



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Valentin Hämäläinen

# Suunnitelma vapaa-ajan asunnon sähköjärjestelmän saneeraukseen sekä sähköntuotannon omavaraistamiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

14.4.2021

Tekijä Otsikko	Valentin Hämäläinen Suunnitelma vapaa-ajan asunnon sähköjärjestelmän saneeraukseen sekä sähköntuotannon omavaraistamiseen
Sivumäärä Aika	19 sivua 14.4.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Vesa Sippola
<p>Insinööriyössä selvitettiin vapaa-ajan asunnon energiasaneerausta erilaisin vaihtoehtoin kohteen energiankulutuksen vähentämiseksi, sähköntuotannon osin omavaraistamiseksi ja sähkönsaannin turvaamiseksi. Tavoitteena oli vertailla kustannustehokkaita ratkaisuja ja tuottaa asunnon iän, käyttötarkoituksen ja sijainnin huomioonottava realistinen ja toteuttamiskelpoinen suunnitelma.</p> <p>Työssä käsiteltiin lämmitysmuodoista suoraa sähkölämmitystä, varaavaa sähkölämmitystä, maalämpöä ja ilmalämpöpumppua. Sähkön omavaraistamiseen liittyen vertailtiin aurinkosähköä, tuulivoimaa, aggregaattia ja sähkön varastointia akkuihin.</p> <p>Toteuttamiskelpoisista ratkaisuista tuotettiin laskelmat. Laskelmia hyväksikäyttäen valittiin asiakkaalle ehdotettavaksi ilmalämpöpumpun asentamista lämmitykseen sekä viilentämiseen ja aggregaatin hankkimista sähkönsaannin varmuutta tukemaan. Kyseisistä ratkaisuista ehdotettiin asiakkaalle markkinoilta saatavia konkreettisia tuotteita.</p>	
Avainsanat	aggregaatti, aurinkosähkö, energiansäästö, ilmalämpöpumppu, sähkösaneeraus

Author Title	Valentin Hämäläinen Plan for the Renovation of the Electricity System of a Holiday Home and for Self-sufficiency in Electricity Production
Number of Pages Date	19 pages 14 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>This study focuses on energy renovation of a holiday home that was investigated with various options to reduce the energy consumption of the site, to be self-sufficient in electricity production and to secure the electricity supply. The aim was to compare cost-effective solutions and produce a realistic and feasible plan that considers the age, purpose and location of the apartment.</p> <p>The work dealt with direct electric heating, storage electric heating, geothermal heat and air source heat pumps. As concerns self-sufficiency in electricity, photovoltaics, wind power, aggregates and electricity storage with batteries were compared.</p> <p>Calculations were produced for feasible solutions. Utilizing the calculations, installation of an air source heat pump for heating and cooling and the purchase of a unit to support the security of electricity supply. Of these solutions, available products were proposed to the customer from the market.</p>	
Keywords	unit, photovoltaic, energy saving, Air source heat pump, electrical renovation

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Saneerauskohte	2
2.1	Nykyisen sähköjärjestelmän kuvaus	2
2.2	Asiakkaan toiveet saneeraukselle	4
3	Eri lämmitysmuotojen vertailua	6
3.1	Suora sähkölämmitys	6
3.2	Varaava sähkölämmitys	6
3.3	Maalämpö	7
3.4	Ilmalämpöpumppu	9
4	Vaihtoehdot sähkön omatuotantoon	10
4.1	Aurinkosähkö	10
4.2	Tuulivoima	11
4.3	Aggregaatti	12
4.4	Akusto ja energian varaaminen	12
5	Asiakkaalle esitettävät suunnitelmat	13
5.1	Energiansäästö	13
5.1.1	Aurinkosähköjärjestelmä	13
5.1.2	Ilmalämpöpumppu	15
5.1.3	LED-tekniikka	15
5.2	Omavaraisuus	15
5.3	Vapaa-ajan asunnon muu sähkö saneeraus	16
6	Yhteenveto	17
	Lähteet	18

## 1 Johdanto

Insinööriyön tehtäväksianto saatiin yksityishenkilön toimeksiantona. Kyseessä on vapaa-ajan asunnon sähköjärjestelmän energiasaneeraussuunnitelma sekä myös suunnitelma kohteen sähköntuotannon osin omavaraistamisesta ja sähkönsaannin turvaamisesta. Sähkön saanti vapaa-ajan asunnolle on ollut vuosi vuodelta yhä kalliimpaa. Asiakkaalta saatujen tietojen mukaan vuonna 2019 vapaa-ajan asunnon sähköstä on maksettu 589,05 euroa ja seuraavana vuonna 670,84 euroa siirto- ja käyttömaksuineen. Lisäksi sähkön saanti on ajoittain epävarmaa sääilmiöiden aiheuttamien usein pitkienkin sähkökatkosten vuoksi.

Vapaa-ajan asunnon rakennusvuosi on 1968. Sähköjärjestelmä on rakennukseen asennettu muutama vuosi myöhemmin eikä sitä ole aiemmin mittavasti saneerattu. Työssä arvioidaan myös kohteen sähköjärjestelmän saneeraustarvetta. Kohteen sijainti haja-asutusalueella metsäisessä maastossa ilmajohtoalueella saa aikaan epävarmuutta sähkönsaannin katkeamattomuudesta. Sääilmiöt, myrskyt ja esim. runsaslumiset talvet tuottavat säännöllisesti pitkiäkin sähkökatkoksia alueella. Sähköntuotannon ainakin osittain omavaraistamiselle olisi siis myös mahdollisesti tarvetta.

Työssä käsitellään ja vertaillaan maalämpöä, aurinkoenergiaa, tuulivoimaa, ilmalämpöpumpun asentamista sekä energian varastointia toteutuskelpoisuuden ja kustannusten säästön kannalta. Valaistus olisi tarkoitus nykyaikaistaa LED-pohjaisiin (LED, Light Emitting Diode) valonlähteisiin. Käytännön syistä työssä mietitään myös aggregaatin asentamisen mahdollisuutta varavoimaa tuottamaan. Koska sähkönsiirtomaksut ovat nousseet vuosi vuodelta, on yhtenä vaihtoehtona harkittu myös irrottautumista sähkönsiirtoverkostosta kokonaan, etenkin kun suurehko osa vuodesta vapaa-ajan asunto on kokonaan käyttämättömänä. Sähköliittymä voidaan sulkea väliaikaisesti. Tällöin se laitetaan niin sanottuun ylläpitoon, mikäli halutaan vielä miettiä, tarvitaanko sähköliittymää kuitenkin tulevaisuudessa. Tässä tapauksessa liittymissopimus on pidettävä voimassa. Sähköliittymän purkamisen on taas pysyvämpi ratkaisu. Sähkömittari viedään tässä tapauksessa pois ja tarvittaessa myös puretaan sähköverkkoa niiltä osin, mitä on tarpeellista.

Insinööriyön tavoitteena on esittää eri lämmitysjärjestelmien vertailu ja energiansäästömahdollisuudet sekä laskelmat edellä mainittuihin asiakkaan toiveisiin. Työssä vertailaan vapaa-ajan asunnon sähköntuotannon eri vaihtoehtoja. Asiakkaalle tuotetaan kohteeseen sopivat vaihtoehdot vapaa-ajan asunnon sähköjärjestelmän saneeraukseen sekä sähköntuotannon omavaraistamista sekä sähkönsaannin varmuutta ajatellen.

## 2 Saneerauskohde

### 2.1 Nykyisen sähköjärjestelmän kuvaus

Kuvassa 1 esiintyvä vapaa-ajan asunto sijaitsee Enonvesi-järven rannalla Päijät-Hämeen ja Etelä-Savon rajalla Paadenmaalla Heinolan kunnassa. Heinolan keskustasta on kohteeseen matkaa linnuntietä noin 30 kilometriä koillisen suuntaan. Alue on harvaan asuttua metsäistä maastoa ja suurin osa naapureista onkin mökkiläisiä. Kohteen rakennusvuosi on 1968 ja rakennuksen pinta-ala on noin 60 m<sup>2</sup>. Rakennusmateriaalina on käytetty puuta, ja perustus on rakennettu paalujen päälle. Kohteessa ei ole juoksevaa vettä, vaan juomavesi haetaan pihalla olevasta kaivosta. Saunassa on lisäksi pumppu pesuveden pumppaamiselle järvestä. Kustia on laajennettu muutama vuosi sitten, mutta muuten rakennus on edelleen alkuperäisessä kunnossa.



Kuva 1. Ilmakuva mökistä ja tontista.

Rakennuksen sähköliittymän pääsulakkeina on 3 x 25 A:n sulakkeet. Kohteessa on suora sähkölämmitys. Pohjapiirustuksen mukaan rakennuksessa on tupa, kaksi makuuhuonetta, keittiö, pukuhuone ja sauna. Kuistin kautta kuljetaan vielä yhteen makuuhuoneeseen. Kaikissa huoneissa, paitsi saunassa, sijaitsee yksi sähkölämmitin eli sähköpatteri. Lämmittimien sijainnit ja tehot on kerrottu taulukossa 1. Kaikissa makuu- ja oleskeluhuoneissa on myös hehkulamppupohjaiset valaisimet ja keittiössä on 2 x 58 W:n loisteputkivalaisin. Yhteensä valaistuksen kuluttama teho on 800 W ja viihde-elektronikan kulutus on suunnilleen 200 W. Keittiössä on myös 3 kW:n uuni, 800 W:n mikroaaltouuni ja 300 W:n pieni jenkkiäakaappi. Vapaa-ajan asuntoa käytetään pääasiassa kesäaikaan, mutta se on epäsäännöllisesti käytössä myös viikonloppuisin huhtikuusta marraskuuhun. Talviaikaan kohde on vain satunnaisesti käytössä.

Taulukko 1. Sähkölämmittimien sijainti ja teho.

Makuuhuone 1	800 W
Makuuhuone 2	800 W
Makuuhuone 3 (käynti kuistilta)	500 W
Tupa	1000 W
Keittiö	500 W
Pukuhuone	500 W
Kokonaisteho	4,1 kW

Vapaa-ajan asunto on ollut rakentamisensa jälkeen muutaman vuoden ilman sähköliittymää ja sähköllä toimivaa lämmitystä. Kohdetta on lämmitetty olohuoneessa sijaitsevalla pienellä takalla. Takan lisäksi käytössä on ollut öljylämmitin. Mökin sähköjärjestelmä on vuodelta 1972–1973 eli se on jo melkein 50 vuotta vanha. Sähköasennukset on tehty pinta-asennuksina. Kaikissa nykyisissä pistorasioissa ei ole maadoitusta. Muutoksia varten eristysresistanssi, suojajohtimen jatkuvuus ja oikosulkuvirrat olisi hyvä tarkistaa ennen kuin hankintoja aletaan tehdä. Jos nykyinen sähköjärjestelmä haluttaisiin kokonaan saneerata, kaikki johdot ja keskus pitäisi uusida, jotta ne täyttäisivät nykystandardit.

## 2.2 Asiakkaan toiveet saneeraukselle

Ympäristöystävällisyys ja energiansäästö sähköntuotannossa jatkoa ajatellen on asiakkaan toiveena, ja tämä otetaan huomioon vertailua tehdessä. Sähkøyhtiön asiakkuuden vaihtaminen myös mahdollisimman ympäristöystävälliseen sähköntoimittajaan on yksi tavoite. Ympäristötietoisuus on saanut asiakkaan miettimään olemassa olevan kiinteistön sähköverkon lisänä myös vaihtoehtoisia sähköntuottomuotoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Asiakkaan mielestä nykyiset sähkönsiirtohinnat ovat kohtuuttoman suuria. Kokonaisenergian kustannus vuonna 2019 oli 589,05 euroa, josta vain 73 euroa meni kulutettuun sähköön. Vuonna 2020 kokonaiskustannukset taas maksoivat 670,84 euroa, josta meni kulutettuun sähköön 97 euroa. Asiakas toimitti sähkölaskuihin menneet kulut kahden vuoden ajalta. Laskut näkyvät taulukossa 2. Koska sähkön hinta on näin korkea, asiakas halusi myös mietittävän, paljonko kertyisi säästöä, mikäli sähköliittymä irtisanottaisiin ja siirryttäisiin kokonaan sähkön omatuotantoon.



Taulukko 2. Sähkölaskuja vuosilta 2019–2020.

Sähkölaskuja 2019:

Tammikuu: Lumme Energia (Energiamaksu 0,00e + Kuukausimaksu 13,47e) 13,47e & Järvi Suomen Energia (Perusmaksu 91,96e + Siirtomaksu 0,00e + Sähkövero 0,00e) 91,96e = **105,43e**

Huhtikuu: Lumme Energia (Energiamaksu 22,50e + Kuukausimaksu 13,47e) 35,97e & Järvi Suomen Energia (Perusmaksu 91,96e + Siirtomaksu 12,78e + Sähkövero 8,99e) 113,73e = **149,70e**

Heinäkuu: Lumme Energia (Energiamaksu 27,61e + Kuukausimaksu 13,47e) 41,08e & Järvi Suomen Energia (Perusmaksu 102e + Siirtomaksu 17,30e + Sähkövero 11,04e) 130,34e = **171,42e**

Lokakuu: Lumme Energia (Energiamaksu 23,21e + Kuukausimaksu 13,47e) 36,68e & Järvi Suomen Energia (Perusmaksu 102,00e + Siirtomaksu 14,55e + Sähkövero 9,27e) 125,82e = **162,50e**

Koko vuosi = **589,05e**

Sähkölaskuja 2020:

Tammikuu: Lumme Energia (Energiamaksu 0,00e + Kuukausimaksu 13,47e) 13,47e & Järvi Suomen Energia (Perusmaksu 102,00e + Siirtomaksu 0,00e + Sähkövero 0,00e) 102,00e = **115,47e**

Huhtikuu: Lumme Energia (Energiamaksu 46,62e + Kuukausimaksu 13,47e) 60,09 & Järvi-Suomen Energia (Perusmaksu 102,00e + Siirtomaksu 29,21e + Sähkövero 18,64e) 149,85e = **209,94e**

Heinäkuu: Lumme Energia (Energiamaksu 38,51e + Kuukausimaksu 13,47e) 51,98e & Järvi-Suomen Energia (Perusmaksu 102,00e + Siirtomaksu 24,13e + Sähkövero 15,39e) 141,52e = **193,50e**

Lokakuu: Lumme Energia (Energiamaksu 12,72e + Kuukausimaksu 13,47e) 26,19e & Järvi-Suomen Energia (Perusmaksu 112,68e + Siirtomaksu 7,97e + Sähkövero 5,09e) 125,74e = **151,93e**

Koko vuosi = **670,84e**

### 3 Eri lämmitysmuotojen vertailua

Sähköjärjestelmän valinnalla vaikutetaan keskeisesti asumisen mukavuuteen ja käyttökustannuksiin. Sähköjärjestelmän valintaperusteita voi olla esimerkiksi ekologisuus, helppohoitoisuus, käyttökustannukset, investointikustannukset sekä tilantarve. Talon koko, sijainti ja muun muassa lämmitystarve vaikuttavat siihen, minkälainen sähköjärjestelmä olisi toimiva ja järkevä. Valitaanko järjestelmä, jolla on edullinen hinta, mutta joka on kalliimpi käyttää vai kalliimpi järjestelmä, mutta halvemmat käyttökustannukset pitkällä aikajänteellä. (1.)

#### 3.1 Suora sähkölämmitys

Kun vertaillaan eri lämmöntuotantomuotoja, on suoran sähkölämmityksen asentaminen edullista verrattuna muihin lämmitysmuotoihin. Suoran sähkölämmityksen käyttökustannukset ovat sen sijaan muihin vaihtoehtoihin verrattuna kalliit. Suoran sähkölämmityksen eduksi voidaan lukea asentamisen helppouden lisäksi nopea reagointi, tarkka lämmönsäätö sekä korkea energiatehokkuus. (2.)

#### 3.2 Varaava sähkölämmitys

Varaavassa sähkölämmityksessä lämpöä varataan yleensä yöllä edullisen yösähkön aikaan lämminvesivaraajaan tai esimerkiksi lattian alla olevaan betonilaattaan. Muita sähkölämmityksen toteutustapoja voi olla esimerkiksi vesikiertoinen lattia- tai patterilämmitys, jolloin tarvitaan erillinen lämminvesivaraaja, ilmalämmitys ilmanvaihtokoneella tai poistoilmalämpöpumpulla hyödyntäen ilmanvaihtokanavistoja. Sähkölämmitys toimii hyvin lisä- tai varalämmitysratkaisuna termostaattilla ohjattuna. (2.)

Sähkölämmitys yleensä yhdistetään jonkun muun lämmitysmuodon kanssa ja tätä kutsutaan yhdistelmälämmitykseksi. Yhdistelmälämmitykset ovat järkeviä ratkaisuja, joiden etuna on mahdollisuus tukea korkeahintaista sähkölämmitystä esimerkiksi pakkaskeleillä jollakin muulla lämpöenergiaantuottotavalla vaikkapa polttamalla puuta takassa tai öljylämmityksellä. (3.)

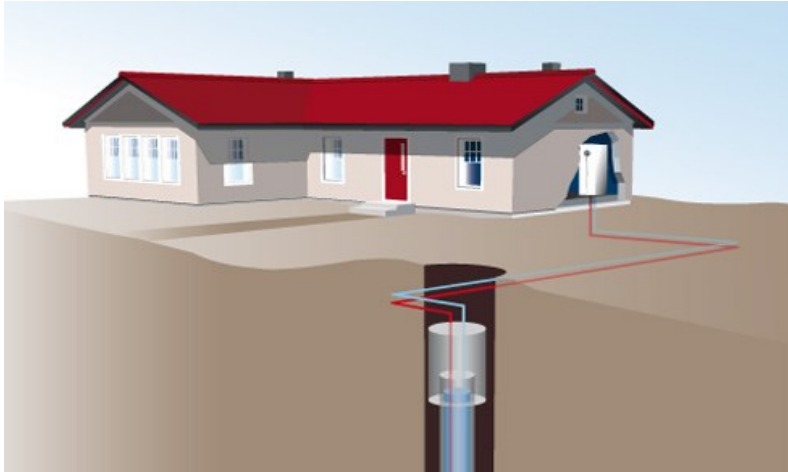
### 3.3 Maalämpö

Maalämpöä hankittaessa on mietittävä pääsulakkeen koon riittävyyttä. Maalämpöpumpun käynnistäminen voi aiheuttaa virtapiikin. Tarvittaessa pääsulake on vaihdettava suuremmaksi. Käynnistysvaiheeseen saattaa olla tarpeen hankkia maksimivirtaa rajoittava pehmökäynnistin tai hankkia tasavirtaohjattu maalämpöpumpumalli. (4.)

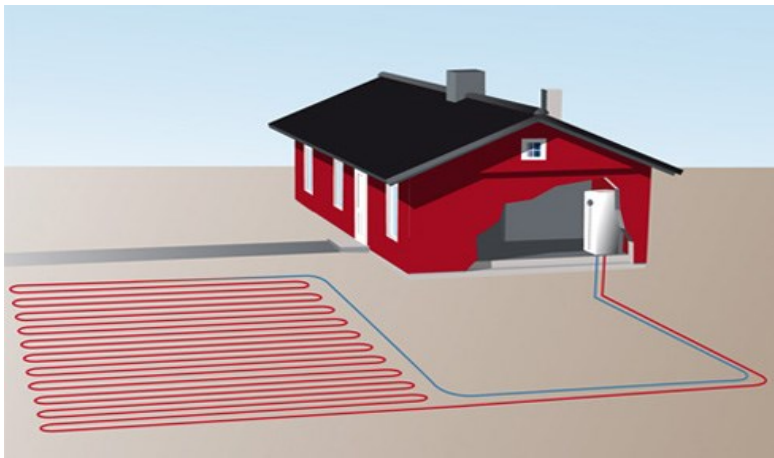
Maalämpöjärjestelmässä on maalämpöpumppu, joka kerää varastoitunutta lämpöä maaperästä, kalliosta tai vedestä. Syvemällä maaperässä lämpöä saadaan maapallon ytimestä kalliioon johtuvasta fissioenergiasta ja lämpimistä pohjavesivirtauksista. Pumpun tuottamasta lämmöstä noin kaksi kolmasosaa on maaperästä ja yksi kolmasosa otetusta sähköstä. Järjestelmän keruuputkistoissa kiertää jäätymätön neste joka matkallaan lämpenee noin muutaman asteen. Keruuputkiston nesteestä saatava lämpö höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen, jota puristetaan vielä lämpimämmäksi kompressorilla. Lopuksi kylmäaine lauhtuu lämpöpumpun lauhttimessa jälleen nesteeksi, josta se luovuttaa lämpöä lämmönjakoverkkoon ja lämpimään käyttöveteen. (4.)

Maalämpöjärjestelmässä on aina lämmönkeruupiiri, joka tulee yleensä pystysuoraan porattuna kalliioon. Tämä on esitetty kuvassa 2. Lämmönkeruuputkistot voi asentaa vaakatasoon pintamaahan nähden kuten kuvassa 3 esitetään. Savimaa on vaakaputkistolle paras lämmöntuotannon kannalta. Kivisen maaperän kivet saattavat roudan liikuttamana vahingoittaa vaakatasossa olevaa keruuputkistoa. (5.)

Pystysuunnassa olevan keruupiirin syvyys on tavallisesti 150–200 metriä, mutta se voi olla syvempikin. Lämpökaivoa ei yleensä porata 250 metriä syvemälle. Talon ympärille tai tontille kaivettava vaakatasossa oleva keruupiiri esimerkiksi 150 neliön kokoiselle talle on tavallisesti 400–500 metriä pitkä, ja se asennetaan noin metrin syvyyteen. (6.)



Kuva 2. Pystysuunnassa oleva lämmön keruupiiri (7).



Kuva 3. Vaakasunnassa oleva lämmön keruupiiri (7).

Maalämpöjärjestelmän investointi uuteen 150 m<sup>2</sup>:n taloon on noin 12 000–16 000 euroa. Lämmitysmuotoa vaihdettaessa vanhaan 150 m<sup>2</sup>:n taloon investointi on noin 15 000–22 000 euroa (4). Jo tällä esimerkillä todetaan, että maasähköjärjestelmän asennus vapaa-ajan asuntoon, jota käytetään suurimmaksi osaksi vain kesäisin, on merkittävän kallis ja kannattamaton investointi.

Keruuputkistot saattavat lisäksi jäätyä talvella ja kosteusvaurioriskit sekä järjestelmän rikkoontumismahdollisuudet ovat korkeat johtuen mökin ja sähköjärjestelmän iästä. Maaperän ollessa kallioista myös maaperän koostumus on tässä tapauksessa riski vaakasuunnassa kulkevien putkistojen kunnossa pysymiselle.

### 3.4 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu toimii hyvin varsinaisen lämmitysjärjestelmän rinnalla. Sillä voidaan poistaa kosteutta ja jäähdyttää ilmaa, mikä samalla vähentää pölyä sekä poistaa erilaisia hajuja ja bakteereja. Ilmalämpöpumppu soveltuu myös lämmittämiseen. Sen toiminta perustuu kylmätekniikkaan, jossa kylmäaineen välityksellä siirretään lämpöä ulkoa sisään tai päinvastoin. Sähköä käytetään ainoastaan puhallinmoottorin ja kompressorin pyörytykseen. Nyrkkisääntönä 1 kW:n ilmalämpöpumppu riittää noin 30 m<sup>2</sup>:n lämmitykseen ja noin 20 m<sup>2</sup>:n jäähdytykseen. (8.)

Ilmalämpöpumpun sähkön kulutukseen liittyy paljon vääriä käsityksiä, jotka ovat peräisin vuosikymmenten takaa, jolloin laitteet eivät vielä olleet näin kehittyneitä kuin nykyään. Nykypäivänä kesällä asunnon viilentäminen ilmalämpöpumpulla maksaa noin 0,5–1 euron, vaikka pumppu olisi koko päivän toiminnassa. Asunnon viilentäminen on myös kesäaikaan halvempaa kuin talvella pakkaskeleillä lämmittäminen. (9.)

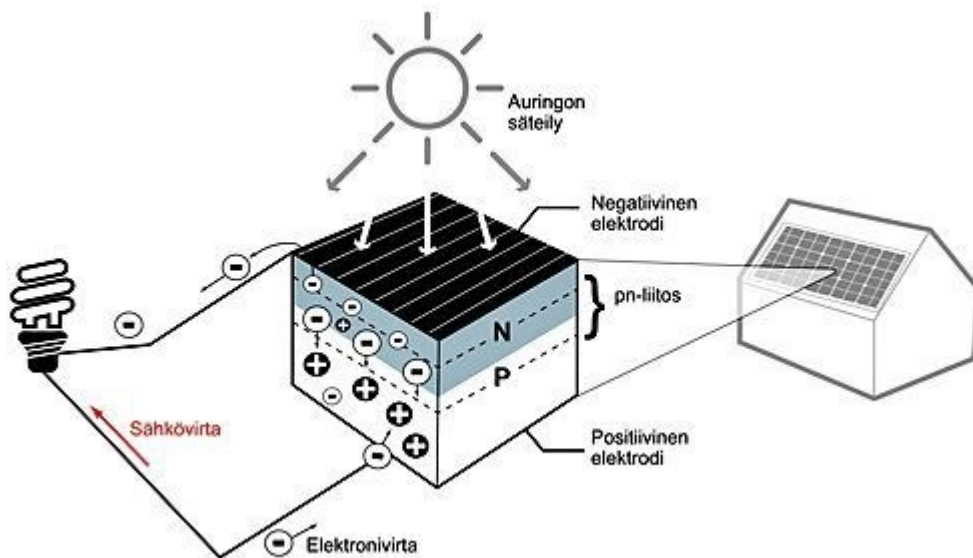
Sähkö- tai öljylämmitteisessä talossa ilmalämpöpumppu säästää energiaa vuosittain 3000–8000 kWh asunnon koosta riippuen, mikä tarkoittaa 350–900 euron säästöä vuodessa. Ilmalämpöpumpun SCOP-arvo (SCOP, Seasonal Coefficient of Performance, suom. lämmityskauden lämpökerroin) kertoo kuinka paljon yhdellä kilowatilla saa aikaan lämpöenergiaa. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi laitteella, jolla SCOP-arvo on 3, saavutetaan yhdellä kilowatilla 3 kilowattia lämpöenergiaa. (9.)

Ilmalämpöpumpun investointi- ja käyttökulut ovat edulliset ja hyötysuhde hyvä. Laitteena se on turvallinen ja melko huoleton käytön kannalta. Näin ollen ilmalämpöpumppu on järkevä valinta vähäisellä käytöllä olevalle vapaa-ajan asunnolle säästämään lämmitys- ja viilennyskuluissa.

## 4 Vaihtoehdot sähkön omatuotantoon

### 4.1 Aurinkosähkö

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon säteilemien fotonien muuttamiseen sähkövirraksi. Kuvassa 4 esitetään Pn-liitokseen perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate. Fotonit osuessaan aurinkopaneeliin imeytyvät paneelissa olevaan puolijohdemateriaaliin, yleensä piihin. Tässä vaiheessa fotonista irtoaa negatiivisesti varautunut elektroni, joka lähtee liikkumaan vapaasti puolijohdemateriaalissa muodostaen sähkövirtaa aurinkokennon virtajohtimiin. Mitä enemmän on säteilyä, sitä enemmän irtoaa elektroneja. Kesällä säteilyä on tietysti enemmän, koska valoa on enemmän. Toisaalta kylmä aurinkopaneeli tuottaa energiaa lämmintä paneelia tehokkaammin. (10.)



Kuva 4. Pn-liitokseen perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate (11).

Aurinkopaneelien energian tuotanto ei ole tasaista eri vuodenaikoina. Syksyn ja kevät-talven osuus on noin 20–30 % vuoden tuotannosta, kun taas 60–70 % energian tuotannosta sijoittuu maaliskuun ja syyskuun väliseen aikaan. (12.)

Mökkiä varjostavat puut ovat yksi haaste aurinkoenergian keräämiseksi ja niiden kaatamista pitäneeikin miettiä, mikäli aurinkoenergia valitaan energiantuottomuodoksi. Aurinkokennot tulnaisiin todennäköisesti asentamaan katolle 40 asteen kulmaan auringosta,

mikä on niille optimaalisin kulma Suomen leveysasteilla. Aurinkopaneelien hinnat ovat tulleet todella paljon alas viime vuosina ja myös tekniikka on kehittynyt. Nämä seikat helpottavat todennäköisesti investointipäätöstä. Myös ympäristötietoisuus, halu olla omavarainen ja vastuullinen energian käyttäjä houkuttelee asiakasta aurinkopaneelikaupoille.

Aurinkopaneelien tuottama ylimääräinen energia olisi hyvä saada varastoitua. Jatkuva energiantuotto olisi tärkeä saada varastoitua. Tavallinen akku ei pysty varaamaan kuin oman kapasiteettinsa verran, joten ratkaisua täytyy etsiä muualta. Tähän tarpeeseen löytyy verkkoakku-palvelu. Kahden vuoden määräaikainen sopimus Freebo Oy:n tuottamana verkkoakku-palveluna yhteistyössä vain uusiutuvaa energiaa myyvän Nordic Green Energyn on yksi vaihtoehto. Tämän palvelun avulla mökin ylijäämä sähkö siirtyy jakeluverkkoon, josta se myöhemmin voidaan ottaa käyttöön veloituksetta ilman sähkönsiirtomaksua ja sähköveroa. Freebo Oy:n verkkoakku -sopimus on ilman perusmaksua 24 kuukautta, jonka jälkeen se on 9,9 euroa kuukaudessa. (13.)

#### 4.2 Tuulivoima

Tuulivoimalalla muutetaan tuulen liike-energia sähköksi tuuliturbiinien pyörivien lapojen välityksellä. Tuulivoima on puhdasta ja uusiutuvaa energiaa, jota saadaan auringosta. Tuulivoimalaitokset Suomessa ovat yleensä teholtaan 2–3 MW, mutta suurimmat ovat teoltaan jo 5 megawattia. Tuulivoimaloita yleensä keskitetään tuulivoimapuistoihin maalle tai merelle. Merellä tuuli käy paremmin voimalan lapoihin tuottaen enemmän energiaa kuin maalla. (14.)

Pientuulivoimala on nimensä mukaan pienoiskoossa oleva tuulilaitos, joka on mahdollista hankkia, vaikka kesämökillekin. Pientuulivoimalat ovat yleensä muutaman sadan tai tuhannen watin tehoisia voimaloita. Pientuulivoimalan masto on yleensä 6–12 metriä korkea ja pyörivän propellin halkaisija on noin 2–3 metriä. Tällaisesta voimalasta voi tuulisenä päivänä saada jopa satoja watteja sähköä. Tuulivoimalan potkurin pyyhkäisy-pinta-ala on kuitenkin suoraan verrannollinen energian tuottoon, jolloin pienellä potkurilla varustetun tuulivoimalan hyötysuhde on pieni ja todennäköisesti kannattamaton mökki-pihalle hankittavaksi. (15.)

### 4.3 Aggregaatti

Aggregaatti eli sähkövoimakone on laitteisto, jonka avulla tuotetaan sähköä esimerkiksi bensiini- tai dieselmoottorin voimalla. Aggregaatti on yleensä siirrettävä ja sitä käytetään usein sellaisissa kohteissa, mihin sähköverkko ei ulotu. Lisäksi sitä käytetään sähkön varavoimajärjestelmänä kriittisissä kohteissa. Tällaisia kriittisiä kohteita ovat esimerkiksi työmaa-alueet, kesämökit, sairaalat, kauppakeskukset sekä sotilasjärjestelmät. Aggregaatti voi toimia itsenäisesti, mikäli siinä on automaattinen jännitteensäätö ja herätystoiminto sähkökatkon varalle. Aggregaattia voi myös käyttää akustojen lataukseen samoin kuin aurinkopaneelien kohdalla. (16.)

Aggregaatin mitoituksessa on mietittävä laitteiden käynnistysvirtoja. Esimerkiksi jääkaapin tai pesukoneen käynnistysvirta on paljon korkeampi kuin mitä laitteen nimellinen virta. Samoin on aggregaatilla. Reaktiivisella kuormalla varustettujen laitteiden, joissa suorituskyky on sidottu moottorin saaman sähkön laatuun, elinikä lyhenee, mikäli niitä käytetään huonolaatuisella sähköllä. Jotkut laitteet tarvitsevat myös erittäin laadukasta ja tasalaatuisempaa sinimuotoista sähköä toimiakseen. Näitä ovat esimerkiksi tietokoneet, televisiot ja mikroaaltouunit. Tasalaatuisempaa sähköä halutessaan kannattaa valita digitaalinen invertteri tai automaattisella jännitteensäätimellä (AVR, Automatic Voltage Regulation) varustettu aggregaatti. Aggregaatti käyttää sähkön tuottamiseen polttoainetta. 4 kW:n bensiiniaggregaatti kuluttaa 3000 tunnin aikana noin 3750 litraa bensiiniä. Samankokoinen dieselaggregaatti kuluttaa tunnissa noin 3500 litraa polttoöljyä (17.)

### 4.4 Akusto ja energian varaaminen

Akkuteknologiat ovat kehittyneet hurjaa vauhtia viime vuosina. Litium-akkujen hinta on laskenut 80 % viimeisen kymmenen vuoden aikana ja niiden hinnan ennustetaan putoavan vielä toiset 80 % nykyisestä vuoteen 2050 mennessä. Sähköautojen yleistyessä akkujen lisääntynyt kysyntä laskee muidenkin akkujen hintoja. (18.)



Aurinkopaneelijärjestelmälle suunniteltu Rolls Solar-akku voi kestää jopa 15 vuotta. AGM-akut (Absorbent Glass Mat) ovat kuitenkin vielä halvempia ja myös huoltovapaita, joten ne saattaisivat olla järkevä ratkaisu energian varastointiin. (19.)

Jos talosta löytyy lämminvesivaraaja, sen tuottamaan käyttöveteen voidaan varastoida auringosta saatua energiaa lämmittämällä sitä. Myös rakennusta voidaan käyttää lämpövarastona nostamalla sisälämpötilaa päivällä, vaikka yhdellä asteella ja illan ja yön aikana, ja käyttää ylimääräinen aste lämmitykseen. (20.)

## 5 Asiakkaalle esitettävät suunnitelmat

Ilmalämpöpumpun hankinta, valaistuksen päivittäminen LED-teknologiaan ja aurinkopaneelijärjestelmän asentaminen näyttäisivät olevan kyseiseen kohteeseen parhaat vaihtoehdot energian säästöä ajatellen. Omavaraisuuteen liittyen ainoa varteen otettava vaihtoehto on aggregaatti. Tästä luvusta löytyvät perustelut vertailuineen ja laskelmineen. Kaikissa vaihtoehdoissa tulee kiinteistön ryhmäkeskus uusiksi ja saattaa nykystandardien mukaiseksi ja turvalliseksi.

### 5.1 Energiansäästö

Nykyistä suoraa sähkölämmitystä lähdettiin vertailemaan laskennallisella ja suurin piirtein totuutta vastaavalla sadan päivän käyttöasteella vuodessa. Sähköpatterit ottavat yhteensä 4,1 kW ottotehoa ja se kerrottuna vuorokauden 24 tunnilla, 100 käyttöpäivällä vuodessa ja energian hinnalla (0,08e / kWh) saatiin lämmitysenergialle suoraa sähkölämmitystä käyttäen kustannukseksi 787,20 euroa vuodessa. Nykyisen valaistuksen ottoteho on 800W:n ja tämän tehonkulutuksen kustannuksia tarkastellaan myöhemmin.

#### 5.1.1 Aurinkosähköjärjestelmä

Vapaa-ajan asunnolle asennettavia aurinkosähköjärjestelmiä on laaja kirjo. Koska vapaa-ajan asunnolla on sähköliittymä, niin 230 V:n järjestelmät soveltuvat parhaiten tarkoitukseen, ettei johdotuksia tarvitse uusiksi.

Aurinkosähköpaneelilla saatavaa energiaa syötetään invertterin kautta valaistukselle ja viihdekäyttöön tarkoitetuille pistorasiaryhmille. Invertteri 230 V:n järjestelmään mahdollistaa sen, että nykyisiä johdotuksia ei tarvitse uusia. Investoinnin jälkeen valaistuksen ja edellä mainitun pistorasiaryhmän käyttö olisi omavaraista. Aurinkopaneelin valmistuksessa tuotettu hiilidioksidimäärä olisi kuoletettu puhtaalla energialla noin kahden vuoden päästä.

Nord Solarin tarjoama Solar 365 W -mökkijärjestelmä löytyi verkosta helposti. Sen halpa hinta ja olemassa oleva valmispaketti voisivat sopia hyvin vapaa-ajan asunnolle. Aurinkopaneelien tuotto olisi noin 600 W päivässä ja sillä pystyttäisiin suunnitellusti kattamaan valaistus ja viihde-elektronikan käyttö. Järjestelmä tarvitsisi vielä akkulaturin (Victron Energy Centaur Charger 24 V) ja invertterin (Victron Energy Phoenix 800 VA). Näitä myös mietittiin Nord Solarilta hankittavaksi. Järjestelmän asennus maksaisi noin 800 euroa. (21.)

Kokonaisuudelle tulisi hintaa:

- Solar 365 W -mökkijärjestelmä, 160 euroa
- Victron Energy Centaur Charger 24 V, 770 euroa
- Victron Energy Phoenix 800 VA, 350 euroa
- Järjestelmän asennus, 800 euroa

YHTEENSÄ 3780 euroa

Käyttäen samaa sadan käyttöpäivän vuodessa laskentamallia saadaan valaistukselle ja viihde-elektronikalle hinnaksi 115,20 euroa ( $0,6\text{kW} \times 24 \text{ h} \times 100 \times 0,08 \text{ euroa/kWh}$ ). Näistä laskelmista päätellen 3780 euron alkuinvestoinnin takaisinmaksu olisi noin 32 vuoden mittainen. Näin ollen aurinkosähköjärjestelmän hankkiminen vapaa-ajan asunnolle olisi kannattamaton eikä sitä lähdetä toteuttamaan. Tässä yhteydessä kaatuu myös aiemmin mainitun verkkoakkupalvelun käyttöönotto, sillä se oli sidottu aurinkoenergian käyttöönottoon.

### 5.1.2 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpuksi valikoitui Mitsubishi Electric MSZ-LN 25 kilpailukykyisen hinnan, energialuokan sekä hyvän hyötysuhteen ansiosta. Se toimii hyvin kovillakin pakkasilla ja se on varustettu etävalvonnalla ja -ohjauksella. Ylläpitolämmitys voidaan laittaa etänä päälle tunteja tai jopa päiviä ennen kuin saavutaan mökille. Lisäksi se on hiljainen. Hinta ilman asennusta on 1000 euroa ja asennuksineen noin 1500 euroa. Ilmalämpöpumpun ottoteho on 600 W. Kuitenkaan ilmalämpöpumpulla ei saada lämpimäksi kuistilla olevaa makuuhuonetta eikä saunan yhteydessä olevaa pukuhuonetta, joten niihin jää normaali patterilämmitys.

Ilmalämpöpumpun, makuuhuoneen patterin ja pukuhuoneen patterin käyttämän energian kustannukset jo aikaisemmin käytössä olleella laskennallisella sadan käyttöpäivän/vuosi laskentakaavalla on 307,20 euroa ( $1,6 \text{ kW} \times 24\text{h} \times 0,8\text{e}$ ). Säästöä näin ollen kertyisi ilmalämpöpumpulla vapaa-ajan asuntoa lämmitettäessä 421 euroa ( $728,20 \text{ e} - 30,20 \text{ e}$ ) sadan päivän keskimääräisellä käytöllä vuodessa.

### 5.1.3 LED-tekniikka

Nykyisen valaistuksen energian kulutus hehkulamppupohjaisilla valaisimilla on kallista. Vaihtamalla valaistus energiatehokkaampiin LED lamppuihin saadaan energiankulutus valaistuksen osalta laskettua noin neljäsosaan entisestä.

## 5.2 Omavaraisuus

Sähkön saannin varmuutta tukemaan tarvitaan aggregaatti. Timco TSE5000SDG -aggregaatti osoittautui hyväksi sen maksimitehon ja hinnan perusteella. Sillä pystytään turvaamaan ilmalämpöpumpulla lämmityksen ja muiden sähkölaitteiden tarvitseman energian saanti sähkökatkosteessa. Timco -aggregaatti kuluttaisi noin 1,9 litraa polttoöljyä tunnissa. Aggregaatin teho ei kuitenkaan riittäisi kaikkien talon sähkölaitteiden yhtäaikaisessa käytössä lämmityskaudella, joten se pitää huomioida esimerkiksi ruokaa tehdessä.

Jotta sähkökatkostilanteessa syötön vaihtaminen aggregaattille olisi turvallista ja helppoa sähköverkon häiriöiden takia, päätettiin verkkovaihtokytkin hankkia pääkeskukselle varmistamaan, että sähköä ei syötetä samanaikaisesti verkosta ja aggregaatilta. Verkon vaihtokytkin VVK80 80A todettiin sopivaksi tarkoitukseen. Aggregaatti ja verkonvaihtokytkin maksoivat yhteensä 1822 euroa (1250 euroa aggregaatti ja 572 euroa verkonvaihtokytkin)

### 5.3 Vapaa-ajan asunnon muu sähkö saneeraus

Nykyinen sähkökeskus on vanha eikä siinä ole laajentamisvaraa tulevalle ilmalämpöpumpulle. Pääkeskuksen saneerauksella sähkökeskuksesta saadaan turvallinen käyttöä sekä myös nykystandardien mukainen. Liittymää ei lähdetä suurentamaan, vaan tuleva keskus pitäisi olla 25 ampeerin pääsulakkeella.

Enstolla on tarjolla ryhmäkeskus EHSV245.15 (Pikku-Waltteri) johdonsuojakatkaisijoilla ja vikavirtasuojakytkimellä varustettuna sekä laajennusvaraa tarvittaville komponenteille. Hintaa keskuksella ilman asennusta on 566,70 euroa.

## 6 Yhteenveto

Työn tavoite oli tuottaa toteuttamiskelpoinen suunnitelma tilaajan vapaa-ajan asunnon sähköntuoton osin omavaraistamiseen, kustannusten alentamiseen ja sähkönsaannin turvaamiseen. Tavoitetta lähdettiin saavuttamaan kartoittamalla erilaisia vaihtoehtoja ja tekemällä kustannuksista laskelmia. Työn suunnittelu onnistui hyvin. Tietoa tämän kaltaisista haasteista on hyvin tarjolla verkossa. Lisäksi asiakkaan toiveet olivat realistisia ja järkeviä. Oli kuitenkin mukavaa pohtia myös muitakin sähköratkaisuja monipuolisesti, vaikka suurin osa niistä hylättiin eri syistä, yleensä liian kalliina ratkaisuina. Laskelmien pohjalta löydettiin toteuttamiskelpoiset vaihtoehdot, jotka esitettiin asiakkaalle konkreettisine tuotteina. Asiakas sai, mitä tilasi ja hän voi nyt edetä hankkeessa kohti konkreettista urakointia.

Insinööriyden laskelmista on varmasti hyötyä yleisemminkin. Työstä voi saada tietoa kuka tahansa, joka miettii samankaltaisia hankkeita esimerkiksi kesämökilleen. Erityisesti työstä saa konkreettista tietoa, mikäli on nimenomaan kysymys sähköntuotannon rakentamisesta ja varastoinnista aurinkoenergialla, ilmalämpöpumpun hankinnasta tai varavoiman tuotosta aggregaatilla.

Työn rajaamisessa oli haastetta, sillä eri vaihtoehtoja sähköratkaisuille on niin lukemattomia. Työssä opin miettimään käsiteltyjä muutostöitä niiden kustannusten ja toteuttamiskelpoisuuden kannalta. Insinööriyden tekemiseen kulunut aika osoittautui suuremmaksi kuin olin ajatellut. Kokonaisen tuotoksen aikaansaaminen on ollut opettavaista.

## Lähteet

- 1 Talotekniikan suunnittelu. 2020. Verkkoaineisto. Lämmitys. <[https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys)>. Luettu 15.12.2020.
- 2 Talotekniikan suunnittelu. 2020. Verkkoaineisto. Sähkölämmitys. <[https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys](https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys)>. Luettu 17.12.2020.
- 3 Sähkölämmitys. 2020. Verkkoaineisto. Sähkön, öljyn ja puun yhdistelmälämmitys. <<https://www.vattenfall.fi/energianeuvoonta/sahkonkulutus/talotekniikka/lammitysjarjestelmat/sahkolammitys/>>. Luettu 20.12.2020.
- 4 Lämmitysjärjestelmän valinta. 2020. Verkkoaineisto. Maalämpöpumppu, MLP. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu\\_mlp](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/maalampopumppu_mlp)>. Luettu 28.12.2020.
- 5 Voiko maalämmön keruupiirin asentaa itse. 2020. Verkkoaineisto. Lämmönkeruupiirin asennus maaperään onnistuu asiakkaaltakin. <<https://lampoassa.fi/voiko-maalammon-keruupiirin-asentaa-itse/>>. Luettu 30.12.2020.
- 6 20 kysymystä maalämmöstä. 2016. Verkkoaineisto. Mitä maalämpö tarkoittaa. <<https://www.meillakotona.fi/artikkelit/20-kysymysta-maalammosta>>. Luettu 4.1.2021.
- 7 Lämmönlähteet. 2020. Verkkoaineisto. Kalliolämpö ja maalämpö. <<https://www.meillakotona.fi/artikkelit/20-kysymysta-maalammosta>>. Luettu 4.1.2021.
- 8 Ilmalämpöpumppu tietoa. 2020. Verkkoaineisto. Ilmalämpöpumppu on monitoimilaitte. <<https://www.ilmalampopumppu.fi/tietoa/>>. Luettu 6.1.2021.
- 9 Ilmalämpöpumpun sähkönkulutus. 2020. Verkkoaineisto. Kuinka paljon lämmittäminen ja viilentäminen maksaa. <[https://www.toshibasuomi.fi/ilmalampopumpun-sahkonkulutus-kuinka-paljon-lammittaminen-ja-viilentaminen-maksaa/?gclid=Cj0KCQjw0caCBhCIARIsAGAFuMwo3PvbgIjo-HAp3KRrVsUoR2mLJh5qbBtCaL3CoPeLDRAOZ08tv9OkaAi7EEALw\\_wcB](https://www.toshibasuomi.fi/ilmalampopumpun-sahkonkulutus-kuinka-paljon-lammittaminen-ja-viilentaminen-maksaa/?gclid=Cj0KCQjw0caCBhCIARIsAGAFuMwo3PvbgIjo-HAp3KRrVsUoR2mLJh5qbBtCaL3CoPeLDRAOZ08tv9OkaAi7EEALw_wcB)>. Luettu 7.1.2021.
- 10 Aurinkovoima. 2020. Verkkoaineisto. Miten aurinkosähköä tuotetaan. <<https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>>. Luettu 8.1.2021.

- 11 Aurinkosähköjärjestelmät. 2020. Verkkoaineisto. Aurinkosähkötöknologiat. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahko-jarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahko-jarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat)>. Luettu 10.1.2021.
- 12 Tietoa aurinkopaneeleista. 2020. Verkkoaineisto. Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista. <<https://www.keravanenergia.fi/artikkeli/tietoa-aurinkopaneelit/>>. Luettu 12.1.2021.
- 13 Verkkoakku. 2020. Verkkoaineisto. Verkkoakku varastoi ylimääräisen aurinkosähkön. <<https://www.suomela.fi/verkkoakku-varastoi-ylimääräisen-aurinkosahkon/>>. Luettu 14.1.2021.
- 14 Uusiutuva energia. 2020. Verkkoaineisto. Tuulivoima. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/tuulivoima](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima)>. Luettu 14.1.2021.
- 15 Tietoa tuulivoimasta. 2020. Verkkoaineisto. Yleistä pientuulivoimasta. <<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/pientuulivoima/yleista-pientuulivoimasta>>. Luettu 16.1.2021.
- 16 Aggregaatti. 2020. Verkkoaineisto. Tietoa aggregaatista. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Aggregaatti>>. Luettu 17.1.2021.
- 17 Aggregaatti. 2020. Verkkoaineisto. Ohjeita aggregaatin valintaan. <[https://www.virtasenkauppa.fi/tyokalut/sahkotyokalut/aggregaatit?haku-sana=&maxh=9659&jarjestys=varasto&c\[\]=215&sivu=4](https://www.virtasenkauppa.fi/tyokalut/sahkotyokalut/aggregaatit?haku-sana=&maxh=9659&jarjestys=varasto&c[]=215&sivu=4)>. Luettu 20.1.2021.
- 18 Energian varastointi. 2020. Verkkoaineisto. Tulevaisuuden energijärjestelmässä varastointi on avainasemassa. <<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/blogi/forthedoers-blogi/tulevaisuuden-energiajarjestelmassa-varastointi-avainasemassa>>. Luettu 22.1.2021.
- 19 Akkutyypin valinta. 2018. Verkkoaineisto. Mikä on oikea akku aurinkopaneelijärjestelmään. <<https://www.sunwind.fi/pages/news/read/?id=182&Akkutyypin-valinta>>. Luettu 24.1.2021.
- 20 Aurinkoenergia talteen. 2020. Verkkoaineisto. Lämpö varastoituu veteen. <<https://www.suomela.fi/ota-aurinkoenergia-talteen/>>. Luettu 25.1.2021.
- 21 Aurinkopaneelien tuotto. 2020. Verkkoaineisto. Tuota sähköä ekologisesti omaan käyttöösi. <<https://www.kotiwatti.fi/aurinkopaneelin-tuotto/>>. Luettu 27.2.2021.





