



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kim Kananoja

Energiatehokkuutta sähkölämmitteiseen omakotitaloon

Opinnäytetyö
Kevät 2023
Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Kim Kananoja

Työn nimi: Energiatehokkuutta sähkölämmitteiseen omakotitaloon

Ohjaaja: Marko Hietämäki

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 55

Liitteiden lukumäärä: 2

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Kananoja Group Oy / Kattofiksaus Kananoja. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä sähkölämmitteisestä omakotitalosta energiatehokkaampi ja säästää sähkölaskuissa. Työn tarkoitus oli suunnitella ja asentaa ilmalämpöpumppu ja aurinkosähkövoimala omakotitaloon. Lisäksi talouteen asennettiin Plejd-älyohjausjärjestelmä.

Työ aloitettiin kartoittamalla oikean kokoinen ilmalämpöpumppu ja aurinkovoimala kohteeseen, minkä jälkeen luotiin asennussuunnitelma laitteille. Asennus alkoi ilmalämpöpumpusta, jonka jälkeen siirryttiin aurinkovoimalan lopulliseen suunnitteluun ja asennukseen. Aurinkosähkövoimalan asennus viivästyi viime hetkille materiaalipulan takia. Luvanvaraiset kytkennät hoiti Alahärmän Sähkö Oy / Seinäjoen Sähkötekniikka.

Kohteeseen asennettiin etäohjattava Plejd IOT-järjestelmä ohjaamaan sähköä eniten energiaa kuluttaviin sähkölaitteisiin. Plejd-älyohjauksen tarkoituksena on hyödyntää aurinkosähköä mahdollisemman hyvin ja säästää täten sähkölaskuissa entistä tehokkaammin. Asennuksen jälkeen ladattiin asiakkaan älypuhelimeen kolme sovellusta, jotka toimivat internet-yhteydellä. Ensimmäinen sovellus oli aurinkosähkövoimalan invertterin oma sovellus, josta näkee reaaliajassa, paljonko aurinkovoimala tuottaa ja paljonko se on tuottanut käyttöönotosta lähtien. Toinen sovellus oli Plejd-älyohjaussovellus, josta saa ohjattua sähkön kulkua eri laitteisiin. Kolmas sovellus oli ilmalämpöpumpun oma sovellus, josta pystyy ohjaamaan pumpun toimintaa.

Tulokseksi saatiin hybridijärjestelmä, jossa ilmalämpöpumppu ja aurinkosähkövoimala toimivat rinnakkain samassa taloudessa. Työhön kuului myös aurinkosähkövoimalaa, ilmalämpöpumppua ja Plejd-järjestelmää tutkiva osio, joka keskittyi siihen, miten edellä mainitut teknologiat tuottavat sähköä ja lämpöä energiatehokkaasti.

Omakotitalon sähkön käyttö oli ennen järjestelmää ollut 21 976,32 kWh vuodessa. Järjestelmän asennuksen jälkeen sähkön tarve oli ennusteen mukaan vain 12 857,43 kWh vuodessa. Tästä on suuri hyöty sähkölaskuissa tulevaisuudessa.

¹ Asiasanat: aurinkosähkövoimala, ilmalämpöpumppu, Plejd-älyohjausjärjestelmä, IOT, hybridijärjestelmä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Kim Kananoja

Title of thesis: Energy efficiency for the household

Supervisor: Marko Hietamäki

Year: 2023

Number of pages: 55

Number of appendices: 2

The thesis was made in cooperation with Kananoja Group Oy / Kattotifksaus Kananoja. The aim of the thesis was to make an electrically heated house more energy efficient and to save on electricity bills. The purpose of the thesis was to design and install an air heat pump and solar power plant in a detached house. In addition, IOT-control was installed to the household.

Suitable equipment was selected for the air heat pump and solar power plant to the site. An installation plan was created for the system. The installation started with an air heat pump, followed by the final design and installation of the solar power plant. Plejd IOT-control system was also installed to the household to control electricity to the electrical equipment most needed in the house. The purpose of Plejd IOT-control is to make better use of solar power and save even more on electricity bills.

After the installation, three applications were uploaded to the customer's smartphone, which are connected to the internet: the application of the solar power plant inverter, the Plejd smart control application and the application of the air heat pump. Authorized connections were installed by Alahärmän Sähkö Oy / Seinäjoen Sähkötekniikka.

The result was a hybrid system where an air heat pump and the solar power plant operate side by side. Before the system, the use of electricity in a detached house had been 21 976,32 kWh per year. After installation of the system, the electricity demand was forecast to be only 12 857,43 kWh per year. This is going to be great benefit in the electricity bills in the future.

¹ Keywords: solar power plant, heat pump, Plejd smart control, IOT, hybrid system

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	9
1 JOHDANTO	10
1.1 Yritysesittely	10
1.2 Työn tausta	10
1.3 Työn tavoite.....	11
1.4 Työn rakenne	11
2 ENERGIATEHOKKUUS	12
3 AURINKOENERGIA.....	13
3.1 Aurinko energialähteenä	13
3.2 Auringon säteily.....	13
4 AURINKOPANEELIT	14
4.1 Aurinkopaneelimallit	15
4.2 Yksikiteinen ja monikiteinen piikennopaneeli	16
4.3 Normaali ja half-cut-aurinkopaneeli	16
5 AURINKOSÄHKÖVOIMALAN OSAT.....	18
5.1 Kohteen aurinkopaneelit.....	18
5.2 Kohteen invertteri	18
5.3 Invertterin älypuhelinsovellus	19
6 PLEJD-ÄLYOHJAUS.....	20
6.1 Plejd-järjestelmä.....	20
6.2 Plejd opinnäytetyössä	20
6.3 Plejdin langaton painike	20
6.4 Plejd-kaksoisrele	21
6.5 Plejd Gateway -laite	22

6.6	Plejd-sovellus	22
7	LÄMPÖPUMPPUENERGIA.....	24
7.1	Lämpöpumput Suomessa	24
7.2	Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate	25
7.3	Ilmalämpöpumpun osien tehtävät.....	25
7.4	Kohteen lämpöpumppu	26
7.5	Mitsubishi RW35VGHZ-SC	26
7.6	3D i-see-sensor	27
7.7	Ohjaus ilmalämpöpumpulle	27
8	JÄRJESTELMÄN MITOITUS.....	29
8.1	Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus.....	29
8.2	Ilmalämpöpumpun mitoitus	29
9	JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU.....	30
9.1	Ilmalämpöpumpun suunnittelu.....	30
9.2	Aurinkosähkövoimalan suunnittelu	31
10	JÄRJESTELMIEN ASENNUS	35
10.1	Ilmalämpöpumpun asennus	35
10.2	Aurinkosähköjärjestelmän asennus.....	38
10.3	Plejd-älyohjauksen asennus.....	42
10.4	Turvallisuus	42
11	JÄRJESTELMÄN ASENNUSTARVIKKEET	43
11.1	Asennustarvikelista aurinkovoimalalle.....	43
11.2	Asennustarvikelista Plejd-älyohjaukselle.....	43
11.3	Asennustarvikelista ilmalämpöpumpulle.....	44
12	JÄRJESTELMÄN TESTAUS	45
13	TULOKSET	46
13.1	Rakennuksen sähkön vuosikulutus ennen järjestelmän asennusta.....	46
13.2	Ilmalämpöpumpun tulokset	46
13.3	Ilmalämpöpumpun tulosarviolaskenta vuoteen 2023.....	46
13.4	Aurinkosähkövoimalan tulokset.....	47

13.5 Rakennuksen vuosikulutus järjestelmän jälkeen	48
13.6 Työn tavoitteiden toteutuminen	49
14 YHTEENVETO JA POHDINTAA	50
14.1 Yhteenveto	50
14.2 Pohdinta	51
LÄHTEET	53
LIITTEET	56

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Monikidepiikkenno (vasen) ja yksikidepiikkenno (oikea).	16
Kuva 2. Vasemmalla half-cut-monikideaurinkopaneeli ja oikealla täysmusta perinteinen yksikideaurinkopaneeli.	17
Kuva 3. Opinnäytetyön täysmustat yksikide half-cut-aurinkopaneelit.	18
Kuva 4. Opinnäytetyön invertteri ja Wi-Fi moduuli.	19
Kuva 5. Invertterin älypuhelinsovelluksen eri näkymiä.	19
Kuva 6. Plejdin langaton painike.	21
Kuva 7. Plejd-kaksoisrele.	21
Kuva 8. Plejd Gateway.	22
Kuva 9. Plejd-älypuhelinsovelluksen perusnäkyä.	23
Kuva 10. Lämpöpumppujen keskiarvoiset hinnat asennuksineen.	24
Kuva 11. Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate.	25
Kuva 12. Kohteen ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö.	26
Kuva 13. Kohteen ilmalämpöpumpun sisäyksikkö.	27
Kuva 14. Kohteen ilmalämpöpumpun I-see-sensor.	27
Kuva 15. Mitsubishi RW 35 ilmalämpöpumpun kaukosäädin.	28
Kuva 16. Pohjapiirros ja ilmalämpöpumpun yksiköiden suunnittelusijainnit.	31
Kuva 17. Kohteen omakotitalon katon etelälape.	32
Kuva 18. Aurinkopaneelien suunniteltu sijainti katolla.	32
Kuva 19. Ilmalämpöpumpun, invertterin sekä turvakytkimien suunnitelma ulkoseinälle. ...	33

Kuva 20. Aurinkopaneelien stringijako.....	34
Kuva 21. Kylmäaineputkiston, sähköjohdon ja kondenssivesiputken reititys.	35
Kuva 22. Kondenssivesipumppu asennettuna.	36
Kuva 23. Kylmäaineen lisäys ilmalämpöpumpun yksikköön.	36
Kuva 24. Ilmalämpöpumpun viimeiset kytkennät.	37
Kuva 25. Ilmalämpöpumpun asennuksen lopputulos.....	37
Kuva 26. Aurinkopaneelien mittojen merkintä katolle.	38
Kuva 27. Aurinkopaneelien asennus aloitettu.	39
Kuva 28. Aurinkopaneelit kiinnitettynä.	39
Kuva 29. Telineiden päätyjen katkaisu.....	40
Kuva 30. Aurinkopaneelikaapelien läpivienti katolta välikatolle.....	40
Kuva 31. Invertterin sekä turvakytkimien asennus.....	41
Kuva 32. Valmis aurinkosähkövoimala.	41
Kuva 33. Plejd-järjestelmän asennus.....	42
Kuva 34. Asennettu Plejd-järjestelmä.	42
Kuva 35. Kytkemättä jäänyt lenkki.	45
Kuva 36. Aurinkosähkövoimalan vuosiennuste tuotolle.	48
Kuva 37. Vertailu vuosikulutuksesta, vasen pylväs aiempi reaalikulutus ja oikea pylväs tuleva laskennallinen kulutus.	49

Kuvio 1. Asumisen energiakulutus.....	12
Kuvio 2. Auringon eri säteilymuodot.	13
Kuvio 3. P-N-liitos vaiheittain.	15
Kuvio 4. Kohteen Plejd-älyohjauksen toimintaperiaate.	34
Taulukko 1. Yleiset kennotyypit ja niiden ominaisuudet.....	15

Käytetyt termit ja lyhenteet

Atsimuuttikulma	Asennusilmansuunta.
Aurinkopaneeli	Aurinkopaneeli on osa aurinkovoimalaa, ja sen avulla auringon säteily muunnetaan sähkövirraksi.
Elektroni	Negatiivisesti varautunut hiukkanen.
Fotoni	Sähkömagneettisen säteilyn hiukkanen.
Half-cut	Aurinkopaneeli, jonka osat on erotettu toisistaan diodikytkennällä.
Ilmalämpöpumppu	Ilmalämpöpumppu on laite, jolla pystyy lämmittämään tai viilentämään rakennuksen sisäilmaa.
ILP	Lyhenne ilmalämpöpumpusta.
Invertteri	Invertteri on osa aurinkovoimalaa, ja se muuntaa aurinkopaneelista saadun tasavirran vaihtovirraksi.
Kondenssivesipumppu	Kondenssivesipumppu pumppaa kondenssiveden viemäritason alapuolelta missä painovoima ei pysty vierittämään vettä alaspäin.
kWh	Kilowattitunti = sähköenergian mittayksikkö.
MPPT	MPPT tulee sanoista Maximum Power Point Tracker. Se on tyypillisesti DC-DC-muunninpiiri, jota käytetään useimmissa nykyaikaisissa PV-inverttereissä.
Stringi	Aurinkopaneelien ketjukytkentä.
UV-säteily	Lyhyen aallonpituuden elektromagneettinen säteily.

1 JOHDANTO

1.1 Yritysesittelyt

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Kattofiksaus Kananojan (Kananoja Group Oy) sekä Seinäjoen sähkötekniikan (Alahärmän Sähkö Oy) kanssa. Kattofiksaus Kananoja huoltaa ja korjaa kattoja (Finder, i.a.-a). Pääasiassa yritys pesee, maalaa ja pinnoittaa kattoja, mutta myös julkisivumaalaus on yksi Kattofiksauksen palveluista. Kattofiksaus aloittaa tulevaisuudessa aurinkosähköjärjestelmien suunnittelun ja asennuksen. Kattofiksaus sijaitsee Seinäjoella, ja henkilömäärä yrityksessä on 1–4. Kyseinen yritys on opinnäytetyön tekijän omistama.

Seinäjoen Sähkötekniikka tekee pääasiassa sähkösuunnitelmia sekä sähköasennuksia (Finder, i.a.-b). Seinäjoen Sähkötekniikka myös myy ja asentaa aurinkosähköjärjestelmiä, ilmalämpöpumppuja sekä ilma-vesilämpöpumppuja. Seinäjoen Sähkötekniikka toimii Seinäjoen alueella, ja Alahärmän Sähkö Oy toimii Kauhavan alueella. Henkilömäärä yrityksessä on 4–7.

1.2 Työn tausta

Opinnäytetyön kohteen asukas kaipasi energiatehokkaita ratkaisuja kotiinsa säästääkseen sähkölaskussa, ja lisäksi haluttiin talouden olevan omavaraisempi. Opinnäytetyön omakotitalon sähkönkulutus on suurta johtuen monesta asiasta. Omakotitalossa on sähkölämmitys, joten sähköä ei kulu ainoastaan sähkölaitteisiin ja valaistukseen. Kohteessa on 30 m³:n kokoisen ulkouima-altaan veden sähkökäyttöinen lämmitin. Kohde sijaitsee Kauhajoella ja on opinnäytetyön opiskelijan vanhempien omakotitalo. Asuineliöitä rakennuksessa on 180 m².

Nieminen (2023) kertoo sähkön hinnan nousseen kuluttajilla vuoden 2020 alusta huimat 88 % vuoden 2023 alkuun mennessä. Sähkön hinnan nousu johtuu pääasiassa Venäjän hyökkäyssodasta Ukrainaan.

1.3 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä sähkölämmitteisestä omakotitalosta energiatehokkaampi. Tarkoituksena on suunnitella ja asentaa omakotitaloon ilmalämpöpumppu sekä aurinkovoimala. Lisäksi Plejd-älyohjauslaitteisto liitettäisiin ohjaamaan eniten sähköä kuluttavia laitteita. Järjestelmässä on IOT-laitteita, eli kaikkea pystyisi ohjaamaan etänä älysovelluksien välityksellä. Kyseisillä ratkaisuilla voidaan saavuttaa merkittäviä energiasäästöjä omakotitalossa ja samalla kasvatettaisiin rakennuksen omavaraisuutta.

1.4 Työn rakenne

Työn alussa käydään läpi teoriaa energiatehokkuudesta ja energian kulutuksesta. Seuraavaksi kerrotaan teoriaa aurinkoenergiasta, ja tässä osiossa perehdytään aurinkopaneelisiin sekä selvitetään aurinkosähkövoimalan osat. Tämän jälkeen on teoriaosuus Plejd-älyohjausjärjestelmästä ja sen osista, joita käytettiin opinnäytetyössä. Teoriaosuus jatkuu lämpöpumppuenergian teoriolla, ilmalämpöpumpun toimintaperiaatteiden selvittämisellä sekä selvittämällä ilmalämpöpumpun osat.

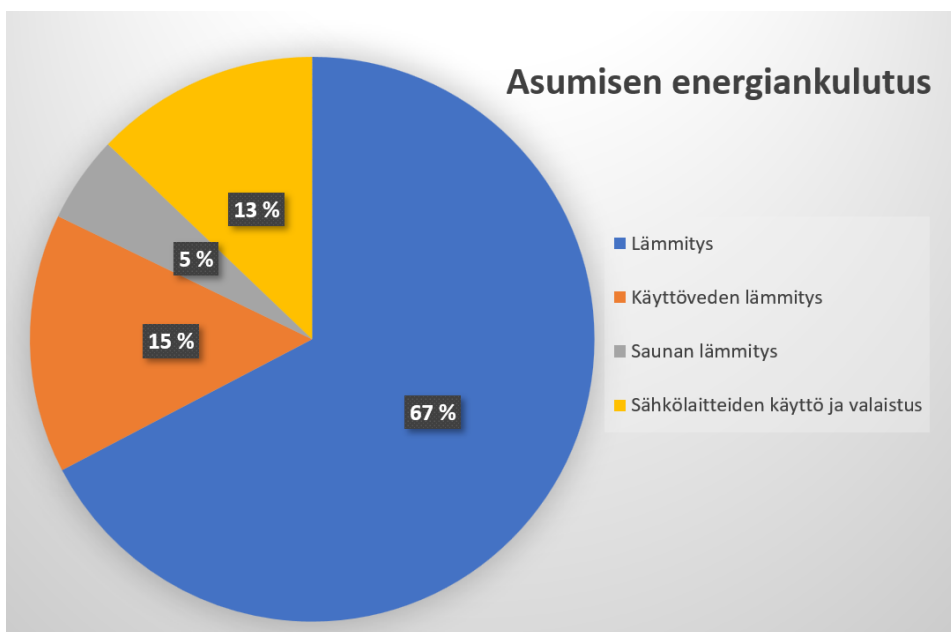
Teoriaosuuden jälkeen kerrotaan opinnäytetyön suunnittelusta ja toteuttamisesta. Toteutusosion jälkeen käydään läpi järjestelmän testausta, tuloksia asennuksen jälkeen sekä asennustarvikkeita, joita työhön käytettiin. Lopussa on opinnäytetyön yhteenveto sekä aiheen pohdintaa.

2 ENERGIATEHOKKUUS

Euroopan Unioni on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä ainakin 40 % vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon (Sähkötieto, 2020, s. 5). Rakennettu ympäristö on merkittävä paikka, jossa voidaan toteuttaa tätä tavoitetta.

Omakotitalon energiatehokkuus tarkoittaa hyötysuhdetta energian käytölle (Passiivikivitalot, i.a.). Energiatehokkuus on suurimmaksi osaksi rakennuksen lämmitysenergian hyödyntämistä paremmin. Mitä energiatehokkaampi rakennus on, sitä vähemmän asukas kuluttaa sähköä.

Kuviossa 1 havainnollistetaan tilastokeskuksen raporttia vuodelta 2019 (Tilastokeskus, 2019). Raportissa suurin osa energiasta kuluu asuintilojen lämmitykseen ja loput käyttöveden ja saunan lämmitykseen sekä sähkölaitteiden käyttöön / valaistukseen.



Kuvio 1. Asumisen energiakulutus (perustuen Tilastokeskus, 2019).

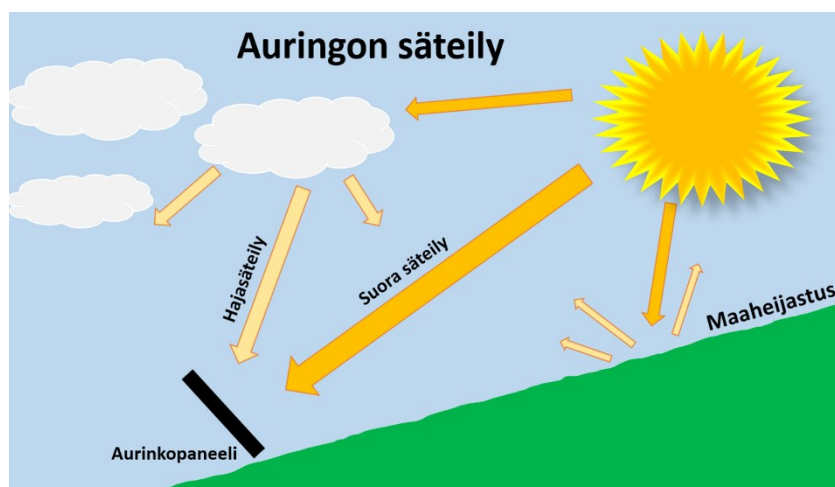
3 AURINKOENERGIA

3.1 Aurinko energialähteenä

Aurinko on maapallon oma energialähde, joka koostuu pääasiassa vedystä (75 %) ja heliumista (23 %) (Tahkokorpi, 2016, s. 11–12). Auringosta säteilee maapallolle $1,7 \times 10^{14}$ kW. Fuusioreaktio on avain auringon säteilyyn. Siinä kaksi vetyatomia yhdistyy auringossa heliumatomiksi, jolloin purkautuu suuresti energiaa. Yksi heliumkilo vedystä vapauttaa 180 milj. kW.

3.2 Auringon säteily

Maanpinnalle säteilyä saapuu kolmella tapaa: suorana säteilyinä, hajadiffuusisena säteilyinä sekä ilmakehän vastasäteilyinä (Tahkokorpi, 2016, s. 11). Suora säteily on ilmakehästä läpi pääsevää säteilyä. Hajasäteily on taas pilvien ja ilmakehän heijastavaa säteilyä, joka on Suomessa noin puolet maapinnalle tulevasta säteilystä. Ilmakehän vastasäteilyä saapuu maahan koostuen ilmakehän otsonista, molekyyleistä sekä vesihöyrystä. Tämä osuus on huomattavasti pienempi kuin muiden säteilyjen osuus. Kuviossa 2 esitetään auringonsäteilyyn eri muodot. Jos Suomessa käytetään aurinkopaneelia optimaalisessa kulmassa, se tuottaa vuositasolla 1000–1100 kW / m² riippuen maantieteellisestä sijainnista. Ilmakehä hävittää auringonsäteilyä suurimmassa tapauksessa jopa noin 40 % (mts. 13).

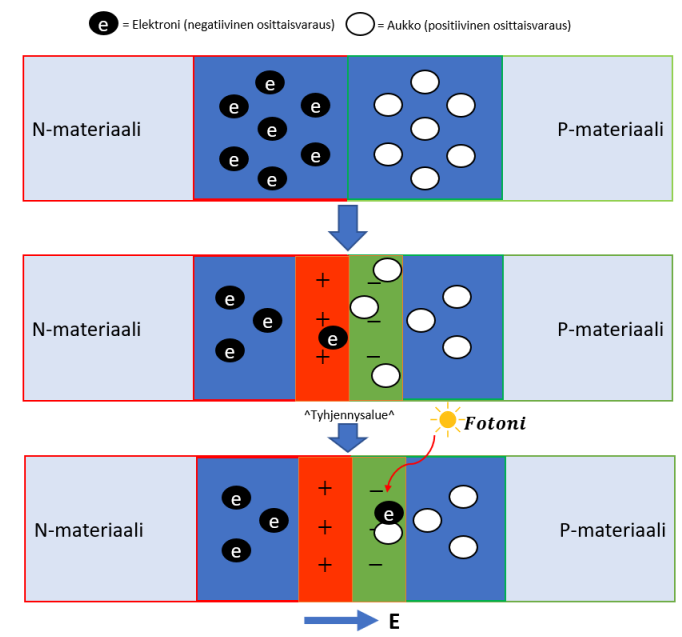


Kuvio 2. Auringon eri säteilymuodot (perustuen Tahkokorpi, 2016, s. 13).

4 AURINKOPANEELIT

Aurinkopaneelit tuottavat sähköä auringon säteilystä. Maahan saapuvasta säteilystä pystymme aurinkopaneelien avulla hyödyntämään pääosin ultraviolettisäteilyä (Sähkötieto, 2021, s. 9–10). Aurinkopaneelien tuotto perustuu valosähköiseen ilmiöön ja mm. puolijohdemateriaalien ominaisuuksiin. Aurinkopaneelissa käytetään paljon pii-puolijohdemateriaalia (Si). Auringon säteilyssä tapahtuu valosähköinen ilmiö, eli säteily irrottaa aurinkopaneelissa olevan alkuaineen, joka on yleensä pii (Sähkötieto, 2021, s. 10–11). Aurinkopaneeli tuottaa sähköä auringosta saapuvan fotonin luovuttaessa energiansa elektronille.

Puolijohdemateriaalia pystytään myös seostamaan eri materiaaleista ja siten saada aikaiseksi positiivisen (P-aine) ja negatiivisen (N-aine) varauksen omaava puolijohdeseos (Sähkötieto, 2021, s. 10–11). Positiivisen aineen seostuksessa siihen muodostuu aukkoja, mikä muodostaa sille positiivisen varauksen. Negatiivisen aineen seostamisessa saadaan siihen ylimääräisiä varauksen kuljettajia, mikä parantaa materiaalin johtavuutta. Vierekkäin asetettuna nämä aineet muodostavat P-N-liitoksen ja elektronit pystyvät kulkemaan vapaasti aurinkokennon solussa. P-N-liitoksen läheisyydellä on tyhjennysalue, jossa ei ole varauksenkantajia, koska liitospinnassa yhdistyy positiivinen ja negatiivinen materiaali. P-aineeseen muodostuu negatiivinen ja N-aineeseen positiivinen varaus. Täten saadaan P-N-liitoksen tyhjyysalueelle sähkökenttä. Tämän lisäksi tarvitaan auringosta saapuva fotoni, joka herättää puolijohdteessa sijaitsevan elektronin ja saa elektronin liikkeelle muodostaen uuden elektroniaukkoparin. Näin saadaan sähkökenttä siirtämään elektroni negatiiviseen aineeseen ja aukko taas positiiviseen aineeseen. Sähkövirta syntyy fotonin virittämänä erotessa aukosta, ja samalla sisäinen sähkökenttä estää näiden aineiden yhdistymisen (kuvio 3).



Kuvio 3. P-N-liitos vaiheittain (perustuen Sähkötieto, 2021, s. 11).

4.1 Aurinkopaneelimallit

Aurinkopaneelimalleja on olemassa monenlaisia. Yleisimmät käytössä olevat paneelityypit ovat yksi- ja monikiteiset piikennopaneelit johtuen niiden suurimmista hyötysuhteista verrattuna muihin kennotyyppeihin (Sähkötieto, 2021, s. 12). Taulukossa 1 selvitetään markkinoiden yleisimpien aurinkopaneelien kennotyyppien ominaisuudet.

Ominaisuudet	Kiteinen pii		Ohutkalvo			Orgaaninen
	Yksikiteinen	Monikiteinen	Amorfinen pii	CIS/CIGS	CdTe	
Hyötysuhde %	15-20 %	13-16 %	5-10 %	7-16 %	7-16 %	3-5 %
Lämpötilan vaikutus (STC) tehoon (% /+1 Celsius)	-0,40	-0,42	-0,1.....-0,40	-0,35.....-0,40	-0,25.....-0,36
Mekaaninen kestävyys	hauras	hauras	joustava	joustava	joustava	joustava
Varjostus	herkkä	herkkä	sietää	sietää	sietää	sietää
Käyttöikä vuosina	30+	30+	30+	30+	30+	0,5-3
Hinta	€€€	€€	€€€	€€€	€€€	€

Taulukko 1. Yleiset kennotyypit ja niiden ominaisuudet (perustuen Sähkötieto, 2021, s. 12).

4.2 Yksikiteinen ja monikiteinen piikennopaneeli

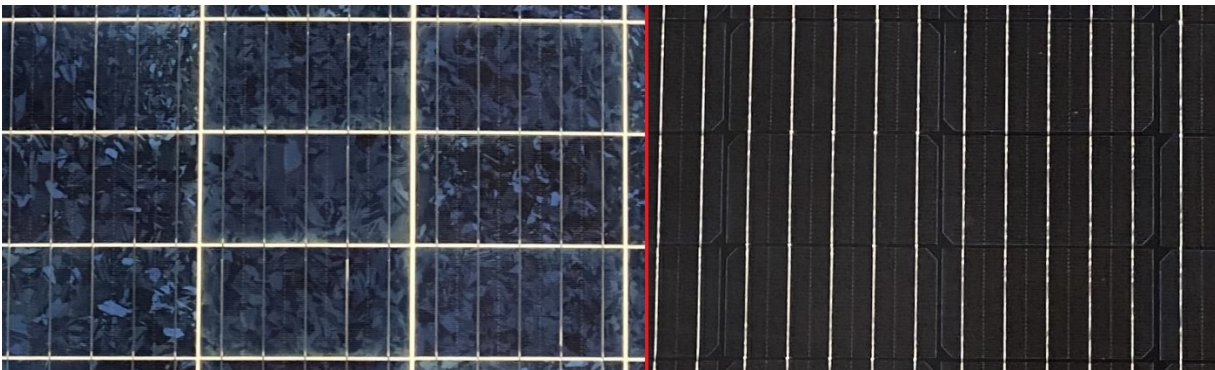
Yleisimmät aurinkopaneelit ovat yksi- ja monikiteinen piikennopaneeli (Motiva, i.a.-a). Yksi- ja monikiteisestä piikennopaneelista koostuukin noin 90 % nykypäivän aurinkovoimaloista, koska se on vakiintunutta ja vankkaa teknologiaa. Kuvassa 1 nähdään monikide- ja yksikidepiikennopaneelin rakenteelliset erot.

Yksikideaurinkopaneelin (Käpylehto, 2016, s. 58)

- tunnistaa pyöreistä reunoista
- hyötysuhde on korkeampi kuin monikiteisellä
- varjostuksen haitta on isompi kuin monikiteisellä.

Monikideaurinkopaneelin (Käpylehto, 2016, s. 58)

- tunnistaa yhtenäisestä ja tasaisesta pintarakenteesta
- hieman matalampi hyötysuhde yksikiteiseen verrattuna
- varjostus haittaa pienempi kuin yksikiteisessä.

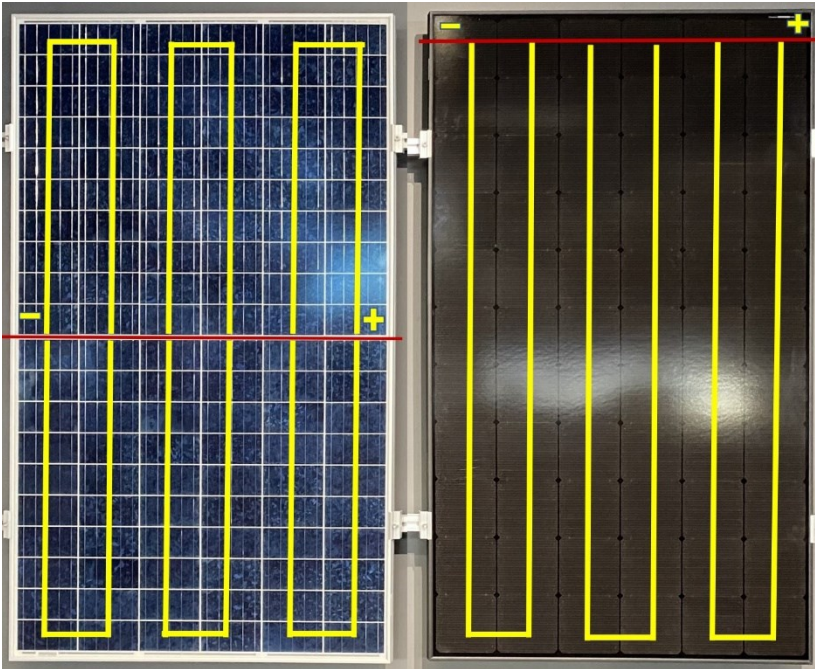


Kuva 1. Monikidepiikennopaneeli (vasen) ja yksikidepiikennopaneeli (oikea) (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

4.3 Normaali ja half-cut-aurinkopaneeli

Half-cut-aurinkopaneelissa kennot on jaettu kahteen piiriin (Lumme Energia, i.a.). Perinteisessä aurinkopaneelissa on vain yksi piiri, johon kennot on liitetty. Half-cut-tekniikan ansiosta aurinkopaneeli tuottaa paremmin sähköä, vaikka se olisikin osittain varjostettu. Perinteinen aurinkopaneeli sisältää 60 tai 72 kennoa ja half-cut-paneeli 120 tai 144 kennoa.

Half-cut-paneeli tuottaa tehokkaammin sähköä johtuen pienemmästä hukkalämmön tuotosta perinteiseen aurinkopaneeliin verrattuna (mt.). Kuvassa 2 havainnollistetaan half-cut-aurinkopaneelin ja perinteisen aurinkopaneelin johdatusta.



Kuva 2. Vasemmalla half-cut-monikideaurinkopaneeli ja oikealla täysmusta perinteinen yksikideaurinkopaneeli (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

5 AURINKOSÄHKÖVOIMALAN OSAT

5.1 Kohteen aurinkopaneelit

Opinnäytetyöhön valittiin mustat half-cut-yksikidepaneelit johtuen niiden hyvästä suorituskyvystä ja kestävyydestä. Kohteen katon väri oli musta, joten väriltäänkin ne sopivat kattoon. Kuvassa 3 näytetään opinnäytetyössä valitut aurinkopaneelit, jotka ovat nimeltään Longi HI-MO5 HC täysmustat paneelit, 405 Wp. Kyseisissä aurinkopaneeleissa hyötysuhde on 20,7 % (Aurinkosähkötukku, i.a.-a).



Kuva 3. Opinnäytetyön täysmustat yksikide half-cut-aurinkopaneelit (Kananoja, 2023).

5.2 Kohteen invertteri

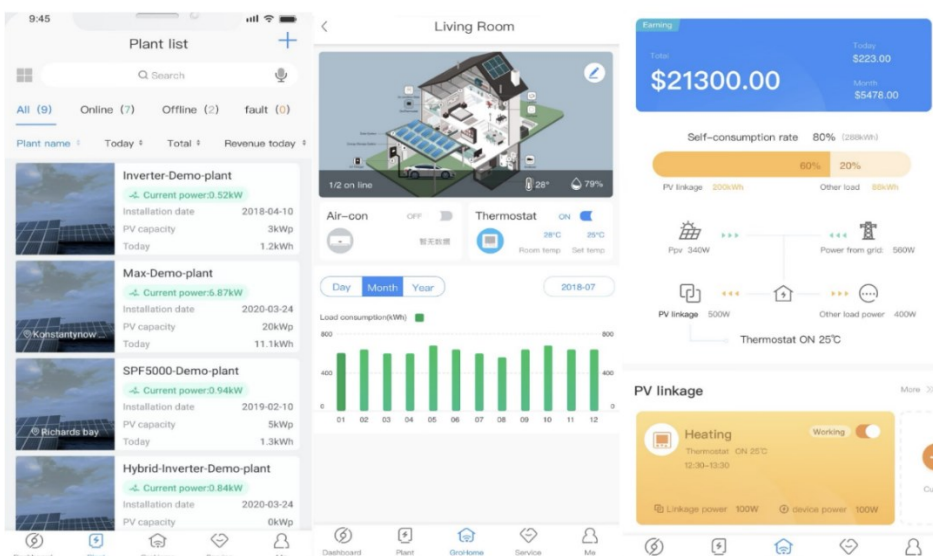
Kuvassa 4 näytetään työhön valittu Growatt 8kW 2 MPPT 3-vaiheinvertteri, joka toimii Longi HI-MO5 HC-aurinkopaneelien kanssa. Invertterille on myös oma älypuhelinsovelluksensa, johon tarvitaan invertterin mukana tullutta Wi-Fi-moduulia yhteyden luomiseen. Invertterin maksimaalinen hyötysuhde on 98,6 % (Aurinkosähkötukku, i.a.-b).



Kuva 4. Opinnäytetyön invertteri ja Wi-Fi moduuli (Kananoja, 2023).

5.3 Invertterin älypuhelinsovellus

Invertterin älypuhelinsovelluksella pystyy seuraamaan aurinkosähkövoimalan sähkön tuottoa. Sovelluksella näkee myös, mitä voimala on tuottanut kytkennän alusta nykypäivään saakka. Mikäli käyttäjä omistaisi useamman samanmerkkisen aurinkovoimalan, sovelluksella pystyisi näkemään kaikkien aurinkovoimaloiden tilanteen. Kuvassa 5 esitetään älypuhelinsovelluksen kolme perusnäkömää.



Kuva 5. Invertterin älypuhelinsovelluksen eri näkömiä (Kananoja, 2023).

6 PLEJD-ÄLYOHJAUS

Pääluvussa kerrotaan Plejd-järjestelmästä kokonaisuutena sekä siitä, miten sitä hyödynnettiin opinnäytetyössä. Pääluke sisältää opinnäytetyössä käytettyjen Plejd-laitteiden toimintaperiaatteet sekä ominaisuudet.

6.1 Plejd-järjestelmä

Plejd on pohjoismainen johtava älyvalaisinratkaisujen toimittaja (Plejd, i.a.-d). Järjestelmä on alun perin tarkoitettu ohjaamaan valaistusta, mutta sitä pystyy soveltamaan muihinkin tarkoituksiin.

6.2 Plejd opinnäytetyössä

Älyohjauksen perimmäinen idea opinnäytetyössä on hyödyntää aurinkovoimalasta saatua sähköä tehokkaammin. Aurinkovoimalasta kulkeutuu sähkö kaikkialle taloon, ja kohteeseen asennetulla Plejd-järjestelmällä voi ohjata erikseen ulkoaltaan sähkölämmitintä ja lämminvesivaraajaa. Tämä mahdollistaa aurinkosähkön paremman hyödyntämisen. Ulkoaltaan lämmitys vie kesällä paljon sähköä, joten se voidaan kytkeä päälle päivällä, kun aurinkoa on saatavilla. Näin uima-allas on lämmin iltapäivällä käyttöä varten, ja sama pätee myös lämminvesivaraajaan. Plejd on osana IOT:ta, ja tämä onkin edistyksellinen askel koko rakennukselle.

6.3 Plejdin langaton painike

Plejd-järjestelmä hyödyntää bluetooth-tekniikkaa kytkimien välillä, joten erillistä johdotusta ei valaisinpainikkeille tarvitse asentaa (Plejd, i.a.-c). Painikkeessa on paristo, joka kestää 15 vuotta. Painikkeen bluetoothin kantama on 10 metriä, ja se kiinnitetään tarralla esimerkiksi seinään. Kuvassa 6 näytetään Plejdin langaton painike.

Langaton painike

WPH-01



Kuva 6. Plejdin langaton painike (Plejd, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

6.4 Plejd-kaksoisrele

Kytkimen lisäksi toimintaan tarvitaan myös kaksoisrele, joka ohjaa toimintoja päälle ja pois. Kaksoisreleessä on nimensä mukaisesti kaksi kosketinta, eli sillä onnistuu kahden erillisen kuorman ohjaus (Plejd, i.a.-b). Ohjattavat kuormat opinnäytetyössä olivat ulkoaltaan sähkölämmitin ja lämminvesivaraaja. Kuvassa 7 näytetään Plejd-kaksoisrele.

Kaksoisrele

REL-02
SNRO. 26 189 92

Kuva 7. Plejd-kaksoisrele (Plejd, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

6.5 Plejd Gateway -laite

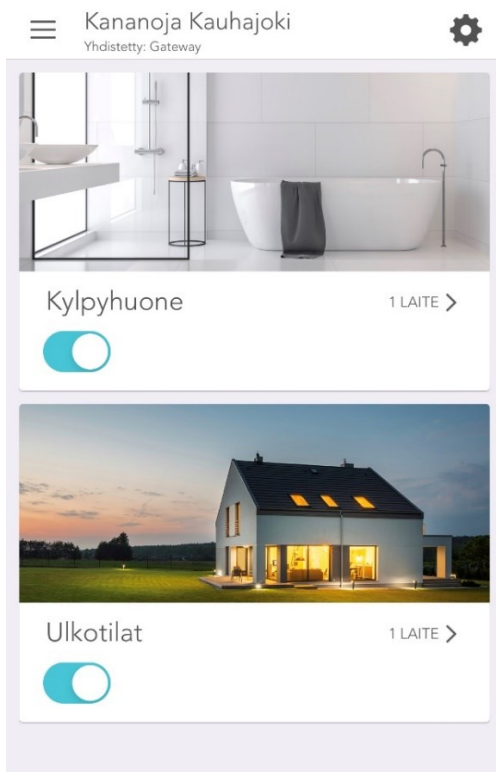
Plejd-järjestelmään on mahdollista lisätä Gateway-laite, joka mahdollistaa muiden laitteiden kuten valaistuksen ohjauksen etänä internetin välityksellä (Plejd, i.a.-a). Gateway-laitteen lisäksi on asennettava Plejd-sovellus älypuhelimeen, jolla etäohjaus tapahtuu. Gatewayn avulla Plejd-järjestelmä on myös mahdollista linkittää Google Home- ja Apple HomeKit -sovelluksiin. Sähkökatkoksen sattuessa Gateway-laite pitää paristonsa ansiosta asetetut aikatoiminnot oikeassa ajassa. Kuvassa 8 näytetään Plejd Gateway -internetyksikkö.



Kuva 8. Plejd Gateway (Plejd, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

6.6 Plejd-sovellus

Plejd-älypuhelinsovelluksella onnistuu ohjaus etänä riippumatta sijainnista (Plejd, i.a.-a). Sovelluksella pystyy suoran ohjauksen lisäksi ajastamaan laitteet päälle ja pois. Sovelluksella voi aktivoida valituille laitteille "lomatilan", jolla saa esimerkiksi valaistuksen himmennettyä tai sytytettyä päälle ja pois tiettyinä aikoina ikään kuin asunnossa olisi joku kotona. Kuvassa 9 esitellään Plejd-sovelluksen perusnäky.



Kuva 9. Plejd-älypuhelinsovelluksen perusnäky (Kananoja, 2023).

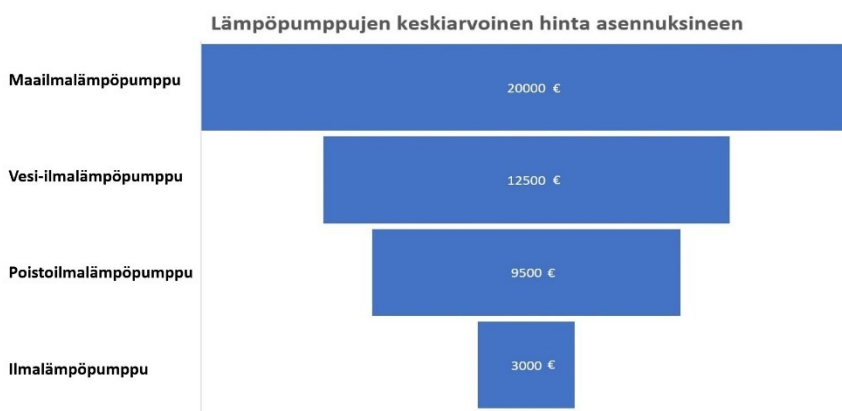
7 LÄMPÖPUMPPUENERGIA

Tässä pääluvussa kerrotaan lämpöpumpun yleistymisestä Suomessa, sekä miten ilmalämpöpumppu toimii. Luvussa selvitetään lämpöpumpun toimintaperiaate ja tärkeimpien osien tehtävät.

7.1 Lämpöpumput Suomessa

Lämpöpumput ovat yleistyneet Suomessa paljon, sillä vuonna 2022 lämpöpumppuja myytiin 50 % enemmän kuin vuonna 2021 (Suomen lämpöpumppuyhdistys, 2023). Ilmalämpöpumppuja myytiin 60 % enemmän vuonna 2022 verrattuna vuoteen 2021. Lämpöpumpuilla pystytään saavuttamaan huomattavia määriä säästöjä rakennusten sähkölaskuissa, joten se on myös ilmastoteko (Motiva, i.a.-b).

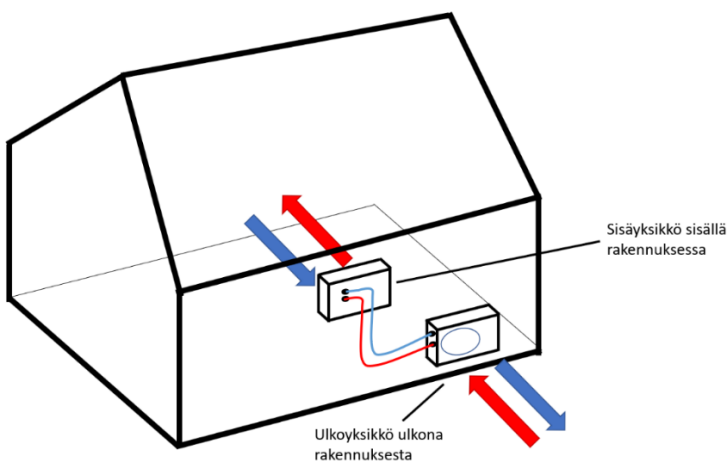
Lämpöpumpputyyppeihin kuuluvat ilmalämpöpumput, ilmavesilämpöpumput ja maalämpöpumput. Ilmalämpöpumput ovat yleisin lämpöpumpputyyppeistä, toiseksi yleisin on maalämpöpumppu, kolmanneksi ilmavesilämpöpumppu ja neljänneksi yleisin on poistoilmalämpöpumppu (CTC Suomi, 2017). Kuvassa 10 kerrotaan suuntaa antavasti eri lämpöpumppujen hinnoista asennuksineen.



Kuva 10. Lämpöpumppujen keskiarvoiset hinnat asennuksineen (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

7.2 Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate

Ilmalämpöpumpun ulkoyksikön läpi virtaa ilmaa noin 1000 m³ tunnissa, ilma kulkee höyrystinpatterin läpi ja jäähtyy noin 5 astetta (Sulpu, i.a.). Tämä energia käytetään kylmäaineen höyrystämiseen suljetussa piirissä. Ulkoyksikön kompressorin lisää höyrystävää painetta ja lämpötilaa ennen kuin se syötetään sisäyksikköön. Siellä kylmäaine lauhtuu ja vapauttaa talon sisäilmaan lämmitykseen tarvittavan energian. Lauhtunut kylmäaine palautuu ulkoyksikköön ja paisuntaventtiiliin kautta uudelleen höyrystettäväksi ulkoilman avulla. Tämä prosessi mahdollistaa lämmön siirtämisen sisätiloihin jopa -15 – -30 asteen pakkasessa. Kuvassa 11 havainnollistetaan ilmalämpöpumpun toimintaperiaate sisätilojen ilman lämmityksessä.



Kuva 11. Ilmalämpöpumpun toimintaperiaate (Kananoja, 2023).

7.3 Ilmalämpöpumpun osien tehtävät

Ilmalämpöpumpun pääosat ovat ulko- ja sisäyksikkö. Kylmäaine kiertää suljetussa piirissä sisä- ja ulkoyksikön välillä (Scanoffice, i.a.-d). Ulkoyksikön tehtävä on kierrättää ulkoilmaa lävitseen jäähdyttää se silloin, kun tarkoitus on lämmittää sisäilmaa (Motiva, i.a.-b). Ulkoyksikössä olevan kompressorin tehtävänä on puristaa ulkoilman lämpö sisäyksikölle, joka siirtää lämmön kylmäaineen avulla sisätiloihin.

Tämän opinnäytetyön kohteeseen piti asentaa kondenssivesipumppu poistamaan sisäyksikön sisäilmasta keräämää vettä, koska sisäyksiköstä menevää kylmäaineputkistoa ei

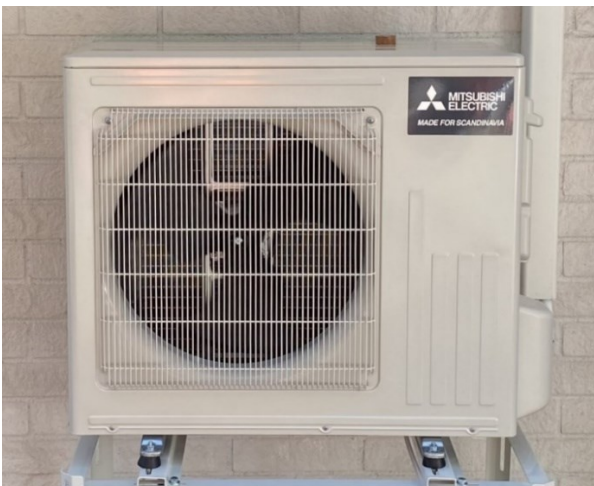
ollut mahdollista tehdä kulkemaan alaspäin maan vetovoiman avustamana ulkoyksikölle (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

7.4 Kohteen lämpöpumppu

Kohteeseen valikoitui Mitsubishin rw 35vghz-sc -ilmalämpöpumppu. Ilmalämpöpumppu on suorasähkölämmitteiseen omakotitaloon erinomainen vaihtoehto sen edukkaan hyötysuhteen takia, sillä vesikiertojärjestelmää ei tarvitse luoda (Käpylehto, 2016, s. 50). Mitsubishin RW-mallisto soveltuu hyvin Suomeen, sillä se lämmittää sisäilmaa erittäin hyvin vielä alhaisissakin ulkolämpötiloissa, jopa -35 °C :ssa (Scanoffice, i.a.-c). Kohteen ilmalämpöpumppu on varustettu 3D i-see-sensorilla.

7.5 Mitsubishi RW35VGHZ-SC

Mitsubishi rw35:n lämmitysteho on $1,1\text{--}7,0\text{ kW}$ riippuen ulkolämpötilasta, jolloin ottoteho laitteessa on $0,81\text{ kW}$ (Scanoffice, i.a.-b). Jäähdytysteho on laitteessa $1,0\text{--}4,0\text{ kW}$, ja talöin ottoteho on $0,77\text{ kW}$. Kuvassa 12 näytetään Mitsubishi rw35:n ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö. Kuvassa 13 näytetään Mitsubishi rw35:n ilmalämpöpumpun sisäyksikkö.



Kuva 12. Kohteen ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö (Kananoja, 2023).



Kuva 13. Kohteen ilmalämpöpumpun sisäyksikkö (Kananoja, 2023).

7.6 3D i-see-sensor

Kohteen ilmalämpöpumpussa oleva 3D i-see-sensori ohjaa lämmön automaattisesti infrapuna-

natunnistimen avulla (Scanoffice, i.a.-a). Mikäli sensori ei havaitse ihmisiä, se pudottaa sisälämpötilaa automaattisesti. Näin ei turhaan lämmitetä tyhjää rakennusta. Sensori kytkeytyy päälle havaitessaan ihmisen tilassa. Sensorin voi myös asettaa ohjaamaan ilmavirta ihmistä kohti. Lisäksi sensorin saa kytkettyä pois päältä. Kuvassa 14 näytetään Mitsubishi rw35:n ilmalämpöpumpun sisäyksikön 3D i-see-sensori.



Kuva 14. Kohteen ilmalämpöpumpun i-see-sensor (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökoh-
tainen tiedonanto, 2023).

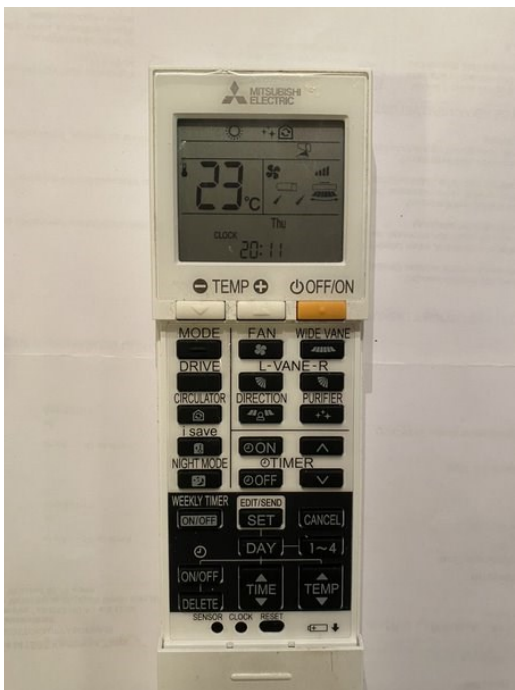
7.7 Ohjaus ilmalämpöpumpulle

Ohjaus ilmalämpöpumpulle tapahtuu pumpun omalla kaukosäätimellä (Mitsubishi Electric, 2021, s. FI-7). Kaukosäätimessä on paljon toimintoja, joilla pystyy asettamaan esimerkiksi

sopivan lämpötilan. Älypuhelinsovelluksella voi ohjata lämpöpumppua etänä internetin välityksellä (Mitsubishi Electric, 2021, s. FI-15-17). Kuvassa 15 näytetään kohteen ilmalämpöpumpun kaukosäädin.

Ohjaimella on kolme päätoimintoa (Mitsubishi Electric, 2021, s. FI-6):

1. Wide room-toiminto – Suunniteltu isoon huoneeseen, joka lisää ilmavirtaa savuttaakseen tasaisemman jakautumisen huoneessa. Tämä toiminto kuluttaa eniten sähköä.
2. Quiet-toiminto – Pienentää laitteen ilmavirtaa ja myös käyttöääntä.
3. Eco-toiminto – Käyttää laitetta virtaa säästäen ja vaimentaen enimmäiskapasiteettia.



Kuva 15. Mitsubishi RW 35 ilmalämpöpumpun kaukosäädin (Kananaja, 2023).

Ilmalämpöpumppua pystyy ohjaamaan viikkoajastimella, joka on hyvä tapa säästää lämmityskuluissa enemmän (Mitsubishi Electric, 2021, s. FI-13). Viikkoajastimen voi asettaa esimerkiksi pitämään lämpötila 24 asteessa ihmisten ollessa asuintiloissa, ja mikäli asuintiloissa ei ole ihmisiä, lämpötila voi olla 16 astetta.

8 JÄRJESTELMÄN MITOITUS

8.1 Aurinkosähkijärjestelmän mitoitus

Tässä kohteessa asiakkaan päätarkoitus on käyttää itse suurin osa tulevasta aurinkosähköstä, joten mitoitus oli myös sen mukainen. Aurinkosähkijärjestelmän koko lasketaan normaalisti kolmas- tai neljäsosaksi kohteen vuotuisesta sähkönkulutuksesta (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023). Kohteen sähkön vuosikulutus on 21 976 kWh. Jos järjestelmä olisi laskettu sähkön vuosikulutuksen kolmasosan perusteella tulokseksi olisi saatu 7 318 kWh:n järjestelmä. Jos järjestelmä lasketaan neljäsosakulutuksen perusteella, saadaan 5 494 kWh:n järjestelmä. Asiakkaan toiveen mukaan päädyttiin hankkimaan 8,1 kWp:n järjestelmä, sillä kesäisin kuluu sähköä paljon ulkouima-altaan sähkölämmitykseen.

8.2 Ilmalämpöpumpun mitoitus

Ilmalämpöpumpun mitoitukseen käytettiin karkeaa arviota 1 kW per 20 m² (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023). Opinnäytetyöhön valitun ilmalämpöpumpun maksimilämmitysteho on 7,0 kW, joten sillä lämmittää 140 m². Opinnäytetyön omakotitalo on asuintilakooltaan 180 m², josta ilmalämpöpumpulla on tarkoitus lämmittää noin 120 m²:n kokoinen alue. Tästä päästään johtopäätökseen, että pumppu on hieman yliimitettu rakennukseen. Pumpun suuren tehon ansiosta sillä pystyy lämmittämään asuintiloja myös talven yli.

9 JÄRJESTELMIEN SUUNNITTELU

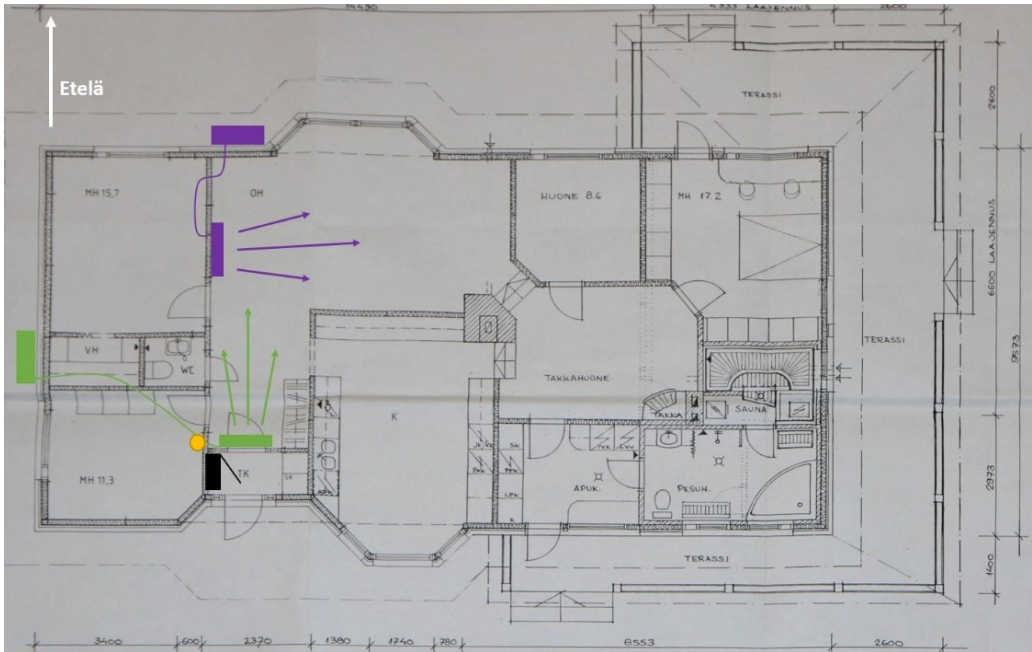
9.1 Ilmalämpöpumpun suunnittelu

Opinnäytetyön suunnittelu alkoi ilmalämpöpumpusta. Ensimmäisenä valittiin halutun tehoinen ilmalämpöpumppu kohteeseen. Yleensä tämän kokoiseen (120 m²) sisätilaan asennetaan Mitsubishin RW 25 -mallinen ilmalämpöpumppu (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023). Asiakas halusi rakennukseen hieman suuritehoisemman pumpun, että sitä voisi käyttää melkein koko talven ajan. Tästä päädyttiin hankkimaan asetta isompi pumppu Mitsubishin RW 35. Seuraavaksi tutkittiin sisäyksikölle suotuisa paikka pohjapiirustuksesta, jossa yksikkö saisi sisäilman kiertämään tehokkaasti rakennuksessa.

Sisäyksikkö suunniteltiin aluksi olohuoneeseen, jossa sillä olisi paras sijainti tehokkuuden puolesta, mutta asiakas halusi sisäyksikön eteiseen, jossa se ei olisi niin näkyvällä paikalla. Tämän takia huomattiin, ettei kylmäaineputkisto ole laskeva sisäyksiköltä ulkoyksikölle, joten työhön lisättiin kondenssivesipumppu pumpaamaan sisäyksikölle muodostuva vesi ulos.

Ulkoyksikölle suunniteltiin järkevä paikka ulkoseinän viereen. Ulkoyksikkö kannatti sijoittaa paikalle, jossa ei ole makuuhuonetta aivan vieressä, sillä ulkoyksiköstä lähtevä ääni voi olla ajoittain häiritsevää. Ilmalämpöpumpun kylmäaineputkisto suunniteltiin kulkemaan sisäyksiköstä ulkoyksikölle käytännössä suorinta reittiä välikaton kautta.

Kuvassa 16 on violetilla merkitty ensimmäinen ehdotelma sisä- ja ulkoyksikön paikalle. Vihreällä merkatut yksiköt muodostuivat pumpun yksiköiden lopulliseksi sijainniksi. Keltaisella on merkattu kondenssivesipumpun sijainti.



Kuva 16. Pohjapiirros ja ilmalämpöpumpun yksiköiden suunnittelusijainnit (Kanaoja, 2023).

9.2 Aurinkosähkövoimalan suunnittelu

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa ensimmäisenä tarkastettiin katon suuntaus aurinkoon nähden ja huomattiin katon olevankin täydellisesti etelään päin (atsimuuttikulma oli 0°). Kohteen katon katemateriaali on musta palahuopa. Katon kokonaispinta-ala on 220 m² ja etelän puoleinen lape, johon aurinkopaneelit asennetaan, on pinta-alaltaan noin 90 m².

Huopakatto oli jyrkkyydeltään 22°, ja täten työskentely katolla oli turvallista. Aurinkosähkön kannalta paras asennuskulma Suomessa on 35–45°, joten tällä katolla ei saada aivan maksimaalista hyötyä irti aurinkopaneeleista. Kattoa tarkastaessa huomioitiin, syntykö katon varjostumia, jotka haittaisivat aurinkovoimalan toimintaa. Huomattiin, että varjostumia osuu hieman katon kaakkoisosioon tontilla sijaitsevista puista. Kuvassa 17 näytetään katon etelälape, jonne aurinkopaneelit olisi kannattavaa kohteessa asentaa.



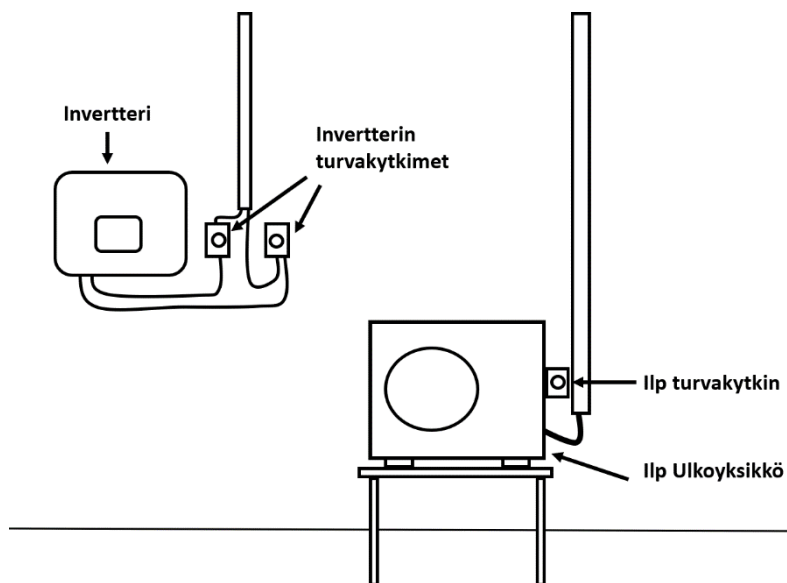
Kuva 17. Kohteen omakotitalon katon etelälape (Kananoja, 2023).

Seuraavaksi aloitettiin aurinkovoimalan aurinkopaneelien sijainnin luonnostelu katolle. Katolle tehtiin myös kuntokartoitus suunnitelmaa luotaessa. Luonnostelman jälkeen mitoitettiin tarvittavan tehoinen aurinkosähköjärjestelmä rakennukselle. Mitoitus perustui rakennuksen sähkön aiempaan vuosikulutukseen ja sähkön tarpeeseen kesällä. Lisäksi katon koko vaikutti aurinkovoimalan kokoon. Mitoituksen jälkeen mietittiin aurinkopaneelien paikka katolle siten, että saataisiin mahdollisimman paljon säteilyä auringosta heti aamusta. Aurinkopaneelit suunniteltiin katon etelälappeen luoteisosaan. Kuvassa 18 on suunnitelma kohteen katon aurinkopaneelien sijainnille, ja kuvaan on myös merkattu, minne varjostumat yltävät tontilla olevista puista.



Kuva 18. Aurinkopaneelien suunniteltu sijainti katolla (Kananoja, 2023).

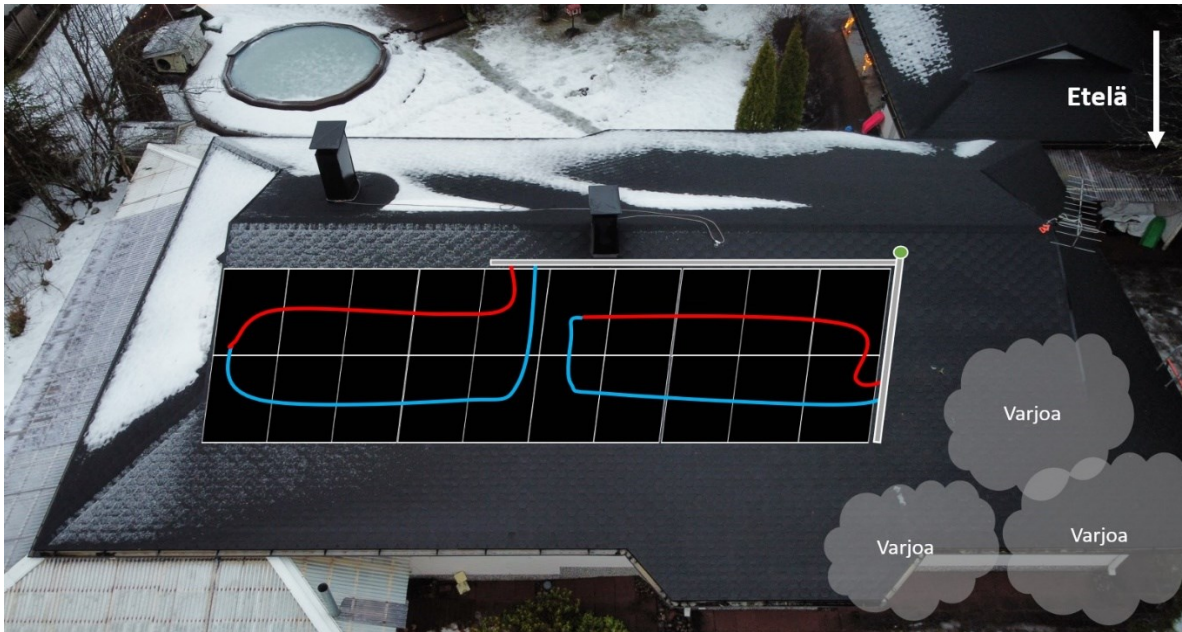
Aurinkopaneelien paikan selvittämisen jälkeen mietittiin järkevä paikka aurinkosähköjärjestelmän invertterille. Invertteri suunniteltiin ulkoseinälle lähelle ilmalämpöpumpun ulkoyksikköä, joten ilmalämpöpumpun ulkoyksikkö, aurinkosähköjärjestelmän invertteri sekä laitteiden katkaisimet suunniteltiin samalle ulkoseinälle vieretysten. Kuvassa 19 on luonnos telma ulkoseinustalle tulevista yksiköistä.



Kuva 19. Ilmalämpöpumpun, invertterin sekä turvakytkimien suunnitelma ulkoseinälle (Kannanoja, 2023).

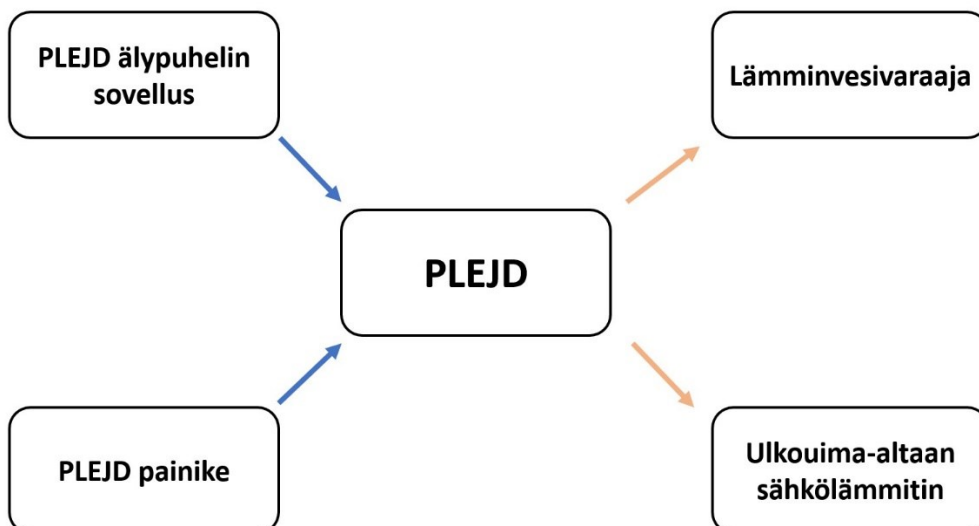
Katon etelälapeelle alettiin suunnittelemaan ja mittaamaan aurinkopaneelien telineiden sijaintia sekä samassa suunniteltiin paneeleilta tulevien johtojen reitit invertterille. Telineet suunniteltiin neljään riviin, jotta aurinkopaneelit saataisiin niiden päälle kahteen riviin.

Kohteen invertterissä on mahdollista jakaa aurinkovoimalan aurinkopaneelien kytkentäketju kahteen eri stringiin. Kahden stringin kytkennässä on paljon hyötyjä, sillä jos toinen ketju on varjon alla, se ei haittaa toisen stringin toimintaa. Niinpä ketju jaettiin kahteen osaan. Kuvassa 20 havainnollistetaan stringien jako, johtoreititys ja vihreällä merkattu johtojen läpivientipaikka.



Kuva 20. Aurinkopaneelien stringijako (Kananoja, 2023).

Aurinkosähköjärjestelmälle suunniteltiin Plejd-älyohjaus optimoimaan sähkön käyttöä. Tässä opinnäytetyössä Plejd-ohjausta suunniteltiin käytettävän kahteen omakotitalon eniten sähköä kuluttavaan laitteeseen, jotka ovat ulkouima-altaan sähkölämmitin ja lämminvesivaraaja. Huolellisen suunnittelun jälkeen tilattiin kaikki tarvittavat osat aurinkosähkövoimalalle. Kuviossa 4 esitetään, miten Plejd-älyohjaus toimii opinnäytetyössä.



Kuvio 4. Kohteen Plejd-älyohjauksen toimintaperiaate (Kananoja, 2023).

10 JÄRJESTELMIEN ASENNUS

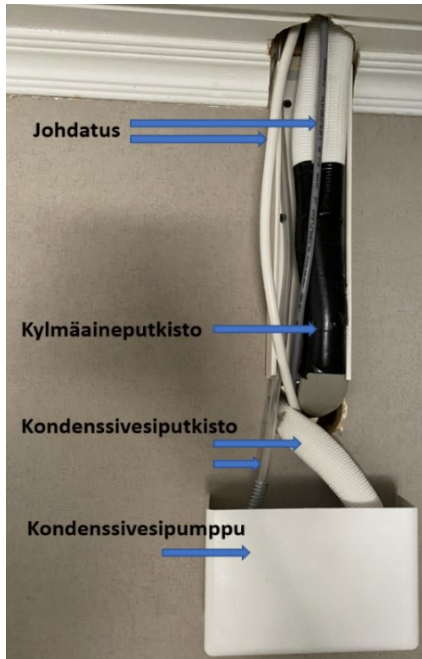
10.1 Ilmalämpöpumpun asennus

Opinnäytetyön fyysiset työvaiheet aloitettiin suunnittelun tavoin ilmalämpöpumpun asennuksesta. Työ alkoi ulko- ja sisäyksikön kiinnittämisellä suunnitelluille paikoilleen. Kun yksiköt olivat oikeissa paikoissa, luotiin läpivientiaukot seinä- ja sisäkattorakenteisiin kylmäaineputkistolle. Kylmäaineputkiston kanssa kulki yhdistetysti sisäyksiköltä kondenssivesiputki sekä sähköjohdotus sisäkaton kautta ulos ulkoyksikölle. Kuvassa 21 näytetään reititys ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä ulkoyksikölle.



Kuva 21. Kylmäaineputkiston, sähköjohdon ja kondenssivesiputken reititys (Kananoja, 2023).

Kohteeseen lisättiin suunnitelman mukaisesti kondenssivesipumppu, joka sijoitettiin sisäyksikön läheisyyteen viereiseen huoneeseen. Kuvassa 22 on selostettu ilmalämpöpumpun sisäyksiköstä ulkoyksikköön kulkevat johdot, kylmäaineputkisto sekä kondenssivesipumpun putkisto.



Kuva 22. Kondenssivesipumppu asennettuna (Kananoja, 2023).

Seuraavana vuorossa oli ilmalämpöpumpun turvakytkimen asennus. Turvakytkin sijoitettiin ja kytkettiin ulkoyksikön viereen ulkoseinustalle. Kytkennän jälkeen aloitettiin kylmäaineen pumppaaminen järjestelmään. Kuvassa 23 ilmalämpöpumpputermostatukseen lisätään kylmäaine r32.



Kuva 23. Kylmäaineen lisäys ilmalämpöpumpun yksikköön (Kananoja, 2023).

Kylmäaineen lisäyksen jälkeen suoritettiin laitteiston sähköiset kytkennät, joiden jälkeen ilmalämpöpumpun asennus oli valmis käyttöä varten. Kuvassa 24 Seinäjoen Sähköteknikka suorittaa viimeisiä kytkentöjä ilmalämpöpumpun ulkoyksikölle.



Kuva 24. Ilmalämpöpumpun viimeiset kytkennät (Kananoja 2023).

Kuvassa 25 nähdään ilmalämpöpumpun sisä- ja ulkoyksikön asennuksen lopputulos. Ulkoyksikön vieressä on turvakytkin asennettuna seinään.



Kuva 25. Ilmalämpöpumpun asennuksen lopputulos (Kananoja, 2023).

10.2 Aurinkosähköjärjestelmän asennus

Maailmalla oli opinnäytetyötä tehdessä materiaalipula, jonka takia aurinkovoimalan osilla kesti odotettua kauemmin saapua työmaalle. Aurinkovoimalan asennus päästiin aloittamaan joulukuun lopussa vuonna 2022.

Aurinkosähkövoimalan fyysinen osa alkoi aurinkopaneelien telineiden mittojen merkitsemisellä katolle. Telineet kiinnitettiin katolle neljään riviin, että saataisiin aurinkopaneelit asennettua kahteen riviin niiden päälle. Kuvassa 26 suoritetaan aurinkopaneelien telineiden mittojen merkitsemistä sekä asennusta katolle.



Kuva 26. Aurinkopaneelien mittojen merkintä katolle (Kananoja, 2023).

Aurinkopaneelien telineiden asennuksen jälkeen aloitettiin aurinkopaneelien asennus. Aurinkopaneelien asennus alkoi suunnitelman mukaan lappeen vasemmasta yläkulmasta. Kuvassa 27 telineet on mitoitettu ja asennettu paikoilleen sekä aurinkopaneelien asennus katolle aloitettu.



Kuva 27. Aurinkopaneelien asennus aloitettu (Kananoja, 2023).

Talvella aurinkovoimalaa asentaessa täytyi odottaa, että lämpötila oli mahdollisimman korkea eikä lunta ollut katolla. Hyvässä asennussäässä saatiin telineet oikeaoppisesti kiinnitettyä katolle. Aurinkopaneelien kiinnitys aloitettiin telineiden vasemmasta yläkulmasta. Ensimmäistä aurinkopaneelia kiinnittäessä täytyi olla erittäin huolellinen, jotta sai aurinkopaneelin 500 µm:n tarkkuudella suoraan. Jos ensimmäinen aurinkopaneeli olisi vinossa, virhe moninkertaistuisi toisessa päässä riviä. Kuvassa 28 on aurinkopaneelit asennettuna kahteen riviin katolle.



Kuva 28. Aurinkopaneelit kiinnitettynä (Kananoja, 2023).

Aurinkopaneelit kytkettiin aiemmin suunnitteluosiossa mainittuun kahteen stringiketjuun. Seuraavaksi aloitettiin johtoreittien kiinnitys kattoon. Opinnäytetyössä käytettiin johtoreittinä katolla lankakourua. Lankakouruun kiinnitettiin plussa- ja miinusjohdot sekä maadoitus. Lankakouruja kiinnittäessä katkaistiin paneelien oikean puolen alumiinitelineiden päädyt. Kuvassa 29 on telineiden päädyt katkaistu oikean mittaisiksi.



Kuva 29. Telineiden päätyjen katkaisu (Kananoja, 2023).

Kun lankakouru oli kiinni katolla, tehtiin katolle läpivienti ja tiivistettiin se. Tämän jälkeen alettiin vetämään johtoja invertterille. Johtoreitti kulki katon lankakouruista läpiviennille ja sieltä välikattoon. Välikattoon johdot kiinnitettiin kattotuoliin ja vedettiin sieltä alas ulkoseinälle invertterille. Kuvassa 30 näytetään johtoreititys katolta läpiviennin kautta välikattoon.



Kuva 30. Aurinkopaneelikaapelien läpivienti katolta välikatolle (Kananoja, 2023).

Seuraavaksi alkoi invertterin kiinnitys suunniteltuun paikkaan ulkoseinälle. Invertterin viereen asennettiin tarvittavat tasa- ja vaihtovirtaturvakatkaisimet sekä maadoituskisko. Johdatus ulkoseinällä tuotiin alumiiniputkea pitkin. Kuvassa 31 opinnäytetyön suorittaja (Kattofixsaus Kananoja) sekä Seinäjoen Sähkötekniikka suorittavat kytkentöjä invertterille.



Kuva 31. Invertterin sekä turvakytkimien asennus (Kananoja, 2023).

Seuraavaksi asennettiin katon lankakouruille kannet ja tuotiin johdot invertteriltä eteisen sähkökaappiin. Tämän jälkeen Plejd-älyohjauksen asennus aloitettiin. Kuvassa 32 näytetään aurinkosähkövoimalan lopullinen asennustulos.



Kuva 32. Valmis aurinkosähkövoimala (Kananoja, 2023).

10.3 Plejd-älyohjauksen asennus

Plejd-järjestelmän moduulikotelo kiinnitettiin eteiseen sähkökaapin viereen. Moduulikoteloon asennettiin kaikki tarvittavat osat sekä linkitettiin kaksinapainen bluetooth-katkaisin. Katkaisimen paikkaa ei vielä työn aikana päätetty. Katkaisimen saa kiinnitettyä mukana tulleella tarrakiinnikkeellä. Kuvassa 33 suoritetaan viimeisiä kytkentöjä Plejd-älyohjauksen asennukselle. Kuvassa 34 näytetään Plejd-älyohjauksen lopullinen asennustulos.



Kuva 33. Plejd-järjestelmän asennus (Kananoja, 2023).



Kuva 34. Asennettu Plejd-järjestelmä (Kananoja, 2023).

10.4 Turvallisuus

Opinnäytetyötä tehdessä käytettiin laadukkaita työvaatteita sekä turvavarusteita. Erityisesti katolla työskennellessä käytettiin turvalajaita, katolle soveltuvia turvajalkineita sekä suojakypärää. Opinnäytetyöhön osallistuneilla henkilöillä oli kaikilla työturvallisuus-, sähkötyöturvallisuus- ja tulityökortti.

11 JÄRJESTELMÄN ASENNUSTARVIKKEET

Tässä pääluvussa mainitaan kaikki pääasialliset asennustarvikkeet, joita käytettiin opinnäytetyön toteutukseen. Aurinkosähköjärjestelmän asennustarvikkeet hankki opinnäytetyön suorittaja. Ilmalämpöpumpun ja Plejd-älyohjauksen asennustarvikkeet hankki Seinäjoen Sähkötekniikka.

11.1 Asennustarvikelista aurinkovoimalalle

Aurinkovoimalaa asennettaessa käytettiin seuraavanlaisia osia:

- 20,00 kpl Longi HI-MO5 HC täysmusta aurinkopaneeli, 405W
- 1,00 kpl täydellinen kiinnikejärjestelmä
- 1,00 kpl Growatt 8kW 2 MPPT 3-vaihe IP 65 invertteri
- 1,00 pari MC4, 4-6mm² käsin liitettävä liitinpari + ja –
- 1,00 kpl turvakytkin NSD316DV NEWLEC
- 1,00 kpl turvakytkin DCM425 4x25A
- 50 m 1x6mm² musta solar aurinkopaneelikaapeli
- 50 m 1x6mm² punainen solar aurinkopaneelikaapeli
- 50 m 1x6mm² keltavihreä solar aurinkopaneelikaapeli
- kaapelireititykseen tarvittavat lankakourut + kannet, läpiviennit ja varoitustarrat.

11.2 Asennustarvikelista Plejd-älyohjaukselle

Plejd-älyjärjestelmää asennettaessa käytettiin seuraavanlaisia osia:

- moduulikotelo
- kaksoisrele
- johdonsuojakatkaisin
- kontaktori
- langaton bluetooth-katkaisin 2-napainen
- Gateway-internetohjauslaite.

11.3 Asennustarvikelista ilmalämpöpumpulle

Ilmalämpöpumppua asennettaessa käytettiin seuraavanlaisia osia:

- ulkoyksikkö
- sisäyksikkö
- kylmäaineputkisto
- kondenssivesipumppu
- kylmäaine r32
- ohjauskaukosäädin
- mmj 5x2,5 mm² -sähkökaapeli.

12 JÄRJESTELMÄN TESTAUS

Ensimmäisessä aurinkosähkövoimalan koekäytössä toinen stringi ei tuottanut virtaa. Vika löytyi yhden aurinkopaneelin takaa, jossa oli jäänyt kahden paneelin välinen kytkentälentki kytkemättä. Aurinkopaneelien välinen kytkentä korjattiin. Toisessa aurinkosähkövoimalan koekäytössä molemmat stringit tuottivat sähköä normaalisti ja aurinkosähkövoimala saatiin käyttöön. Ilmalämpöpumpun koekäyttö onnistui ensimmäisellä kerralla, ja pumppu saatiin käyttöön välittömästi. Plejd-älyohjausjärjestelmä saatiin heti käyttöön. Kuvassa 35 näytetään aurinkopaneelin takana kytkemättä jäänyt kytkentälentki.



Kuva 35. Kytkemättä jäänyt lenkki (Kananoja, 2023).

13 TULOKSET

Tässä pääluvussa kerrotaan, mitä kohteen omakotitalon vuosikulutus oli ennen kaikkien järjestelmien asennusta ja mitä se tulevaisuudessa on järjestelmien asennuksen jälkeen.

13.1 Rakennuksen sähkön vuosikulutus ennen järjestelmän asennusta

Omakotitalon sähkön kulutus vuonna 2021 ennen koko järjestelmän asennusta oli noin 22 000 kWh vuodessa (liite 1). Tähän vuosikulutukseen perustui ilmalämpöpumpun sekä aurinkosähköjärjestelmän teho.

13.2 Ilmalämpöpumpun tulokset

Ilmalämpöpumpun hyötysuhteeseen vaikuttaa moni tekijä. Ilmalämpöpumpun hyötysuhde muodostuu pumpun tehosta, rakennuksen iästä sekä sisäyksikön sijainnista (Seinäjoen Sähkötekniikka, henkilökohtainen tiedonanto, 2023).

Opinnäytetyön ilmalämpöpumpun sisäyksikköä ei asennettu hyötysuhteeltaan parhaaseen sijaintiin, koska asiakas ei halunnut sen olevan liian näkyvällä paikalla. Vuosikulutusta saatiin noin 10 kuukaudessa laskettua pelkällä ilmalämpöpumpulla noin 2100 kWh (liite 1, liite 2). Täytyy ottaa huomioon, että ilmalämpöpumppua on käytetty ”Wide room” -tilassa, jossa se kuluttaa eniten sähköä. Lisäksi pumpulla on lämmitetty sekä jäähdytetty sisäilmaa kesäisin, jotta sisäilma olisi miellyttävämpi. ”Eco” -tilassa tulos olisi ollut parempi.

13.3 Ilmalämpöpumpun tulosarviolaskenta vuoteen 2023

Ilmalämpöpumppu asennettiin 10.5.2022, joten saimme tuloksen noin 10 kuukaudelta ennen kuin opinnäytetyö piti palauttaa. Laskelmoitu arvio tehtiin vuoden 2023 maaliskuu- ja huhtikuulle, ja siitä saatiin luotua vuosiarvio.

Maalis–huhtikuu ovat vielä suhteellisen viileitä kuukausia, joten tulosarvio laskettiin tulevan vuoden 2023 maaliskuu–huhtikuulle alla olevalla kaavalla. Laskettaessa saatavilla olevien

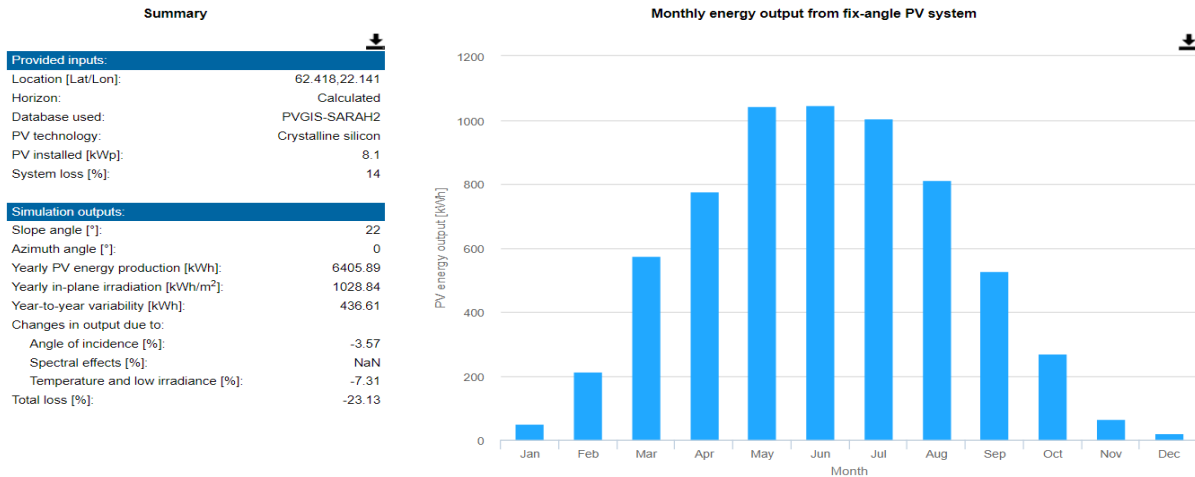
tulosten perusteella vuoden 2021–2022 (ennen ilmalämpöpumppua) kylmien kuukausien osalta (loka–helmikuun) saatiin seuraavat tulokset (liite 1, liite 2):

2021 (ennen ilmalämpöpumppua) sähkön käyttö oli kyseisinä kuukausina 10 275 kWh. Vuonna 2022–2023 (ilmalämpöpumpun asennuksen jälkeen) sähkön käyttö oli 8540 kWh. Ilmalämpöpumpun asennuksen jälkeen sähköä käytettiin kylminä kuukausina 16,89 % vähemmän verrattuna aikaan ennen ilmalämpöpumpun asennusta. Näin ollen sähkön kulutus oli ilmalämpöpumpun asennuksen jälkeen 83,11 % vertailujaksoon verrattuna.

Vuonna 2022 ennen ilmalämpöpumpun asennusta sähkön kulutus on ollut maaliskuussa 1950 kWh ja huhtikuussa 1550 kWh. Nämä kertomalla aiemmin lasketulla 83,11 % saadaan maaliskuulle 1620,65 kWh ja huhtikuulla 1288,20 kWh. Näin ollen 2023 maaliskuulla kuluu sähköä noin 260 kWh ja huhtikuulla noin 330 kWh vähemmän kuin ennen ilmalämpöpumpun asennusta. Vuodessa arvion mukaan sähköä säästyy ”Wide room” -asetuksella 2121 kWh + 262 kWh + 330 kWh = 2713 kWh.

13.4 Aurinkosähkövoimalan tulokset

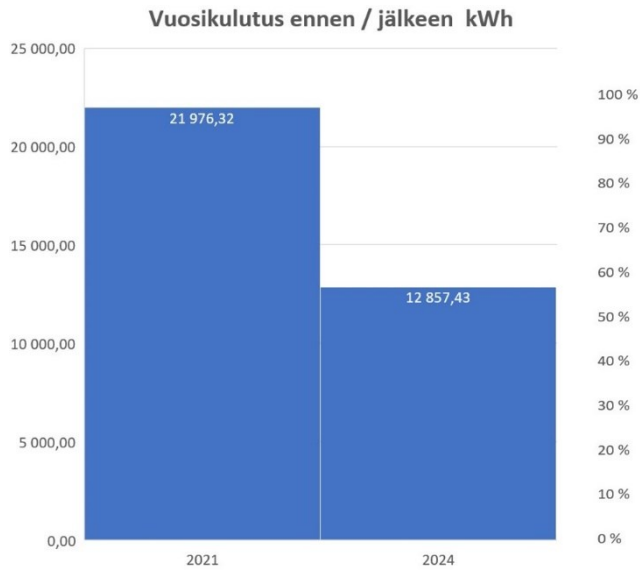
Aurinkosähkövoimala asennettiin lähellä opinnäytetyön palautusta eikä konkreettista tulosta saatu, joten käytimme internetin European Commission PVGIS Online Tool -sovellusta saadaksemme ennusteen järjestelmälle (European Commission, i.a.). Aurinkosähköjärjestelmän huipputehon ollessa 8,1 kWp se tuottaa tässä kohteessa yksityiskohdat huomioiden noin 6 405,89 kWh vuodessa. Kuvassa 36 on luotu kohteen aurinkosähkövoimalan vuosiennuste käyttämällä European Commission PVGIS Online Tool -sovellusta.



Kuva 36. Aurinkosähkövoimalan vuosiennuste tuotolle (European Commission, i.a.).

13.5 Rakennuksen vuosikulutus järjestelmän jälkeen

Ilmalämpöpumpun ja aurinkovoimalan yhteenlaskettu säästö olisi 9 118,89 kWh vuodessa. Omakotitalon vuosikulutus ennen järjestelmää oli 21 976,32 kWh ja järjestelmän asennuksen jälkeen ostotarve on laskennallisesti enää 12 857,43 kWh. Kuvassa 42 on pylväskaavio, jossa vertaillaan opinnäytetyön asennuskohteen vuosikulutusta ennen järjestelmää ja järjestelmän jälkeen. Kuvasta 37 näkee, että vuosikulutus on tulevaisuudessa vain noin 58,51 % verrattuna vuoteen ennen koko järjestelmää.



Kuva 37. Vertailu vuosikulutuksesta, vasen pylväs aiempi reaalikulutus ja oikea pylväs tuleva laskennallinen kulutus (Kananoja, 2023).

13.6 Työn tavoitteiden toteutuminen

Opinnäytetyössä tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa aurinkosähkövoimala Plejd-älyohjauksineen. Lisäksi tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa ilmalämpöpumpun käyttö ja tehdä näin sähkölämmitteisestä omakotitalosta energiatehokkaampi. Tähän asti saatujen tulosten ja laskennallisen ennusteen perusteella tavoitteissa onnistuttiin.

14 YHTEENVETO JA POHDINTAA

14.1 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada sähkölämmitteisestä omakotitalosta energiatehokkaampi aurinkosähkövoimalalla, ilmalämpöpumpulla ja sähkön älyohjauksella.

Työ alkoi tutustumalla energiatehokkuuteen, aurinkoenergiaan sekä lämpöpumpuenergi-
aan. Seuraavaksi alettiin mitoittamaan kohteeseen sopivan kokoinen ilmalämpöpumppu ja aurinkosähkövoimala. Aurinkosähkövoimalan sekä ilmalämpöpumpun kapasiteetin mitoit-
tus perustui rakennuksen sähkön vuosikulutukseen ennen järjestelmän asennusta.

Aurinkosähkövoimalan suunnittelu alkoi selvittämällä katolta tuottavin sijainti aurinkopa-
neeleille. Aurinkosähkövoimalan suunnittelussa otettiin huomioon **katon suuntaus** ete-
lään, puustosta syntyvät **varjostukset** sekä katon **kaltevuusaste**. Nämä ovat reunaehtoja aurinkosähkön kannattavuudelle. Osaksi voimalaa suunniteltiin myös Plejd-älyohjausjär-
jestelmä, joka tehostaa voimalan sähkön käyttöä.

Ilmalämpöpumpun suunnittelussa mietittiin järkevät paikat sisä- ja ulkoyksikölle, jotta jär-
jestelmä olisi mahdollisimman tehokas. Ilmalämpöpumpun sisä- ja ulkoyksikkö sijoitettiin
alkuperäisessä suunnitelmassa tehokkaimmalle mahdolliselle paikalle, mutta asiakkaan
toiveesta molempien yksiköiden sijaintia muutettiin siten, että ne eivät jääneet niin näky-
välle paikalle. Sisäyksikön uuden sijainnin takia järjestelmään täytyi lisätä kondenssive-
sipumppu, koska olemassa oleva kylmäaineputkisto sisäyksiköltä ulkoyksikköön ei ollut
alaspäin laskeva.

Työ eteni suunnitteluvaiheessa odotetulla vauhdilla, ja toteutusvaiheessa suunnitelmaan ei
ilmennyt suuria muutoksia. Tämä todennäköisesti johtui siitä, että suunnitelma oli laadittu
huolellisesti.

Työn toteutuksessa ilmalämpöpumpun asennus onnistui aikataulussa. Aurinkosähkövoi-
malan osalta asennus viivästyi aika lailla viime hetkille ennen opinnäytetyön palautusta.
Aurinkovoimalan asennus viivästyi, koska sen komponentteja täytyi odottaa

materiaalipulan takia. Komponenttien saapuessa joulukuun lopussa vuonna 2022 lisäksi täytyi odottaa hyvää asennussäätä. Lumesta, jäädästä tai muuten huonosta säästä johtuen katolle olisi ollut mahdotonta asentaa aurinkopaneelien telineitä.

Aurinkopaneelien asennus oli ainut säästä riippuva kytkentä. Aurinkosähkövoimalan invertterin sekä ilmalämpöpumpun kytkennät pystyttiin suorittamaan säästä riippumatta. Koko järjestelmän luvanvaraiset kytkennät suoritettiin Seinäjoen Sähkötekniikan asentajien toimesta.

Lopputuloksena saatiin energiatehokas hybridijärjestelmä sähkölämmitteiseen omakotitaloon. Hybridijärjestelmässä toimivat aurinkosähkövoimala, ilmalämpöpumppu sekä sähkön-älyohjaus rinnakkain. Plejd-älyohjausjärjestelmällä pystyy nyt tehokkaammin hyödyntämään aurinkosähköä. Tulevaisuudessa asiakkaan on vaivatonta ohjata järjestelmää etänä älypuhelinsovellusten avulla internetin välityksellä.

14.2 Pohdinta

Yhteistyö Seinäjoen Sähkötekniikan kanssa sujui erittäin hyvin. Jos oli kysyttävää työvaiheista, he osasivat auttaa asiassa ammattitaitoisesti.

Yksi komponentti, joka oli huopakaton läpiviennin kumitiiviste, ei ehtinyt saapua aurinkovoimalaan. Mikäli materiaalisaatavuuden tilannetta olisi alettu tutkimaan tarkemmin jo työn kulkua suunniteltaessa, olisi aurinkosähkövoimalan materiaalit tilattu reilusti etuajassa. Katolle jätettiin tilaa harjanteen eteläpuolelle, sillä asiakas oli aikeissa hankkia kattosillan koko harjan pituudelle.

Tulevaisuudessa jos kohteen sähköntarve osoittautuu kesäisin suuremmaksi kuin aurinkosähkövoimalan sähköntuotto, on mahdollista lisätä vielä yksi rivi aurinkopaneeleita eteläläppeen alaosaan, ja muutama paneeli itäläppeen alaosaan. Yhden aurinkopaneeliriviston lisäys huomioitiin jo suunnitteluvaiheessa, ja täten johtoreititys suoritettiin lankakourilla, sillä lankakourussa on reilusti tilaa uusille johdoille ja siihen on myös helppo lisätä johtoja. Normaalisti omakotitaloon asennetussa aurinkosähkövoimalassa johtoreititys suoritetaan esimerkiksi alumiiniputkistolla. Aurinkosähkövoimalalla on mahdollista ladata

sähköautoa, mutta sitä ei toteutettu tähän kohteeseen, sillä asiakkaalla ei tällä hetkellä ollut tarvetta sähköauton lataukseen.

Mielenkiintoni on noussut suuresti energiansäästöratkaisuja kohtaan opinnäytetyötä tehdessä. Opin työtä tehdessäni paljon uutta asiaa aurinkopaneelien sähköntuottoprosessista sekä erityisesti aurinkosähkövoimalan asennuksesta itsenäisesti, vaikka olin ollut alalla töissäkin. Jatkossa on erittäin mielenkiintoista seurata, miten paljon koko järjestelmä todellisuudessa säästää kohteen sähkölaskuissa.

Koko hybridijärjestelmä toteutettiin periaatteella "**Go big or go home**", eli järjestelmä toteutettiin ylisuurena. Ylimoitettu järjestelmä oli asiakkaan toive, joka oli myös kannattava päätös, kun mietitään kohteen yksityiskohtia sekä tarpeita. Omalle yrityksellenikin tästä on potentiaalista hyötyä tulevaisuutta katsoen, sillä tunnistan tämänhetkisen kysynnän sekä yksityis- että taloyhtiöasiakkailla sähköntuotannon omavaraisuusasteen korottamisessa.

LÄHTEET

Aurinkosähkötukku. (i.a.-a). *Tekniset tiedot*. <https://aurinkosahkotukku.fi/tuote/81-kw-growatt-longi-full-black-aurinkovoimala-20-paneelia/>

Aurinkosähkötukku. (i.a.-b). *Tekniset tiedot Growatt*. <https://aurinkosahkotukku.fi/tuote/81-kw-growatt-longi-full-black-aurinkovoimala-20-paneelia/>

CTC Suomi. (i.a.). *Siksi yhä useampi valitsee lämpöpumpun kotiinsa*. [Siksi yhä useampi valitsee lämpöpumpun kotiinsa \(ctclampo.fi\)](https://ctclampo.fi)

European Commission. (i.a.). *Photovoltaic geographical information system*. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

Finder. (i.a.-a). *Kattofiksaus Kananoja / Kananoja Group Oy*. <https://www.finder.fi/Maalausliike/Kattofiksaus+Kananoja/Sein%C3%A4joki/yhteystiedot/3877718>

Finder. (i.a.-b). *Seinäjoen Sähkötekniikka / Alahärmän Sähkö Oy*. <https://www.finder.fi/S%C3%A4hk%C3%B6ty%C3%B6t/Sein%C3%A4joen+S%C3%A4hk%C3%B6tekniikka/Sein%C3%A4joki/yhteystiedot/3550472>

Käpylehto, J. (2016). *Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen*. Into Kustannus.

Lumme Energia. (i.a.). *Mitä half cut -aurinkopaneeli tarkoittaa?* <https://www.lumme-energia.fi/tietopankki/mita-half-cut-aurinkopaneeli-tarkoittaa>

Mitsubishi Electric. (2021). *Split-type air conditioners*.

Motiva. (i.a.-a). *Auringonsäteilyn määrä Suomessa*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Motiva. (i.a.-b). *Ilmalämpöpumppu ILP*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu

Nieminen, K. (2023). *Sähkön hinnan nousu jatkunut voimakkaana — kolme näkökulmaa sähkön hintakehitykseen*. Stat. <https://www.stat.fi/tietotrendit/blogit/2023/sahkon-hinnan-nousu-jatkunut-voimakkaana-kolme-nakokulmaa-sahkon-hintakehitykseen/>

Passiivikivitalot. (i.a.). *Omakotitalon energiatehokkuus ja energiatodistus*. <https://www.pas-siivikivitalot.fi/blogi/omakotitalon-energiatehokkuus-ja-energiatodistus>

Plejd. (i.a.-a). *Gateway*. <https://www.plejd.com/fi-fi/tuotteet/GWY-01>

Plejd. (i.a.-b). *Kaksoisrele*. <https://www.plejd.com/fi-fi/tuotteet/REL-02>

Plejd. (i.a.-c). *Langaton painike*. <https://www.plejd.com/fi-fi/tuotteet/WPH-01>

Plejd. (i.a.-d). *Tietoa Plejdistä*. <https://www.plejd.com/fi-fi/tietoja-meista>

Scanoffice. (i.a.-a). *3D i-see-sensor ohjaa lämmön sinne, missä sitä tarvitaan*. <https://scanoffice.fi/tuote/mitsubishi-electric-rw-hyper-heating-ilmalampopumppu/>

Scanoffice. (i.a.-b). *Esite_RW_0323.pdf*. <https://scanoffice.fi/tuote/mitsubishi-electric-rw-hyper-heating-ilmalampopumppu/#tuotetiedostot>

Scanoffice. (i.a.-c). *Ilmalämpöpumpulla lämmittäminen kerryttää säästöjä vuositasolla*. <https://scanoffice.fi/ilmalampopumput/opas/mika-on-ilmalampopumppu/ilmalampopumpun-sahkonkulutus/>

Scanoffice. (i.a.-d). *Miksi Mitsubishi Electric RW Hyper Heating -ilmalämpöpumppu*. <https://scanoffice.fi/tuote/mitsubishi-electric-rw-hyper-heating-ilmalampopumppu/>

Suomen lämpöpumppuyhdistys (Sulpu). (i.a.). *Ilmalämpöpumpun käyttö*. <https://www.vattenfall.fi/ilmalampopumppu/ilmalampopumpun-kaytto/>

Suomen lämpöpumppuyhdistys (Sulpu). (16.1.2023). *Lämpöpumppuja myytiin viime vuonna lähes 200 000 kappaletta: Kasvu 50 %*. <https://www.sulpu.fi/lampopumppuja-myyntiin-viime-vuonna-lahes-200-000-kappaletta-kasvu-50/>

Sähkötieto. (2020). *Automaation vaikutus rakennusten energiatehokkuuteen: ST-ohjelmisto 20* (2. p.).

Sähkötieto. (2021). *Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus: ST-käsikirja 40* (2. p.).

Tahkokorpi, M. (toim.) (2016). *Aurinkoenergia Suomessa*. Into kustannus.

Tilastokeskus. (2019). *Asumisen energiakulutus laski edelleen vuonna 2018*.

https://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_tie_001_fi.html

Vanhanen, T. (2022). *Valot päälle!* Saga Egmont. https://books.google.fi/books?id=ESFtE-AAAQBAJ&pg=PT53&dq=aurinkopaneelit&hl=fi&sa=X&ved=2ahU-KEwi8soaZj_L8AhVI57sIHTDCBGwQ6wF6BAgBEAE#v=onepage&q&f=false

LIITTEET

Liite 1. Caruna 2021–2022.

Käyttöpaikka

Kuusikaari 8, kulutus, 61800 KAUHAJOKI

Päivä

Kuukausi

Vuosi

Vuodet



2022

 Näytä tuotejakauma

kWh

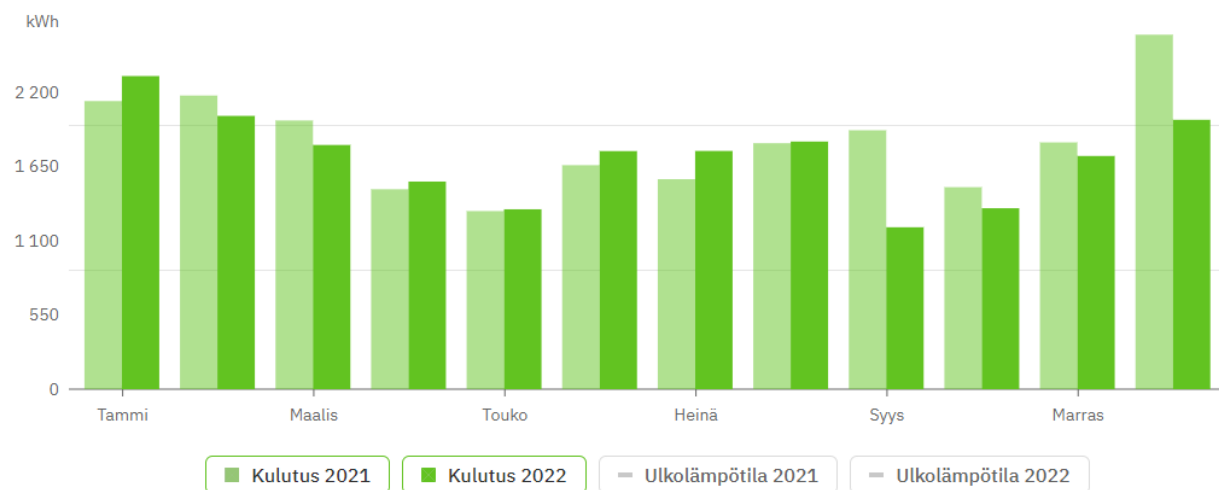
Euro

2021 ⓘ

21 976,32 kWh

2022 ⓘ

20 621,48 kWh ↓ -6%



Liite 2. Caruna 2022–2023.

Käyttöpaikka

Kuusikaari 8, kulutus, 61800 KAUHAJOKI

Päivä

Kuukausi

Vuosi

Vuodet



2023



Kulutus

Tuotanto

 Näytä tuotejakauma

kWh

Euro

tammi 2022 - maaliskuu 2022 ⓘ

Laskutettava kulutus Myytävä tuotanto

6 144,85 kWh Ei tiedossa

tammi 2023 - maaliskuu 2023 ⓘ

Laskutettava kulutus ⓘ Myytävä tuotanto ⓘ

4 481,24 kWh 46,40 kWh

