jatkotutkimuksiin.....	53
	LÄHTEET.....	55

## LYHENTEET JA TERMIT

% RH	suhteellinen kosteusprosentti
MH	makuuhuone
OH	olohuone
LVV	lämmivesivaraaja
ILP	ilmalämpöpumppu
GSM	matkapuhelinverkko

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tavoitteet

Energian hinta nousi todella paljon vuonna 2022. Sähkön hinnan nousun seurauksena vapaa-ajan asuntojen omistajat pohtivat, että miten mökkiä kannattaisi ylläpitää talvella. Lämmitetyissä mökeissä on käytetty paljon suoraa sähkölämmitystä, joten mökkien sähkölaskut ovat nousseet moninkertaisiksi edellisiin vuosiin verrattuna. Kaikkia mökkejä ei kuitenkaan voida laittaa kokonaan kylmäksi rakennusturvallisuuden vuoksi, joten on pyrittävä löytämään kustannustehokkaita tapoja pitää vapaa-ajan asunnon kosteus turvallisella tasolla sekä vesijärjestelmät ehjinä.

Tässä työssä on tavoitteena tutkia ja vertailla eri tapoja ylläpitää mökkiä energiatehokkaasti ja rakennusturvallisesti lämmityskaudella. Työssä vertaillaan myös erilaisia mökkityyppejä keskenään. Mökin runkoratkaisut vaikuttavat paljon kosteuden käyttäytymiseen ja sitä kautta lämmityksen tarpeeseen. Hirsirakenteiset mökit eivät välttämättä tarvitse ollenkaan lämmitystä hirren kosteuskäyttäytymisen ansiosta. Lautarakenteisissa villaeristetyissä mökeissä kosteusvauriot ovat hyvinkin mahdollisia, mikäli mökkiä ei lämmitetä. Joissain mökeissä vesijärjestelmän saa tyhjennettyä, joten lämpötilaa voidaan laskea jopa pakkasen puolelle. Suomessa on myös paljon mökkejä, joiden vesijärjestelmiä ei voida tyhjentää tai niiden tyhjentäminen on liian vaivalloista.

Mökkien ylläpitolämmitys on monesti toteutettu tasalämpölämmityksellä, jossa mökin sisäilma pidetään vakioämpötilassa. Vaihtoehtoisia ylläpitolämmitystapoja on jo tutkittu jonkin verran, joten tässä työssä on tarkoitus vertailla monen eri ylläpitolämmitystavan kustannuksia.

Työssä on myös tavoitteena saada ylläpitolämmityksen ohjaukset toimimaan etäyhteydellä, jottei kaukana asuvien omistajien tarvitse käydä mökillä vain lämmitysohjausten muuttamisen takia. Tarkoituksena on kuitenkin löytää mahdollisimman helposti ja edullisesti toteutettavissa oleva etäohjaustapa, jotta

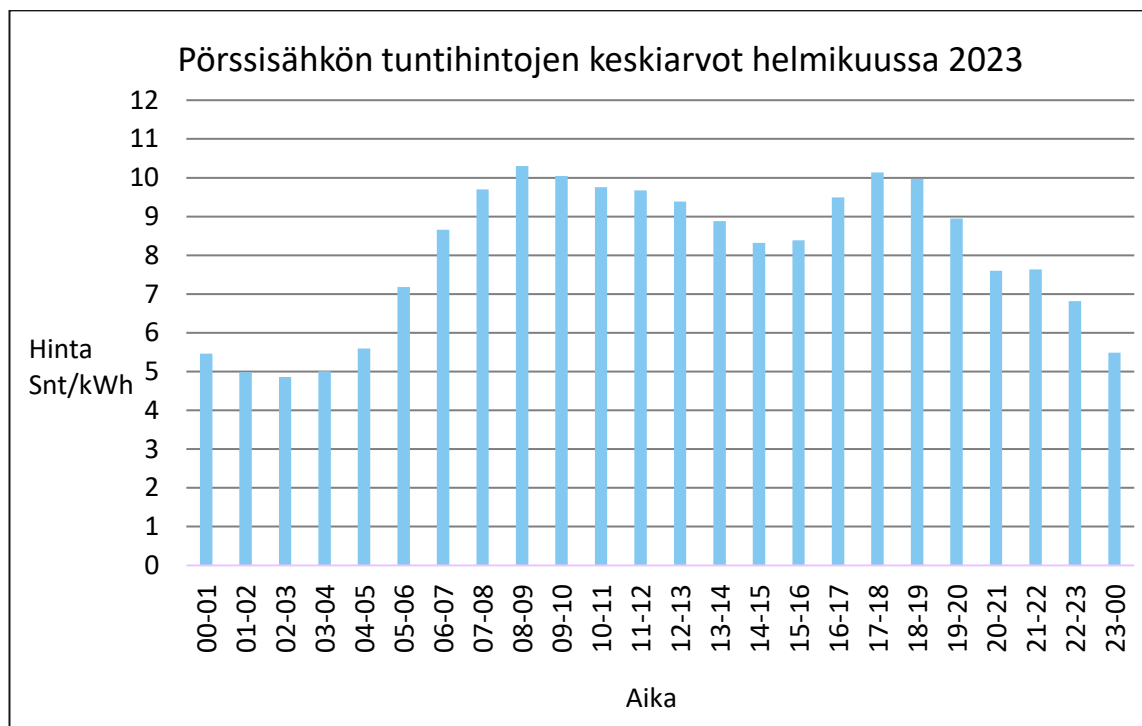
mahdollisimman monella vapaa-ajan asunnon omistajalla on mahdollisuus ottaa etäohjaus käyttöön.

## 1.2 Kosteuden vaikutukset rakenteisiin

Vapaa-ajan asuntojen kosteusvauriot johtavat monesti homeen kasvamiseen. Kosteusvauriot ovat mahdollisia, mikäli vapaa-ajan asunnon sisäilman kosteus nousee liian korkeaksi. Ikkunapintojen ja nurkkien pintalämpötilat muuttuvat nopeimmin ulkolämpötilan mukaan. Ulkolämpötilan tippuessa nopeasti, saattaa sisäilman kosteus päästä tiivistymään ikkunapinnoille ja nurkkiin aiheuttaen kosteusvaurioita.

## 1.3 Pörssisähkön hintavaihtelu vuorokauden aikana

Pörssisähkösopimuksen käyttäjille pyritään löytämään keinoja, joilla sähkönkulutuksen saisi ohjattua vuorokauden edullisimmille tunneille. Pörssisähkön edullisimmat tunnit ovat yleisesti yöllä klo 22:00-06:00 kuten kuvioista 1 nähdään (Nordpool day ahead prices n.d).

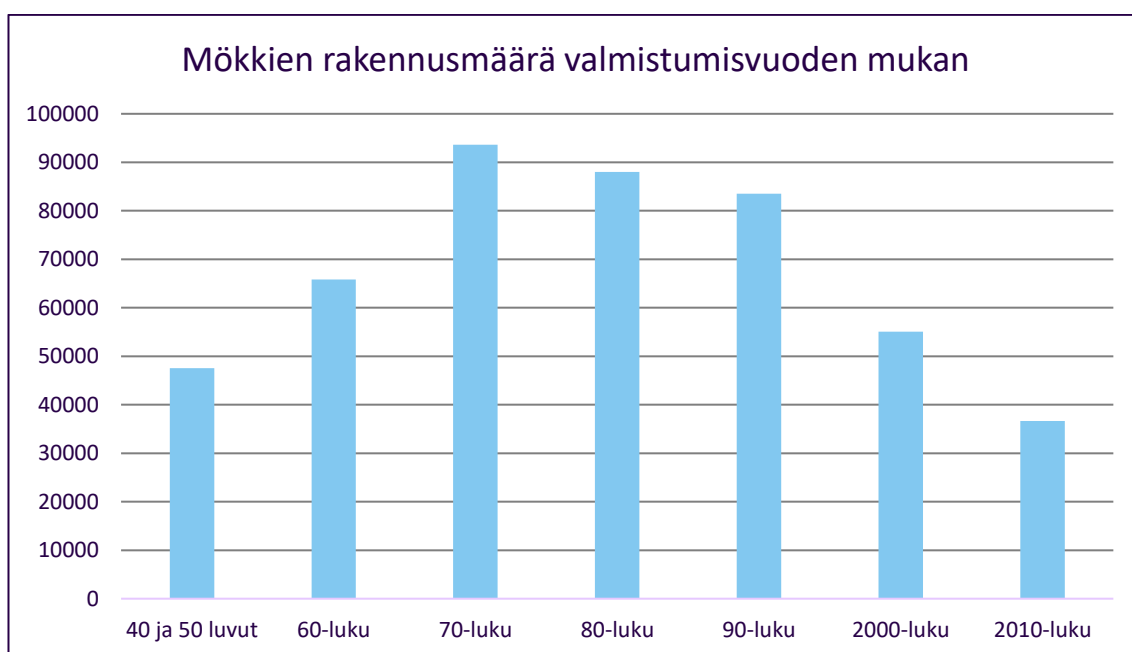


KUVIO 1. Pörssisähkön tuntihintojen keskiarvot helmikuussa 2023

## 2 VAPAA-AJAN ASUNTOJEN TILASTOJA JA TIETOJA

### 2.1 Mökkien määrä Suomessa

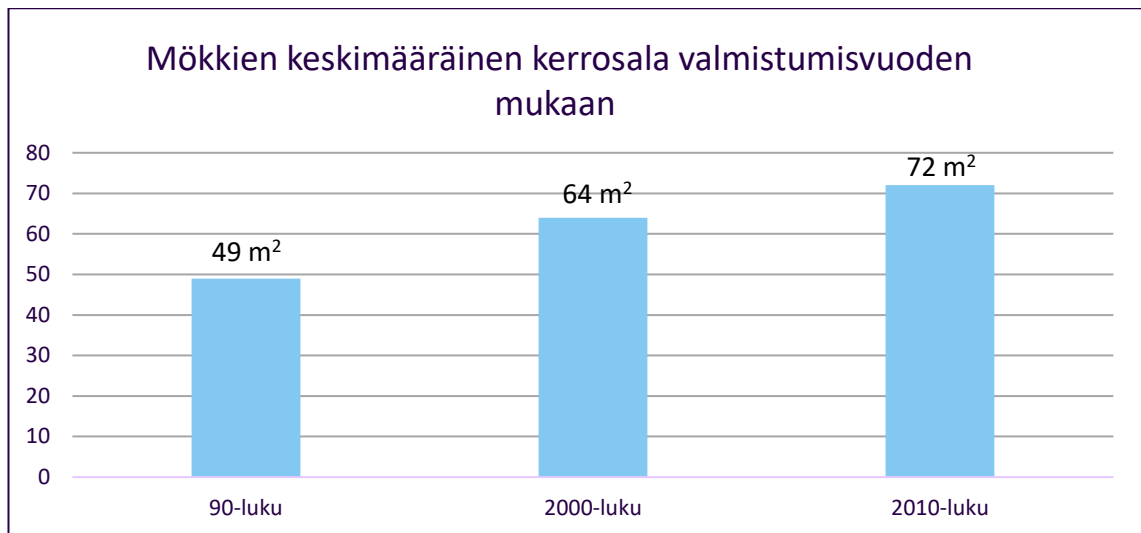
Suomessa oli vuoden 2019 lopussa 508 919 mökkiä. Mökkien lukumäärä kasvoi voimakkaimmin vuosikymmeninä 1970 ja 1980. Vuoden 2000 jälkeen mökkien lukumäärän kasvu on hidastunut merkittävästi kuten kuviosta 2 havaitaan. Mökkien lukumäärä on melkein kolminkertaistunut vuodesta 1970 vuoteen 2019, kun vuonna 1970 mökkejä oli 176 104 kappaletta. (Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit [verkkojulkaisu].)



KUVIO 2. Mökkien valmistusmäärä valmistumisvuoden mukaan (Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit [verkkojulkaisu]).

### 2.2 Vapaa-ajan asuntojen koko

Voutilaisen ym. (2021) mukaan vapaa-ajan asuntojen keskimääräinen asuinpinta-ala oli 70 m<sup>2</sup> vuonna 2021. Keskimääräiseen asumispinta-alaan oli laskettu mukaan myös lisärakennukset. Päärakennusten keskipinta-ala oli vuonna 2019 saatu 49 m<sup>2</sup>. (Voutilainen ym. 2021.) Viime vuosikymmenen aikana rakennettujen mökkien koko on ollut suurempi verrattuna edelliseen vuosikymmeneen eli mökeistä rakennetaan entistä suurempia nykypäivänä.



KUVIO 3. Mökkien keskimääräinen kerrosala valmistumisvuoden mukaan (Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit 2020 ja 2010 [verkojulkaisu]).

## 2.3 Varustelutaso vapaa-ajan asunnoissa

### 2.3.1 Vesijärjestelmät

Voutilaisen ym. (2021) mukaan suihkut ovat yleistyneet vapaa-ajan asunnoissa. Vuonna 2004 suihkullisia mökkejä oli 17 prosenttia, vuonna 2016 31 prosenttia ja vuonna 2021 31 prosenttia. Pyykinpesukoneiden ja astianpesukoneiden määrät ovat myös lisääntyneet, mutta niitä ei ole niin paljoa kuin suihkuja. Vuonna 2021 astianpesukoneita oli 20 prosentissa mökeistä ja pyykinpesukoneita oli 21 prosentissa mökeistä. Vesivessallisten mökkien osuus vuonna 2021 oli 23 prosenttia.

### 2.3.2 Sähköjärjestelmät

Voutilaisen ym. (2021) mukaan 79 % vapaa-ajan asunnoista oli kytketty verkkosähköön. 15 % mökeistä oli varustettu aurinkopaneeleilla, 10 % sai sähkönsä generaattorista tai aggregaatista ja 7 % mökeistä oli kokonaan sähköttömiä. Yli puolet mökeistä oli varusteltu liedellä, jääkaapilla uunilla ja televisiolla, joista televisioilla varustettujen mökkien osuus oli pienin 75 prosentin osuudella koko mökkikannasta.

### 2.3.3 Tietojärjestelmät

Vuoden 2021 mökkibarometrissä ei ollut tutkittu paljoa vapaa-ajan asuntojen tietojärjestelmiä. Tutkijat perustelivat ratkaisua sillä, että valtaosalla mökkeilijöistä on älypuhelimien kautta internetyhteys. Ainoa tutkittu varustus oli kiinteä laajakaista, joka löytyi vain 8,4 %:sta mökkejä. (Voutilainen ym. 2021.)

Internetyhteyttä tullaan tulevaisuudessa tarvitsemaan mökeillä entistä-enemmän, kun etäohjausratkaisuja halutaan yhä useammalle mökille. Etäohjaus vaatii yleensä internetyhteyden. Joitakin etäohjausmahdollisuuksia on myös saatavana GSM-yhteydellä, mutta valtaosa uusista etäohjattavista laitteista vaatii mökille oman internetyhteyden.

### 2.3.4 Lämmitysjärjestelmät

Mökkibarometrin mukaan vähän yli puolet mökeistä oli lämmitetty suoralla sähkölämmityksellä. Puu oli lämmönlähteenä 87,7 prosentissa mökeistä. Ilmalämpöpumppujen suosio oli kasvanut vuoden 2021 kyselyssä merkittävästi. Vuoden 2009 kyselyssä 5 % mökeistä oli varustettu ilmalämpöpumpulla, vuoden 2016 kyselyssä 18 % ja vuoden 2021 kyselyssä 28 %. (Voutilainen ym. 2021.)

Peruslämmitettyjen mökkien osuus oli kasvanut vuoden 2021 kyselyssä. Peruslämmityksellä tarkoitetaan, että mökkiä lämmitetään koko ajan sähköllä. Peruslämmitettyjen mökkien osuus vuoden 2021 kyselyssä oli 40 %, 2016 kyselyssä 32 % ja vuoden 2009 kyselyssä 27 %.

### **3 TUTKITTAVAT YLLÄPITOLÄMMITYSTEKNIIKAT**

#### **3.1 Tasalämpölämmitys ja sen sovelluksia**

##### **3.1.1 Tasalämpölämmitys**

Tasalämpölämmitys on helppo tapa lämmittää vapaa-ajan asuntoa. Tasalämpölämmitykseen tarvitaan lämmönlähde, jota ohjataan termostaatilla. Tasalämpölämmityksen voi helposti toteuttaa sähköpatterilla. Sähköpatteri voi olla kiinteästi seinälle asennettu malli tai irrallinen pistotulppaliitännäinen malli. Tasalämpölämmityksessä voi myös käyttää sähköistä lattialämmitystä. Viime vuosikymmenen aikana muiden lämmitysmuotojen rinnalla on alettu käyttämään myös ilmalämpöpumppuja.

Tasalämpölämmityksessä lämmönlähteen termostaattiin asetetaan tilan haluttu lämpötila-arvo, joka on yleisesti 5 ja 15 celsius asteen välillä. Termostaatti ohjaa lämmityslaitetta pitäen tilan lämpötilan termostaatin asetusarvossa.

Tasalämpölämmitys on helppo ja halpa ottaa käyttöön. Huonoa on se, että energiaa kuluu enemmän kuin on tarpeellista. Syksyn ja kevään kosteat olosuhteet voivat aiheuttaa mökin sisällä kosteusvaurioita, jos tasalämpölämmityksen lämpötila-asetus on liian pieni.

##### **3.1.2 Ajastettu tasalämpölämmitys**

Ajastettu tasalämpölämmitys tarkoittaa sitä, että lämmityslaitteen sähkönsyöttöä kytketään päälle ja pois vuorokauden sisällä. Tällöin rakennukseen varataan lämpöä edullisena aikana ja annetaan jäähtyä kalliina aikana. Ajastetun lämmityksen toimivuuteen vaikuttaa rakennuksen kyky varastoida lämpöä. Jos rakennus varastoi lämpöä huonosti, se jäähtyy nopeasti lämmityksen lakattua, kun taas hyvin lämpöä varastoiva rakennus varaa lämpöä pitkiäkin aikoja (Tuomaala 2002). Ajastinta voi myös käyttää ohjaamaan sähkönkulutus vuorokauden halvimmille tunneille, jos mökissä on pörssisähkösopimus.

Yksi helppo tapa ajastaa ylläpitolämmitystä on käyttää siirrettävää sähköpatteria, joka kytketään pistorasiaan ajastimen kautta. Ajastimeen asetetaan haluttu aikaikkuna, jolloin sähköpatterin halutaan lämmittävän. Ajastimena voi käyttää esimerkiksi samanlaista ajastinta, jota käytetään kausivalaistuksen ohjaamiseen. Jos mökillä on nettiyhteys, voidaan käyttää etäohjattavaa pistorasiaa. Etäohjattavalla pistorasialla on mahdollista tehdä paljon monipuolisempia aikaohjauksia, kuin manuaalisesti ohjatulla ajastimella.



KUVA 1. Ajastin manuaalisella aikaohjauksella

### 3.1.3 Etäohjaus

Ajastettua tasalämpölämmitystä voidaan ohjata myös etänä. Markkinoita löytyy monen eri valmistajan etäohjattavia pistorasioita. Näiden etäohjattavien pistorasioiden hinnat vaihtelevat 10 ja 30 euron välillä eli ne ovat todella edullisia. Nämä etäohjattavat pistorasiat asennetaan jo olemassa olevaan pistorasiaan eli asentaminen ei vaadi käyttäjältä teknistä osaamista. Etäohjattavalle pistorasialle voi tehdä päälle/pois kytkemisen lisäksi monipuolisia aikaohjauksia viikkotasolla. Etäohjauksella on siis mahdollista ottaa pörssisähkösopimuksesta kaikki hyöty irti.

Pistorasioiden ohjaus tapahtuu wifi-verkon kautta, joten mökille täytyy hankkia internetyhteys. Kun laite on paritettu reitittimeen puhelinsovelluksen avulla, voi ohjausta tehdä mistä päin maailmaa tahansa. Helpoin tapa saada pistorasia internetiin on hankkia mökille mobiiliverkkoon yhdistettävä reititin, koska vain harvoilla mökeillä on kiinteä internet yhteys.

Halvimmat mobiiliverkkoreitittimet maksavat vähän alle 100 € ja laitenetti-liittymät noin 5 €/kk, joten kokonaiskustannukset ovat vähän yli 100 € käyttöönotossa ja noin 5 €/kk käyttöönoton jälkeen.

## **3.2 Kuivanapitolämmitys**

### **3.2.1 Toimintaperiaate**

Kuivanapitolämmityksessä on tarkoituksena pitää rakennuksen sisäilman kosteus alle 70 % RH. Kosteuden pitäminen tämän rajan alla toteutuu, kun rakennuksen sisäilman lämpötila pidetään 5–7 astetta korkeampana kuin ulkoilma. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennuksen sisälämpötila laskee kovilla pakkasilla nollan alapuolelle. (Piironen 2010.) Rakennuksessa ei näin ollen voi olla vesijärjestelmiä tai ne on tyhjennettävä ennen pakkaskelien alkamista.

### **3.2.2 Kosteuden käyttäytyminen mökin sisällä**

Homeen kasvamiseen vaaditaan yli 5°C lämpötila ja 80–85 % suhteellinen kosteus (Hukka, A & Viitanen, H. 1999). Mökin sisäilman suhteellinen kosteus ei kuitenkaan ole täysin tasainen joka paikassa. Esimerkiksi ikkunat pääsevät jäähtymään nopeammin kuin paremmin eristetyt seinäpinnat. Tällöin ikkunapinnoilla oleva suhteellinen kosteus voi olla 10–15 % RH korkeampi. Ikkunapintojen suuremman suhteellisen kosteuden takia sisäilman kosteus on hyvä pitää alle 70 % RH. (Piironen 2010.)

### 3.2.3 Kuivanapitolämmityksen toteutustapa

Kuivanapitolämmitys toteutetaan mittaamalla sisäilman kosteutta. Mitatun tuloksen perusteella lämmitetään tai ei lämmitetä tilaa. Kun kosteus on 70 % RH tai enemmän, lämmitin on päällä. Kun kosteus on alle 70 % RH, lämmitin on pois päältä. Lämmittimenä kannattaa käyttää siirreltävää sähkölämmittintä, jossa on pistotulppaliitäntä, koska paras paikka lämmittimelle on rakennuksen keskellä (Piironen 2010).

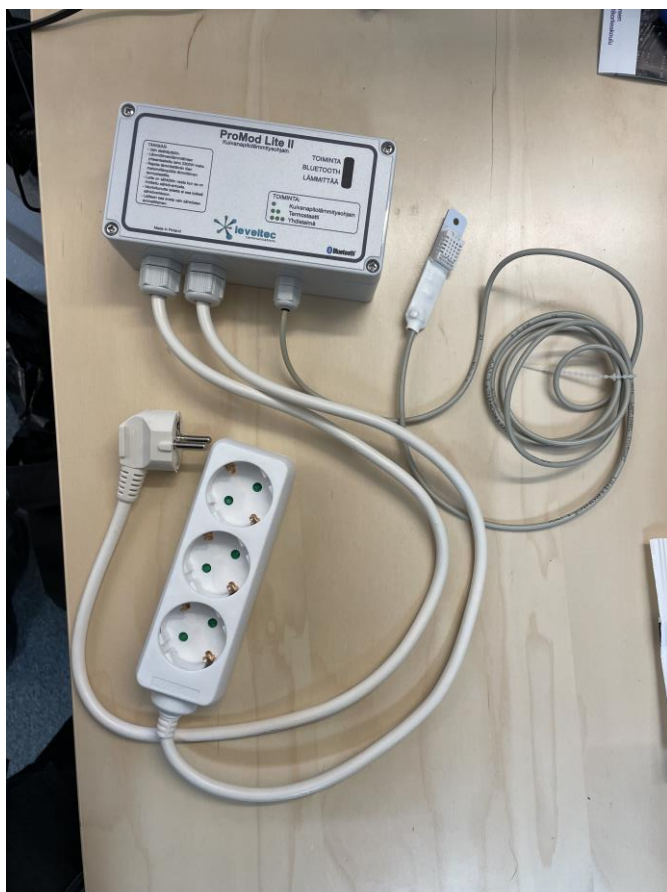
Lämmittimen teho määräytyy mökin koon mukaan. Keskimääräinen lämmitystehon tarve kuivanapitolämmityksessä on Piironen (2010) mukaan noin  $10 \text{ W/m}^2$ . Kosteuden mittaamiseen ja lämmittimen ohjaamiseen on olemassa valmiita kuivanapitolämmitysohjaimia, joiden hinnat vaihtelevat 250 ja 400 euron välillä. Elektroniikkaharrastajat voivat myös itse rakentaa ohjaimen paljon halvemmalla (Hautakoski 2021).

Tässä työssä kosteuden mittaukseen ja lämmittimen ohjaukseen käytetään markkinoilla olevaa kuivanapitolämmitysohjainta. Lämmittimenä käytetään siirreltävää sähköpatteria.

## 4 MITTAUSLAITTEET

### 4.1 Leveltec ProMod Lite 2i kuivanapitolämmitysohjain

Leveltecin ohjain on Suomessa suunniteltu ja valmistettu. Ohjain on pistorasiaan liitettävä laite, jossa on lämpötila- /kosteusanturi, koteloitu ohjauspiiri ja kolmeosainen johdon päässä oleva pistorasia lämmityslaitetta varten. ProMod Lite 2i:n tehorajoitus on 2300 wattia, joten laite soveltuu suuriinkin mökkeihin. Kolmeosaisen pistorasian ansiosta laitteeseen voi kytkeä useammankin sähköpatterin, jolloin lämmitys voidaan jakaa paremmin rakennuksen eri puolille. Ohjain on valmistajan mukaan valmiiksi ohjelmoitu käyttötilaan kuivanapitolämmitys ja kosteusprosenttirajaksi on asetettu 60 %. Ohjaimen asetuksia pystyy muokkaamaan puhelinsovelluksella Bluetooth-yhteyden kautta. Ohjain kerää toiminnan aikana kosteuden sekä lämpötilan minimi ja maksimi arvot, jotka ovat myös nähtävissä puhelinsovelluksesta. Laitteen sähkönumero on 2627101 ja hinta maaliskuussa 2023 oli 249,00 € (Verkkokauppa.com n.d.).



KUVA 2. Leveltec ProMod Lite 2i kuivanapitolämmitysohjain

## 4.2 Sähkölämmitin

Sähkölämmittimenä kuivanapitolämmityksessä käytetään siirrettävää sähkölämmittintä. Lämmittimessä on oltava pistotulppaliitäntä, jotta lämmittimen saa kytkettyä kuivanapitolämmitysohjaimen pistorasiaan. Lämmittimen teho määritetään lämmitettävän tilan koon mukaan. Kuivanapitolämmityksessä lämmitystehon tarve on 10 W/m<sup>2</sup>. Esimerkiksi 50 m<sup>2</sup> kokoiseen mökkiin tarvitaan vähintään 500 W lämmitystehoa.

Suomen markkinoilla myytävien siirrettävien sähkölämmittimien käyttöoppaissa on monesti kielto käyttää lämmitintä valvomattomassa tilassa. Kielto estää lämmittimien käytön etänä. Kun kielto ilmenee vasta käyttöoppaasta voi kuluttajalle tulla tilanne, jossa etäkäyttökielto ilmenee vasta tuotteen pakkauksen avaamisen jälkeen. Joistain nettikaupoista saa käyttöohjeet ladattua, mutta monessa liikkeessä käyttöohjeet ovat vain tuotteen pakkauksen sisällä. Sähkölämmittimen myyjältä on ennen ostamista saatava tieto, voiko lämmitintä käyttää etänä.

Joissain lämmittimissä oli myös kielto käyttää lämmitintä ulkoisen ohjauksen kautta. Työn aikana otettiin yhteyttä yhteen lämmitinmaahantuojaan, joka antoi suullisen hyväksynnän käyttää lämmitintä ulkoisen ohjauslaitteen kautta. Kirjallista hyväksyntää maahantuoja ei kuitenkaan uskaltanut antaa. Kuivanapitolämmityksessä sähkölämmittintä nimenomaan käytetään ulkoisen ohjauksen kautta, kun kuivanapitolämmitysohjain ohjaa lämmitintä mitatun kosteuden mukaan.



KUVA 3. Kuivanapitolämmityksen kanssa käytettävä sähkölämmitin

### 4.3 Sähköenergian mittaus

Mittauskohteiden sähköenergian mittaus toteutetaan Efergyn Engage mittauslaitteistolla. Laitteisto koostuu virranmittaussilmukoista, lähettimestä ja keskittimestä. Sähköenergia mitataan johtimesta virranmittaussilmukalla. virranmittaussilmukka yhdistetään johdolla langattomaan lähettimeen. Lähetin lähettää mittausdatan langattomasti keskittimeen. Keskitin kerää jokaisen keskittimeen linkitetyn lähettimen datan ja lähettää kootun datan Efergyn pilvipalveluun internetin kautta. Lähetin lähettää sähkötehotietoa, joten lähettimelle on asetettava oikea jännitearvo Efergyn pilvipalvelussa. Lähettimen lähettämän datan yksikkö on watti. Suomessa Efergyn jännitearvona käytetään verkon vaihejännitettä eli 230 voltia. Lähetin lähettää tehotiedon minuutin välein keskittimelle. Sähköenergian mittauksen apuna pistorasioihin liitettävissä laitteissa käytetään itse tehtyä mittausadapteria. Mittausadapteri mahdollistaa virtapihdin käytön keskuksen ulkopuolella. Kaapelin johtimet ovat adapterikotelon sisällä erillisinä johtimina, joten virtapihdin saa asetettua turvallisesti vaihejohtimeen. Mittausadapterit käyttöönotto tarkastettiin koulun sähkölaboratoriossa ennen käyttöä, jotta laitteiden käyttö mittauksissa oli turvallista. Mittausadapteri esitetty kuvassa 6 ja käyttöönotto tarkastuksen tulokset kuvassa 7.



KUVA 4. Efergy Engage lähetin ja virtapihdit



KUVA 5. Efergy Engege keskitin



KUVA 6. Virranmittausadapteri



KUVA 7. Virranmittausadapterin käyttöönottotarkastuksen tulokset

#### 4.4 Olosuhdemittaus

Kohteista mitataan sähköenergian lisäksi sisä- ja ulko-olosuhteet. Olosuhdemittaukset toteutetaan Netatmon Smart Home Weather Station mittauslaitteistolla. Mittauslaitteisto koostuu sisä- ja ulkoyksiköstä. Sisäyksikkö toimii laitteiston päälaitteena, joka kerää mittausdatan molemmista yksiköistä ja lähettää kerätyn datan Netatmon pilvipalveluun internetin kautta. Ulkoanturi mittaa vain lämpötilaa ja kosteutta. Sisäanturi mittaa lämpötilan ja kosteuden lisäksi ilmanpainetta, ilman hiilidioksidipitoisuutta ja ääntä. Hiilidioksidin ja äänen mittausten perusteella voidaan nähdä, milloin kohdetta on käytetty. Työssä tarkastellaan ainoastaan mökkien tyhjänä oloaikaa, joten mittausdatasta voidaan poistaa ne ajat, jolloin hiilidioksidipitoisuus ja ääni ovat olleet tavallista korkeammalla.



KUVA 8. Netatmon olosuhdemittauslaitteisto. Isompi laite on sisäyksikkö.

#### 4.5 Mittauslaitteistojen yhdistäminen internettiin

Työssä on tarkoitus viedä jokaiseen mittauskohteeseen mobiiliverkkoon yhdistettävä reititin. Reitittimiin on tarkoitus hankkia laitenettiliittymät, koska mittausdatan tiedostokoot ovat todella pieniä. Laitenettiliittymät ovat myös huomattavasti edullisempia verrattuna tavallisiin mobiiliverkkoliittymiin. Sähköenergian mittauksessa käytettävä Efergy Engage on liitettävä reitittimeen rj45 liittimillä varustetulla johdolla. Olosuhdemittauksen sisäyksikkö yhdistetään reitittimeen langattomasti wifi-yhteydellä. Reitittimessä on siis oltava wifi-antenni ja vähintään yksi rj45 portti. Laitteisto vaatii kokonaisuudessaan kolme pistorasiapaikkaa.



KUVA 9. Mobiiliverkkoreititin



KUVA 10. Mittauslaitteisto kokonaisuudessaan.

## **5 MITTAUSKOHTEIDEN TULOKSET**

### **5.1 Kohde 1 Lempäälän lautarakenteinen mökki**

#### **5.1.1 Kohteen kuvaus**

Kohde 1 on vuonna 1964 rakennettu lautarakenteinen mökki, joka sijaitsee Lempäälässä. Mökin lämmitetty pinta-ala on 50 m<sup>2</sup>. Kohteen lämmitysmuotona on puulämmitteinen takka ja sähköpatteri. Mökin ilmanvaihtojärjestelmä on painovoimainen. Kohteessa ei ole vesijärjestelmiä. Kohdetta on edellisinä talvina pidetty kylmänä. Mökkiä on kuitenkin tarkoitus lämmittää mittausten aikana, koska mökin omistaja halusi osallistua tutkimukseen ja saada mökistä tutkimustietoa.

#### **5.1.2 Mittaussuunnitelma**

Kohteessa oli tarkoitus verrata energian kulutusta tasalämpölämmityksen ja kuivanapitolämmityksen välillä. Kuivanapitolämmitysohjaimena oli tarkoitus käyttää työn kohdassa 3.2.4 esiteltyä Leveltecin ProMod 2 Liteä Kohteessa oli myös tavoitteena ajastaa lämmitys yöajalle kello-ohjauksella. Ajastimena oli tarkoitus käyttää

Vertailu oli tarkoitus toteuttaa siten, että ensin mitataan noin kahden viikon ajan energiankulutusta tasalämpölämmityksessä. Lämmönlähteenä tasalämpölämmityksessä käytetään sähkölämmittintä. Tämän jälkeen kohteen lämmitystapa oli tarkoitus vaihtaa kuivanapitolämmitykseen. Kuivanapitolämmitysohjaimena oli tarkoitus käyttää Leveltecin ProMod 2i:tä ja lämmönlähteenä samaa sähkölämmittintä.

#### **5.1.3 Mittausten kulku**

Lempäälän mökin mittaukset aloitettiin 25.9.2022. Kohteeseen vietiin tässä kohtaa ainoastaan olosuhdemittaukset. Sähköenergianmittaus asennettiin 4.10.2022. Ainoastaan sähkölämmittimen kuluttama energia mitattiin, koska

kohteessa ei ollut muita sähkökuormia. Mökillä otettiin kuivanapitolämmitys käyttöön 14.10.2022. Kello-ohjaus otettiin käyttöön 1.1.2023. Kello-ohjaus asennettiin aluksi väärään kohtaan virtapiiriä, jonka takia kello ei pysynyt oikeassa ajassa. Kello-ohjain asennettiin vahingossa siten, että kuivanapitolämmitysohjain oli virtapiirissä kellon edellä, joten kello pyöri vain silloin kun kuivanapitolämmitysohjain syötti jännitettä lämmitykselle. Kello-ohjauksen vika huomattiin ja korjattiin 10.2.2023, joten kello-ohjauksen käyttäytymistä voi tarkastella ainoastaan loppupalven osalta.

#### 5.1.4 Tulokset

Kohteen 1 kuivanapitolämmitys kulutti joului- helmikuun aikana taulukon 1 verran sähköenergiaa. Kohde oli koko mittausjakson ajan tyhjillään, joten kaikki kulutettu energia oli ylläpitolämmityksen käyttämää energiaa.

TAULUKKO 1. Kohteen 1 kuukausittaiset energiakulutukset

Joulukuu 2022	Tammikuu2023	Helmikuu2023	Yhteensä	Keskiarvo
61,38 kWh	96,97 kWh	58,29 kWh	216,64 kWh	72,21 kWh

Energiankulutuksen viikkokohtaiset kulutukset joului- helmikuusta esitetty taulukossa 2. Viikkokulutusten keskiarvoon ei laskettu viikon 48 kulutusta, koska viikon alkuosa oli marraskuun puolella. Viikkokohtaiseksi keskiarvoksi saatiin 16,69 kWh joulukuun 2022 ja helmikuun 2023 väliltä. Päiväkohtaiseen tarkasteluun otettiin viikko, joka oli lähimpänä tehon kulutuksen viikkokeskiarvoa, jotta tarkastelu koskisi parhaiten talven keskimääräistä viikkoa. Viikko 6 oli lähimpänä keskiarvoa, joten viikon 6 päiväkohtainen tarkastelu esitetty taulukossa 3. Viikon 6 keskilämpötila ei kuitenkaan ollut lähimpänä koko talven keskilämpötilaa. Tehon kulutus laskee ulkolämpötilan tippuessa.

TAULUKKO 2. Kohteen 1 viikkokohtaiset kulutukset joulu- helmikuu

Viikko	keskilämpötila	tehon kulutus
Viikko 49	-4,3 °C	8,86 kWh
Viikko 50	-9,9 °C	5,94 kWh
Viikko 51	-2,3 °C	22,81 kWh
Viikko 52	-1,8 °C	20,80 kWh
Viikko 1	-6,8 °C	7,20 kWh
Viikko 2	-0,5 °C	28,71 kWh
Viikko 3	-1,2 °C	21,11 kWh
Viikko 4	-1,6 °C	23,72 kWh
Viikko 5	-3,9 °C	13,71 kWh
Viikko 6	-1,9 °C	17,92 kWh
Viikko 7	-0,2 °C	24,38 kWh
Viikko 8	-6,6 °C	5,07 kWh
Keskiarvo	-3,4 °C	16,69 kWh

TAULUKKO 3. Viikon 6 päiväkohtaiset kulutukset.

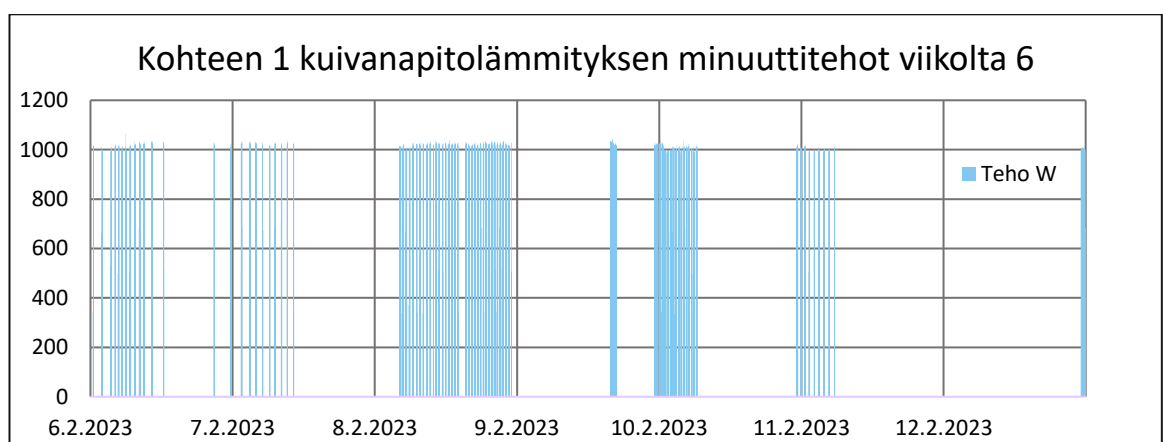
6.2.2023	7.2.2023	8.2.2023	9.2.2023	10.2.2023	11.2.2023	12.2.2023
2,64 kWh	1,64 kWh	7,01 kWh	0,9 kWh	4,1 kWh	1,63 kWh	0 kWh

Viikon 6 kulutuksesta huomataan, että päiväkohtaista vaihtelua syntyy paljon. Vaihtelun syy löytyy tietenkin mökin sisäilman kosteudesta, joka taas riippuu ulkoilman lämpötilasta ja kosteudesta. Alkuvuikosta sisä- ja ulkolämpötilat ovat olleet lähellä toisiaan ulkoilman kosteuden ollessa 100 RH%. Näiden olosuhteiden toimesta mökkiä on pitänyt lämmittää jonkin verran, jotta sisäilman kosteus pysyy alle 70 RH %. Viikon puolivälissä ulkona on menty plussan puolelle, jolloin kosteutta on alkanut muodostua huomattavan paljon. Kosteuden lisääntyminen on aiheuttanut voimakasta lämmityksen tarvetta, jotta mökin sisäilman kosteus on pysynyt hallinnassa. Loppuviikosta nähdään ulkoilman kylmeneminen ja kuivuminen. Kylmän ja kuivan ilman ansiosta mökkiä ei ole tarvinnut lämmittää juuri lainkaan. Mökin lämpötilan muutos on tapahtunut paljon hitaammin kuin ulkolämpötilan muutos, jonka ansiosta mökin sisälämpötila on ollut parhaimmillaan 8 astetta lämpimämpi kuin ulkoilma. Ulkoilman ollessa kylmä ja kuiva, ei mökkiä ole tarvinnut lämmittää ollenkaan, kuten sunnuntain 12.2.2023

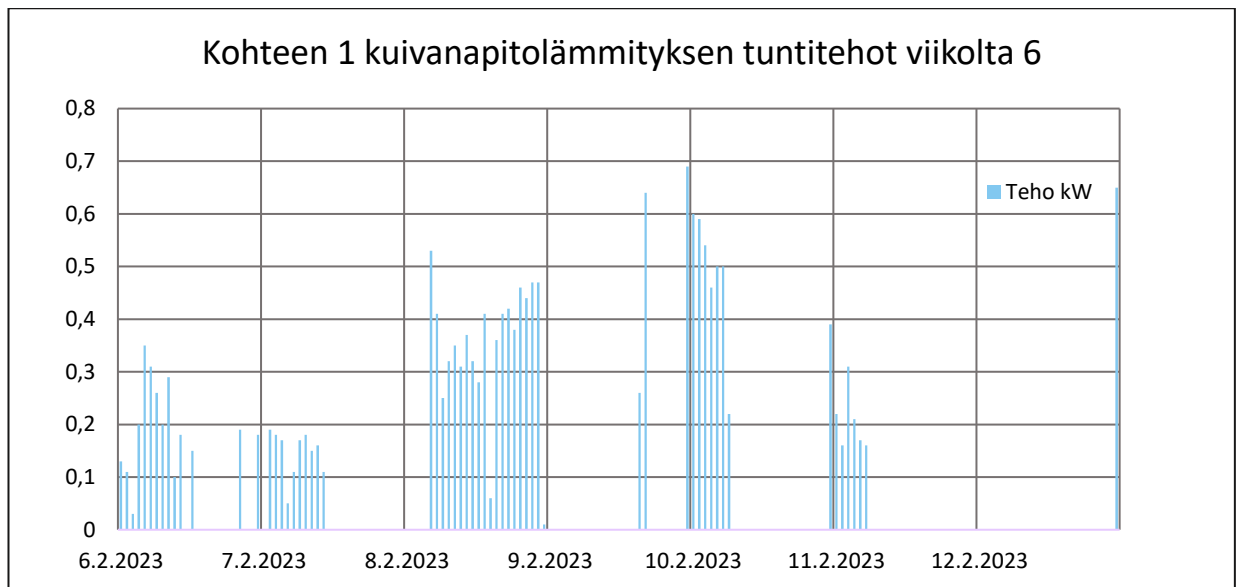
energiankulutuksesta huomataan. Tulosten perusteella kuivanapitolämmitys kuluttaa enemmän energiaa ulkoilman ollessa lähellä nollaa. Kovilla pakkasilla kuivanapitolämmityksen energiankulutus on pienempää.



KUVIO 4. Viikon 6 lämpötilat, jossa T18-01 on sisälämpötila ja T18-02 ulkolämpötila



KUVIO 5. Viikon 6 lämmitystehot minuuttikohtaisena



KUVIO 6. Viikon 6 lämmitystehot tuntikohtaisena



KUVIO 7. Viikon 6 RH% arvot, jossa T18-01 on sisäilma ja T18-02 ulkoilma

Kello-ohjauksen korjaamisen jälkeen eli viikolla 7 mökin sisälämpötila alkoi sahaamaan ylös-alas kello-ohjauksen mukaan. Ulkona oli koko viikon todella kosteaa ja lämpötila oli lähellä nollaa. Olosuhteiden takia mökkiä piti lämmittää paljon, joka näkyy yön ja aamun lämpötilan nousuna sekä päivän ja illan aikana

lämpötilan laskuna. Sisäilman kosteus pysyi kuitenkin turvallisella tasolla koko viikon. Kello-ohjauksen ansiosta sähkönkulutusta oli ainoastaan yöllä, joten pörssisähkökäyttäjille olisi tiedossa merkittäviä rahallisia säästöjä verrattuna aikaohjaamattomaan kuivanapitolämmitykseen.

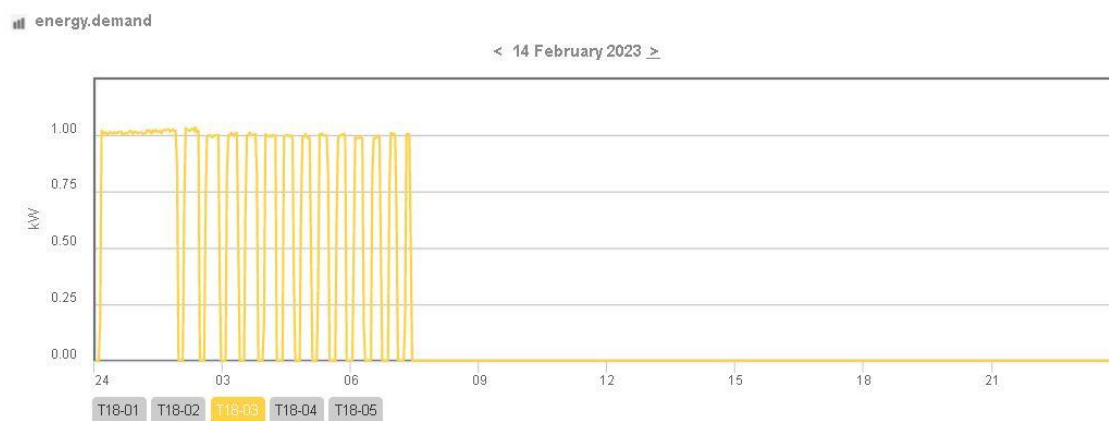
Maanantaina 13.2.2023 sisäilman kosteus nousi 70 RH % rajan yli. Rajan ylitystä edelsi ensin ulkolämpötilan nousu +3 celsius asteeseen, jolloin lumen sulamisesta ilmaan tuli paljon kosteutta. Iltapäivän ja illan aikana ulkolämpötila alkoi tippumaan nopeasti, joka johti mökin sisäilman kosteuden voimakkaaseen nousuun. Kello-ohjauksessa lämmitys sallittiin klo 00.00–08.00, joten kuivanapitolämmitysohjain alkoi lämmittää mökkiä täydellä teholla heti klo 00.00 jälkeen. Lämmitysenergiaa kului tiistaina 14.2.2023 yhteensä 5,03 kWh. Sisäilman kosteus oli 12 tunnin ajan 70 RH %:n rajan yläpuolella ollen korkeimmillaan kuitenkin vain 72 RH %. Viikon 7 olosuhdemittaustulokset esitetty kuvioissa 8 ja 9. Tiistain 14.2.2023 energiankulutuksen tehoprofiili esitetty kuviossa 10.



KUVIO 8. Viikon 7 sisä- ja ulkolämpötilat. T18-02 on ulkoanturi ja T18-01 on sisäanturi



KUVIO 9. Viikon 7 ulko- ja sisäilman kosteudet. T18-02 on ulkoanturi ja T18-02 on sisäanturi



KUVIO 10. Kuivanapitolämmityksen minuuttikohtainen tehoprofiili 14.2.2023

Kohteen 1 kustannustarkastelusta voidaan huomata, että kuivanapitolämmitys on edullinen tapa ylläpitää mökkiä lämmityskaudella. Kohteen ylläpitolämmitys koko talven osalta saatiin kustannettua alle sadalla eurolla. Kustannustarkastelua tehtiin useilla eri sähköhinnoilla, koska talven 2022–2023 aikana sähkön hinnat vaihtelivat paljon. Talven ulkolämpötilan keskiarvo oli  $-3,3\text{ °C}$ .

TAULUKKO 4. Kohteen 1 kustannustarkastelu koko mittausjaksolta

	0,10 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,25 €/kWh	0,30 €/kWh
Marraskuu 39,58 kWh	3,96 €	5,94 €	7,92 €	9,90 €	11,87 €
Joulukuu 61,38 kWh	6,14 €	9,21 €	12,28 €	15,36 €	18,41 €
Tammikuu 96,97 kWh	9,70 €	14,55 €	19,39 €	22,24 €	29,09 €
Helmikuu 58,29 kWh	5,83 €	8,74 €	11,66 €	14,57 €	17,48 €
Maaliskuu 33,94 kWh	3,39 €	5,09 €	6,79 €	8,49 €	10,18 €
Yhteensä 290,16 kWh	29,02 €	43,52 €	58,03 €	72,54 €	87,05 €

## 5.2 Kohde 2 Pirkkalan pörssisähkömökki

### 5.2.1 Kohteen kuvaus

Kohde 2 on vuonna 2018 rakennettu hirsimökki, joka sijaitsee Pirkkalassa. Mökin lämmitetty pinta-ala on 80 m<sup>2</sup>. Kohteen lämmitysmuotona on puulämmitteinen takka, sähköpatterit ja ilmalämpöpumppu. Mökin ilmanvaihtojärjestelmä on painovoimainen. Kohteessa on vesijärjestelmiä, joita ei tyhjenetä. Kohteen ylläpitolämmitys on toteutettu sähköpattereilla. Ilmalämpöpumppua on käytetty ainoastaan, kun mökillä on oleskeltu.

### 5.3 Mittaussuunnitelma

Kohteessa oli tarkoitus löytää keinoja, joilla ylläpitolämmityksen sähkönkäyttö saadaan painotettua pörssisähkön kannalta vuorokauden halvimmille tunneille. Mökissä oli tavoitteena verrata ylläpitolämmityskustannuksia ajastetun suorasähkölämmityksen ja ajastamattoman ilmalämpöpumpun välillä. Kohteessa oli myös tavoitteena ohjata lämmityspattereita etäohjattavilla pistorasioilla.

Mittaukset oli tarkoitus toteuttaa siten, että aluksi asetetaan noin kahden viikon ajaksi sähköpattereihin automaattinen yölämmitystoiminto ja kytketään ilmalämpöpumppu pois päältä. Sähköpattereiden yölämmitystoiminto toimi siten, että lämmittimen termostaatille asetettiin korkeampi lämpötilan asetusarvo yön ajaksi ja pienempi lämmitysarvo muuksi ajaksi. Tavoitteena oli siis varata lämpöä mökin rakenteisiin yöllä ja antaa rakenteiden luovuttaa varastoitua lämpöä huoneilmaan päivällä. Tämän noin kahden viikon mittausjakson jälkeen oli tarkoitus vaihtaa lämmitysmuoto sähköpattereista ilmalämpöpumppuun. Näiden kahden mittausjakson jälkeen oli tarkoitus tutkia etäohjattavien pistorasioiden käyttöä ylläpitolämmityksen ohjauksessa.

### 5.3.1 Mittausten kulku

Pirkkalan mökin mittaukset aloitettiin 16.2.2023. Molemmat olosuhde- ja sähköenergianmittaus aloitettiin samaan aikaan. Sähköenergianmittaukset tehtiin taulukon 5 mukaan. Mittarin T16\_04 saattolämmityksellä tarkoitetaan LVV:lta keittiöön menevän vesiputken saattolämmityskaapelia. Vesiputki kulki mökin alapohjan kautta, joten saattolämmityksellä oli haluttu varmistaa vesiputken sulana pysyminen. Saattolämmityksen kuluttama energia saadaan laskettua vähentämällä mittarin T16\_04 kulutuksesta mittarin T16\_05 kulutus.

TAULUKKO 5. Kohteen 2 sähköenergianmittaukset

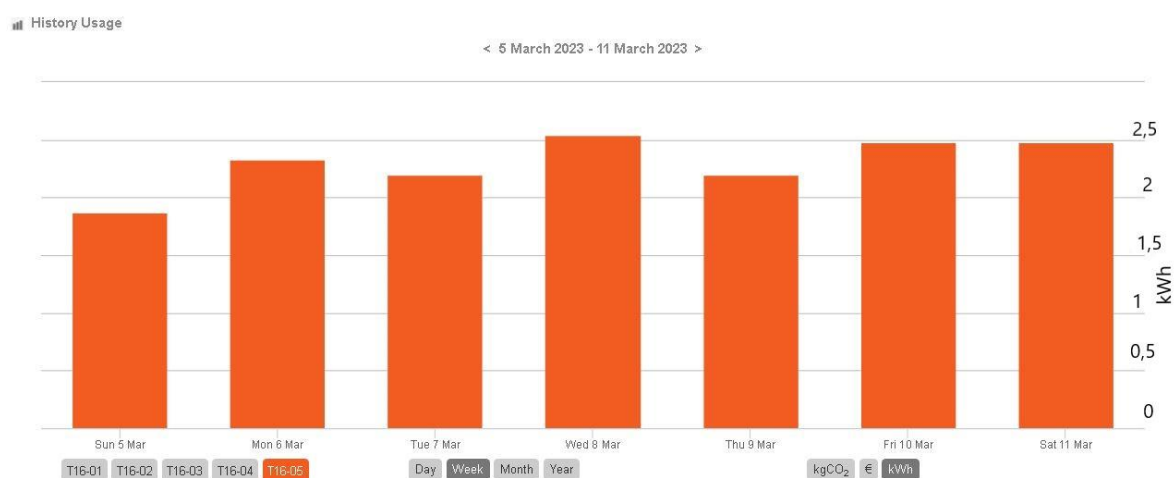
T16_01	T16_02	T16_03	T16_04	T16_05
Mökin nousukaapeli	Sähköpatterit	ILP	LVV+saattolämmitys	LVV

Mökin ylläpitolämmitys toteutettiin ensimmäisessä mittausvaiheessa sähköpattereilla. Ilmalämpöpumppu pidettiin kokonaan pois päältä. Sähkökäyttöä haluttiin painottaa yöajalle kohteen pörssisähkösopimuksen vuoksi, joten sähköpattereihin asetettiin yöaikaohjaus patterin omasta ohjaimesta. Yöajalle asetettiin termostaattiin 10 °C ja päivän ajalle 7 °C. Tällä asettelulla pyrittiin varaamaan mökin rakenteisiin lämpöä, kun sähkö on halvinta. Patterin määrittämää yöaikaa ei tarkkaan tiedetty, joten energiankulutuksen dataa tarkastelemalla voitiin tehdä johtopäätökset, milloin patteri on yö- ja päiväajassa.

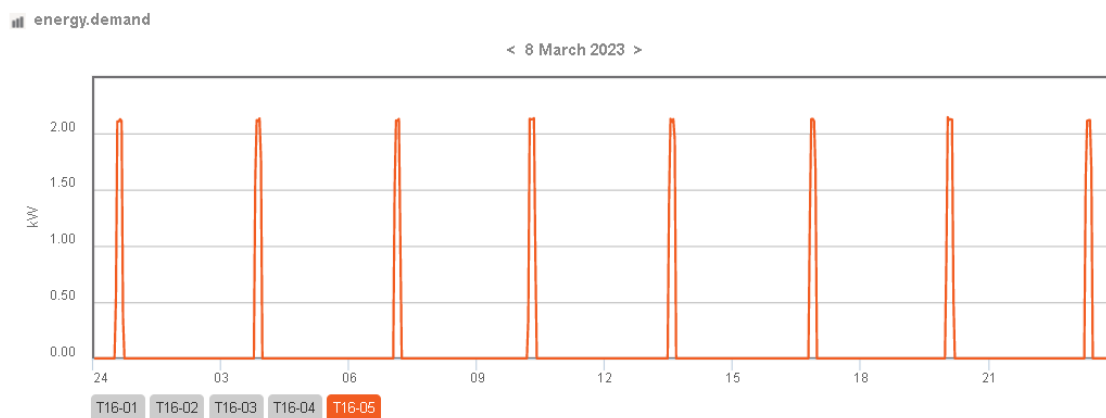
Kohteen 2 toinen mittausjakso aloitettiin 2.4.2023. Mökin ylläpitolämmityksen päälämmönlähteeksi vaihdettiin ilmalämpöpumppu. Sähköpattereiden asetteluihin ei tehty muutoksia. Ilmalämpöpumpun käyttötilaksi asetettiin ECO-käyntitila. Käyntitilan lisäksi lämpötilan asetusarvoksi asetettiin 15 °C, joka oli pienin asetus, joka ilmalämpöpumppuun voitiin asettaa. Sähköpattereiden asetteluiden ollessa pienemmät kuin ilmalämpöpumpulla, pitäisi ilmalämpöpumpun toimia lämmittäjänä ja sähköpattereiden varalämmittäjinä, mikäli ilmalämpöpumpun teho ei riitä ylläpitämään mökin sisälämpötilaa yli 10 celsius asteessa. Lämminvesivaraajan sähkönsyöttökaapeli kytkettiin etäohjattavaan pistorasiaan, jotta mökin ylläpitoajalla lämminvesivaraaja ei kuluta sähköä.

### 5.3.2 Tulokset

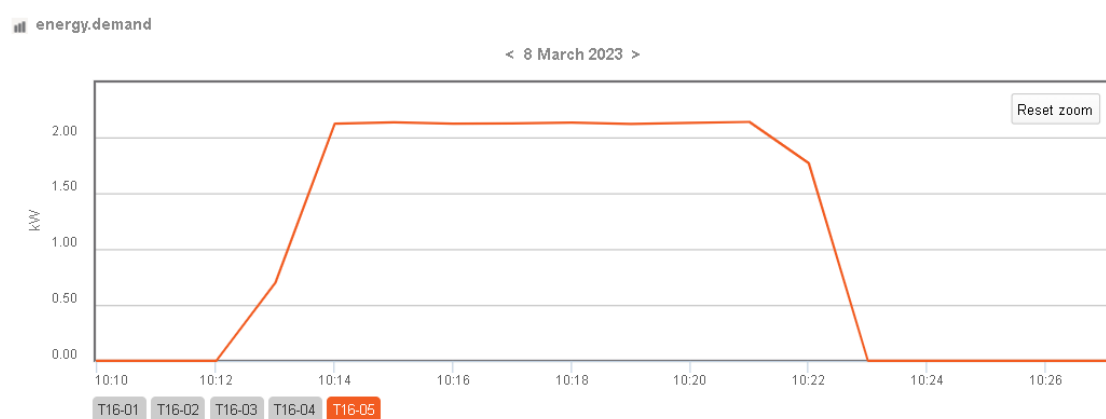
Ensimmäisen mittausvaiheessa lämminvesivaraaja kulutti tyhjäkäynnillä päivässä keskimäärin 2,37 kWh. 30 päivän aikana kulutus olisi 71 kWh, joten tämä on jo merkittävä kulutus, jos lämmintä vettä ei tarvita mihinkään pitkään aikaan. LVV:n tyhjäkäyntikustannus kuukaudessa olisi vähän yli 10 €, jos sähkö maksaisi 15 senttiä kilowattitunnilta. Kuviossa 11 on esitetty lämminvesivaraajan päiväkohtaiset kulutukset. Lämminvesivaraajan tehoprofiilit esitetty kuvioissa 12 ja 13. Tehoprofiilista nähdään, että lämminvesivaraaja kytkee vähän yli 2 kW lämmitystehon 10 minuutin ajaksi vähän yli kolmen tunnin välein.



KUVIO 11. Lämminvesivaraajan kulutukset viikolla 10



KUVIO 12. Lämminvesivaraajan tehoprofiili 8.3.2023

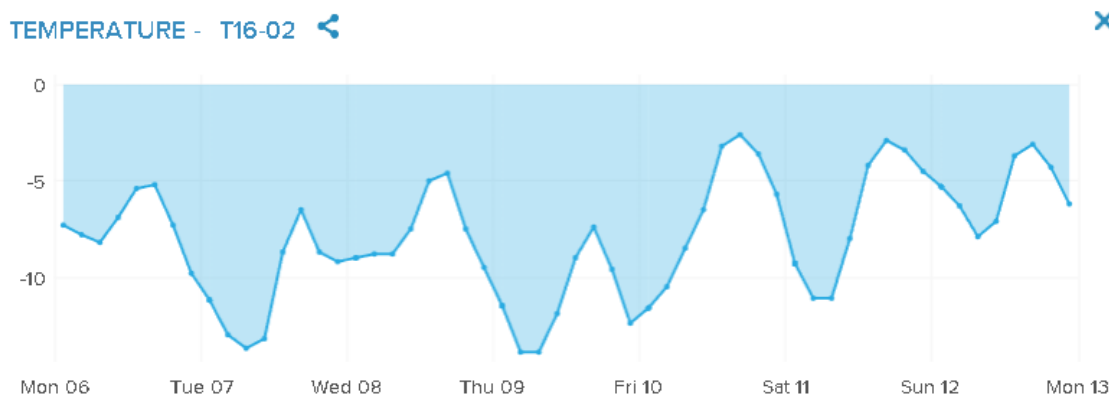


KUVIO 13. Lämminvesivaraajan tehopiikki lähemmässä tarkastelussa 8.3.2023 klo 10:10 – 10:26

Keittiön menevän vesijohdon sulanapitokaapeli oli ollut päällä ainoastaan kovilla pakkasjaksoilla, joita ei ollut paljoa mittausten aikana. Ainoa tarkasteltava ajanjakso oli viikolla 10, koska muiden pakkasjaksojen aikana mökillä oli ollut käyttöä. Sulanapitokaapeli kulutti viikolla 10 keskimäärin 2,16 kWh/vuorokausi. Sulanapitokaapelin tehoprofiili ja viikon 10 päiväkohtaiset kulutukset esitetty kuviossa 14. Viikon 10 kokonaiskulutus sulanapitokaapelin osalta oli 15,2 kWh. Jos koko kuukauden ajan olisi yhtä kylmää, sulanapitokaapelin kulutus olisi 64,85 kWh. Huomioitavana kuvassa on, että sulanapitokaapelin teho on T16-04 ja T16-05 erotus, koska sulanapitokaapelin teho mitattiin samasta ryhmäjohtosta, jossa oli myös lämminvesivaraaja. Sulanapitokaapelin teho oli kuvaajan mukaan 0,17 kW eli 170 W. Kuviossa 15 on esitetty viikon 10 lämpötilat.



KUVIO 14. Sulanapitokaapelin minuuttikohtainen tehoprofiili ja viikon 10 päiväkohtaiset kulutukset. Sulanapitokaapelin ja LVV:n summateho oranssilla. Pelkän LVV:n teho punaisella



KUVIO 15. Viikon 10 ulkolämpötilat

Kohteen ylläpitolämmityksen ollessa tasalämpölämmitys, oli energiankulutus sitä isompi mitä kylmempi ulkona oli. Tarkasteltavaksi valittiin kaksi eri lämpöistä noin viikon pituista mittausjaksoa. Kylmin mittausjakso oli viikko 10, jolloin keskilämpötila oli  $-7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Toinen tarkasteltava mittausjakso oli ajalta 22.3.2023 - 29.3.2023, jolloin keskilämpötila oli  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kylmemmän ajanjakson päiväkohtainen kulutus oli keskimäärin 31,44 kWh. Lämpimämmän ajanjakson

päiväkohtainen kulutus oli keskimäärin 15,34 kWh. Kulutus oli siis kaksinkertaistunut, kun lämpötila oli tippunut -1,5 celsius asteesta -7,9 celsius asteeseen. Lämpötilan muutos oli viikkojen välillä 6,4 °C. Vertailujaksojen pohjalta taulukkoon 6 laskettiin ylläpitolämmityksen viikko- ja kuukausikulutusta kuvaavat luvut. Laskennallisten kuukausikulutusten perusteella taulukkoon 7 laskettiin ylläpitolämmityksen hinnat eri sähköhinnoilla, jotta kohteen kulutusta voidaan verrata muihin kohteisiin. Maaliskuun 2023 keskilämpötila oli -3,1 °C, joten todellinen ylläpitolämmityksen kustannus oli näiden kahden tarkastelujakson välillä. Kulutusvertailu ja kustannustarkastelu tehtiin vain sähköpattereiden osalta.

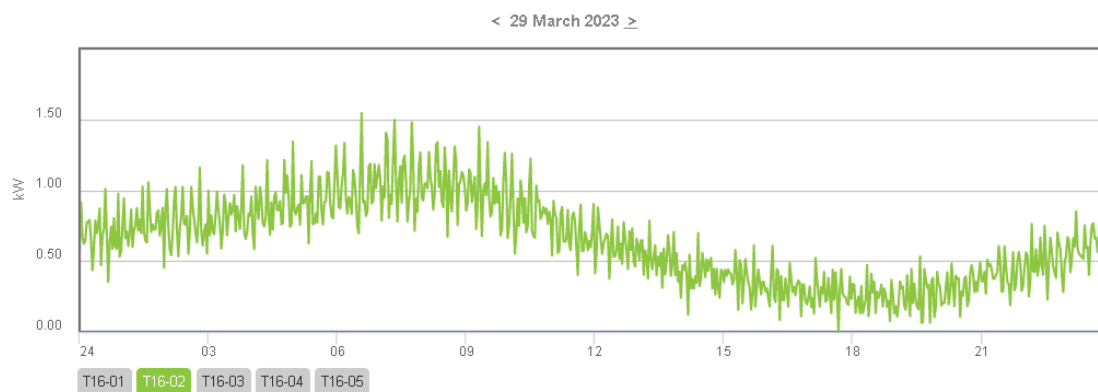
TAULUKKO 6. Kohteen 2 ylläpitolämmityksen energiankulutusvertailu

Mittausjakso	Päiväkulutuksen keskiarvo	Laskennallinen viikkokulutus	Laskennallinen kuukausikulutus
6.3-11.3.2023	31,44 kWh	220,06 kWh	943,1 kWh
22.3-29.3.2023	15,34 kWh	107,4 kWh	460,3 kWh

TAULUKKO 7. Kohteen2 ylläpitolämmityksen kustannuslaskelma €/kk

Vertailujakson keskilämpötila	0,10 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,25 €/kWh	0,30 €/kWh
-7,9 °C	94,31 €	141,47 €	188,62 €	235,78 €	282,93 €
-1,5 °C	46,03 €	69,06 €	92,06 €	115,08 €	138,09 €

Sähköpattereiden tehoprofiilia tarkastelemalla voidaan huomata, että yö-päiväasettelu toimii siten, että yöaika on noin klo 22–10. Pörssisähkön hinta alkaa kuitenkin nousta jo aamu kuudelta, joten pattereiden aikaohjaus ei ole paras mahdollinen pörssisähkön käyttäjille.



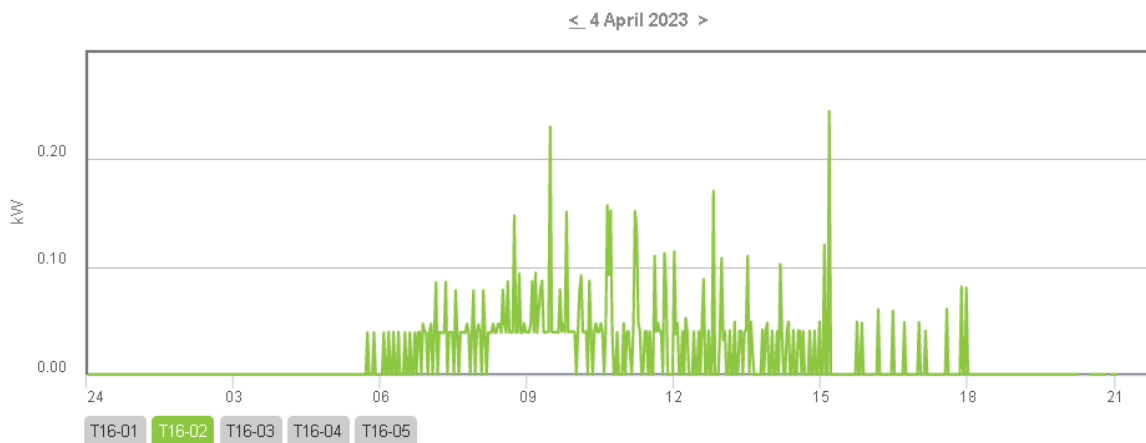
KUVIO 16. Sähköpattereiden tehoprofiili 29.3.2023

Kohteen 2 toinen mittausjakso oli vain kolmen päivän mittainen. Jakson ulkolämpötilan keskiarvo näiltä kolmelta päivältä oli  $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Lämminvesivaraajaa syöttävä etäohjattavapistorasia kytkettiin pois päältä etänä iltapäivällä 4.4.2023. Tämän jälkeen LVV ei kuluttanut ollenkaan sähköä. Pistorasia kytkettiin takaisin päälle ennen mökille menoa, jolloin LVV lämmitti vetensä takaisin käyttölämpötilaan. LVV:n etäohjauksen tuomaa kustannussäästöä ei voida suoraan mittausdatasta todeta näin lyhyeltä mittausjaksolta. Mahdollista säästöä voidaan kuitenkin tarkastella teoriassa laskennallisesti. Pirkkalan kohteen LVV oli 80 litrainen ja lämpimän veden lämpötila 80 astetta. LVV:n vesi voi jäähyä alimmillaan ympäröivän tilan lämpötilaan, joka oli kohteessa  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . LVV:n lämmittäminen 10 asteesta 80 asteeseen vie vähintään 6,5 kWh energiaa. Ottaen huomioon esimerkiksi 10 % häviöt lämmityksessä, kuluu LVV:n lämmittämiseen sähköenergiaa vähän yli 7 kWh. Mökin viikonloppukäytössä lämminvesivaraajaa voidaan pitää pois päältä noin viisi vuorokautta. Viiden vuorokauden aikana LVV kuluttaisi noin 12 kWh tyhjäkäynnillä. Jos LVV ehtisi jäähtymään viiden päivän aikana lähelle  $10^{\circ}\text{C}$ , säästyisi tyhjäkäyntikulutuksen katkaisemisesta 5 kWh viikossa ja 20 kWh kuukaudessa. 15 sentin kilowattituntihinnalla säästö olisi 3 € kuukaudessa. Säästö ei siis ole iso, jos mökillä on paljon käyttöä.

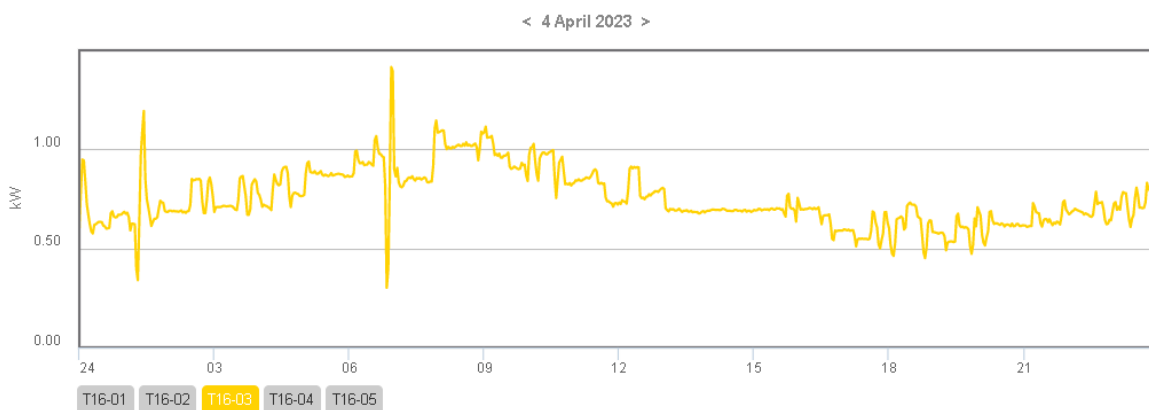
Keittiön vesijohdon sulanapitokaapeli kulutti sähköenergiaa samalla tavalla kuin viikolla 10, joten sulanapitokaapelin energiankulutuksen vertailua ei näiden mittausjaksojen välillä ole tarpeellista tehdä.

Ylläpitolämmityksen energiankulutus painottui selkeästi ilmalämpöpumpulle. Sähköpatterit kuluttivat yhteensä 0,47 kWh koko mittausjakson aikana, kun taas ilmalämpöpumppu kulutti yhteensä 45,37 kWh. Sähköpattereiden tehoprofiilia

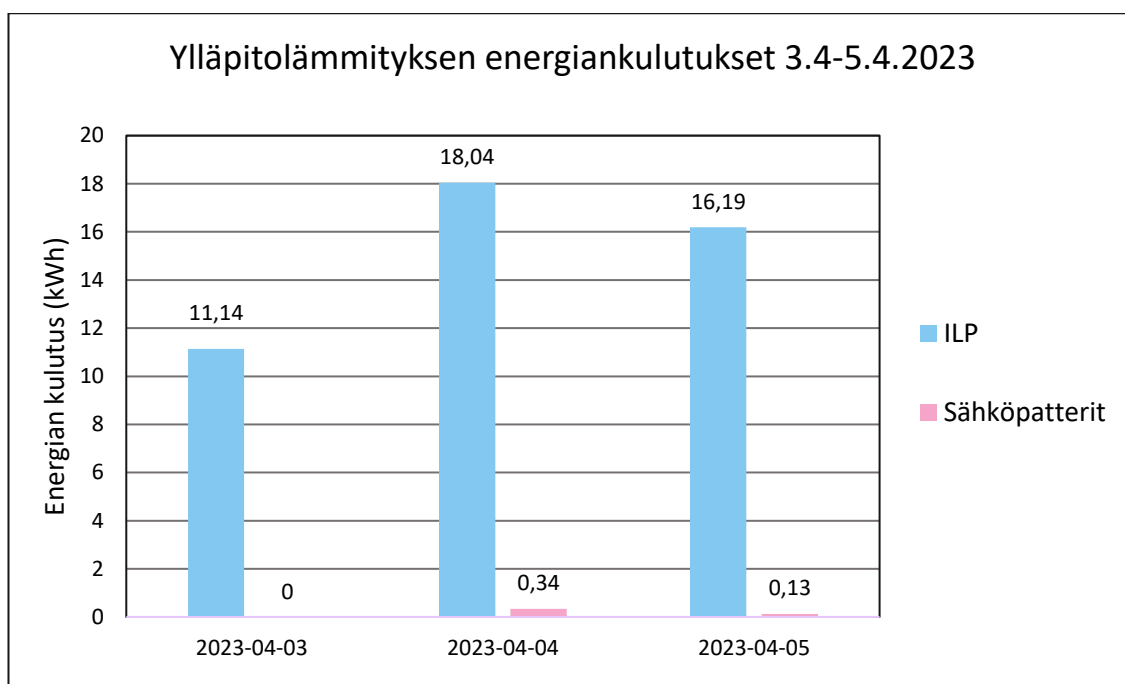
tarkastelemalla voidaan huomata, että sähköpatterit olivat lähes kokonaan pois päältä. Ilmalämpöpumpun tehoprofiilista voidaan huomata, että ILP otti tehoa puolen kilowatin ja yhden kilowatin välillä. Sähköpattereiden tehoprofiili esitetty kuviossa 17 ja ILP:n tehoprofiili kuviossa 18. Toisen mittausjakson päiväkohtaiset energiankulutukset ilmalämpöpusta ja sähköpattereista esitetty kuviossa 19.



KUVIO 17. Sähköpattereiden minuuttikohtainen tehoprofiili 4.4.2023



KUVIO 18. Ilmalämpöpumpun minuuttikohtainen tehoprofiili 4.4.2023



KUVIO 19. Kohteen 2 mittausjakson 2 ylläpitolämmityksen päiväkohtaiset energiankulutukset

Mittausjakson 2 ylläpitolämmityksen energiankulutuksesta laskettiin päiväkeskiarvo sekä laskennalliset viikko- ja kuukausikulutukset samalla tavalla kuin mittausjaksolta 1. Mittausjakson 2 keskilämpötila ulkona oli yhden asteen verran kylmempi kuin mittausjakson 1 vertailujaksolla 22.3-29.3.2023. Energiankulutus oli kuitenkin vähän pienempi kylmemmällä vertailujaksolla. Vertailusta voidaan huomata, että ilmalämpöpumppu on ollut kohteessa 2 energiatehokkaampi ylläpitolämmitystapa kuin sähköpatterit ulkolämpötilan ollessa muutaman asteen verran pakkasella. Ero ilmalämpöpumpun ja sähköpattereiden välillä on kuitenkin todella pieni. ILP:n mittausjakso oli myös todella lyhyt, joten mittauks tulokset voivat olla toisenlaiset pidemmän aikavälin vertailussa. Ilmalämpöpumpulla oli pidettävä sisälämpötilaa 15 celsius asteessa, kun taas sähköpattereilla sisälämpötila pystyttiin tiputtamaan 10 asteeseen.

TAULUKKO 8. Kohteen 2 mittausjakson 2 ylläpitolämmityksen energiankulutustarkastelu

Mittausjakso	Päiväkulutuksen keskiarvo	Laskennallinen viikkokulutus	Laskennallinen kuukausikulutus
3.4-5.4.2023	15,28 kWh	106,96 kWh	458,40 kWh

TAULUKKO 9. Kohteen 2 mittausjakson 2 ylläpitolämmityksen kustannuslaskelma €/kk

Keskilämpötila	0,10 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,25 €/kWh	0,30 €/kWh
-2,5 °C	45,84 €	68,76 €	91,68 €	114,60 €	137,52 €

#### 5.4 Kohde 3 Terälahden lautarakennemökki

##### 5.4.1 Kohteen kuvaus

Kohde 3 on vuonna 1992 rakennettu lautarakenteinen mökki, joka sijaitsee Tampereella. Mökin lämmitetty pinta-ala on 72 m<sup>2</sup>. Kohteen lämmitysmuotona on puulämmitteinen takka, sähköpatterit ja ilmalämpöpumppu. Mökin ilmanvaihto on painovoimainen. Kohteessa on vesijärjestelmiä, joita ei tyhjenetä. Kohteen ylläpitolämmitys on toteutettu pitämällä ilmalämpöpumpun lämpötilan asetusarvo 12 °C:ssa ja sähköpatterit 5 °C:ssa. Ilmalämpöpumppu on siis ollut päälämmönlähde ja sähköpatterit varalämmönlähde, jos ilmalämpöpumpun teho ei ole ollut riittävä. ILP sijaitsee kohteen ylemmässä kerroksessa, joten alakerran sähköpattereiden toimintaa tullaan seuraamaan seurantamittauksien ensimmäisessä vaiheessa.

##### 5.4.2 Mittaussuunnitelma

Kohteessa oli tarkoitus mitata ensin noin kahden viikon jakso tekemättä muutoksia ylläpitolämmitykseen. Ensimmäisen mittausjakson jälkeen mitattua dataa oli tarkoitus tarkastella sekä arvioida, onko ylläpitolämmityksen asetteluihin tehtävissä energiatehokkuutta parantavia toimia. Mahdollisten muutosten tekemisen jälkeen mittauksia oli tarkoitus jatkaa mahdollisimman pitkälle kevättä.

Kohteen ylläpitolämmityskustannuksia oli tarkoitus verrata kohteeseen 4. Kohde 3 oli pidettävä nollan asteen yläpuolella, kun taas kohteessa 4 voitiin mennä kuivanapitolämmityksessä nollan alapuolelle. Kohteessa 3 oli sähköpattereiden lisäksi ilmalämpöpumppu, joten kohteiden vertailussa oli tavoitteena selvittää, minkälaiset ylläpitolämmityksen kustannuserot kohteiden välille tulisi, kun toisessa kohteista käytetään ilmalämpöpumppua ja toisessa

kuivanapitolämmitystä. Kohteet 3 ja 4 olivat melkein samaan aikaan rakennettuja lautarakenteisia noin 70 m<sup>2</sup> kokoisia mökkejä, joten vertailu oli perusteltua.

### 5.4.3 Mittausten kulku

Terälahden mökin mittaukset aloitettiin 18.2.2023. Molemmat olosuhde- ja sähköenergianmittaus aloitettiin samaan aikaan. Sähköenergianmittaukset tehtiin taulukon 10 mukaan, jossa pukuh on pukuhuone ja LL sauna on saunan lattialämmitys. Mittausten ensimmäisessä vaiheessa kohteen ylläpitolämmitys toteutettiin tekemättä muutoksia kohteen nykyisiin ylläpitolämmitysasetuksiin.

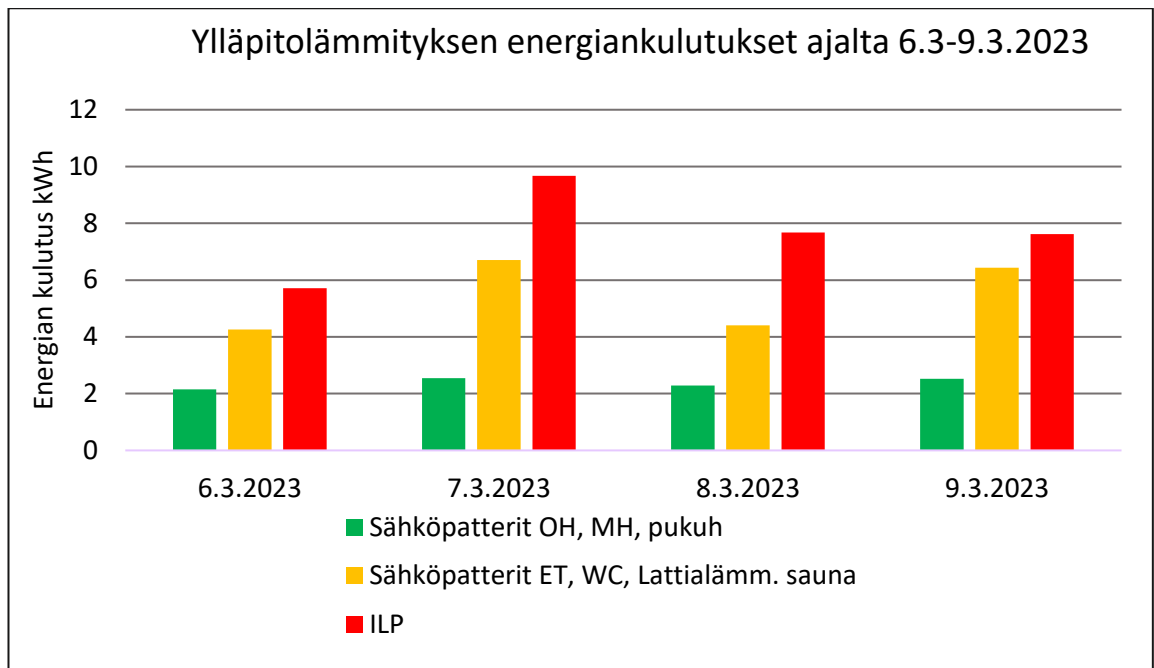
TAULUKKO 10. Kohteen 3 energianmittaukset

T09-01	T09-02	T09-03	T09-04	T09-05
Mökin nousukaapeli	Sähköpatterit OH, MH, pukuh.	Sähköpatterit ET, WC, LL sauna	LVV	ILP

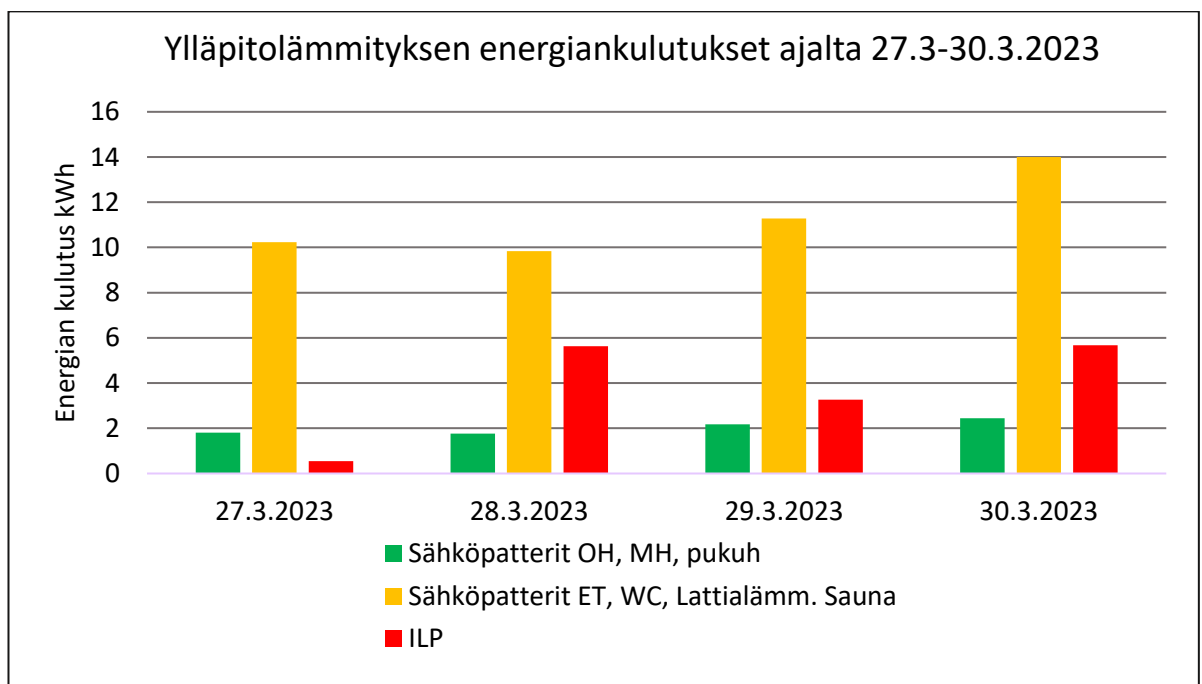
Kohteessa 3 ei päästy tekemään ylläpitolämmitykseen muutoksia, joten vertailua kohteen sisällä ei pystytty tekemään. Kohdetta voidaan verrata kuitenkin kohteeseen 4, joka on samankokoinen ja samaan aikaan rakennettu lautarakenteinen mökki.

### 5.4.4 Tulokset

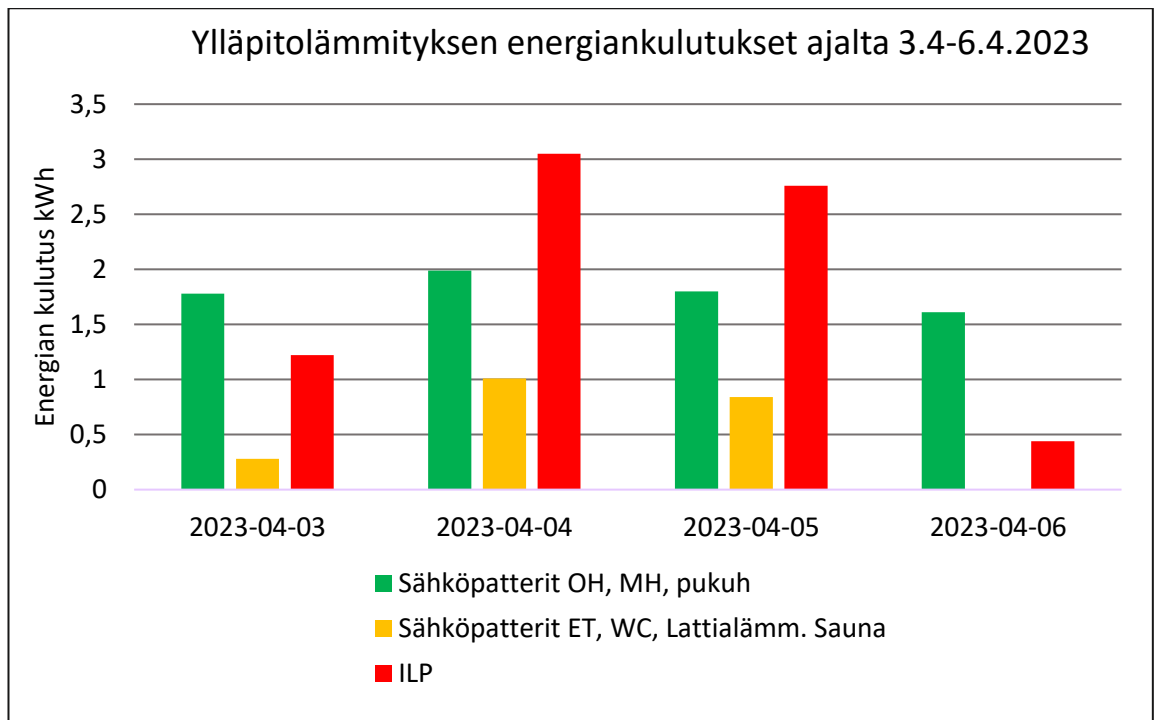
Kohteen 3 ensimmäisessä mittausjaksossa ylläpitolämmityksen energiankulutus painottui ilmalämpöpumpulle. Maaliskuun lopussa mökillä oli jäänyt saunan lattialämmityksen termostaatti käytön jäljiltä 20 °C asetukseen. Kuvasta X nähdään lattialämmityksen aiheuttama suuri energiankulutus. Ulkolämpötilan noustessa plussan puolelle energiankulutus pieneni merkittävästi. Kulutuksen tippuminen näkyy ilmalämpöpumpussa ja oranssissa lämmityspiirissä. OH, MH ja pukuh. sähköpattereiden energiankulutus pysyi jokaisella tarkastelujaksolla kahden kWh:n suuruusluokassa. Ylläpitolämmityksen vertailujaksojen energiakulutukset esitetty kuvioissa 20, 21 ja 22. Vertailujaksojen ulkolämpötilat esitetty kuvioissa 23, 24 ja 25. Vertailujaksot ovat vain neljän päivän mittaisia, koska kohteessa oli paljon viikonloppukäyttöä



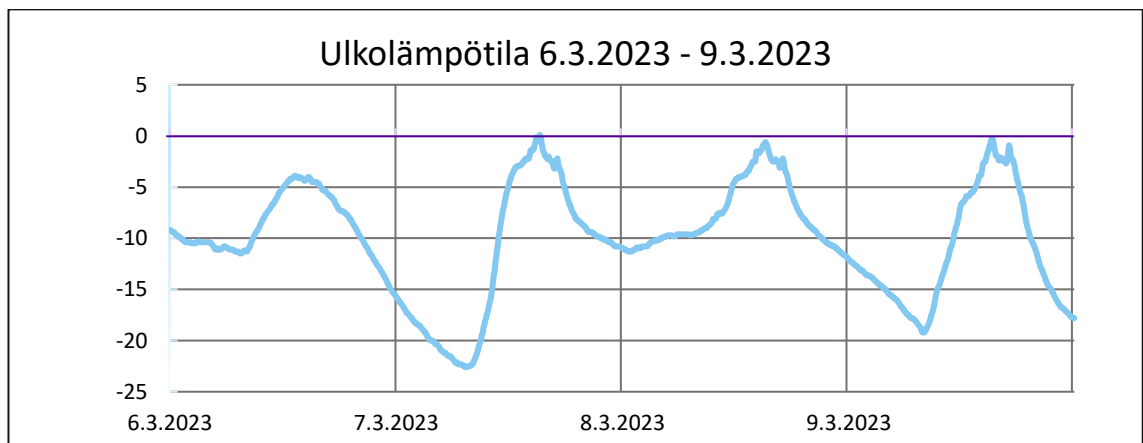
KUVIO 20. Kohteen 3 ylläpitolämmityksen energiankulutus ajalta 6.3-9.3.2023



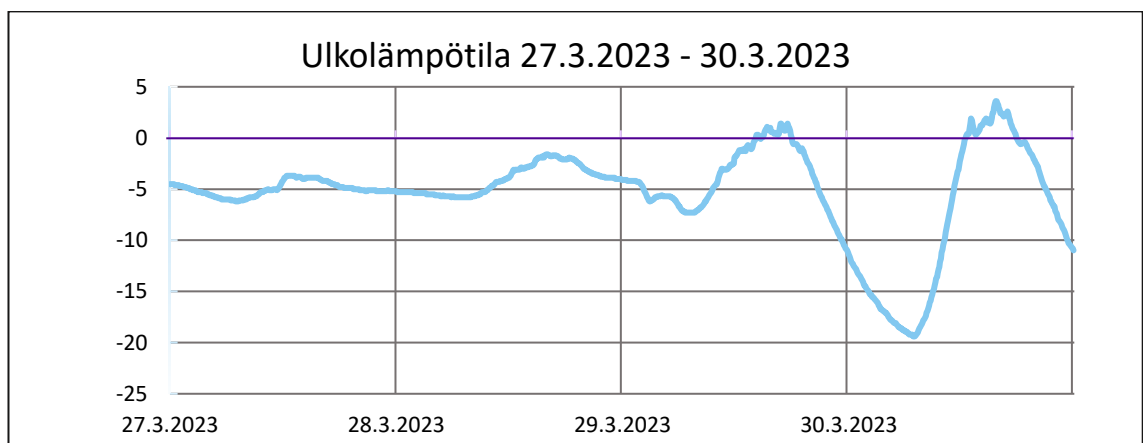
KUVIO 21. Kohteen 3 ylläpitolämmityksen energiankulutus ajalta 27.3-30.3.2023



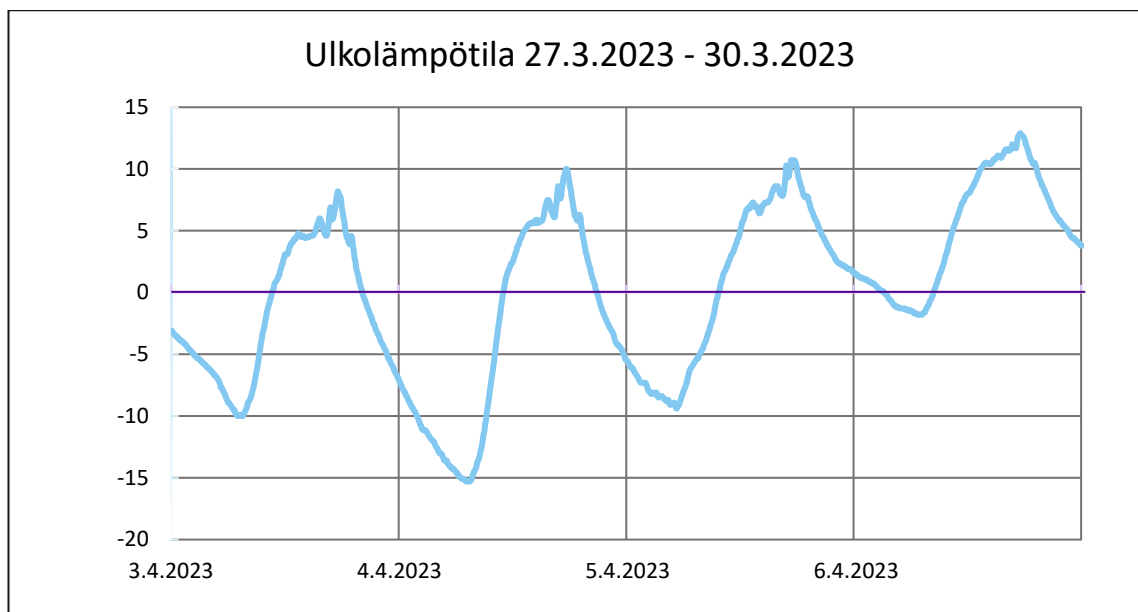
KUVIO 22. Kohteen 3 ylläpitolämmityksen energiankulutus ajalta 3.4-6.4.2023



KUVIO 23. Kohteen 3 ulkolämpötila ajalta 6.3-9.3.2023



KUVIO 24. Kohteen 3 ulkolämpötila ajalta 27.3-30.3.2023



KUVIO 25. Kohteen 3 ulkolämpötila ajalta 3.4-6.4.2023

Kokonaisenergiankulutukset vertailujaksoilta 1 ja 2 olivat lähellä toisiaan, saunan lattialämmityksen takia. Vertailujakso 3 eroaa ensimmäisestä vertailujaksosta merkittävästi. Ulkolämpötilan lämpeneminen -10 asteesta nollaan asteeseen vähensi energiankulutusta melkein neljäsosaan. Vertailujaksojen kokonaisenergiankulutukset, päiväkulutukset ja keskilämpötilat esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Kohteen 3 energiankulutukset ja keskilämpötilat vertailujaksoilta

	Keskilämpötila	Energiankulutus	Päiväkulutus
Jakso 1 6.3–9.3.2023	-10,0 °C	62,0 kWh	15,50 kWh
Jakso 2 27.3–30.3.2023	-5,3 °C	68,7 kWh	17,18 kWh
Jakso 3 3.4-6.4.2023	0,2°C	16,8 kWh	4,2 kWh

Vertailujaksojen energiankulutuksen päiväkeskiarvoista laskettiin kuukauden ajalle kohteiden välisen vertailun vuoksi ylläpitolämmityksen kustannuslaskelma. Vertailujaksojen energiankulutus jaettiin ensin neljällä, jotta saatiin päiväkohtainen energiankulutus. Päiväkohtainen energiankulutus kerrottiin kolmellakymmenellä, jotta saatiin kuukauden energiankulutus. Maaliskuun 2023 keskilämpötila ulkona oli -3 °C, joten todellinen kuukausikulutus olisi mittausjaksojen 1 ja 3 välissä. Kustannuslaskelma esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Kohteen 3 kuukausikustannuslaskelma

Kuukausikulutus	0,10 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,25 €/kWh	0,30 €/kWh
Jakso 1 465 kWh	46,49 €	69,74 €	92,99 €	116,23 €	139,48 €
Jakso 2 515 kWh	51,48 €	77,23 €	102,98 €	128,72 €	154,46 €
Jakso 3 126 kWh	12,59 €	18,88 €	25,17 €	31,46 €	37,76 €

Kohteen sisäilman suhteellinen kosteus pysyi mittausten aikana turvallisella tasolla. Sisäilman kosteuden korkein mitattu arvo mittausten aikana oli 38 RH%

## 5.5 Kohde 4 Pälkäneen lautarakennemökki

### 5.5.1 Kohteen kuvaus

Kohde 4 on vuonna 1990 rakennettu lautarakenteinen mökki, joka sijaitsee Pälkäneellä. Mökin lämmitetty pinta-ala on 70 m<sup>2</sup>. Kohteen lämmitysmuotona on puulämmitteinen takka ja sähköpatterit. Mökin ilmanvaihto on painovoimainen. Kohteessa on vesijärjestelmä, jota käytetään vain kesällä. Vesi tuodaan mökkiin letkulla suoraan järvestä. Vettä käytetään vain keittiössä. Järjestelmä tyhjennetään talveksi, joten talviylläpidon aikana mökin sisälämpötila voidaan laskea pakkasen puolelle. Kohteen ylläpitolämmitys on toteutettu sähköpattereilla. Sähköpattereiden lämpötilan asetusarvo on ollut 10 °C.

### 5.5.2 Mittaussuunitelma

Kohteessa oli tarkoitus mitata ensin noin kahden viikon jakso tekemättä muutoksia ylläpitolämmitykseen. Ensimmäisen mittausjakson jälkeen mökin ylläpitolämmitys oli tarkoitus vaihtaa tasalämpölämmityksestä kuivanapitolämmitykseen. Kuivanapitolämmityksen mittauksia oli tarkoitus jatkaa niin pitkään kuin ulko-olosuhteet olivat mittausten kannalta sopivia.

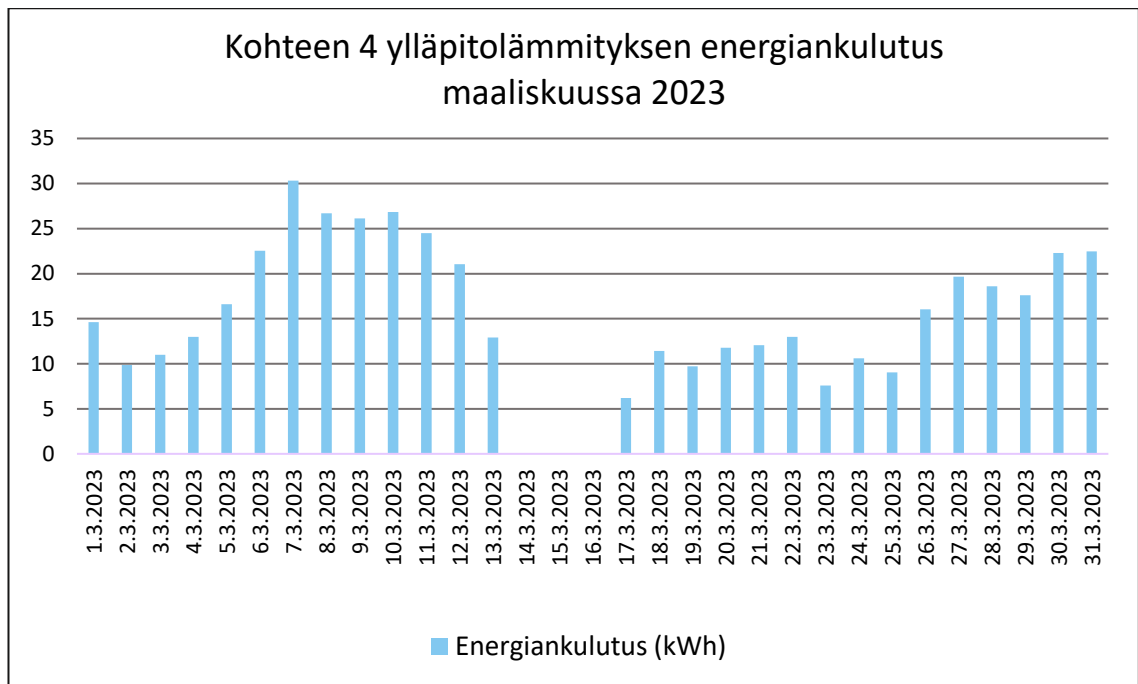
### 5.5.3 Mittausten kulku

Pälkäneen mökin mittaukset aloitettiin 18.2.2023. Molemmat olosuhde- ja sähköenergianmittaus aloitettiin samaan aikaan. Sähköenergiaa mitattiin ainoastaan mökin nousukaapelista ja sähköpattereista. Mökissä ei ollut muita ylläpitoajan sähkökuormia. Mittausten ensimmäisessä vaiheessa mökin ylläpito toteutettiin asettamalla sähköpattereiden termostaatteihin 10 celsius asteen asetusarvo. Maaliskuun puolessa välissä energianmittauslaitteissa oli ollut katkos kolmen päivän ajan, jonka takia energiankulutusdataa menetettiin.

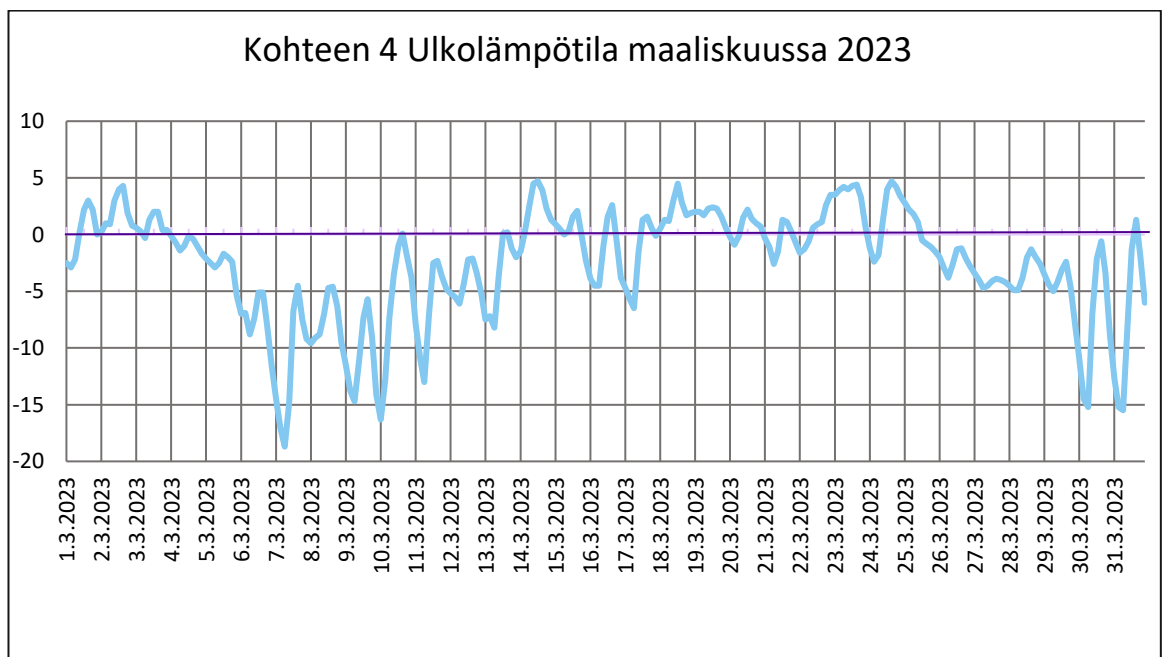
Kohteessa 4 ei päästy tekemään muutoksia ylläpitolämmitykseen tarpeeksi ajoissa. Kuivanapitolämmitys olisi voitu ottaa käyttöön huhtikuun alussa, mutta ulkona oli tällöin jo todella lämmintä ja kuivaa. Mittaustulokset eivät olisi olleet vertailukelpoisia.

### 5.5.4 Tulokset

Kohteessa ei ollut maaliskuun aikana käyttöä ollenkaan, joten kuukautta voidaan tarkastella kokonaisuutena. Energianmittauksen 3 vuorokauden katkoksen takia kuukauden kokonaiskulutusta ei voida ottaa suoraan mittausdatasta. Koko kuukauden energiankulutus laskettiin päiväkohtaisen keskikulutuksen perusteella. Keskimääräiseksi päiväkohtaiseksi energiankulutukseksi saatiin 16,57 kWh. Koko kuukauden laskennalliseksi energiankulutukseksi saatiin 497,16 kWh. Kuukauden ulkolämpötilan keskiarvo oli -2,5°C. Maaliskuun 2023 energiankulutukset esitetty kuviossa 26 ja ulkolämpötila kuviossa 27.



KUVIO 26. Kohteen 4 ylläpitolämmityksen energiankulutukset maaliskuussa 2023



KUVIO 27. Kohteen 4 ulkolämpötila maaliskuussa 2023

Kohteen 4 maaliskuun ylläpitolämmityksen kustannustarkastelu laskettiin laskennallisen kuukausikulutuksen perusteella. Kustannustarkastelu esitetty taulukossa 13

TAULUKKO 13. Kohteen 4 ylläpitolämmityksen kustannuslaskelma maaliskuulta 2023

Kuukausikulutus	0,10 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,25 €/kWh	0,30 €/kWh
497,16 kWh	49,72 €	74,57 €	99,43 €	124,29 €	149,15 €

Kohteen sisäilman suhteellinen kosteus pysyi mittausten aikana turvallisella tasolla. Sisäilman kosteuden korkein mitattu arvo mittausten aikana oli 43 RH%.

## 5.6 Kohde 5 Ruoveden hirsimökki

### 5.6.1 Kohteen kuvaus

Kohde 5 on vuonna 1930 rakennettu hirsimökki, joka sijaitsee Ruovedellä. Mökin lämmitetty pinta-ala on 50 m<sup>2</sup>. Kohteen lämmitysmuotona on puulämmitteinen takka ja sähköpatterit. Mökin ilmanvaihto on painovoimainen. Kohteessa ei ole vesijärjestelmiä. Kohteen ylläpitolämmitys on toteutettu etäohjattavilla sähköpattereilla. Sähköpattereiden lämpötilan asetusarvo on ollut 5 °C.

### 5.6.2 Mittaussuunnitelma

Kohteessa oli tarkoitus vertailla ylläpitolämmityskustannuksia tasalämpölämmityksen ja kuivanapitolämmityksen välillä. Ensin oli tarkoitus mitata noin kahden viikon jakso tekemättä muutoksia ylläpitolämmitykseen. Tämän jälkeen kohteen ylläpitolämmitys oli tarkoitus vaihtaa tasalämpölämmityksestä kuivanapitolämmitykseen. Kohteen tasalämpölämmityksen lämpötilan asetusarvo oli ollut vain 5 °C. Alhaisen lämpötila-asettelun takia epäiltiin, että sisäilman kosteus saattaisi päästä nousemaan kriittiselle tasolle. Kohteessa oli tämän ilmiön tutkimista varten tarkoitus verrata sisäilman kosteutta tasalämpölämmityksen ja kuivanapitolämmityksen välillä.

### 5.6.3 Mittausten kulku

Pälkäneen mökin mittaukset aloitettiin 18.2.2023. Molemmat olosuhde- ja sähköenergianmittaus aloitettiin samaan aikaan. Sähköenergiaa mitattiin mökin nousukaapelista ja jääkaapista. Jääkaappi otettiin mittaukseen mielenkiinnosta nähdä, että paljonko jääkaappi kuluttaa energiaa, kun lämpötilaero jääkaapin sisällä ja ulkona on pieni. Mittausten ensimmäisessä vaiheessa mökin ylläpitolämmitykseen ei tehty muutoksia. Mittausdataa tarkasteltiin noin viikon päästä mittauksien aloittamisesta, jolloin huomattiin, että olosuhdemittaukset olivat lopettaneet toimintansa heti ensimmäisenä mittauspäivänä. Kohteella ei päästy käymään korjaamassa olosuhdemittauksia, joten kohteen tuloksia ei pystytty analysoimaan kuten muissa kohteissa on analysoitu.

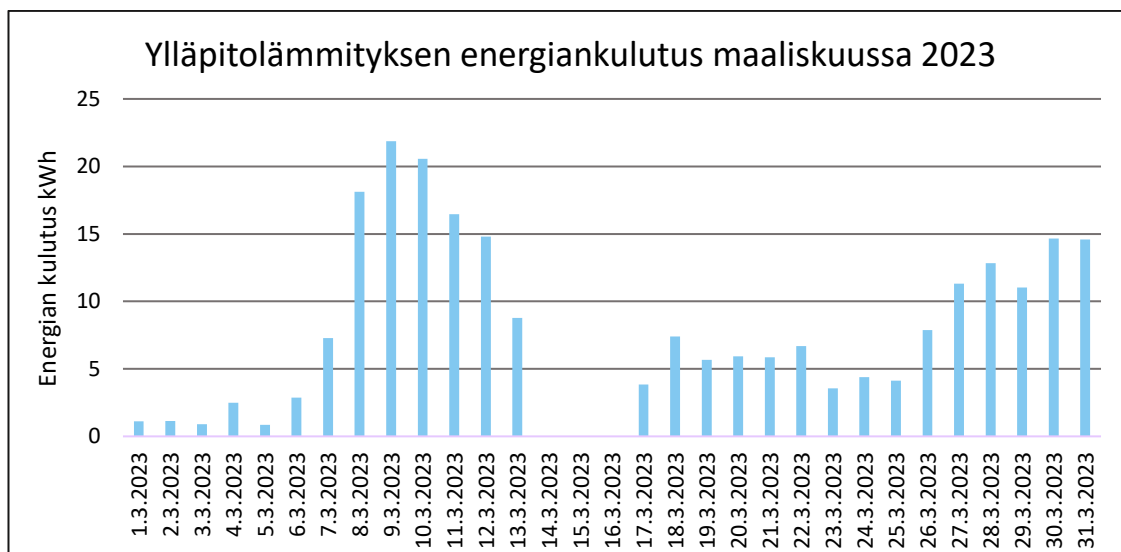
Olosuhdemittausten puuttumisen takia sisäilman kosteutta ei pystytty analysoimaan. Jääkaapin energiankulutuksen riippuvuutta jääkaapin sisä- ja ulkolämpötilaeroon perustuen ei voida tehdä. Ulkolämpötilan voidaan olettaa olevan sama kuin kohteessa 3, joka sijaitsee noin 15 kilometrin päässä samalla puolella Näsijärveä.

Kohteessa ei päästy tekemään muutoksia ylläpitolämmitykseen, joten vertailua tasalämpölämmityksen ja kuivanapitolämmityksen välillä ei pystytty tekemään.

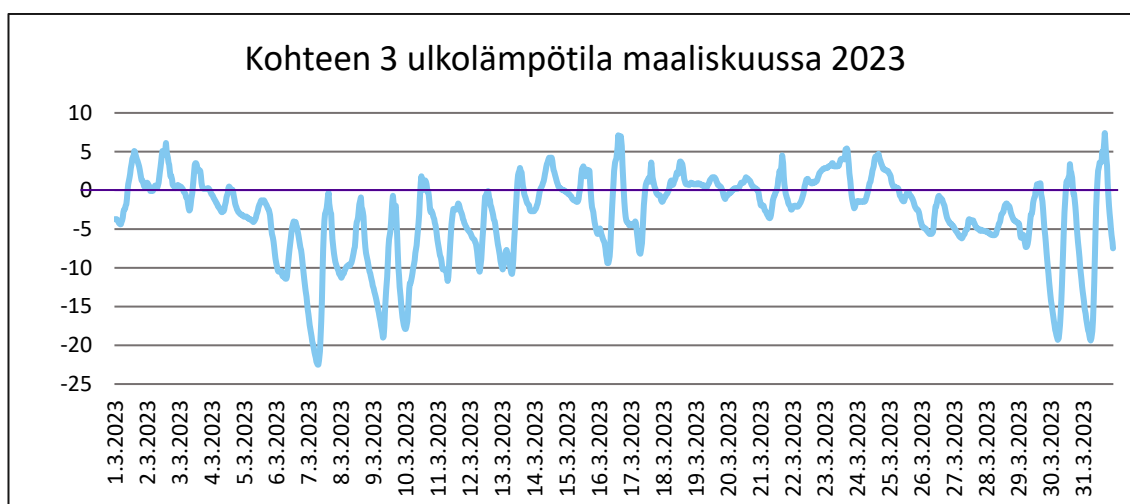
### 5.6.4 Tulokset

Kohteessa ei ollut käyttöä maaliskuun 2023 aikana, joten ylläpitolämmityksen energiankulutusta voidaan tarkastella koko kuukauden ajalta. Energianmittauslaitteistossa oli ollut katkos samaan aikaan kuin kohteessa 4, joten kuukauden kokonaiskulutus lasketaan päiväkohtaisen keskikulutuksen perusteella. Päiväkohtaiseksi ylläpitolämmityksen keskikulutukseksi saatiin 8,46 kWh ja kuukausikulutukseksi 253,94 kWh. Kuukausikulutuksen pohjalta laskettiin kustannustarkastelu maaliskuulle 2023. Kustannuslaskelma esitetty taulukossa 14 Ylläpitolämmityksen energiankulutus saatiin vähentämällä mökin nousukaapelin mitatusta energiankulutuksesta jääkaapin mitattu energiankulutus. Energiankulutus kasvoi selkeästi, kun ulkolämpötila tippui. Ulkolämpötilan keskiarvona maaliskuulta 2023 voi pitää samaa lämpötilaa kuin

kohteessa 3 eli  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Päiväkohtaiset energiankulutukset esitetty kuviossa 28 ja kohteesta 3 lainattu ulkolämpötila esitetty kuviossa 29.



KUVIO 28. Kohteen 5 ylläpitolämmityksen energiankulutus maaliskuussa 2023



KUVIO 29. Kohteen 3 ulkolämpötila maaliskuussa 2023

TAULUKKO 14. Kohteen 5 ylläpitolämmityksen kustannuslaskelma maaliskuulta 2023

Kuukausikulutus	0,10 €/kWh	0,15 €/kWh	0,20 €/kWh	0,25 €/kWh	0,30 €/kWh
253,94 kWh	25,39 €	38,09 €	50,79 €	63,48 €	76,18 €

## 6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Ylläpitolämmityksen tuloksien vertailu

Kohteiden ylläpitolämmitys kustannusten vertailu keskenään on hankalaa, koska vertailujaksojen ulkolämpötilat ovat erilaiset. Kohteiden koot ovat myös erilaiset, mutta eivät merkittävästi. Tuloksista kuitenkin huomataan, että kohteen 1 ylläpitolämmityksen kustannukset ovat selkeästi pienimmät kuivanapitolämmityksen ansiosta. Kohde 3 pääsi lähimmäksi kohdetta 1 kun ulkolämpötila nousi nolnaan. Ulkolämpötilan ollessa reilusti pakkasella on kohteen 3 kulutus kuitenkin moninkertainen kohteeseen 1 verrattuna. Kohteen 1 kuivanapitolämmitys kuluttu vähiten sähköä, kun ulkona oli paljon pakkasta, joten ero muihin ylläpitolämmitystapoihin olisi vielä isompi, jos talvi olisi ollut kylmempi.

Kohteita 3 ja 4 vertailusta huomataan, että kohteen 3 energiankulutus oli huomattavasti pienempi kuin kohteen 4. Kohteissa ei ollut muita merkittäviä eroja kuin se, että kohteessa 3 käytettiin ilmalämpöpumppua varsinaisena ylläpitolämmittäjänä. Ilmalämpöpumpun voidaan tulosten perusteella todeta olevan edullisempi ylläpitolämmitystapa vapaa-ajan asunnossa kuin sähköpatterit. Kohteen 3 energiankulutuksista kuitenkin huomataan, että ilmalämpöpumppu ei yksin riitä pitämään kaikkia mökin nurkkia lämpimänä, joten sähköpattereita on hyvä olla ILP:n rinnalla varalämmönlähteinä.

Kohdetta 1 ei saatu mitattua tasalämpölämmityksellä, joten vertailua tehdään kohteeseen 5, jossa oli tasalämpölämmitys 5 celsius asteen asettelulla. Kohteet 1 ja 5 olivat samankokoisia, joten kohteita voi verrata melko hyvin toisiinsa. Kohteen 1 kuivanapitolämmitys käytti 70 % vähemmän energiaa kuin kohteen 5 tasalämpölämmitys. Tulosta ei voida kuitenkaan pitää täysin todellisena vaan tutkimusta on jatkettava siten, että samasta kohteesta vertaillaan kuivanapitolämmityksen ja tasalämpölämmityksen energiankulutusta. Saatu tulos antaa kuitenkin hyvän kuvan siitä, että kuinka paljon potentiaalia kuivanapitolämmityksellä on ylläpitolämmityksen energiatehokkuuden parantamisessa.

TAULUKKO 15. Mittauskohteiden ylläpitolämmityksen kuukausikustannusvertailu

Mittauskohde ja ylläpitolämmitystapa	Vertailujakson ulkolämpötila	Energian kulutus kuukaudessa	Kustannus kuukaudessa 0,20 €/kWh
Kohde 1 kuivanapitolämmitys	-3,3 °C	72,21 kWh	14,42 €
Kohde 2 sähköpatterit	-1,5 °C	460,3 kWh	92,06 €
Kohde 2 ILP	-2,5 °C	458,40 kWh	91,68 €
Kohde 3 ILP + sähköpatterit	-10,0 °C	465 kWh	93 €
Kohde 3 ILP + sähköpatterit	0,2 °C	126 kWh	25,2 €
Kohde 4 Sähköpatterit	-2,5 °C	497,16 kWh	99,43 €
Kohde 5 Sähköpatterit	-3,0 °C	253,94 kWh	50,79 €

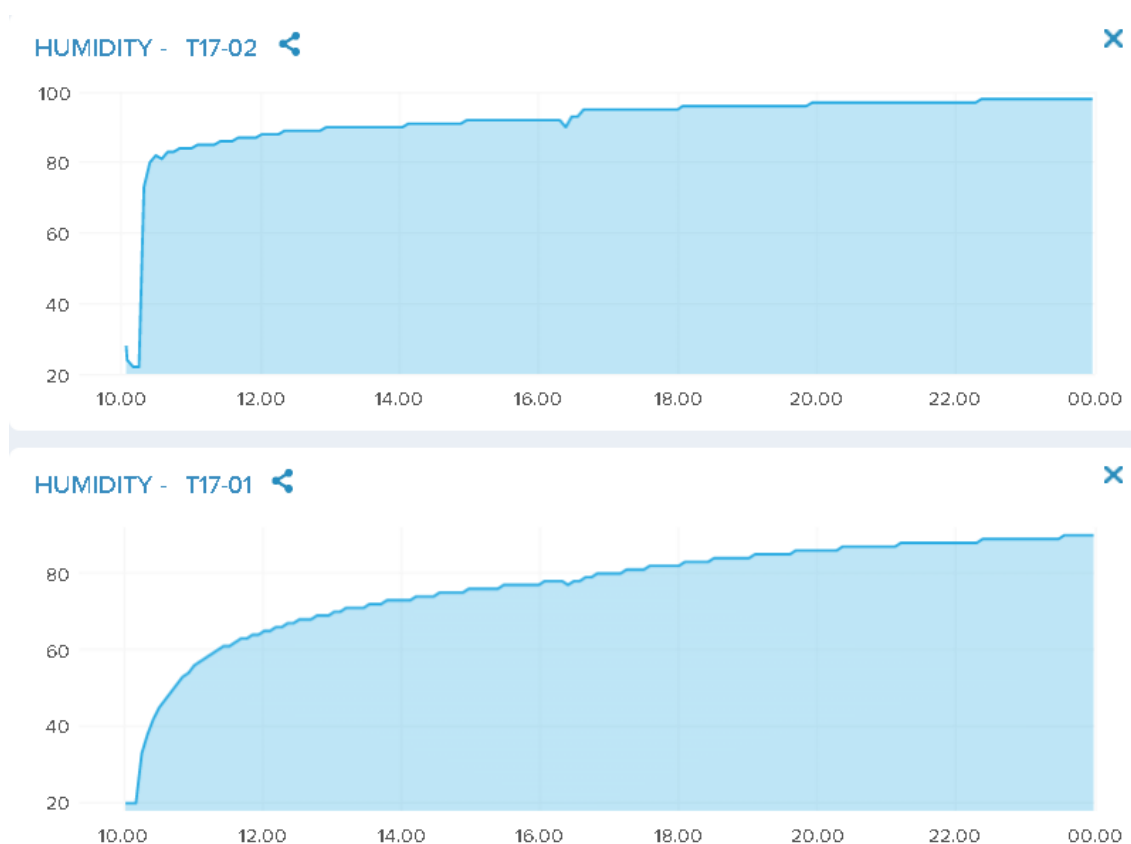
## 6.2 Kello- ja etäohjauksen johtopäätökset

Kello-ohjaus osoittautui toimivaksi kuivanapitolämmityksen kanssa. Mökin sisäilman kosteudet pysyivät turvallisella tasolla, vaikka lämmitys oli pois päältä 16 tunnin ajan joka päivä. Energiankulutus oli jo todella pientä kuivanapitolämmityksessä, joten kulutuksen kohdistaminen halvoille tunneille tuo todella merkittävät säästöt verrattuna aikaohjaamattomaan tasalämpölämmitykseen. Kohteen 2 suorassa sähkölämmityksessä ei saatu aikaohjauksella merkittävästi kustannussäästöjä. Mökin rakenteisiin ei saatu varattua tarpeeksi lämpöä. Mökkien lämmöneristykset tehdään ohuemmiksi kuin esimerkiksi omakotitaloissa, jolloin rakenteisiin varastoitu lämpö siirtyy nopeasti ulkoilmaan.

## 6.3 Mittauslaitteiden ongelmat

Mittausten aikana mittauslaitteista aiheutui jonkin verran ongelmia. Yhdessä kohteessa olosuhdemittaukset lakkasivat toimimasta kokonaan mitattuaan vain noin päivän ajan. Kohteessa olisi haluttu seurata sisäilman kosteuden käyttäytymistä sisä- ja ulkolämpötilan ollessa samansuuruisia. Muissa kohteissa

olosuhdemittaukset toimivat kuten pitikin. Sisäanturin kosteudenmittauksen paikkaansa pitävyyttä jouduttiin epäilemään useankin asiantuntijan kanssa. Sisäilman kosteus vaikutti pysyvän muuttumattomana, vaikka sisäilman lämpötilassa tapahtui merkittäviä muutoksia. Ulkoanturin ilmoittama kosteus kuitenkin muuttui nopeasti ulkolämpötilan muuttuessa. Mittalaitteille tehtiin testi, jossa molemmat yksiköt laitettiin suljettuun laatikkoon märän pyyhkeen kanssa. Testin tuloksista huomataan kuinka ulkoanturi T17-02 antaa heti laatikkoon menemisen jälkeen korkeita kosteuskokemia. Sisäanturi T17-01 reagoi kosteuden muutokseen paljon hitaammin.



KUVIO 30. Ulkoanturi T17-02 ja sisäanturi T17-01

#### 6.4 Muita mittausten aikana tulleita huomioita

Ilmalämpöpumppukohteissa tehtiin huomio, että lämmityspattereiden ja lattialämmitysten termostaattien asetteluissa tulee olla todella huolellinen. Ilmalämpöpumpun lämpöasetuksen on oltava selkeästi korkeampi kuin lisälämmönlähteiden. ILP:n ja muiden lämmittimien lämpötila asetusten ollessa liian lähellä toisiaan, ei ilmalämpöpumppu toimi täydellä teholla. Yksi kohde, joka ei ollut tämän työn tarkastelussa toi ilmiön hyvin esille. Kohde otettiin

seurantamittauksiin mukaan, koska energiankulutus oli ollut merkillisen isoa. Mittausten alussa huomattiin, että yksi lattialämmityspiiri lämmitti isolla teholla pitäen koko rakennuksen sisälämpötilaa lähellä ilmalämpöpumpun lämpötila asetusta. Kun lattialämmityspiirin termostattia säädettiin pienemmälle, alkoi ILP toimia isommalla teholla. Kohteen kokonaisenergiankulutus pieneni säädön jälkeen. Työn tulosten perusteella ei voida antaa tarkkaa ohjetta ilmalämpöpumppujen ja lisälämmönlähteiden lämpötila asetteluille, joten lisätutkimusta aiheesta tarvitaan.

## 6.5 Tavoitteita jatkotutkimuksiin

Piloottikohteiden mittaukset eivät toteutuneet tavoitteiden mukaisesti, joten tutkimusta on jatkettava vielä ainakin yhden talven ajan. Tärkeimpänä tavoitteena jatkotutkimuksissa on saada mittauskohteissa tehtyä ylläpitolämmitystavan muutoksia. Ylläpitolämmityksen energiankulutuksen kriittisempi vertailu vaatii dataa samasta kohteesta. Tämän työn tuloksista voi tehdä vain suuntaa antavia johtopäätöksiä. Mittauslaitteiden luotettavuus ei ollut paras mahdollinen, joten vaihtoehtoisia mittausjärjestelmiä on harkittava jatkotutkimuksien mittausten tekemiseksi.

Työssä mitattiin kosteutta vain tilan keskimääräisestä kohdasta, joten tarkkaa tietoa rakennuksen kriittisten pintojen kosteudesta ei saatu tarkasteltua. Jatkotutkimuksissa olisi hyvä mitata kosteutta useammasta pisteestä. Varsinkin rakennuksen lattianurkista ja ikkunoiden läheisyydestä, olisi hyvä saada vertailtavaa dataa tilan keskimääräiseen kosteuteen. Kuivanapitolämmitystä on jo tutkittu hirsirakennuksissa kattavasti, joten jatkotutkimuksissa olisi hyvä keskittyä muunlaisiin rakennustyyppeihin.

Siirreltävien sähkölämmittimien käyttäminen kuivanapitolämmityksessä osoittautui vaikeaksi lämmitinvalmistajien asettamasta kiellosta käyttää lämmitintä valvomattomassa tilassa. Jatkotutkimuksien aikana olisi selvitettävä, minkälaisia lämmittimiä kuivanapitolämmityksessä kannattaisi käyttää.

Lämminvesivaraaja käytti työn mittausten aikana merkittävän määrän energiaa tyhjäkäynnillä. LVV:n tyhjäkäyntienergiankulutuksen pienentämiseen löydettiin

ratkaisu etäohjattavasta pistorasiasta. Etäohjattavan pistorasian käyttöä LVV:n kanssa ei kuitenkaan ehditty tutkia tarpeeksi kauan todellisen säästöpotentiaalin selvittämiseksi. Etäohjattavien pistorasioiden aika- ja kalenteriohjauksia on myös hyvä tutkia jatkotutkimusten aikana.

## LÄHTEET

Hautakoski, P. 2021. Kuivanapitolämmitysohjain. Ohjaimen suunnittelu ja toteutus. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 13.3.2023.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/493788/Hautakoski\\_Petri.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/493788/Hautakoski_Petri.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Hukka, A & Viitanen, H. 1999, A mathematical model of mould growth on wooden material. Wood Science and Technology. vol. 33, no. 6, pp. 475-485.

<https://doi.org/10.1007/s002260050131>

Nordpool day ahead prices. n.d. Nordpoolgroup. Viitattu 8.3.2023.

<https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/FI/Hourly/?view=table>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 13.3.2023].

<https://stat.fi/julkaisu/cktcmtf5s35i40b5243zmpqci>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. 2010. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 13.3.2023].

[http://www.stat.fi/til/rakke/2010/rakke\\_2010\\_2011-05-26\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rakke/2010/rakke_2010_2011-05-26_tie_001_fi.html)

Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. 2020. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 13.3.2023].

[http://www.stat.fi/til/rakke/2020/rakke\\_2020\\_2021-05-27\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/rakke/2020/rakke_2020_2021-05-27_tie_001_fi.html)

Tuomaala. 2002. Tulisijan sekä lämmitys- ja ilmanvaihto- järjestelmien yhteiskäyttö. VTT 23.12.2002. Viitattu 8.3.2023.

<https://www.yumpu.com/fi/document/read/22173382/tulisijan-seka-lammitys-ja-ilmanvaihto-jarjestelmien-yhteiskaytto>

Verkkokauppa.com. Leveltec ProMod Lite 2i. Verkkosivu. Viitattu 18.4.2023.

<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/816379/Leveltec-ProMod-Lite-2i-kuivanapitolammitysohjain>

Voutilainen, O., Korhonen, K., Ovaska, U.& Vihinen, H. 2021. Mökkibarometri 2021. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 87 s.