

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN SÄHKÖAUTO- JEN LATAUKSESSA

TEKIJÄ Samuli Berg

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Samuli Berg	
Työn nimi Aurinkosähköjärjestelmän hyödyntäminen sähköautojen latauksessa	
Päiväys 16.12.2021	Sivumäärä/Liitteet 33
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Väre Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka aurinkosähköä voidaan hyödyntää sähköautojen latauksessa ja kuinka paljon siitä on mahdollista hyötyä rahallisesti. Työn tarkoituksena oli tuottaa työn tilaajalle Väre Oy:lle dataa ja informaatiota sähköautojen lataus- ja aurinkosähköjärjestelmien myynnin tueksi. Työssä käytiin läpi sähköisen liikenteen ja aurinkosähköjärjestelmien nykytilaa, sekä syitä sille, miksi niiden suosio on alkanut kasvaa. Opinnäytetyö alkaa olla myynnillisesti ajankohtainen, sillä ladattavien ajoneuvojen osuus Suomessa on kasvanut huomattavasti ja energian hinnat ovat nousussa, joka lisää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta.</p> <p>Työssä avattiin ladattavien ajoneuvojen eroja ja käsiteltiin niiden lataustapoja. Lisäksi työssä kerrottiin kotona lataamisen ja latausaseman hankkimisen vaatimuksia ja periaatteita. Työssä avattiin aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaatetta ja mitoittamista. Lisäksi työssä kerrottiin pientuotannon netotusmittauksesta. Työssä kerrottiin myös spot-sähköstä ja tutkittiin sen vaikutuksia energiakustannuksiin. Lopuksi työssä tutkittiin keskeisintä aihetta, eli kuinka aurinkosähköjärjestelmä saataisi toimimaan yhdessä sähköautojen latausjärjestelmän kanssa ja kuinka paljon siitä olisi mahdollista hyötyä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selvitettyä omakotitalon ja kerrostalon mahdolliset aurinkosähköjärjestelmän hyödyt nykyisellä sähkönkäytöllä. Lisäksi saatiin arvioitua paljonko voisi olla maksimaalinen hyöty, jos aurinkosähköjärjestelmän ylijäämä saadaan hyödynnettyä täysin sähkönkulutukseen, kuten esimerkiksi sähköauton akustoon. Omakotitaloissa aurinkosähköjärjestelmästä voisi parhailaan olla mahdollisesti lähes puolet enemmän hyötyä. Kerrostalossa aurinkosähköjärjestelmän tuotanto kattoi jo noin 96 % sen omasta sähkönkäytöstä, joten lisähyöty sähköauton lataamisella olisi ollut melko pieni.</p>	
Avainsanat Sähköinen liikenne, Sähköauto, Sähköauton lataaminen, Aurinkopaneelit	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Samuli Berg	
Title of Thesis Utilizing Solar Power In EV Charging	
Date 16 December 2021	Pages/Appendices 33
Client Organisation /Partners Väre Oy	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of this thesis was to find out how solar power can be utilized in EV (Electric Vehicle) charging and how much is the financial benefit. The purpose of the thesis was to produce data and information for the client organisation Väre Oy to support the sales of EV charging systems and solar power systems. The current state and the reasons why the popularity of E-mobility and solar energy systems have began to grow was studied in the thesis. The thesis has began to be topical saleswise since the proportion of electric vehicles in Finland have risen significantly. Energy prices are rising which makes the solar energy systems more profitable.</p> <p>The differences between EVs and different charging options were explained in the thesis. Also the requirements and principles of charging at home and acquiring the charging station were explained. The principles and sizing of the solar energy system and the net metering of the minor energy production were explained. Spotenergy and its effect on energy expenses was also described. Lastly the communication and operation between the solar energy system and EV charging systems was studied and how much it would be possible to benefit from transferring the overproduction of the solar panels to the high voltage battery of an electric vehicle.</p> <p>As a result of this thesis, the possible benefits of a solar energy system in a detached house and a block of flats with current usage of electricity were examined. Also the maximal benefit if the overproduction of the solar energy system could be utilized for example in the battery of an electric vehicle were estimated. In the detached house the benefit of the solar energy system could be almost 50 % more. In the block of flats the production of the solar energy system covered already about 96 % of its own usage of electricity. The extra benefit of charging an electric vehicle would have been pretty small.</p>	
<p><b>Keywords</b> E-mobility, Electric vehicle, EV Charging, Solar panels</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Väre Oy.....	6
1.2	Sanasto ja määritelmät.....	7
2	SÄHKÖINEN LIIKENNE.....	8
3	LADATTAVAT AJONEUVOT .....	10
3.1	Lataushybridit, PHEV.....	10
3.2	Täyssähköautot, BEV.....	10
3.3	Ladattavien ajoneuvojen hyödyt .....	10
4	SÄHKÖAUTON LATAAMINEN .....	12
4.1	Ladattavien ajoneuvojen lataustavat .....	12
4.2	Nykytilanne .....	14
4.3	Latausasemien hankinta .....	14
4.4	Dynaaminen kuormanhallinta.....	15
5	AURINKOSÄHKÖ.....	17
5.1	Yleistä aurinkosähköstä .....	17
5.2	Aurinkosähköjärjestelmän periaate.....	17
5.3	Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen .....	17
5.4	Nykytilanne .....	18
5.5	Pientuotannon netotusmittaus .....	18
6	SPOT-SÄHKÖ .....	20
6.1	Mitä on spot-sähkö? .....	20
6.2	Spot-sähkön käytön optimointi.....	21
6.3	Spot-sähkön rahallinen vaikutus.....	21
7	AURINKOSÄHKÖN HYÖDYNTÄMINEN SÄHKÖAUTON LATAUKSESSA .....	24
7.1	Ajoneuvon lataaminen pientaloissa.....	24
7.2	Ajoneuvon lataaminen taloyhtiöissä.....	24
7.3	Tuotantojärjestelmän ja kuormanohjauksen välinen kommunikointi .....	24
7.4	Säätä seuraava latausjärjestelmä .....	26
8	KANNATTAVUUSLASKELMAT .....	27
8.1	Aurinkolaskuri.....	27
8.2	Tuotantolaskelmat .....	27

8.3	Rahallinen hyöty .....	28
8.4	Haasteet.....	29
9	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	30
10	POHDINTA.....	31
	LÄHTEET .....	32

## KUVALUETTELO

KUVA 1.	Type 1 ja Type 2 -liittimet (EV King 2021.) .....	12
KUVA 2.	CHAdEMO ja CCS pikalatausliittimet (EV King 2021.) .....	13
KUVA 3.	Havainnekuva dynaamisesta kuormanhallinnasta. (Nieminen 2021.).....	16
KUVA 4.	Havainnekuva spot-hinnan kysyntä- ja tarjontakäyrien kohtaamisesta. (LUT 2017.) .....	20

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tuottaa Väreelle dataa ja materiaalia aurinkosähköjärjestelmien ja sähköautojen latausjärjestelmien myynnin tueksi. Sähköisen liikenteen ja uusiutuvien energiaratkaisujen suosio on kasvussa, joten aihe alkaa myynnillisesti olla ajankohtainen.

Työn tarkoituksena on tehdä teoriapohjainen tutkielma siitä, kuinka aurinkosähköjärjestelmää voidaan hyödyntää sähköautojen lataamisessa niin pientaloissa, kuin taloyhtiöissäkin. Keskeisin tavoite on selvittää, millaisia säästöjä voidaan saavuttaa, kun aurinkosähköjärjestelmän ylituotanto hyödynnetään sähköauton lataamiseen sen sijaan, että ylijäämä sähkö myytäisi sähköverkkoon. Työssä selvitetään myös, kuinka aurinkosähköä ohjaava latausjärjestelmä voitaisi toteuttaa taloyhtiöihin.

Työssä avataan sähköisen liikenteen ja aurinkosähköjärjestelmien nykytilaa Suomessa, ladattavien ajoneuvojen ominaisuuksia ja hyötyjä, sekä lataustapoja. Työssä kerrotaan, kuinka latausasemia käytännössä voidaan hankkia kotitalouksiin ja taloyhtiöihin ja mitä se vaatii. Työssä kerrotaan Väreeseen tuottaman latausjärjestelmän toiminnasta ja dynaamisen kuormanhallinnan vaikutuksesta. Työssä on tutkittu myös spot-sähkösovimuksen vaikutusta kustannuksiin.

### 1.1 Väre Oy

Työn tilaajana toimii Väre Oy. Väre on vuonna 2019 toimintansa aloittanut energiayhtiö, jonka omistajat ovat Savon Voima, Kuopion Energia, Lappeenrannan Energia, sekä Alva (entinen Jyväskylän Energia).

Väre tarjoaa sähkösovimusten lisäksi erilaisia uuden energian ratkaisuita. Näistä keskiössä ovat etenkin aurinkopaneelijärjestelmät ja sähköautojen latausratkaisut erityisesti taloyhtiö- ja yrityskohdeissa. Lisäksi Väreeltä löytyy runsas julkisen latauksen verkosto Itä- ja Keski-Suomen alueella. Sähköisen liikenteen ja aurinkosähköjärjestelmien lisäksi Väre tarjoaa muun muassa led-valaistusratkaisuja, älykkäitä lattialämmitystermostaatteja, sekä yksinoikeudella Suomessa E-Power hybridi-suodinta, joka parantaa kiinteistöverkon sähkönlaatua.

## 1.2 Sanasto ja määritelmät

EV	Yleisnimitys sähkökäyttöisille ajoneuvoille
BEV	Battery Electric Vehicle, täyssähköauto
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, lataushybridi
Xodem	IGL-Technologies Oy:n käyttämä tiedonsiirtojärjestelmä
OCPP	Open Charge Point Protocol, latauspisteen avoin tiedonsiirtoprotokolla
V2G	Vehicle to Grid, tehon siirto ajoneuvosta sähköverkkoon
AC	Alternating Current, vaihtovirta
DC	Direct Current, tasavirta
kW	Tehon yksikkö, kilowatti
kWh	Energian yksikkö, kilowattitunti
kWp	Aurinkopaneelijärjestelmän huipputehon yksikkö, kilowattipiikki
Omakäyttö	Aurinkopaneelijärjestelmän tuotanto, joka saadaan hyödynnettyä omaan sähkönkulutukseen
Ylijäämä	Aurinkopaneelijärjestelmän tuotanto, joka jää yli kiinteistön kulutuksesta ja joka myydään sähköverkkoon.

## 2 SÄHKÖINEN LIIKENNE

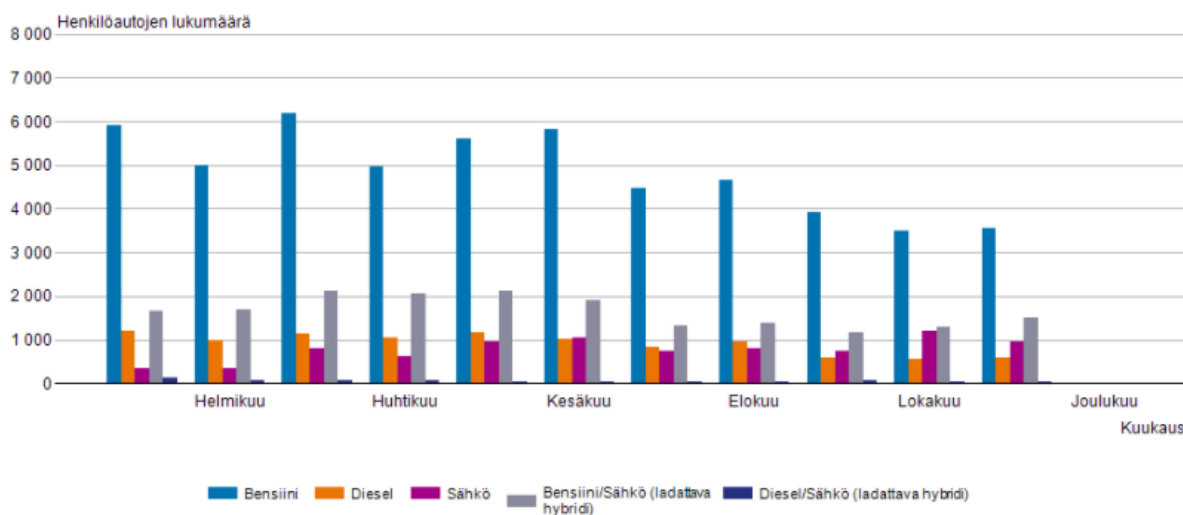
Maailmalla on ilmastokriisin vuoksi ryhdytty etsimään ratkaisuja päästöjen vähentämiseen, ja liikenteen sähköistyminen on yksi olennainen osa päästöjen vähentämisessä.

Euroopan komission 14.7.2021 julkaisemassa laajassa säädösehdotuspaketissa "Fit for 55" tavoitteena on vähentää EU:n kasvihuonepäästöjä vähintään 55 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Suomen kannalta yksi keskeisimmistä teemoista on liikennesektori. (Valtioneuvosto 2021.)

Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi monet autovalmistajat kuten esimerkiksi Volvo, ovat ilmoittaneet luopuvansa polttomoottoriautojen valmistuksesta kokonaan jo kymmenen vuoden sisällä. Volvo uutisoi, että uusia pelkillä polttomoottoreilla toimivia malleja ei enää tuoda tuotantoon, vaan kaikki uudet automallit tulevat olemaan vähintään lataushybridejä. (Volvo 2021.)

Marraskuussa 2021 Suomessa ensirekisteröidyistä henkilöautoista noin neljäsosa on ladattavia autoja. Ladattavien autojen sisäisistä ensirekisteröinneistä täyssähköautojen osuus on noin neljäsosa. Näin ollen kaikista uusista rekisteröitävistä autoista noin joka neljäs on ladattava auto ja noin joka kahdeksas on täyssähköauto. (Autoalan tiedotuskeskus 2021.) Kaaviossa 1 on esiteltyä Suomessa ensirekisteröidyt henkilöautot käyttövoimittain vuonna 2021.

Henkilöautojen ensirekisteröinnit muuttujina Käyttövoima ja Kuukausi. 2021.

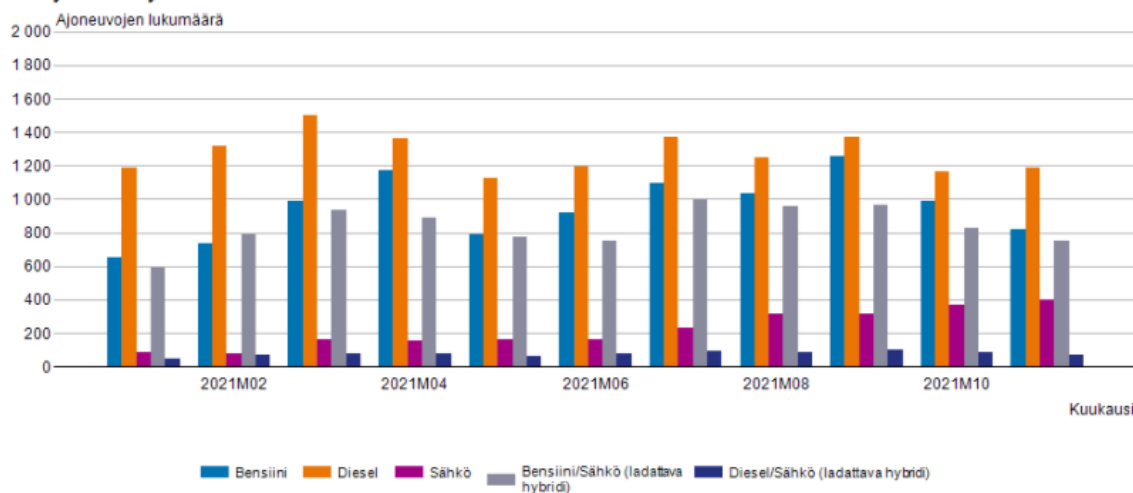


KAAVIO 1. Henkilöautojen ensirekisteröinnit Suomessa vuonna 2021 (Traficom 2021.)

Maahantuoduista käytetyistä henkilöautoista ladattavien ajoneuvojen osuus oli vuoden 2021 lopulla jo noin kolmasosa. Näistä autoista noin kolmasosa on täyssähköautoja. Näin ollen käytettynä maahantuoduista autoista noin joka kolmas on ladattava ajoneuvo ja noin joka kuudes on täyssähköauto. (Traficom 2021.) Kaaviossa 2 on esiteltyä Suomeen maahantuodut henkilöautot käyttövoimittain vuonna 2021.



Käytettynä maahantuodut ajoneuvot muuttujina Käyttövoima ja Kuukausi. Henkilöautot, Yksityinen käyttö.



KAAVIO 2. Käytettynä maahantuotujen autojen määrä Suomessa vuonna 2021 (Traficom 2021.)

Valtio ilmoitti poistavansa uusien 1.10.2021 jälkeen rekisteröityjen täyssähköautojen autoveron. (Autoalan tiedotuskeskus 2021b.) Tämä tulee myös varmasti hieman kiihdyttämään sähköautojen hankkimista, sillä osalle sähköautojen korkea ostohinta on varmasti yksi syy jättää sähköauto hankkimatta.

Sähköinen liikenne on tekemässä murrosta hiljalleen myös julkisen liikenteen osalta. Esimerkiksi vuonna 2021 ensirekisteröidyistä linja-autoista yli puolet ovat jo täyssähkökäyttöisiä. (Traficom 2021b.)

### 3 LADATTAVAT AJONEUVOT

Ladattavien ajoneuvojen suurimmat erot polttomoottoriautoihin verrattuna ovat energiavarastossa ja moottorissa. Polttomoottoriautossa energia varastoidaan nestemäisenä polttoaineena polttoainetankkiin. Ladattavissa ajoneuvoissa energia varastoidaan akkuihin. Akuissa energia on varastoitu suljettuihin kennoihin, jotka voidaan ladata ulkopuolisesta lähteestä saatavan sähköenergian avulla. Tavallisten jarrujen lisäksi sähköautot hidastavat myös omalla moottorillaan, jolloin se toimii generaattorina ja lataa auton akustoa. (Motiva 2020.)

Ladattavat ajoneuvot jaetaan yleensä kahteen ryhmään: Lataushybrideihin ja täyssähköautoihin.

#### 3.1 Lataushybridit, PHEV

Virallinen Seskon määritelmä lataushybridille on, että se on kahta tai useampaa voimanlähdettä (sähkömoottori, polttomoottori tai joku muu) liikkumiseen käytävä auto, jonka ajovoima-akkua voidaan ladata ajoneuvon ulkoisesta sähkönlähteestä. (Sesko 2021.)

Lataushybridien akkujen kapasiteetti voi olla jopa 15 kWh, mutta yleensä ne ovat noin 10 kWh luokkaa. Keskimääräinen toimintamatka lataushybridille sähköllä ajettaessa on kesällä noin 50–60 km. (Aptiv 2021.)

#### 3.2 Täyssähköautot, BEV

Virallinen Seskon määritelmä täyssähköautolle on, että se on pelkästään yhtä tai useampaa sähkömoottoria voimanlähteenä käytävä auto, jonka ainoana energiavarastona toimii akusto, superkondensaattori tai vastaava ladattava energiavarasto. (Sesko 2021.)

Täyssähköautojen akkujen koko vaihtelee automallin mukaan. Vanhemmissa sähköautoissa on yleensä noin 20–30 kWh akusto. Uusimmissa automalleissa akuston koko vaihtelee jo yleensä 40–80 kWh välillä. (Aptiv 2021.)

#### 3.3 Ladattavien ajoneuvojen hyödyt

Sähköautoissa on monia hyviä ominaisuuksia polttomoottoriautoihin verrattuna. Yksi huomattavin etu on käyttökustannusten alhaisuus. Huolloissa jää pois kaikki polttomoottoreissa tarvittavat määräraikaishuollot sekä osien ja öljyjen vaihdot.

Sähköautot ovat huomattavasti energiatehokkaampia kuin polttomoottoriautot. Ne kuluttavat tyypillisesti 10–15 kWh/100 km. Dieselauto, jonka kulutus on 5 l/100 km tarvitsee energiaa noin 50 kWh/100 km ja bensiiniauto, jonka kulutus on 8 l/100 km tarvitsee energiaa noin 72 kWh/100 km. (Motiva 2020.)

Sähköauton lataaminen etenkin kotona ja työpaikalla on huomattavasti edullisempaa, kuin polttomoottoriauton tankkaaminen. Sähköauton lataaminen on myös kätevää, sillä se tapahtuu auton ollessa pysäköitynä työpaikalla tai kotipihaalla, eikä lataamista varten tarvitse lähteä erikseen huoltoasemalle. Sähköautot ovat ajettaessa päästöttömiä. Sähköenergian tuottamisessa syntyy osittain päästöjä, mutta esimerkiksi kotona aurinkopaneelien tuottamalla energialla ladattaessa päästään

hetkellisesti tilanteeseen, jossa sähköauto on täysin päästötön. Volvo arvioi, että sähköauton valmistamisen päästöt noin 70 % suuremmat kuin tavallisen polttomoottoriauton. Volvon mukaan autojen elinkaaren kokonaispäästöjen ero kuitenkin tasoittuu ja alkaa kääntyä sähköauton eduksi noin 110000 ajatun kilometrin jälkeen. Sähköautot aiheuttavat huomattavasti vähemmän meluhaittaa, sillä moottorista ei kuulu juurikaan ääntä. (Conserve Energy Future ei pvm.; Motiva 2020.; Tivi 2021.)

## 4 SÄHKÖAUTON LATAAMINEN

### 4.1 Ladattavien ajoneuvojen lataustavat

Sähköautojen latausaikaan vaikuttaa monta tekijää, joita ovat muun muassa akuston kapasiteetti, sekä sen varaustaso ja lämpötila. Lisäksi ulkolämpötila sekä käytettävissä oleva lataustapa ja lataus-teho vaikuttavat latauksen keston (Electromobility 2019, 10). Lataustasoa kuvataan termillä "Mode". Mode 2 ja Mode 3 ovat vaihtovirtalatausta, jossa autossa oleva kiinteä laturi eli sähkötekni- sesti tasasuuntaaja, muuttaa vaihtovirran akulle sopivaksi tasavirraksi. Mode 4 on tasavirtalatausta eli yleisesti pikalatausta, jossa latauspiste syöttää tasavirtaa suoraan auton akustoon. (Sesko 2021b.)

#### **Type 1 ja Type 2**

Type 1 -liitin lataa autoa yksivaiheisesti ja se soveltuu useimpiin varhaisiin sähköautoihin. Yleensä amerikkalaiset ja aasialaiset automallit ovat Type 1 -liittimellä varustettuja. Type 2 -liitin on puoles- taan suunniteltu syöttämään niin 1-, 2-, kuin 3-vaiheista latausvirtaa, ja se on sopiva useimpiin Eu- roopan markkinoilla valmistettuihin sähköautoihin ja lataushybrideihin.



KUVA 1. Type 1 ja Type 2 -liittimet (EV King 2021.)

#### **Mode 2**

Mode 2 on latausratkaisu, joka sopii molempiin sekä Type 1 että Type 2 -liittimillä varustettujen au- tojen lataamiseen Schuko-pistorasiasta. Mode 2 -kaapelit on valmistettu standardin SFS-EN 50620 mukaisesti. Mode 2 lataus toimii 1-vaiheisesti 6–16 ampeerin virralla (1,38 kW – 3,68 kW). Suo- messa on kuitenkin käytössä kansallinen, standardiin SFS-EN 62752 kirjattu poikkeus, että ajoneu- von ottama pitkäaikainen latausvirta tavallisesta kotipistorasiasta on rajoitettu 8 ampeeriin (1,84 kW). (Sesko 2021b.) Mode 2 -kaapeleille on suunnitteilla uusi hyväksyntä, jonka mukaan latauspis- tokkeessa tulee olla integroitu lämpötila-anturi, joka säätelee latausvirtaa ja tarvittaessa keskeyttää latauksen, jos pistorasia lämpenee liikaa.

### Mode 3

Mode 3 on suositeltavin sähköajoneuvojen lataustapa eli niin sanottu peruslataus. Se tarjoaa parhaan turvallisuustason vaihtovirtalataukseen. Mode 3 on kiinteä latausratkaisu sähköauton lataamisen tarkoitetun latausaseman tai lataustolpan muodossa. Mode 3 -latausratkaisuihin on asennettava tyyppin A vikavirtasuojaja tasavirtasuojaja tai tyyppin B vikavirtasuojaja, koska tavallinen vikavirtasuojaja ei tunnista tasavirtavuotoja. Ladattaessa latausjohdon pistoke lukittuu latausaseman pistorasiaan. Latausjärjestelmään kuuluu tiedonsiirtoväylä, joka varmistaa, että ajoneuvo on kytketty oikein ja turvallisesti latauspisteeseen. Lisäksi tiedonsiirtoväylällä voidaan ohjata kuormitusta ja virran syöttöä molempiin suuntiin. Mode 3 latausasemien teho on yleensä 3,7 kW – 22 kW. (Sesko 2021b.)

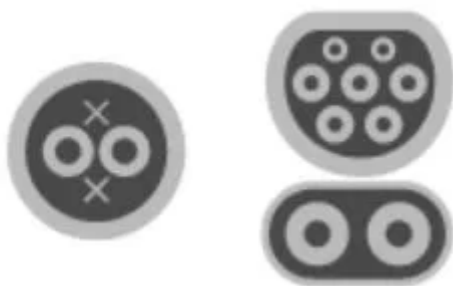
### Mode 4

Mode 4 on tasavirtalatausta ja sitä kutsutaan usein pikalataukseksi. Yleinen lataustaso on 50 kW – 350 kW. Tasavirtalatauksessa akku ladataan nopeasti 80 % varaustasoon, jonka jälkeen latausteho romahtaa nopeasti. Tällä mekanismilla säästetään akustojen käyttöikää. Pikalataus on pääasiassa vain täyssähköautojen ominaisuus. (Sesko 2021b.)

### CHAdeMO ja CCS

CHAdeMO ja CCS ovat tasavirta- eli pikalatausmenetelmiä. CHAdeMO on tasavirtalatausmenetelmä, jota käytetään USA:ssa, Euroopassa ja Aasiassa. CHAdeMO on kuitenkin USA:ssa ja Euroopassa poistumassa CCS-liittimien tieltä. CHAdeMO -liittimiä käytetään lähinnä vain japanilaisissa sähköautoissa.

CCS on tasavirtalatausmenetelmä, joka on yleinen eurooppalainen pikalatausstandardi. Euroopassa CCS-liitin vaaditaan julkisissa pikalatureissa. CCS- latausasemien latausteho on tyypillisesti 50–350 kW. (Sesko 2021b.) ABB lanseerasi lokakuussa 2021 uuden markkinoiden tehokkaimman pikalatausaseman, jonka maksimilatausteho on 360 kW.



KUVA 2. CHAdeMO ja CCS pikalatausliittimet (EV King 2021.)

## 4.2 Nykytilanne

Ihmiset ajavat keskimäärin noin 50 kilometriä vuorokaudessa. Tämä vastaa sähköinä noin 10 kWh energiaa ajoneuvosta riippuen. Sähköautojen ja lataushybridien lataus painottuu pääasiassa kotona ja työpaikalla lataamiseen. Kotona yön aikana tai työpaikalla työpäivän aikana ladattaessa hidastehoisellakin latauksella saadaan ladattua hyvin päivittäisen ajosuoritteen verran energiaa akustoon. Kotiloissa lataaminen on yleensä sähköenergian osalta halvinta, sillä julkisissa latauspisteissä energian hinnan lisäksi hintaan sisältyy myös erilaisia operointi- ja ylläpitomaksuja.

Vain pieni osa latauksista tapahtuu julkisilla AC-latausasemilla esimerkiksi kauppakäyntien yhteydessä. Julkisten latausasemien hinta on yleensä vähintään kaksinkertainen kotona lataamiseen verrattuna. Kauppakäyntien aikana akustoon saadaan ladattua melko vähän energiaa, joten julkisten latausasemien käyttö ei ole kovinkaan järkevää, jos sähköautoa voi ladata kotona, ellei akuston energiataso ole miltei lopussa.

Nämä lataustilastot käyvät ilmi Autoalan tiedotuskeskuksen syystalvella 2019–2020 teettämästä tutkimuksesta, jossa selvitettiin ladattavien autojen käyttö- ja lataustapoja. (Autoalan tiedotuskeskus 2020.)

DC-pikalatausasemilla ladataan käytännössä vain matkanteon aikana. DC-latausasemissa tarkoituksena on saada akustoon paljon energiaa lyhyessä ajassa. Yleensä suuritehoisilla pikalatausasemilla se näkyy myös hinnassa.

## 4.3 Latausasemien hankinta

Latausasemien hankinta pientaloihin on yksinkertainen prosessi. Se ei vaadi muuta kuin latausaseman hankkimisen ja sähköasentajan, joka asentaa latausaseman.

Taloyhtiöissä yksittäisten latausasemien hankinta onnistuu melko samalla tavoin kuin pientaloissakin. Taloyhtiössä latausaseman hankintaan täytyy saada kuitenkin taloyhtiön hallitukselta lupa ja varmistaa, että taloyhtiön ja autopaikan sähköistys kestää latausaseman käyttämistä.

Yksittäisten latausasemien asentaminen voi kuitenkin joissain tapauksissa hankaloittaa tilannetta pitkällä tähtäimellä, jos tulevaisuudessa taloyhtiöön aletaan suunnitella laajempaa, älykästä latausjärjestelmää. Latausjärjestelmät ovat yleensä suunniteltu toimimaan vain tietyn merkkisten latauslaitteiden kanssa. Näin ollen yksittäiset olemassa olevat eri merkkiset laitteet voivat aiheuttaa hankaluuksia latausjärjestelmiä suunnitellessa, sillä niitä ei välttämättä saada kuormanhallintaan tai laskutukseen mukaan.

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA tarjoaa asuinrakennuksen omistaville yhteisöille avustusta sähköautojen latausinfraan rakentamiseen. Vuoden 2022 alusta alkaen tuki edellyttää seuraavia ominaisuuksia:

- Latausvalmiudet vähintään viidelle autopaikalle
- Sähkökaapelointi mitoitettu 11 kW latausteholle kolmivaiheisena.

Tukea saa myös latauslaitteiden hankintaan, kunhan ne ovat vähintään 11 kW tehoisia tyyppin 2 koskettimella varustettuja latauslaitteita.

Avustus annetaan hankkeen kokonaiskustannuksista. Siihen luetaan asennustyöt, latausjärjestelmän sähköistys ja komponentit, mahdollisesti latausasemat, sekä mahdollisen uuden sähköliittymän kustannukset.

Avustusprosentti on 35 % hankkeen kokonaiskustannuksista. Avustukselle on kuitenkin latausvalmiuskohtainen yläraja, joka on 4 000 €. Esimerkkinä 10 latausvalmiuden hanke, joka maksaa 60 000 € saa avustusta  $10 * 4\,000 * 0,35 = 14\,000$  €. Vastaavasti jos hanke maksaisikin vain 30 000 €, olisi avustuksen määrä  $30\,000 * 0,35 = 10\,500$  €. (ARA 2021.)

#### 4.4 Dynaaminen kuormanhallinta

Dynaaminen kuormanhallinta on lähes välttämättömyys etenkin taloyhtiöissä, joissa latauskäytössä on useampia kymmeniä autopaikkoja. Dynaaminen kuormanhallinta valvoo latausasemien, sekä tarvittaessa koko kiinteistön kulutusta. Mittaustietojen perusteella dynaaminen kuormanhallinta tasaa latauspisteiden aiheuttamaa kuormitusta tarpeen vaatiessa. Sen avulla huolehditaan, ettei kiinteistön pääsulakkeiden, eikä sähköliittymän tehokapasiteetti pääse ylittymään.

Väreän älykkään latauspalvelun palveluntarjoajan IGL-Technologies Oy:n tuottama eParking-järjestelmä on markkinoiden ainoa järjestelmä, joka valvoo koko kiinteistön sähkökulutusta vaihteittain aina yksittäisestä latauspistokkeesta pääkeskukseen asti. eParking-järjestelmään sisältyy kolmen eri tason kuormanhallintaa:

- Yksinkertaisin 0-tason kuormanhallinta valvoo pistokekohtaisia virtarajoja ja pitää huolen siitä, ettei yksittäisen latauspistokkeen teho ylitä sallittua maksimiarvoa.
- 1-tason kuormanhallinta pitää huolen, ettei useista latauslaitteista koostuva laitteisto ylitä niille annettuja maksimivirta-arvoja. Se myös valvoo, ettei latauslaitteiden yhteenlaskettu teho ylitä vaihe- ja ryhmäkohtaisia sulakearvoja. Käytännössä tällä tasolla voidaan valvoa kokonaisen parkkipaikan latauksen kulutusta.
- 2-tason kuormanhallinta on uusin ja modernein ratkaisu. Ratkaisussa kiinteistön pääkeskukseen asennetaan erillinen mittari, joka kommunikoi latauslaitteiston kanssa. 2-tason kuormanhallinnalla voidaan säätää latauslaitteiston maksimilataustehoa kiinteistön sähkökäytön mukaan. Mikäli kiinteistön puolella ilmenee muuta suurta kulutusta, voidaan latausasemilta pudottaa tehoa ja vapauttaa näin kapasiteettia dynaamisesti reaaliajassa.

Dynaamisen kuormanhallinnan yksi suurista eduista on se, että kuormitusta hallinnoimalla ja tasamalla voidaan toteuttaa laajempiakin latausratkaisuja, ilman että sähköliittymän täytyy olla kohtuuttoman suuri.

Kuvassa 3 on havainnollistettu dynaamisen kuormanhallinnan periaatetta. 12 latauslaitteelle on kaksi 3x63 A ryhmää, joissa molemmissa on 6 kappaletta 11 kW tehoisia 3x16 A latausasemia. Jos latausosiemien virtojen summa ylittää ryhmän sisällä 3x63 A, dynaaminen kuormanhallinta pienentää ja jakaa lataustehoa tasan kaikille latauskäytössä oleville latausasemille. Näillä kahdella ryhmällä on yhteinen pääsulake, joka on kooltaan 3x80 A. Jos kaikkien latausosiemien virtojen summa ylittää

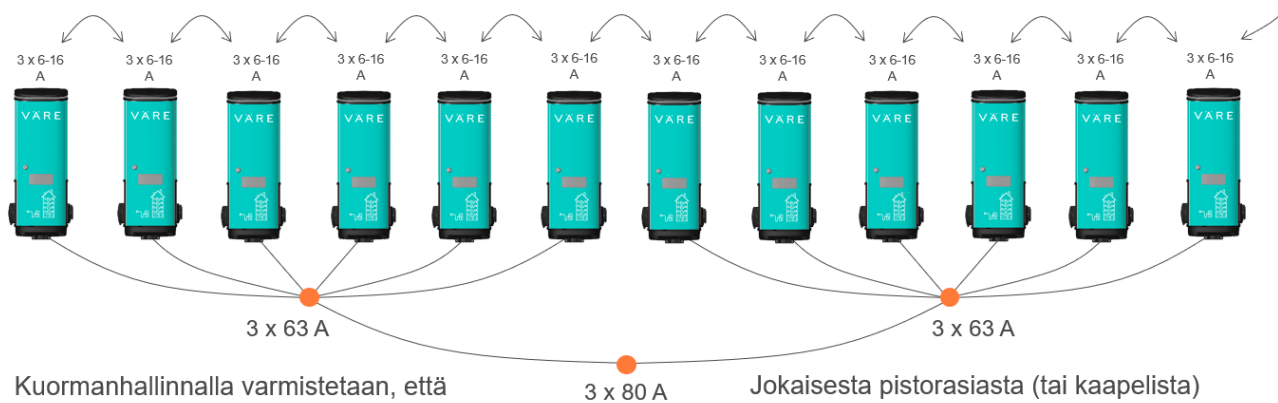
3x80 A, dynaaminen kuormanhallinta pienentää ja jakaa lataustehoa tasan kaikille latauskäytössä oleville latausasemille.

## Latauspalvelun toiminta eParking-järjestelmässä

Käyttäjä- ja mittaus-tieto kulkee laitteiden muodostamassa verkostossa modeemille ja sieltä eParkingin pilvipalveluun.



Modem



Kuormanhallinnalla varmistetaan, että kaikille lataajille saadaan sähköä ilman, että sähköliittymän tarvitsee olla valtavan suuri.

Jokaisesta pistorasiasta (tai kaapelista) kulutettu sähkö on mitattavissa ja laskutettavissa, myös lämmityskäytössä.

VARE

11/3/2021

6

KUVA 3. Havainnekuva dynamisesta kuormanhallinnasta. (Nieminen 2021.)



## 5 AURINKOSÄHKÖ

### 5.1 Yleistä aurinkosähköstä

Ilmastokriisin vuoksi on alettu pohtia uusiutuvan energian ratkaisuja. Yksi suosituimmista ratkaisuista etenkin pientuotannossa aurinkosähkö. Aurinkosähkö on yksi päästöttömimmistä tavoista tuottaa sähköä. Aurinkopaneelijärjestelmät ovat pitkäaikaisia ja vaativat vain vähän huoltamista. Aurinkopaneelit ovat taloudellisesti kannattavat, jos paneeleille löytyy sopiva paikka ja tuotettu sähkö saadaan kulutettua pääosin itse. Aurinkopaneelit voivat tulevaisuudessa nostaa myös kiinteistön myyntiarvoa. (Aurinkosähköä kotiin ei pvm.)

Aurinkopaneelien hankintaa on lähdetty edistämään eri keinoin. Esimerkiksi Business Finland myöntää energiatukea yrityksille, yhteisöille, kunnille, seurakunnille ja säätiöille. Energiatuen keskeisenä tavoitteena on edistää uusien, innovatiivisten ja vähäpäästöisten energiajärjestelmien kehittämistä pitkällä aikavälillä. Aurinkovoimaloiden tukiprosentti on 20 %. Kotitalouksiin hankittaessa aurinkopaneelijärjestelmän asennustyön osuudesta voidaan vähentää 40 % kotitalousvähennyksenä. (Business Finland ei pvm.; Motiva ei pvm.)

### 5.2 Aurinkosähköjärjestelmän periaate

Aurinkosähköjärjestelmässä aurinkopaneelit kiinnitetään yleensä kiinteistön katolle. Aurinkopaneelit voi myös kiinnittää rakennuksen seinään tai asentaa kokonaan maahan. Aurinkopaneelit tuottavat DC-tasavirtaa. Aurinkopaneelien tuottama DC-virta ohjataan vaihtosuuntaajalle, eli invertterille, joka muuttaa tasavirran kiinteistölle ja sähkönjakelulle sopivaksi AC-vaihtovirraksi.

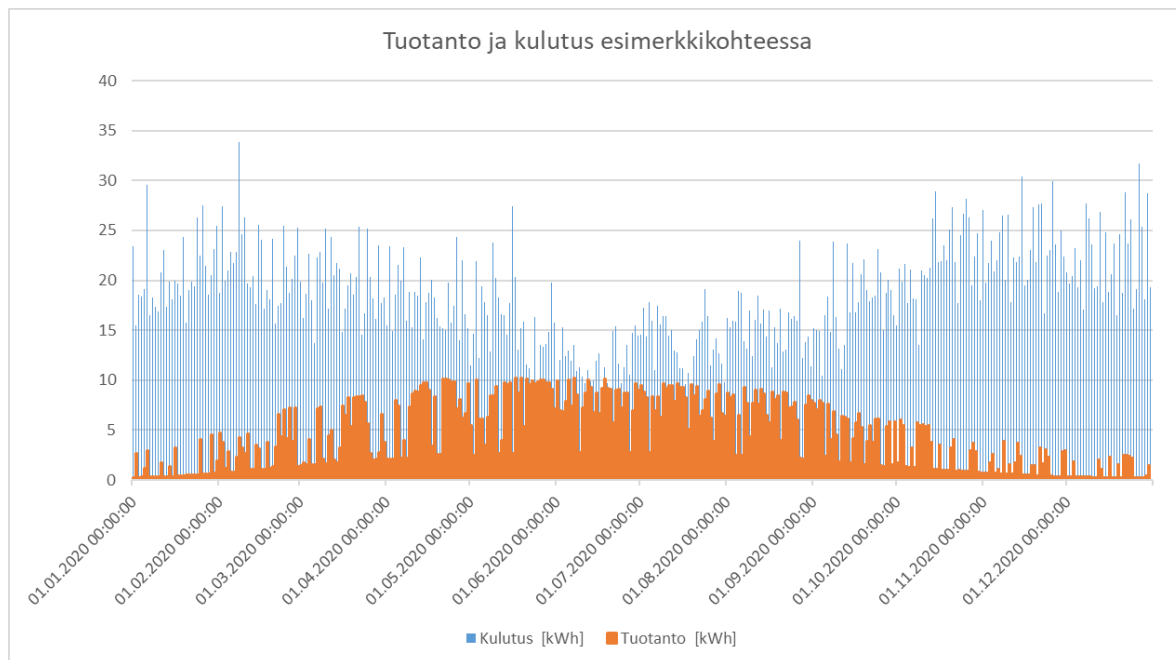
Aurinkosähköjärjestelmän tuotanto voidaan tuotantohetkellä hyödyntää kiinteistön sähkönkulutukseen, jolloin sähköverkosta otetun energian määrä pienenee. Näin myöskin sähkö- ja sähkönsiirtolaskua voidaan pienentää energian kulutuksen osalta. Aurinkopaneelijärjestelmän tuottama energia, jota ei saada hyödynnettyä kulutukseen syötetään sähköverkkoon. Aurinkosähköjärjestelmän omistajan täytyy valita sähkönmyyntiyhtiö, joka ostaa aurinkopaneelien tuottaman ylituotantosähkön, jota ei pystytä hyödyntämään kulutuksessa. Sähkönmyyntiyhtiö maksaa hyvitystä aurinkosähköjärjestelmän sähköverkkoon syöttämästä energiasta erillisen sopimuksen mukaan.

### 5.3 Aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen

Aurinkopaneelien kykyä tuottaa tehoa kutsutaan piikkitehoksi, ja yleisimmin kilowattipiikiksi (kWp). Tämä kuvaa paneelin tehoa standardiolosuhteissa, jolloin lämpötila on 25 astetta ja auringonsäteily 1000 W/m<sup>2</sup>. Tällöin yksi wattipiikki antaa yhden watin tehon. Yhden kilowattipiikin teho saadaan yleensä toteutettua 5-6m<sup>2</sup> paneelimäärällä. (HSY ei pvm.)

Aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan yleensä vastaamaan kiinteistön päivätuntien tuntihuipputehoa. Mitoituksessa kannattaa kuitenkin ottaa huomioon vuodenaikojen erot. Kesällä sähköä saadaan tuotettua luonnollisesti enemmän kuin talvella. Mitoitus kannattaa tehdä siten, että syksyn ja kevään sähkönkäyttö saadaan tuotettua omalla voimalalla ja kesällä sähköä jää myytäväksi sähköverkkoon. Näin pyritään saamaan aurinkovoimalasta maksimaalinen hyöty irti ja saadaan vältettyä mahdoli-

simman hyvin ylimitoitusta. Ylimitoituksesta saatava rahallinen hyöty on usein pieni suhteessa investoinnin lisäkustannuksiin. Kaaviossa 3 on esiteltyä aurinkosähköjärjestelmän lähes optimaalinen mitoitus, jolla saataisi arviolta noin 97 % aurinkopaneelijärjestelmän tuotannosta hyötykäyttöön.



KAAVIO 3. Tuotanto ja kulutus esimerkkikohteessa

#### 5.4 Nykytilanne

Aurinkosähkön pientuotanto on kasvanut voimakkaasti viime vuosina. Pientuotannon kapasiteetti on yli kymmenkertaistunut vuodesta 2016. Vuoden 2020 lopussa sähköverkkoon oli liitetty yhteensä noin 293 MW aurinkosähkön pientuotantokapasiteettia. Pientuotannon kapasiteetti on viime vuosina kasvanut noin 70 megawattilla vuodessa. (Energiavirasto 2021.)

Energiaviraston mukaan Suomessa on myös 4,6 MW edestä suurempia yli 1 MW aurinkosähkölaitoksia. Lisäksi sähköverkkoon kytkemättömiä aurinkosähköjärjestelmiä on arviolta yli 20 MW edestä, jotka on asennettu yli 50 000 pientaloon ja erityisesti vapaa-ajan asuntoihin.

#### 5.5 Pientuotannon netotusmittaus

Suomessa tuli vuoden 2021 alussa voimaan laki, joka mahdollistaa sähkön pientuottajien mittauksen netottamisen. Käytännössä ennen lakimuutosta aurinkopaneelijärjestelmän tuotannon tuli ohjautua suoraan kulutukseen, tai se myytiin muuten sähköverkkoon ylituotantona.

Joissain tapauksissa kiinteistöissä saatettiin sekä myydä aurinkopaneelien tuottamaa sähköä, että ostaa sähköä sähköverkosta yhtäaikaaisesti. Tämä johtui suurimmaksi osaksi vinokuormista: Aurinkopaneelien tuotto jakautuu tasaisesti kolmelle vaiheelle. Kun yksi vaihe kuormittuu huomattavasti muita enemmän, voi eteen tulla tilanne, jossa aurinkopaneelien tuotto ei riitä täyttämään runsaasti kuormitetun vaiheen kulutusta ja sähköä joudutaan ostamaan sähköverkosta. Samalla kaksi muuta vähän kuormitettua vaihetta myyvät aurinkopaneelien tuottamaa energiaa sähköverkkoon ylituotantona.

Lakimuutoksen myötä tuotanto ja kulutus netotetaan, eli lasketaan yhteen tunnin aikajakson sisällä. Näin ollen pientuottaja saa kaiken tunnin aikana tuottamansa sähkön hyötykäyttöön. Asialla on merkittävä vaikutus säästöjä ajatellen, sillä aurinkosähkön hyödyntäminen omaan käyttöön on huomattavasti edullisempaa, kuin sen myyminen sähköverkkoon.

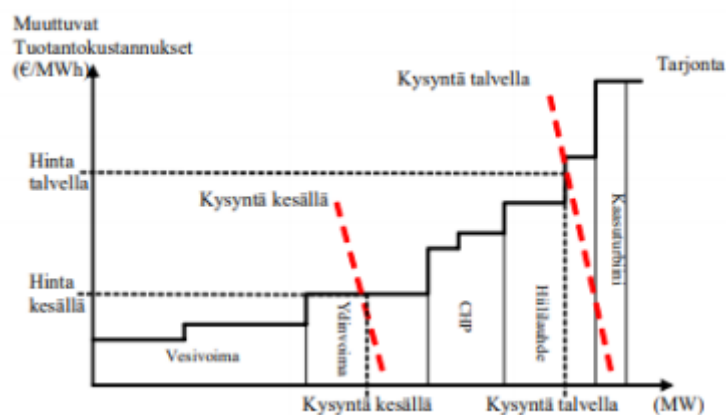
Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla ollaan kuitenkin siirtymässä tunnin tasetarkkuudesta viidentoista minuutin tasetarkkuuteen. Niin sanottuun varttitaseeseen ollaan siirtymässä näillä näkymin vuoden 2023 toisella neljänneksellä. Tämä tarkoittaa pientuottajien osalta sitä, että pientuotanto saadaan netotettuna hyötykäyttöön vain viidentoista minuutin aikavälein. (Savon Voima 2021; Yle 2021.)

## 6 SPOT-SÄHKÖ

### 6.1 Mitä on spot-sähkö?

Pohjoismaisessa Nord Pool-sähköpörssissä spot-sähkön hinta muodostuu jokaiselle vuorokauden tunnille, josta Suomen alueelle muodostuu oma spotin aluehinta. Hinta määräytyy sähköpörssissä seuraavan vuorokauden jokaiselle tunnille vuorokautta edeltävänä päivänä noin kello 12:42 (CET). Hinta muodostuu sähköpörssiin syötettyjen sähkönmyyjien ostotarjousten, sekä sähköntuottajien myyntitarjousten leikkauspisteessä. Spot-hinta on kunkin pohjoismaan alueen karkea markkinahinta, eikä siinä oteta huomioon sähkönmyyjien toimintakustannuksia, kuten alkuperäsertifikaatteja, Fingridin toimitusmaksua, profiilikustannuksia tai esimerkiksi sähkönmyyjän laskutusta. Spot-sähkösojimuksissa sähkönmyyjä yleensä lisää spot-sähkön hintaan oman välityspalkkionsa ja mahdollisen kuukausimaksun. (Nordic Green Energy ei pvm.; Kontulainen 2021.)

Sähköntuottajat ja -myyjät asettavat myynti- ja ostotarjouksensa seuraavan päivän jokaiselle tunnille. Tuottajat asettavat myyntitarjouksensa tuotantokustannuksien ja omien katteidensa mukaan, sähkönmyyjät puolestaan asettavat asiakkaidensa kulutustarpeiden mukaisesti ostotarjouksensa. Sähkönmyyntiyhtiöt ovat käytännössä pakotettuja ostamaan asiakkaidensa kulutusta vastaavan määrän sähköä hinnalla millä hyvänsä, sillä kuluttaja-asiakkaat eivät tyypillisesti jousta sähkönkulutuksessa hinnan vuoksi. Kuvassa 4 on hahmoteltu markkinahinnan muodostumista. (Kontulainen 2021.)



KUVA 4. Havainnekuva spot-hinnan kysyntä- ja tarjontakäyrien kohtaamisesta. (LUT 2017.)

Markkinahinta koostuu siis siitä pisteestä, kun kysynnän kapasiteetti saadaan täytettyä tuotannolla. Jos esimerkiksi tuulivoimaa on paljon tai kysyntää on vähän, saadaan kysyntää täytettyä enemmän halvemmilla tuotantomuodoilla, eikä kalliita tuotantomuotoja tarvita niin paljoa. Tällöin spotin hinta jää halvemmaksi. Jos kysyntää on paljon ja esimerkiksi tuuli on vähäistä, joudutaan kysyntää täyttämään enemmän kalliimmilla hyvin säädettävissä olevilla tuotantomuodoilla. Tällöin myös spotin hinta on korkeampi. (Kontulainen 2021.)

Esimerkiksi tuulivoiman ja ydinvoiman huono säädeltävyys ajaa tuuli- ja ydinvoimantuottajat siihen tilanteeseen, että niiden on myytävä tuottamansa sähkö hinnasta riippumatta. Niiden sähköntuotannon muuttuvat kustannukset ovat myös alhaisia. Siksi näiden tuotantomuotojen myyntitarjoukset ovat yleensä alhaisimpien joukossa. Tuotantokäyrän kalleimmassa päässä on esimerkiksi hiililauhdevoimalat ja kaasuturbiinit. Näillä tuotantomenetelmillä sähkön tuottaminen on kalliimpaa, joten myös myyntihinta on suurempi. Hyvin säädeltävillä tuotantomuodoilla, kuten vesivoimalla voidaan myös optimoida myyntitarjouksia vuorokauden kalleimpiin tunteihin.

Esimerkkinä tuottaja voi myydä 100 MW teholla sähköä tunnin ajan hintaan 80 € / MWh. Tuottaja voi tehdä toisen myyntitarjouksen, jossa se myy seuraavaksi 200 MW teholla sähköä tunnin ajan hintaan 100 € / MWh. (Fingrid ei pvm.; Kontulainen 2021.)

## 6.2 Spot-sähkön käytön optimointi

Spot-sähkön hinta määräytyy siis kysynnän ja tarjonnan mukaan, kuten edellä on mainittu. Spot-sähkön hinta on halvimmillaan yöllä, kun suurin osa kotitalouksista alkaa nukkua ja liiketilat sekä kaupat sulkeutuvat. Tällöin luonnollisesti myös sähkönkäyttö on vähäisempää kuin päiväsaikaan. Niinpä myös sähköenergian kysyntä laskee.

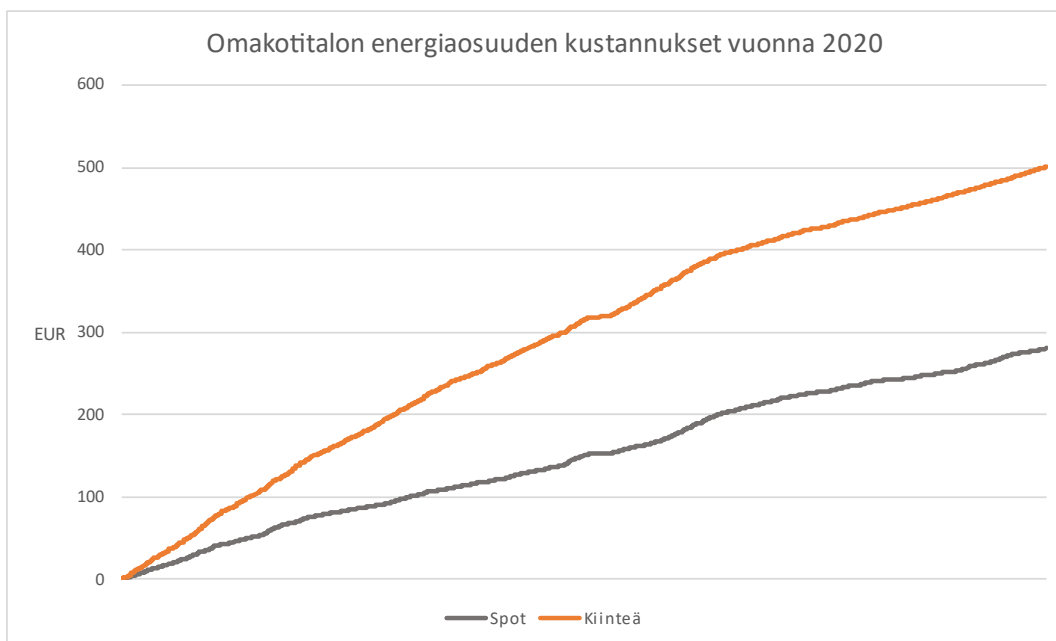
Spot-sähkön optimoinnin kannalta sähköä kannattaa käyttää mahdollisimman paljon edullisten käyttötuntien aikana. Yleensä öisin, viikonloppuisin ja tuulisina tai aurinkoisina päivinä spot-hinnat ovat halvempia. Hyviä spot-sähkön optimointitapoja on esimerkiksi sähköauton lataaminen tai lämminvesivaraajan lämmittäminen ajastetusti yöllä.

Spot-sähkön käyttäminen on järkevää, etenkin jos kiinteistössä on aurinkosähköjärjestelmä. Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa energiaa päivällä, jolloin ainakin osa sähkönsiirron energiaosuudesta ja kalliista päivän spot-sähköstä saadaan korvattua omalla tuotannolla. Öisin kun aurinkopaneelit eivät enää tuota energiaa, on spot-hinta laskenut usein matalaksi, jolloin tarvittavan verkosta otetun sähköenergian hinta on halvimmillaan.

## 6.3 Spot-sähkön rahallinen vaikutus

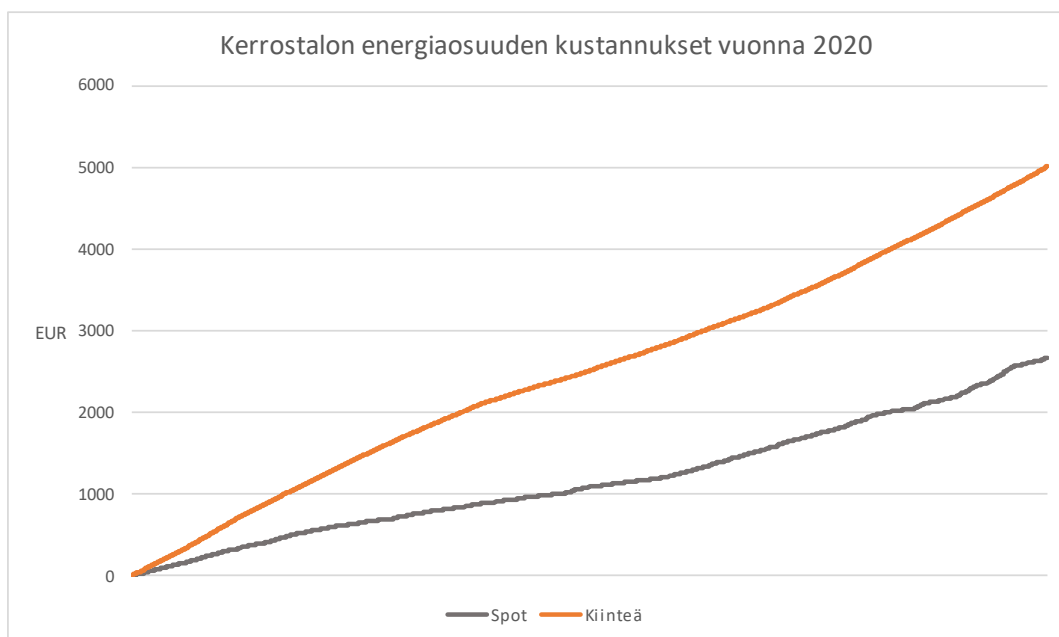
Tuntiputkien (sähkönkulutus tunneittain) avulla on laskettu, kuinka sähkösopimuksen tyyppi vaikuttaa kustannuksiin. Laskelmissa on käytetty kahta esimerkkikohdetta, joista toinen on omakotitalo ja toinen on kerrostalo. Molemmista on otettu tarkasteluun toteutunut sähkönkulutuksen tuntiputki vuodelta 2020. Kohteiden sähkönkulutus on kerrottu sähköenergian hinnalla ja ne on kerätty peräkkäin kumulatiiviseksi lukemaksi. Kiinteän sähkösopimuksen hintana laskelmissa on käytetty Värean 2019–2021 aikavälillä toteutuneiden kiinteiden sähkösopimusten keskihintaa. Keskihinnaksi muodostui 5,70 snt/kWh. Spot-sähkön hintana on käytetty Nord Poolin raportoinnin mukaan vuoden 2020 Suomen spot-aluehinnan toteutumia jokaiselle tunnille. Suomen aluehintaan on lisätty sähkönmyyjän, tässä tapauksessa Värean marginaali 0,25 snt/kWh.

Kaaviossa 4 on esiteltyä tulokset omakotitalon vuoden 2020 energiaosuuden kustannuksista. Voimme huomata, että vuoden 2020 hinnoilla spot-sähköllä kyseisessä kohteessa olisi voitu energia-maksuissa säästää lähes puolet kiinteään sähkösopimukseen verrattuna.



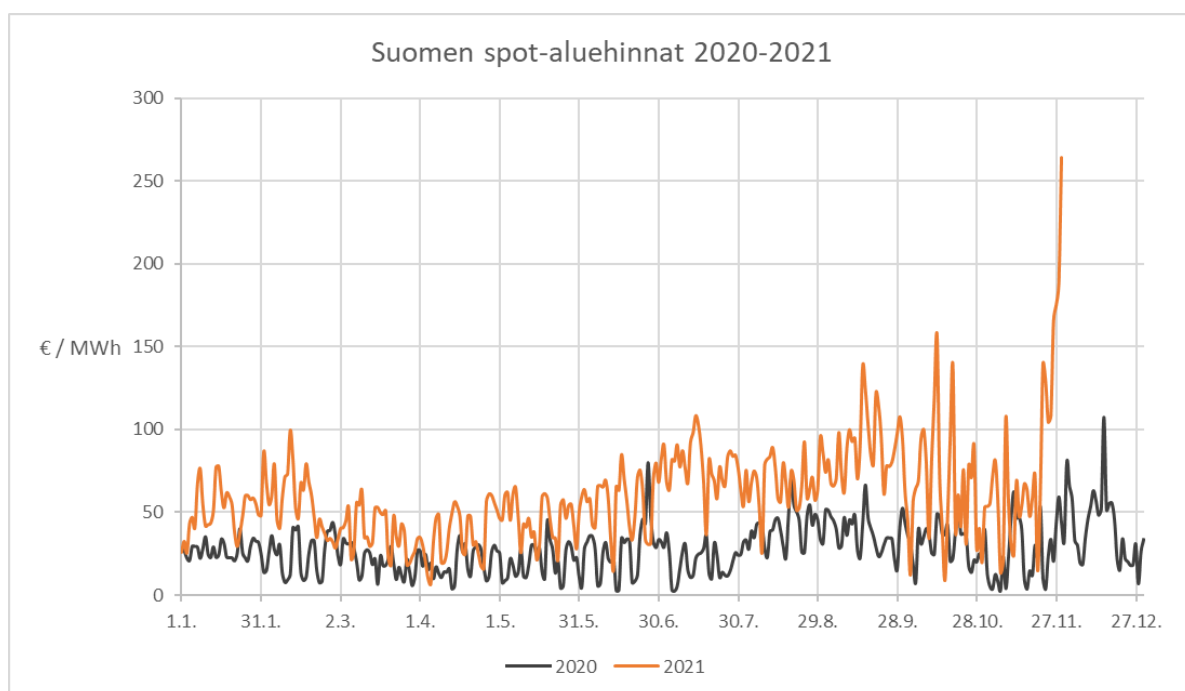
KAAVIO 4. Omakotitalon energiaosuuden kustannukset vuonna 2020

Kaaviossa 5 on laskettu kaavion 4 tavoin kerrostalon sähkönkulutuksen kustannukset energian osalta. Taloyhtiöissä on kuitenkin otettava huomioon, että kullakin huoneistolla on omat sähkösopimuksensa ja taloyhtiöllä on omansa taloyhtiön yleisten tilojen sähkönkäytölle. Kohteen laskelmissa on käytetty koko sähköliittymän kulutuksen tuntiputkea kokonaisuuden hahmottamiseksi, joten yksittäisen kuluttajan mahdolliset säästöt ovat vain yksi osa kokonaisuutta. Tämän työn tapauksessa on järkevää tarkastella koko sähköliittymän kuormitusta, sillä aurinkosähköä voidaan nykyisin ohjata myös huoneistojen kulutukseen. Voimme huomata, että vuoden 2020 spot-hinnoilla sähköenergian osuudessa olisi voitu säästää noin puolet kiinteään hintaan verrattuna.



KAAVIO 5. Kerrostalon energiaosuuden kustannukset vuonna 2020

On kuitenkin huomioitavaa, että kiinteä sähkösojimus on yleensä monivuotinen. Spotin hinta taas vaihtelee tunneittain markkinan mukaan ja esimerkiksi vuonna 2021 energian hinnat ovat olleet korkeassa nousussa. Spot-sähkön keskihinta on vuonna 2021 ollut moninkertainen vuoteen 2020 verrattuna, joten spot-sähköllä ei aina ole saatavilla automaattisesti pelkkää säästöä. Kaaviossa 6 on esitettynä vuosien 2020 ja 2021 toteutuneet Suomen spot-aluehinnat. Kuvasta on huomattavissa talven 2021 niin sanotun energiakriisin vaikutus sähkön hintaan. Jos on tehnyt esimerkiksi kiinteän 5 snt/kWh sähkösojimuksen vuonna 2020, on se vuoden 2021 markkinahinnoilla huomattavasti edullisempi, kuin spot-sähkösojimus.



KAAVIO 6. Suomen spot-aluehinnat 2020–2021

## 7 AURINKOSÄHKÖN HYÖDYNTÄMINEN SÄHKÖAUTON LATAUKSESSA

### 7.1 Ajoneuvon lataaminen pientaloissa

Omakotitaloissa ladattaessa sähköenergia kulkee kiinteistön sähkömittauksen kautta, joten sähköauton lataamisen hinta koostuu sähkösopimuksen mukaan sähkölaskulle. Omakotitalolataaminen ei yksinkertaisimmillaan vaadi kuin jatkuvaa latausvirtaa kestävästä pistorasian. Myös latausasemat ovat helposti asennettavissa, sillä sähköistys voidaan tehdä talon sähkökeskuksesta.

Kuormanhallinta omakotitaloissa onnistuu yksinkertaisimmillaan käyttämällä suuritehoisia sähkölaitteita eriaikaisesti. Esimerkiksi 11 kW (3x16 A) latausasemakin saadaan melko helposti mahtumaan kiinteistön sähkökulutukseen. Omakotitaloissa on yleensä käytössä 3x25 A pääsulakkeet, joten kiinteistön normaali sähkökäyttö ja lataaminen ei aiheuta ongelmia kiinteistön kapasiteetin puolesta. 11 kW teholla ladattaessa on kuitenkin huomioitava, ettei tehokkaiden sähkölaitteiden, kuten esimerkiksi lieden tai sähkökiukaan samanaikainen käyttö ole välttämättä suotavaa. Latausasemiin on myös saatavilla kuormanohjausyksiköitä, jotka mittaavat kiinteistön energiankulutusta ja lähettävät tiedon latausasemille. Latausasemat voivat tämän tiedon perusteella pudottaa lataustehoa dynaamisesti, jottei kiinteistön pääsulakkeiden tehonkesto ylity. (Nieminen 2021.)

### 7.2 Ajoneuvon lataaminen taloyhtiöissä

Taloyhtiölataaminen vaatii hieman enemmän suunnittelua ja erilaisia toteutustapoja, sillä yleensä taloyhtiöissä autopaikkojen sähköistys tapahtuu taloyhtiön yhteisen kiinteistösähkömittauksen kautta. Tällöin lataukseen käytetty energia laskutetaan taloyhtiöltä. Ellei taloyhtiö halua tarjota latausta ilmaiseksi, tulee sähköenergian laskuttamiseen keksiä jokin ratkaisu. Yksinkertaisimmillaan yksittäiset latausratkaisut ovat toteutettavissa asentamalla mittauslaitedirektiivin (MID) mukainen energiamittari ennen lataukseen käytettävää pistoketta, jonka mukaan taloyhtiö laskuttaa asukasta sopimuksen mukaan.

Laajemmissa ratkaisuissa kompastuskiveksi muodostuu yleensä taloyhtiön kiinteistökeskuksen vapaan kapasiteetin riittävyys. Tällöin dynaamisen kuormanhallinnan merkitys korostuu ja aletaan puhua älykkään latausjärjestelmän hankkimisesta. Energian laskutus tulee myös ottaa huomioon, sillä jokaisen autopaikan kuluttama energia täytyy saada eriteltyä ja laskutettua oikeissa määrin oikeilta henkilöiltä. (Nieminen 2021.)

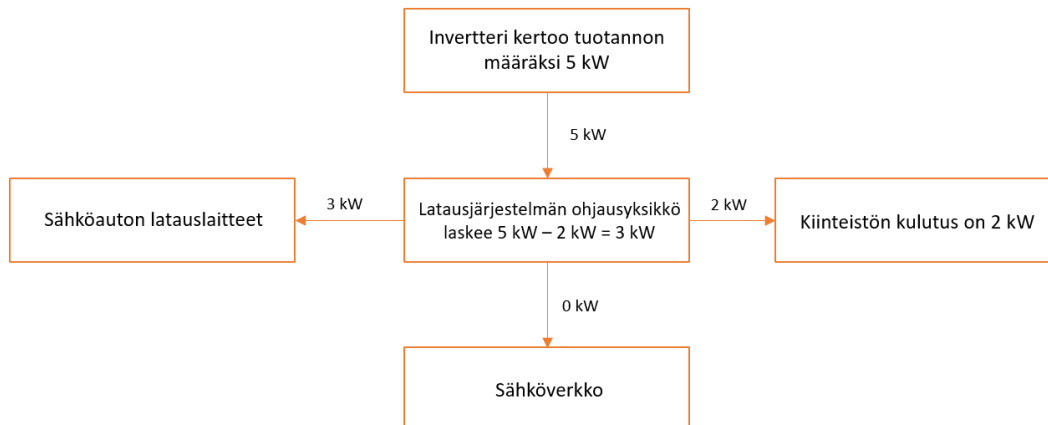
### 7.3 Tuotantojärjestelmän ja kuormanohjauksen välinen kommunikointi

Väreen parkkipaikkaratkaisuihin käytettävien laitteiden valmistaja Harju Elekter valmistaa kuormanhallinnassa käytettävää erillistä ohjainyksikköä, eli käytännössä älyllistä energiamittaria. Mittari mittaa koko pääkeskuksen kulutusta, jonka mukaan se osaa säädellä latausjärjestelmän lataustehoa. Kun mietitään ratkaisua, jossa latausjärjestelmää ohjataan pääkeskuksen kuormituksen lisäksi myös aurinkopaneelien tuotannon mukaan, täytyy latausjärjestelmää ohjaavan mittarin saada jostain tieto aurinkopaneelien tuotannon määrästä.

IGL:n asiantuntijan Kari Oinosen kanssa käytyjen keskustelujen mukaan mahdollisia toteutustapoja olisi Väreen osalta tällä hetkellä kaksi. Toisessa suunnitellaan tiedonsiirtointegraatio aurinkopaneeli-

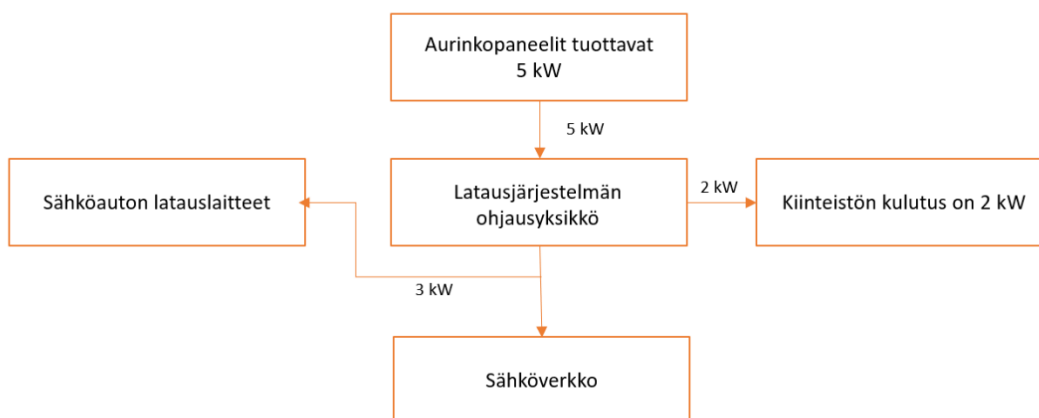


järjestelmän invertterin, sekä latausjärjestelmän ohjainyksikön välille. Energiamittari mittaa pääkeskuksella koko kiinteistön liittymän kulutusta ja invertteri lähettää ohjainyksikölle tiedon aurinkopaneelijärjestelmän tuotannon määrästä. Näiden tietojen avulla ohjainyksikkö osaisi ohjata ylituotantoenergiaa sähköautojen lataamiseen. Tämä ratkaisu on havainnollistettu kaaviossa 7.



KAAVIO 7. Havainnekuva ohjainyksikön ja invertterin tiedonsiirtointegraatiosta

Toinen vaihtoehto on ohjelmoida itse ohjainyksikkö kaksisuuntaiseksi, jolloin se mittaisi ja tunnistaisi sen kautta fyysisesti kulkevan aurinkopaneelijärjestelmän ylituotannon. Energiamittarin mitaama kulutuksen arvo menee negatiiviseksi, kun aurinkopaneelit tuottavat enemmän kuin kiinteistössä käytetään sähköä. Energiamittari tunnistaisi negatiivisen kulutuksen ja ohjaisi ylijäämän sähköautojen lataukseen, jos latauksessa on autoja. Tällainen järjestelmä on jo käytettävissä Väreen myymässä Wallbox -kotilatausasemassa. Käyttäjä voi älypuhelinsovelluksella valita, ladataanko autoa pelkällä aurinkosähköllä, jolloin latausteho on paneelien tuottaman ylijäämän verran, vai ladataanko autoa niin sanotusti hybridimallilla, jossa latausasema lataa sille määritetyllä maksimiteholla. Hybridimallissa aurinkosähkön ylijäämätuotanto ohjataan lataukseen ja loput ostetaan sähköverkosta, jotta määritetty maksimiteho täyttyy. Tämä ratkaisu on havainnollistettu kaaviossa 8.



KAAVIO 8. Havainnekuva ohjainyksikön ohjelmoimisesta kaksisuuntaiseksi

#### 7.4 Säätä seuraava latausjärjestelmä

IGL:n kehittämän eParking latauspalvelun käyttäjät hallinnoivat latausasemiaan puhelinsovelluksen avulla. Tällä hetkellä käyttäjät voivat käynnistää, lopettaa ja ajastaa latauksiaan. IGL:n Oinosen mukaan sovellukseen voisi asettaa valikon, johon käyttäjä syöttää lähtöajan ja tarvitsemansa auton varaustason. Näiden tietojen pohjalta järjestelmä osaisi laskea jokaiselle lataajalle tehontarpeen ja ajan, jossa auto täytyy ladata. Näin ollen, jos käyttäjä asettaa lähtöaikansa usean tunnin päähän, voidaan latausta venyttää lähtöajan mukaan, eikä autoa tarvitse ladata täydellä teholla. Näin säästetään myös kiinteistön vapaata kapasiteettia ja sellaisia autoja voidaan ladata suuremmalla teholla, joilla on tarve lähteä lähitunteina ja jotka tarvitsevat energiaa akustoon nopeasti.

IGL on kehittänyt älykkään polttomoottoriautojen lämmitysjärjestelmän. Järjestelmä seuraa lämpötilaennustetta ja osaa ennusteen mukaan säädellä autojen lämmitysaikaa. Esimerkiksi jos ulkona on nollakeli, järjestelmä antaa lämmitysrasiaan virtaa vain 20 minuuttia. Jos sääennusteen mukaan on kova pakkanen, niin järjestelmä antaa lämmitysrasiaan virtaa useamman tunnin. Näin saadaan vähennettyä turhan lämmittämisen ja energian kulutuksen määrää.

Tämä älykäs lämmitysjärjestelmä on Oinosen mukaan helposti räätälöitävissä myös sähköautojen latausjärjestelmään. Yhdessä käymässämme keskustelussa selvisi, että järjestelmä on mahdollista ohjelmoida seuraamaan seuraavan päivän ja etenkin aamun aurinkoennustetta. Jos aamu näyttää aurinkoiselta ja käyttäjä on asettanut lähtöaikansa pitkälle aamuun, järjestelmä ei lataa autoa kokonaan yöllä, vaan laskelmoi ja säästää auton lataamista aamuun, jolloin sitä voidaan ladata aurinkosähköllä. Jos aamu näyttää ennusteen mukaan pilviseltä, niin järjestelmä lataa autoja yöllä verkosta ostetulla sähköllä.

## 8 KANNATTAVUUSLASKELMAT

### 8.1 Aurinkolaskuri

Väreen aurinkosähkön johtavan asiantuntijan Petri Valtosen rakentamalla laskurilla voidaan laskea suuntaa antavat laskelmat, joista selviää kiinteistön kulutuksen mukaan aurinkopaneelijärjestelmän omakäyttöaste ja ylijäämän verkkoon myynnin osuus. Aurinkolaskuriin syötetään lähtötietoina sähkönkulutuksen vuosittainen tuntiputki (sähkönkulutus tunneittain vuoden ajalta), sähkön ostohinta verkosta, aurinkovoimalan tuottaman energian ylijäämän myyntihinta, aurinkosähkölaitteiston kokonaisteho ja aurinkopaneelien suuntaus. Laskuri laskee aurinkovoimalan tuotannon tuntitasolla pohjautuen aurinkopaneelijärjestelmän tehoon ja mitattuihin keskimääräisiin auringonsäteilymääriin Suomessa. Sähkönkulutuksen tuntiputki syötetään laskuriin, ja laskuri laskee näiden tietojen avulla aurinkosähkön tuottaman energian omaan käyttöön hyödynnettävän osuuden ja verkkoon ylituotantona myytävän osuuden. Kun omakäytön ja ylituotannon osuudet on laskettu, voidaan sähkön ostohinnan ja ylijäämän myyntihinnan avulla laskea aurinkovoimalan tuottama rahallinen hyöty. Kun tiedetään aurinkovoimalan hinta, voidaan näiden tietojen pohjalta edelleen laskea investoinnin takaisinmaksuaika tai tehdä muita investointilaskelmia.

Lähtötietoina laskelmissa on käytetty samojen esimerkkikohteiden tuntiputkidataa, kuin spot-sähkölaskelmissa. Sähkön ostohintana on käytetty keskiarvoa 15 snt/kWh ja siihen sisältyy energian hinta, sähkönsiirron hinta, sekä sähkövero. Ylijäämäsähkön myyntihintana on käytetty Väreen keskiarvoa 6 snt/kWh. Aurinkopaneelien suuntaus on molemmissa kohteissa 180 astetta, eli suoraan etelään. Aurinkovoimaloiden koko on mitoitettu kohteiden sähkönkulutuksen mukaan siten, että niistä saadaan mahdollisimman suuri hyöty investointiin nähden.

### 8.2 Tuotantolaskelmat

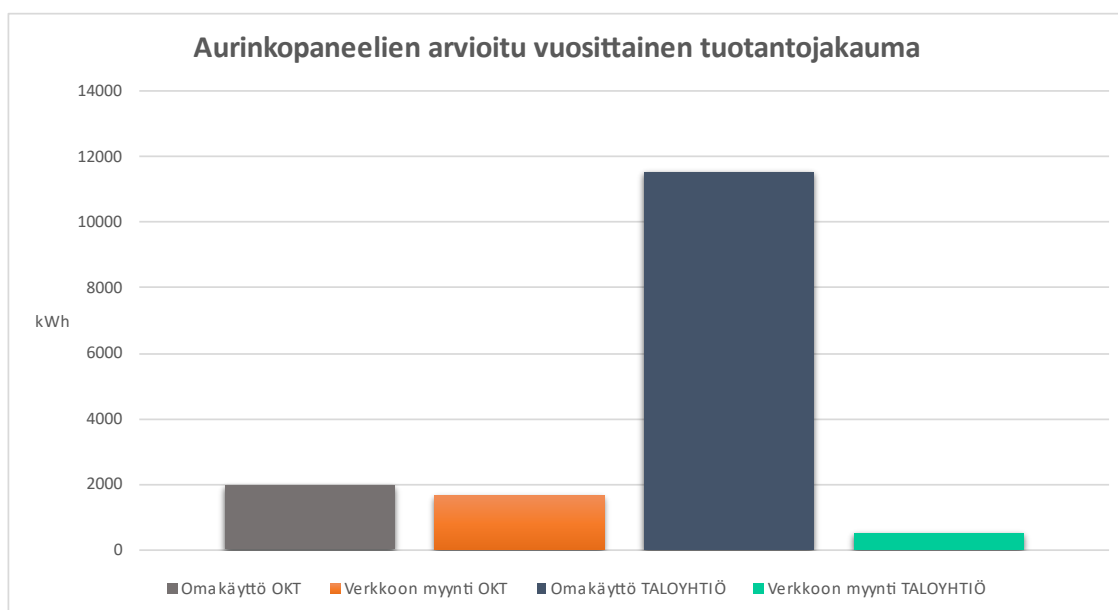
Laskurilla on laskettu, kuinka paljon aurinkosähkön tuotannosta saadaan omaan käyttöön ja kuinka paljon sitä myydään ylijäämänä sähköverkkoon. Kaaviossa 9 on esiteltynä omakotitalon ja kerrostaloyhtiön ennustettu tuotantojakauma. Omakotitalon aurinkovoimalan kokona on käytetty 4,44 kWp.

Kaaviosta voidaan huomata, että omakotitalossa omakäytön ja verkkoon myynnin osuus on melko tasainen. Omaan käyttöön hyödynnettävää tuotantoa olisi arviolta noin 2000 kWh ja sähköverkkoon myytävää ylijäämää noin 1600 kWh.

Ylituotannolla saisi ladattua täyssähköauton akustoon ajokilometrejä noin 10500 km automallista riippuen. On kuitenkin huomioitava, että nämä ovat maksimaalisia teoreettisia arvoja. Aiemmin mainitulla Väreen tarjoamalla Wallbox-kotilatausasemalla voidaan varmistaa se, että kaikki aurinkoenergia saadaan siirrettyä sähköauton akustoon. Sähköauto ei kuitenkaan välttämättä ole aina kotona ladattavissa, kun aurinko paistaa. Lisäksi suurin osa tuotannosta sijoittuu kesälle, joten täyssähköautolla tulisi ajaa noin 80–100 km päivässä, jotta hyöty saataisiin maksimoitua. Työssä on esitetty teoreettinen suurin mahdollinen hyöty, mutta toteutunut hyöty on kiinni loppukäyttäjistä.

Kerrostalossa aurinkovoimalan kokona on käytetty 14,8 kWp. Aurinkopaneelien tuotanto saataisiin lähes kokonaan hyödynnettyä asuntojen ja yleisten, eikä sähköautojen lataamiselle jäisi ylituotantoa juuri ollenkaan. Omaan käyttöön hyödynnettävää tuotantoa olisi arviolta noin 11500 kWh ja sähköverkkoon myytävää ylijäämää vain noin 500 kWh. Ylijäämän määrä on varsin hyvä yksittäiselle sähköautoilijalle, mutta hyöty ei ole kovin suuri, kun lataajia on useampia.

Jos kyseisessä kohteessa halutaan hyödyntää aurinkoenergiaa tehokkaammin sähköautojen lataukseen, täytyy aurinkovoimala mitoittaa suuremmaksi. Tämä taas lisää investoinnin määrää. Aurinkovoimalan koon kasvattaminen on järkevää niin kauan, kun ylijäämätuotanto saadaan hyödynnettyä mahdollisimman hyvin.

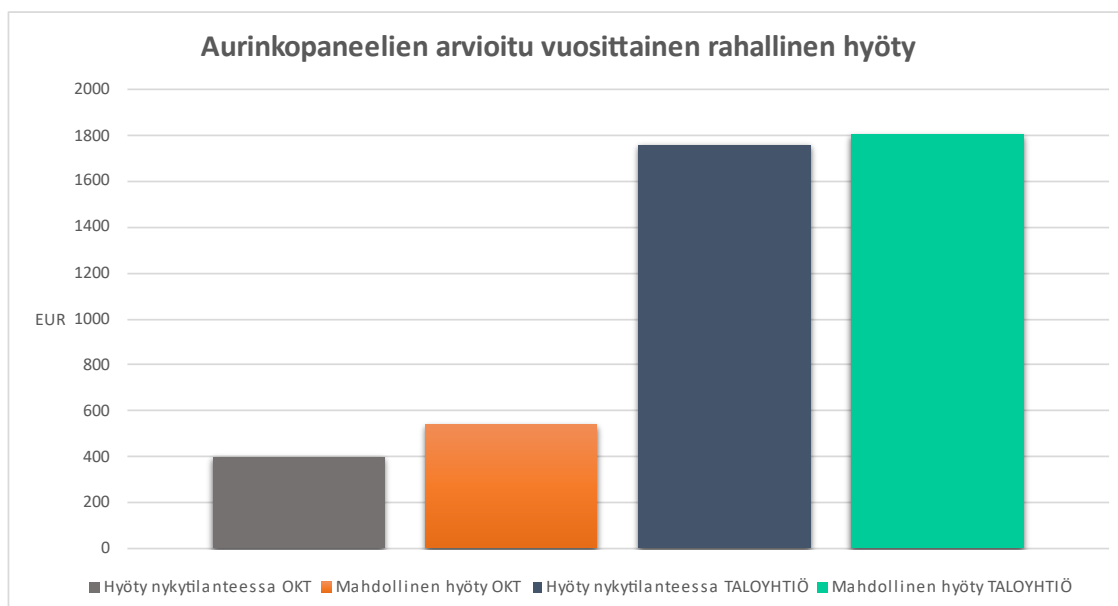


KAAVIO 9. Aurinkopaneelien tuotantojakauma

### 8.3 Rahallinen hyöty

Kaaviossa 10 on esiteltyä aurinkosähköjärjestelmän rahalliset hyödyt. Omakotitalon tämänhetkisellä sähkönkulutuksella rahallinen hyöty olisi noin 400 € vuodessa. Maksimaalinen rahallinen hyöty voisi olla noin 540 € vuodessa. Takaisinmaksuaika Väreeltä kyseiseen omakotitaloon hankitulle 4,44 kWp tehoiselle aurinkosähköjärjestelmälle olisi vuoden 2020 hinnoilla kotitalousvähennys huomioiden noin 14 vuotta. Takaisinmaksuaika putoaisi noin 10 vuoteen, jos kaikki ylijäämä saataisi hyötykäyttöön.

Kerrostalon tämänhetkisellä sähkönkulutuksella rahallinen hyöty olisi noin 1700 € vuodessa. Maksimaalinen rahallinen hyöty voisi olla noin 1800 € vuodessa. Ero ei ole kovin suuri, sillä omaan käyttöön saadaan jo hyödynnettyä todella paljon tuotantoa. Takaisinmaksuaika Väreeltä kyseiseen kohteeseen hankitulle 14,8 kWp tehoiselle aurinkosähköjärjestelmälle olisi vuoden 2020 hinnoilla noin 9 vuotta. Takaisinmaksuaika putoaisi vain muutamalla kuukaudella, jos kaikki ylijäämä saataisi hyötykäyttöön.



KAAVIO 10. Aurinkopaneelien arvioitu vuosittainen rahallinen hyöty

#### 8.4 Haasteet

Haasteeksi omakotitaloissa muodostuu erityisesti se, kuinka usein auton saa lataukseen päivän ajaksi. Nykyisessä maailmantilanteessa etätöiden vaikutus kuitenkin helpottaa asiaa. Taloyhtiöissä sähköautojen yleistyessä latauksessa on todennäköisesti myös päivisin autoja, joten ongelma ei muodostu niin suureksi, kuin omakotitalossa.

Taloyhtiöissä ongelmana on aurinkosähköjärjestelmän mitoittaminen. Jos aurinkopaneelijärjestelmä joudutaan mitoittamaan suuremmaksi, kuten esimerkiksi tässä työssä käytetyssä esimerkkitilanteessa, alkaa järjestelmä vaatia jo huomattavan määrän kattopinta-alaa. Kaikkiin kohteisiin, eikä etenäkään kaikkiin kerrostalokohteisiin ole välttämättä edes mahdollista tai kannattavaa rakentaa aurinkosähköjärjestelmää erityisesti sähköautojen latausta varten, jos asennuspinta-alaa ei ole riittävästi.

## 9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä selvitettiin teoreettisesti, kuinka aurinkosähköjärjestelmää hyödyntävä sähköautojen latausjärjestelmä olisi mahdollista toteuttaa ja kuinka suurta hyötyä siitä olisi saatavilla. Tarkoituksena oli tutkia aihetta ja saada Väreelle myyntiä tukevaa materiaalia ja dataa.

Tutkimustyö saatiin tehtyä, ja nyt Väreellä on dataa ja materiaalia, joilla voidaan arvioida aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta myös sähköautojen latauksen osalta, sekä tarjota informaatiota asiakkaille myynnin tueksi.

Omakotitaloissa aurinkosähköllä lataaminen on jo Väreeseen tarjoamilla palveluilla mahdollista. Taloyhtiöissä aurinkosähkön hyödyntäminen sähköautojen latauksessa vaatii kuitenkin vielä latausjärjestelmän kehittämistä ja aurinkosähkön tuotannon määrän integroimista järjestelmään.

Työn tulokset ovat laskettu vuoden 2020 energiahinnoilla. Vuonna 2021 energiahinnat ovat nousseet reilusti, joten aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus tulee sen myötä nousemaan, etenkin jos ylituotantoa hyödynnetään tehokkaasti sähköauton lataukseen. Aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika lyhenee, mitä kalliimpaa verkosta ostettu sähkö on.

Työn tulosten perusteella omakotitaloihin aurinkosähköjärjestelmän hankkiminen on kannattavaa etenkin silloin, jos ylituotantoa saadaan päivisin varastoitua sähköauton akustoon. Tulosten perusteella taloyhtiöihin olisi kannattavaa hankkia aurinkosähköjärjestelmä jo pelkästään huoneistojen ja kiinteistön yleiseen sähkönkäyttöön. Jos taloyhtiössä tuotantoa halutaan hyödyntää myös sähköautojen lataukseen, on mahdollista, että aurinkosähköjärjestelmä täytyy mitoittaa suuremmaksi, kuin normaalisti. Joissain tapauksissa voi olla myös mahdollista, että aurinkosähköjärjestelmä rakennetaan palvelemaan vain pysäköintialuetta.

Jatkossa on kuitenkin huomioitavaa, kuinka etätöiden vaikutus tulee vaikuttamaan sähköautojen lataamiseen. Sähköautoilevilla eläkeläisillä on hyvät mahdollisuudet ladata sähköautoaan kotona myös päivisin. Lataus painottuu entistä enemmän kotona lataamiseen, joten myös aurinkosähköjärjestelmää voidaan hyödyntää tehokkaammin, kun auto voi olla pihassa ja latauksessa myös päivisin, kun auringon paiste on voimakkainta. Etätöyöskentely vaikuttaa myös negatiivisella tavalla, sillä ajettuja kilometrejä tulee vähemmän.

Työn tulokset ovat suuntaa antavia. Jokaisen kohteen sähkönkulutus ja aurinkosähköjärjestelmän tuotanto ovat yksilöllistä ja tulokset muuttuvat sen mukaan.

## 10 POHDINTA

Työ meni mielestäni hyvin ja sain syvennettyä tietoani sähköisen liikenteen sekä aurinkosähkön pientuotannon nykytilasta, kehityksestä ja tulevaisuuden näkymistä. Näiden lisäksi sain paljon uutta pohjustusta sähkömarkkinoihin. Työ kehitti taitojani tuottaa sisältöä, tehdä raportointia, sekä tuoda asioita esiin selkeämmin. Näiden taitojen kehittyminen tulee auttamaan minua työelämässä projektien ja raportoinnin kanssa.

Itse työssä sisällön suunnittelu ja jaottelu oli alusta asti selkeä. Tiesin koko ajan mihin työ kannattaa rajata ja mistä asioista haluan kertoa. Lähteitä ja dataa löytyi hyvin, joista saatiin hyvä pohja työlle. Spot-sähkön osuus oli itselle haastavin ja käytin sen osion ymmärtämiseen ja mahdollisimman selkeään selittämiseen eniten aikaa.

Mielestäni aikataulutukset olisivat voineet mennä paremmin. Työn lopussa alkoi tuntua, että aika loppuu kesken.

Jatkokehityksenä työlle olisi aurinkosähköjärjestelmän integroiminen IGL:n älykkääseen latausjärjestelmään ja fyysisen toteutusratkaisun suunnitteleminen.

## LÄHTEET

- Aptiv 2021. BEV, PHEV or HEV: The Differences Affect the Architecture. Verkkojulkaisu. Aptiv.com Articles. Päivitetty 10.5.2021 <https://www.aptiv.com/en/insights/article/bev-phev-or-hev-the-differences-affect-the-architecture> Viitattu 9.11.2021
- ARA 2021. Ennakkotietoa sähköautojen latausinfra-avustuksesta vuonna 2022. Verkkojulkaisu. Ara.fi Uutiset ja tiedotteet. Päivitetty 29.9.2021 [https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset\\_ja\\_tiedotteet/Uutiset\\_ja\\_tiedotteet\\_2021/Ennakkotietoa\\_sahkoautojen\\_latausinfraav\(61619\)](https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset_ja_tiedotteet/Uutiset_ja_tiedotteet_2021/Ennakkotietoa_sahkoautojen_latausinfraav(61619)) Viitattu 16.11.2021
- Aurinkosähköä kotiin ei pvm. Verkkojulkaisu. <https://aurinkosahkoakotiin.fi/miksi/> Viitattu 16.11.2021
- Autoalan tiedotuskeskus 2020. Ladattavien autojen tutkimus. Verkkojulkaisu. Päivitetty 21.1.2020 [https://www.aut.fi/ajankohtaista/julkaisuja/ladattavien\\_autojen\\_tutkimus](https://www.aut.fi/ajankohtaista/julkaisuja/ladattavien_autojen_tutkimus) Viitattu 6.10.2021
- Autoalan tiedotuskeskus 2021. Ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimatilastot. Verkkojulkaisu. Aut.fi tilastopalvelu ajoneuvojen ensirekisteröinneistä. Päivitetty 7.12.2021 [https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit\\_kayttovoimittain/henkiloautojen\\_kayttovoimatilastot](https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kayttovoimittain/henkiloautojen_kayttovoimatilastot) Viitattu 7.12.2021
- Autoalan tiedotuskeskus 2021b. Sähköautojen autovero poistuu ja hankintatuella luvassa jatkoa. Verkkojulkaisu. Aut.fi Tiedotteet. [https://www.aut.fi/ajankohtaista/tiedotteet/sahkoautojen\\_autovero\\_poistuu\\_ja\\_hankintatuella\\_luvassa\\_jatkoa.3214.news](https://www.aut.fi/ajankohtaista/tiedotteet/sahkoautojen_autovero_poistuu_ja_hankintatuella_luvassa_jatkoa.3214.news) Viitattu 6.10.2021
- Business Finland ei pvm. Energiatuki. Verkkojulkaisu. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki> Viitattu 16.11.2021
- Conserve Energy Future ei pvm. Advantages and disadvantages of electric cars. Verkkojulkaisu. <https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-electric-cars.php> Viitattu 9.11.2021
- Electromobility 2019. Sähkö liikenteen käyttövoimana osana energiamurrosta – EV-latausjärjestelmän suunnittelijan opas. Suunnittelu – toteutus – ylläpito Pdf-tiedosto. Julkaistu 19.3.2019 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107492A1741&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch> Viitattu 9.11.2021
- Energiavirasto 2021. Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti kasvoi 45 prosenttia vuonna 2020 – pientuotantoa lähes 300 megawattia. Verkkojulkaisu. Energiavirasto.fi <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-kasvoi-45-prosenttia-vuonna-2020-pientuotantoa-lahes-300-megawattia> Viitattu 26.10.2021
- EV King 2021. The Ultimate Buyer's Guide to EV Charging Cables. Verkkojulkaisu. Evking.co.uk Blogs. Päivitetty 31.1.2021 <https://evking.co.uk/guide-to-ev-charging-cables/> Viitattu 3.11.2021
- Fingrid ei pvm. Johdanto sähkömarkkinoihin. Verkkojulkaisu. Fingrid.fi Sähkömarkkinat. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyt/johdanto-sahkomarkkinoihin/#vuorokausimarkkinat> Viitattu 4.11.2021
- HSY ei pvm. Mikä on aurinkopaneeli? Verkkojulkaisu. Koutsi.hsy.fi Verkkokurssit. <https://koutsi.hsy.fi/courses/auringosta-sahkoa-taloyhtioon/lessons/yleista-aurinkosahkosta/topic/mika-on-aurinkopaneeli/> Viitattu 16.11.2021
- Kontulainen, Tommi 2021. Riskienhallintapäällikkö. Väre Oy. Haastattelu 4.11.2021.
- LUT 2017. Partanen, J., Viljainen, S., Lassila, J., Honkapuro, S., Salovaara, K., Annala, S. & Makkonen, M. (2017). Sähkömarkkinat – opetusmoniste. Lappeenranta University of Technology, School of Energy Systems, Lappeenranta. 79 s.
- Motiva 2020. Sähköautot. Verkkojulkaisu. Päivitetty 24.8.2020 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritteknikka/sahkoautot](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritteknikka/sahkoautot) Viitattu 9.11.2021



- Motiva ei pvm. Aurinkosähkötuotannon taloudellinen tukeminen. Verkkojulkaisu. Päivitetty 23.9.2021 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkotuotannon\\_taloudellinen\\_tukeminen](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkotuotannon_taloudellinen_tukeminen) Viitattu 12.12.2021
- Nieminen, Jussa 2021. Parkkipaikkalataus. Powerpoint. Sähköautojen lataus. Väre Oy. Viitattu 12.12.2021
- Nordic Green Energy ei pvm. Spot-hinta. Verkkojulkaisu. Nordicgreen.fi <https://www.nordicgreen.fi/asiakaspalvelu/spot-hinta/> Viitattu 12.12.2021
- Savon Voima 2021. Netottava sähkönmittaus parantaa pientuottajien aurinkosähkön tuottoa. Verkkojulkaisu. Savonvoima.fi <https://savonvoima.fi/netottava-sahkonmittaus-parantaa-pientuottajien-aurinkosahkon-tuottoa/> Viitattu 2.11.2021
- Sesko 2021. Sähköautosanasto. Verkkojulkaisu. Sesko.fi Standardit. Päivitetty 8.4.2021. [https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin\\_aihealueita/sahkoautot\\_ja\\_latausjarjestelmat/sahkoautosanasto](https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/sahkoautosanasto) Viitattu 9.11.2021
- Sesko 2021b. Lataussuositus. Verkkojulkaisu. Sesko.fi Standardit. Päivitetty 17.2.2021. [https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin\\_aihealueita/sahkoautot\\_ja\\_latausjarjestelmat/lataussuositus](https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/lataussuositus) Viitattu 9.11.2021
- Tivi 2021. Näin sähköauton valmistuksen päästöt rinnastuvat polttomoottoriauton koko eliniän kulutukseen – jalostamalla yhden auton vuoden bensat hoidetaan sekunneissa. Verkkojulkaisu. Tivi.fi Uutiset. Päivitetty 11.12.2021 <https://www.tivi.fi/uutiset/nain-sahkoauton-valmistuksen-paastot-rinnastuvat-polttomoottoriauton-koko-elinian-kulutukseen-jalostamalla-yhden-auton-vuoden-bensat-hoidetaan-sekunneissa/8879ae9d-5ccd-4ae3-bb9b-11b41063bb6c> Viitattu 12.12.2021
- Traficom 2021. Käytettynä yksittäismaahantuodut ajoneuvot kuukausittain, käyttövoimittain ja käyttölajeittain. Verkkojulkaisu. Trafi2.stat.fi tilastotietokanta käytettynä maahantuoduista ajoneuvoista. Päivitetty 7.12.2021 [https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi\\_\\_Kaytettyna\\_maahantuodut/010\\_yksmaah\\_tau\\_101.px/chart/chartViewColumn/](https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Kaytettyna_maahantuodut/010_yksmaah_tau_101.px/chart/chartViewColumn/) Viitattu 7.12.2021
- Traficom 2021b. Ajoneuvojen ensirekisteröinnit maakunnittain. Verkkojulkaisu. Trafi2.stat.fi Tilastotietokanta ensirekisteröidyistä ajoneuvoista. Päivitetty 7.12.2021 [https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi\\_\\_Ensirekisteroinnit/030\\_ensirek\\_tau\\_103.px/](https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Ensirekisteroinnit/030_ensirek_tau_103.px/) Viitattu 7.12.2021
- Valtioneuvosto 2021. EU:n Fit for 55-ilmastopaketti tiukentaisi uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden tavoitteita. Verkkojulkaisu. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/eu-n-fit-for-55-ilmastopaketti-tiukentaisi-uusiutuvan-energian-ja-energiatehokkuuden-tavoitteita> Viitattu 6.10.2021
- Vilku 2021. Uudet sähköbussit on nyt otettu käyttöön! Verkkojulkaisu. Vilku.kuopio.fi Ajankohtaista. Päivitetty 7.6.2021 <https://vilku.kuopio.fi/ajankohtaista/2021/uudet-sahkobussit-nyt-otettu-kayttoon> Viitattu 2.11.2021
- Volvo 2021. Volvo Recharge. Verkkojulkaisu. <https://www.volvocars.com/fi/v/cars/recharge> Viitattu 26.10.2021
- Yle 2021. Aurinkopaneelien omistajia suututtanut mittaustapa korjattiin vuosien odotuksen jälkeen – professori: ”Vääryydet on nyt korjattu”. Verkkojulkaisu. Yle.fi <https://yle.fi/uutiset/3-11750233> Viitattu 2.11.2021