

Sauli Teeri

Aurinkosähköjärjestelmät ja sähköautojen lataus asuinkerrostalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

6.3.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sauli Teeri Aurinkosähköjärjestelmät ja sähköautojen lataus asuinkerrostalossa 55 sivua + 3 liitettä 6.3.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Projektipäällikkö Harri Hirvonen Lehtori Vesa Sippola
<p>Opinnäytetyö toteutettiin SRV Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun asuntotuotannon talotekniikkaosastolle. Työn tavoitteena oli selvittää asuinkerrostaloihin asennettavien aurinkosähköjärjestelmien sekä sähköautojen lataamisen vaatimuksia suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Tämän lisäksi tavoitteena oli saada järjestelmistä hankintaprosessia tukeva ohjeistus, jossa esitellään eri toteutusvaihtoehtoja sekä niiden teknisiä vaatimuksia.</p> <p>Insinöörityön pohjatietona käytettiin pääasiassa aiheisiin liittyvää kirjallisuutta. Tietoa kerättiin myös eri luennoitsijoiden ja yritysten esityksistä ja verkkomateriaaleista. Kyseisistä lähteistä saatiin käytännönläheistä ja ajankohtaista tietoa käsitellyistä aiheista.</p> <p>Työssä käytiin ensin läpi sähköautojen nykytilannetta Suomessa sekä niiden oletettua tulevaa kasvua. Lisäksi tarkasteltiin järjestelmän hankintaa, teknisiä vaatimuksia sekä erilaisia toteutusmalleja. Toisena asiana työssä käytiin läpi aurinkosähköä uusiutuvana energiana sekä sen hyödyntämistä asuinkerrostalon sähköntuotannossa. Lisäksi tutkimukseen kuului järjestelmän teknisten vaatimusten, hankinnan lupa-asioiden ja E-lukuun vaikuttamisen selvitystä.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin ohjeistus aurinkosähköjärjestelmien ja sähköautojen latauksen suunnittelunohjaukseen sekä tietoa järjestelmien vaikutuksesta rakennusprosessiin. Myös järjestelmien erilaisista toteutusmalleista ja kustannuksista saatiin lisää näkemystä.</p>	
Avainsanat	sähköauton lataus, aurinkosähköjärjestelmät, energiatehokkuus

Author Title Number of Pages Date	Sauli Teeri Solar Power Systems and Electric Vehicle Charging in Residential Apartment Building 55 pages + 3 appendices 6 March 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Harri Hirvonen, Project Manager Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>This thesis was carried out for SRV Rakennus Oy's department of residential apartment buildings and HVAC section. The project aimed to discover the technical requirements of the design and implementation processes of solar panel systems and electric vehicle charging stations in residential buildings. In addition, the thesis aimed to gather a solid set of instructions that support the procurement process of the systems. The instructions were to demonstrate different implementation options and technical requirements of the solar energy systems and electric vehicle charging stations.</p> <p>The study is largely based on the literature related to the research topic. Additional information was gathered from various lectures, corporate presentations and internet-based material. These sources offered practical and up-to-date data about the topics dealt with in this thesis.</p> <p>First, the study discusses the current situation of electric vehicles in Finland, as well as offers insight into the expected increase in their volume. Second, the thesis investigates solar energy as a renewable energy source and analyzes the ways to make use of it in the generation of electricity in residential buildings. Third, the research explores the technical requirements, the legislative issues and the ways to affect the E-factor in relation to the above mentioned energy systems.</p> <p>As a result, a solid set of instructions on the production planning and control of solar energy systems and electric vehicle charging stations in residential building was compiled. The study also presents new viewpoints for different implementation models of the energy systems. Furthermore, the thesis presents an overview of costs of the different phases of implementation and building processes.</p>	
Keywords	Electric vehicle charging, solar power systems, energy efficiency

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Energiatehokkuus	2
2.1	Liikenne	2
2.2	Rakennukset	3
3	Sähköauton lataus	5
3.1	Sähköautoilu Suomessa	5
3.2	Sähköauton lataustavat	8
3.2.1	Hidaslataus	8
3.2.2	Peruslataus	9
3.2.3	Pikalataus	11
3.2.4	Johdoton lataus	12
3.2.5	Latausliittimet	13
3.3	Latausjärjestelmän tarvekartoitus	16
3.4	Latausjärjestelmän suunnittelu	18
3.4.1	Järjestelmän rakenne	18
3.4.2	Järjestelmän sähkötekniset vaatimukset	20
3.4.3	Järjestelmän muut tekniset vaatimukset	21
3.4.4	Järjestelmän lataustehon määrittäminen	22
3.5	Vaihtoehtoiset toteutusmallit	24
4	Aurinkosähköjärjestelmät	27
4.1	Auringonsäteily	27
4.2	Aurinkosähkökennojen tekniikka	29
4.2.1	Piikidekennot	29
4.2.2	Ohutkalvokennot	31
4.2.3	Kolmannen sukupolven kennot	32
4.3	Aurinkopaneelit	33
4.3.1	Kennoista paneeliksi	33
4.3.2	Paneelin teho ja hyötysuhde	35
4.3.3	Vaadittavat kilpitiedot	36
4.4	Aurinkosähköjärjestelmän hankinta	36
4.4.1	Mitoitus ja lähtötiedot	36
4.4.2	Luvat ja ilmoitukset	38
4.4.3	Hankinnan tukeminen	40

4.4.4	Vaikutus E-lukuun	41
4.4.5	Järjestelmän kannattavuus	43
4.5	Järjestelmän suunnittelu	46
4.5.1	Järjestelmän rakenne	46
4.5.2	Käytettävät laitteet	48
4.5.3	Sähkötekniset vaatimukset	49
4.5.4	Muut tekniset vaatimukset	51
5	Yhteenveto	53
6	Pohdinta	55
	Lähteet	56
	Liitteet	
	Liite 1. Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot	
	Liite 2. Aurinkosähkön vaikutus rakennuksen energiatodistukseen	
	Liite 3. Aurinkosähkön vaikutuksen tarkastelussa käytettyjen aurinkopaneelien tekniset tiedot ja asennustiedot	

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena ovat asuinkerrostalojen energiatehokkaat sähköjärjestelmät, joista tässä työssä käsitellään aurinkosähköjärjestelmiä sekä sähköautoja ja erityisesti niiden lataamista kerrostalon sähköverkossa. Aiheeseen valitut sähköjärjestelmät ovat vielä melko vähän käytettyjä ja toteutettuja asuinkerrostaloissa, joten suunnittelunohjauksen ja toteutusvalvonnan tueksi on hyvä saada koottua ohjeistusta. Myös järjestelmien tulevaisuuden odotettu kasvaminen johti aiheiden valintaan. Molemmat työn aiheet perustuvat energiatehokkuus- ja päästöjä vähennysvaatimukseen, jotka ajavat liikenteen vähäpäästöisemmäksi ja rakennukset tuottamaan itse omaa energiaansa.

Työn tavoitteena on selvittää molempien järjestelmien teknisiä vaatimuksia, huomioitettavia asioita suunnittelunohjauksessa ja tarjota ohjeistus myös järjestelmien toteutusvalvontaa työmaalla suorittavalle henkilölle. Tavoitteena on myös järjestelmien erilaisten toteutustapojen teknisten ratkaisujen esittely.

Työssä käsitellään aurinkosähköjärjestelmiä ja sähköautojen latausta pääpainona järjestelmien tekniset ja sähkötekniset vaatimukset. Järjestelmät käydään kuitenkin läpi perusteista alkaen, joten ohjeesta saa apua myös järjestelmien eri ratkaisumallien hankintapäätöksissä. Järjestelmien kustannusvaikutukset rajattiin pois opinnäytetyön raportista.

Opinnäytetyö tehdään SRV Rakennus Oy:n pääkaupunkiseudun asuntotuotannon talotekniikkaosaston toimeksiantona. SRV yhtiönä toimii rakennushankkeiden kokonaistoteuttaja. Yhtiön toimenkuvaan kuuluu erilaisten rakennushankkeiden toteutus sairaaloista kouluihin ja asuinkerrostaloista kauppakeskuksiin. SRV toimii asuntorakentamisen puolella pääasiassa pääkaupunkiseudulla, mutta yrityksellä on asuntorakentamista myös muissa kasvukeskuksissa, kuten Turussa, Tampereella, Jyväskylässä ja Oulussa. SRV Rakennuksen emoyhtiö SRV Yhtiöt Oyj työllistää Suomessa, Venäjällä ja Baltiassa yli 1000 henkilöä.

2 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus tarkoittaa käytetyn energian tehokasta käyttöä ja päästöjen kustannustehokasta vähentämistä [1]. Juuri energian tehokas käyttö ja päästöjen vähennykset ovat nykypäivän poliittisissa ja teknisissä keskusteluissa jatkuvana puheenaiheena. Suomi on sitoutunut viime vuosien aikana useisiin kansainvälisiin ilmasto- ja päästösopimuksiin, kuten Kioton pöytäkirjaan vuodelta 2005 ja tuoreimpana Pariisin ilmastopöytäkirjaan vuonna 2016. Näiden sopimusten asettamat vaatimukset ja tavoitteet ajavat valtiota ohjaamaan ihmisiä liikkumaan energiatehokkailla ja päästöttömillä ajoneuvoilla sekä rakentajat rakentamaan mahdollisimman vähän ostoenergiaa käyttäviä taloja.

2.1 Liikenne

Suomessa liikenne tuottaa noin viidenneksen koko maan kasvihuonekaasupäästöistä. Tästä osuudesta tieliikenteen päästöjen määrä on noin 90 %. Tieliikenteen päästöt ovat ongelmallisia, koska Suomi on sitoutunut liikenteen koviin päästövähennyksiin seuraavien vuosien aikana ja suurin osa liikenteen päästöistä tulee yksityisautoilusta, jonka tilannetta on haastavaa lähteä parantamaan. Lähes 12 % koko maan kasvihuonekaasupäästöistä tulee henkilöautoilusta. [2.]

Suomen valtioneuvoston marraskuussa 2016 julkaisemassa ilmasto- ja energiastrategisessä selonteossa todetaan, että valtion täytyy edistää ja tukea sähköautoilua sekä muita energiatehokkaita liikkumismuotoja, kuten vety- ja kaasuautoja, sekä pyöräilyä. Valtioneuvoston selonteossa myös todetaan, että vuoteen 2030 mennessä Suomen teillä tulisi olla jo 250 000 sähköllä kulkevaa ajoneuvoa. [3.]

Sähköautojen yleistyessä myös niiden latausasemien tarve kasvaa, mutta ilman kattavaa latausasemaverkostoa ei sähköautoilu yleisty. Valtioneuvoston selonteossa kuitenkin jätettiin latausverkoston rakentaminen markkinaehtoiseksi eikä tähän olla suunnitelmassa tukitoimia [3]. Latausverkosto kattaa jo nyt Suomessa kattavasti pääkaupunkiseudun ja suurimmat kaupungit sekä pääväylät. Sähköisen liikenteen ylläpitämisen listan mukaan julkisia sähköauton latauspisteitä oli marraskuun 2016 alussa 174 eri paikassa, pääasiassa liikenneasemien ja ostoskeskusten yhteydessä. Näistä 58 paikassa oli mahdollisuus sähköauton pikalataukseen. [4.]

Julkisten latauspisteiden lisäksi tarvitaan myös yksityisiä latauspisteitä. Tämä asia tulee myös asuinkerrostalojen ja toimitilarakennusten rakennuttajien huomioida, koska toisin kuin polttomoottoriset autot, voidaan sähköautot ladata täyteen kotipihalla tai taloyhtiön tai työpaikan parkkihallissa. Suomessa henkilöautojen keskimääräinen käyttöaste on vain noin 5 % eli auto seisoo parkissa vajaan 23 h vuorokaudessa [5]. Motivan latausoppaan mukaan sähköautoja ladataan kiinteistöissä yli 90 % ja näin ollen vain yksi kymmenestä latauskerrasta tapahtuu julkisissa latauspisteissä [6].

2.2 Rakennukset

Energiankulutus on rakennuksen keskeisin ympäristöön vaikuttava tekijä tuottamalla kasvihuonekaasupäästöjä. Rakennusten tuottamat kasvihuonekaasupäästöt ovat yli 30 % koko Suomen päästöistä, ja rakennusten energiankulutus on noin 40 % koko maan energiankulutuksesta. Näin ollen rakentamisella ja asumisella on suuri vaikutuspotentiaali päästöjen vähentämisessä ja ilmastositimusten tavoitearvoissa pysymisessä sekä energiansäästöissä. [7; 12.]

Rakentamisen päästövähennyksiä on pyritty edistämään uudisrakennuksissa rajoittamalla rakennuksen energiankäyttöä lainsäädännöllä ja tuomalla rakennusten energiatodistukset pakollisiksi. Suomessa rakentamiseen liittyvät asetukset antaa ympäristöministeriö. Rakentamisen yleiset edellytykset ja lupa-asiat on annettu maankäyttö- ja rakennuslaissa. Kaikki tarkemmat ministeriön antamat asetukset ja ohjeet on koottu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Rakentamismääräyskokoelmassa olevat säädökset velvoittavat rakentajaa. [8.]

Rakennuksen energiatehokkuudesta on oma asetus rakentamismääräyskokoelmassa. *D3 (2012) Rakennusten energiatehokkuus* -asetuksessa määritetään rakennusten energiatehokkuuden vaatimukset, energialaskennassa käytettävät lähtötiedot ja säännöt, sekä energiaselvityksen ja laskennan tulosten määräystenmukaisuuden osoittaminen. [9.]

D3 – Rakennusten energiatehokkuus -asetuksessa on annettu arvot eri rakennustyyppien suurimmille sallituille kokonaisenergiankulutuksille. Yksinkertaistettuna rakennuksen energiankulutus lasketaan summaamalla yhteen eri energiamuotojen kertoimilla painotetut vuotuiset ostoenergiat jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla. Tästä

tuloksena saadaan E-luku, jonka yksikkönä käytetään $kWh/m^2/a$, eli kilowattituntia neliömetrille vuodessa. Asuinkerrostalot kuuluvat luokkaan 2, ja niiden suurin sallittu E-luku on $130 kWh/m^2$ vuodessa. [9, s. 9.]

Ostoenergioiden eri painotuskertoimista johtuen on käytetyillä ostoenergioilla suuri merkitys rakennuksen lopullisen energialuvun kannalta. Asuinkerrostalossa yleisimmin käytettyjen ostoenergioiden kertoimet ovat kaukolämmöllä 0,7 ja sähköllä 1,7. [9, s.8.]

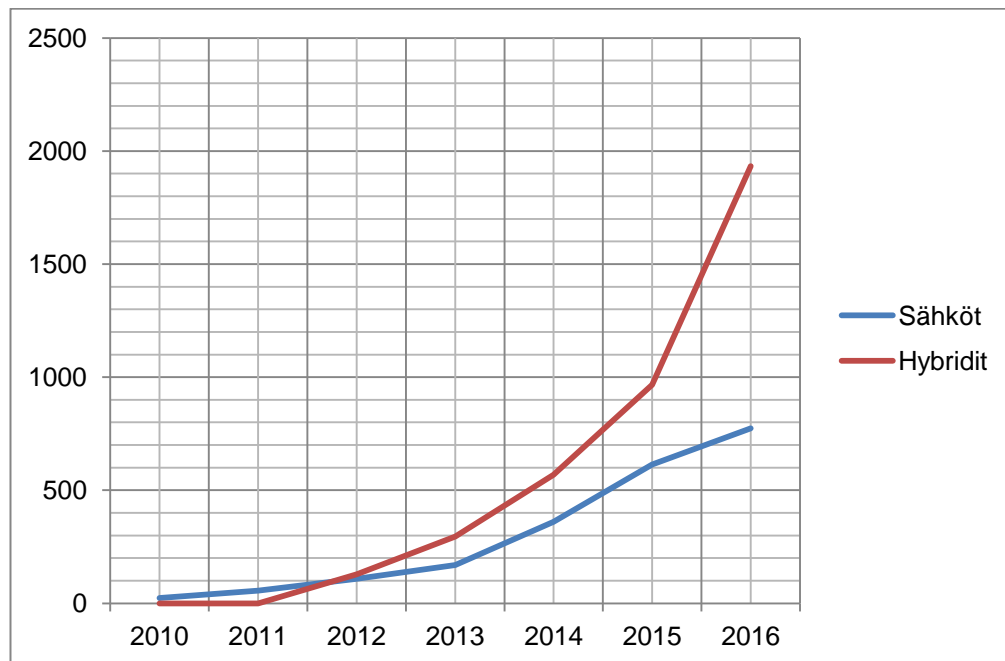
Koska sähkön kerroin on suuri, on rakennuksen energialuvun parantamiseksi pyrittävä vähentämään sähköä ostoenergiana. Ostosähkön määrän pienentäminen on asuinkerrostaloissa haastavaa, koska osa laskennassa käytetyistä arvoista tulee suoraan määräyksen D3 taulukoista, eikä rakentajan tekemillä ratkaisuilla ole näihin vaikutusta. Itse tuotetulla sähköllä, kuten aurinkopaneeleilla, voi rakentaja kuitenkin parantaa rakennuksen energialukua vähentämällä itse tuotetun sähkön määrää rakennuksen vuotuisesta ostosähköenergiasta. Itse tuotetun sähkön kanssa ei kuitenkaan käytetä sähkön energiamuotokerrointa, vaan tuotettu sähkö vähennetään ostoenergiasta ennen painoituksia. [9.]

Rakennusmääräykset tulevat uusiutumaan vuonna 2018, ja vuoden 2016 aikana määräyslunnokset olivat lausuntokierroksilla rakennus-, energia- ja teknologia-alalla toimivien yritysten, yhdistysten, ja muiden valittujen alan asiantuntijoiden luona [13]. Uusissa asetusluonnoksissa on lisätty energiatehokkuusvaatimuksia laskemalla yli kaksikerroksisten asuinkerrostalojen E-luku $90 kWh/m^2$ vuodessa, joten pudotusta aikaisempaan arvoon tulee noin 30 % [10, s.5]. Rakentamismääräysten uudessa luonnoksessa on kuitenkin kompensoitu laskettu kokonaisenergiankulutuksen raja laskemalla myös energiamuotokertoimia. Luonnoksessa uudet ehdotetut kertoimet ovat sähkölle 1,2 ja kaukolämmölle 0,5. [11.] Kertoimien alentamisen myötä todelliset vaikutukset jäävät lähinnä pienempien numeroiden tasolle ilman käytännön vaikutusta aikaisempaan rakentamiseen.

3 Sähköauton lataus

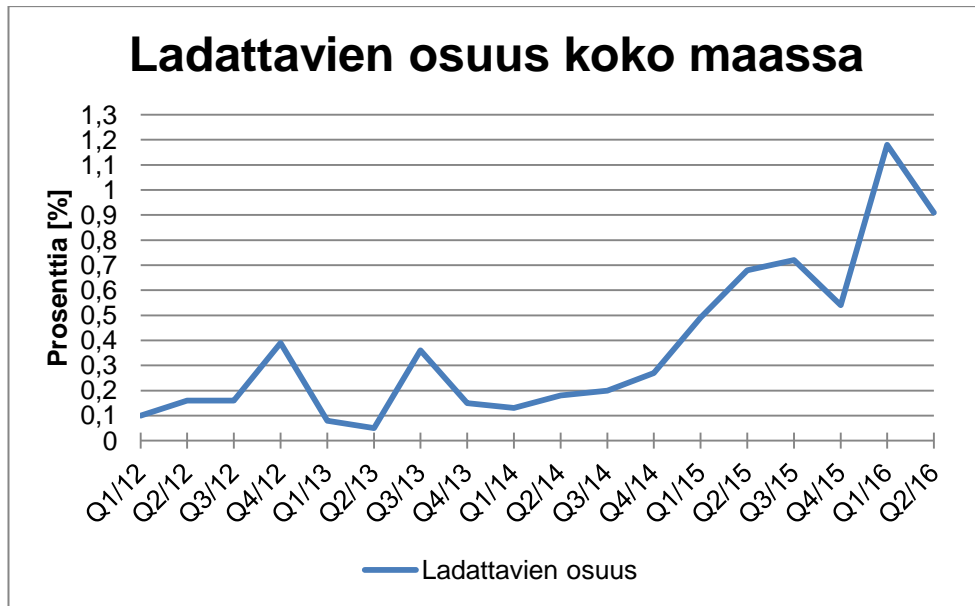
3.1 Sähköautoilu Suomessa

Suomen ladattavien henkilöautojen kanta oli Trafín tilastojen mukaan 30.9.2016 yhteensä 1933 ladattavaa hybridiä ja 774 täyssähköautoa. Yhteensä sähköllä ladattavia henkilöautoja oli rekisteröity siis 2707 kappaletta (kuva 1). Tämä luku vastaa kuitenkin vain noin promillea Suomen yli 2,6 miljoonan henkilöautokannasta. Määrissä on kuitenkin huomioitavaa se, että ennen vuotta 2012 ladattavia hybridejä ei ollut rekisteröity Suomessa yhtäkään kappaletta ja täyssähköautojakin vain 56 kappaletta. Vuosien 2011 ja 2016 syyskuun lopun välillä ladattavien autojen määrä on siis lähes viisikymmentäkertaistunut. [14.]



Kuva 1. Ladattavien henkilöautojen määrä Suomessa vuosina 2010–2016 [14].

Koska sähköllä ladattavien autojen myynti on lähtenyt vakavasti käyntiin vasta viime vuosien aikana, on tarkoituksenmukaisempaa verrata eri käyttövoimien kokonaisyntien sijaan autojen ensirekisteröintejä, joista ilmenee ajankohtaisimmat hankintamieltymykset. Suomessa ladattavien autojen osuus kaikista ensirekisteröinneistä vuoden 2016 kahdella ensimmäisellä neljänneksellä oli reilussa yhdessä prosentissa (kuva 2). Rauhallinen kasvu on ollut viimeisen neljän vuoden aikana jatkuva trendi. [15.]



Kuva 2. Ladattavien hybridi- ja sähköautojen osuus kaikista ensirekisteröinneistä prosentteina vuosina 2012–2016 [15].

Kasvun kehitystä on silti odotettavissa ja varovaisien arvioiden mukaan Euroopassa joka kymmenes myyty auto olisi sähköllä ladattava jo vuonna 2020. Suurimpia kasvuun vaikuttavia tekijöitä on Euroopan Unionin autonvalmistajille ja jäsenmaille asettamat päästörajoitukset. Suomen valtion tasolla sähköisen autoilun yleistymistä nopeuttaa mahdolliset sähköisen liikenteen tukitoimet, joita onkin odotettavissa lähivuosien aikana, koska päästöttömän liikenteen kasvu on ehto kansainvälisten ilmastositoumusten päästötavoitteissa pysymisessä. Lisäksi muita tekijöitä sähköautojen kasvulle ovat esimerkiksi autonvalmistajien uudet, toimintasäteeltään pidemmät ja hinnaltaan edullisemmat mallit, auton käyttökulujen vähentyminen jopa 75 % polttomoottoriautoihin verrattuna ja yleisesti halu ajaa saasteettomalla ja ekologisella ajoneuvolla. [16; 35, s.4.]

Sähköautojen edelläkävijämaassa Norjassa, joka vastaa väkilukunsa puolesta Suomen markkina-aluetta, sähköautojen markkinaosuus oli vuonna 2015 jo 22 prosenttia kaikista myydyistä henkilöautoista. Tätä myyntimäärää ei olisi saatu ilman suurta poliittista tahtoa asian edistämiseksi. Norjassa sähköautoilijoita tuetaan muun muassa sähköauton oston verovapaudella, pienemmällä vuotuisella ajoneuvoverolla, maksullisten teiden maksuvapautuksella, ilmaisella kunnallisella pysäköinnillä ja luvalla ajaa bussikaisoilla. Myös julkisten latauspisteiden määrässä Norja aikoo pysyä EU:n direktiivin 2014/94/EU rajoissa, eli jokaista 10 sähköautoa kohden tulee rakentaa yksi julkinen latauspiste. [17.]

Sähköautojen myynti

Suomessa siirryttiin ladattavien hybridien maailmaan vuoden 2012 aikana ja myynnin kehitys on siitä asti ollut hybridiautoille myönteinen. Ladattavien hybridien veturina on toiminut katumaasturi Mitsubishi Outlander PHEV -malli, jonka myyntimäärä oli syyskuun 2016 lopulla 352 kappaletta. Yli 100 auton myyntirajan on ylittänyt samaan päivään mennessä jo kuusi muutakin hybridimallia, mutta vain kaksi täyssähköautoa; Teslan Model S versioineen ja Nissan Leaf. [18.] Muut myydyimmät automallit on esitetty taulukossa 1. Huomioitavaa sähköautojen ja ladattavien hybridien myyntimäärien vertailussa on se, että sähköautojen kolmanneksi myydyintä mallia Think Cityä, jota aikaan rakennettiin Uudessakaupungissa, ei ole enää valmistettu sitten vuoden 2012, eli täyssähköautoissa ei ole vielä saatu myyntiin sellaisia malleja, joista suuremmat massat innostuisivat. Poikkeuksena ovat valmistajana Tesla ja ensimmäinen ”järkevä” sähköauto Nissan Leaf.

Taulukko 1. Suomen 10 myydyintä ladattavaa hybridiä ja täyssähköautoa 30.9.2016 mennessä [18].

PHEV (ladattavat hybridit)				BEV (täyssähköautot)			
Merkki	Malli	Myynti (kpl)	Akusto (kWh)	Merkki	Malli	Myynti (kpl)	Akusto (kWh)
Mitsubishi	Outlander PHEV	352	12	Tesla	MODEL S	317	60-100
Volvo	XC90 T8 Plug-In	223	9,2	Nissan	Leaf	281	24-30
Opel	Ampera	194	16	Think	City	18	24
Toyota	Prius Plug-In	162	8,8	Volkswagen	e-Golf	17	24,2-35,8
Volvo	V60 Plug-In	150	11,2	Tesla	MODEL X	16	75-100
Porsche	Cayenne S E-Hybrid	126	10,8	Mercedes-Benz	B Electric Drive	14	28
Volkswagen	Golf GTE	114	8,8	Citroen	C-Zero	12	16
Audi	A3 e-tron	88	8,8	Nissan	E-NV200	11	24
Mercedes-Benz	C 350 e	85	6,2	Volkswagen	e-UP	11	18
BMW	X5 xDrive40e	80	9	Peugeot	iOn	11	16

Ladattavien hybridien menestyksen syinä voidaan pitää pienempää muutosta vanhaan bensiini- tai dieselautoon. Sama tuttu polttomoottori on edelleen autossa mukana pidentämässä huomattavasti ajomatkaa ilman auton latauksia tai tankkauksia. Lisäksi auton käyttökustannukset ovat pienemmät, mitä enemmän ajetaan pelkällä sähkömoottorilla.

torilla, sitä pienemmiksi jäävät polttoainekustannukset. Sähkömoottorin myötä myös auton CO₂ -päästöarvot laskevat ja tämä johtaa matalampiin ajoneuvoveroihin. Lisäksi sähkömoottorilla saavutettava ajokokemus kaupunkiajossa voidaan lukea ladattavien hybridien valttikortiksi. [19.]

3.2 Sähköauton lataustavat

Sähköautojen johdolliselle lataukselle on tällä hetkellä käytössä kolme vaihtoehtoista lataustapaa: hidaslataus (tapa 2), peruslataus (tapa 3) sekä tehollataus (tapa 4). Näiden lisäksi on olemassa ainoastaan kevyiden sähköajoneuvojen lataamiseen tarkoitettu lataustapa 1, jota voidaan käyttää esimerkiksi sähköskootterien tai -pyörien lataukseen. Latauksessa käytetään tavanomaista vikavirtasuojalla varustettua kotitalouspistorasiaa ja latauskaapelina tavallista liitosjohtoa. Liitosjohto ei sisällä mitään ohjaus-elektroniikkaa. Tällainen lataus ei siis sovellu sähköautojen lataukseen johtuen juuri ohjauselektroniikan ja suojalaitteiden puuttumisesta sekä latausvirran rajoittamattomuudesta, ja siksi sitä ei käsitellä sen enempää. [20.]

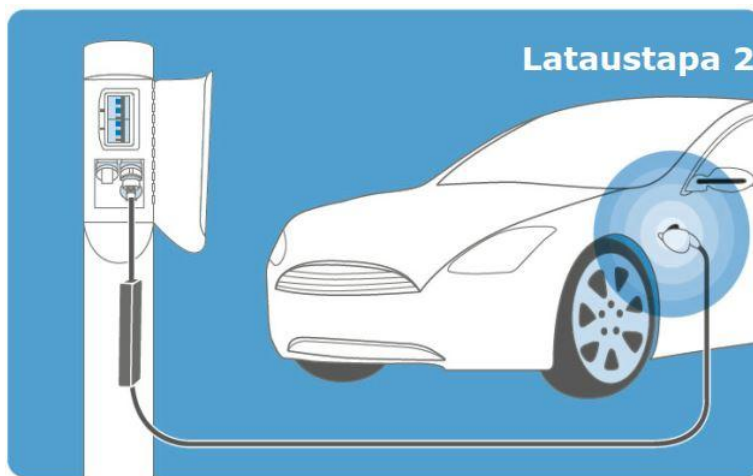
3.2.1 Hidaslataus

Sähköautojen tilapäiseen tai rajoitettuun lataukseen on olemassa hidaslataus eli lataustapa 2. Tässä lataustavassa käytetään tavanomaista maadoitettua 230 V kotitalouspistorasiaa (SFS 5610) mitoitusvirralla 16 A, tai voimapistoriasiaa (SFS-EN 60309) mitoitusvirralla 16 A tai 32 A. Tilapäislatauksella tulee aina käyttää ajoneuvon valmistajan hyväksymää latauskaapelia, jossa on turvallisuuden takaavat suoja- ja ohjauslaitteet. Ladattaessa kaapeli ja sen sisältämä ohjauselektroniikkayksikkö tulee aina tukeaan, etteivät ne aiheuta tarpeetonta räsytystä pistorasialle. [20.] Ohjauselektroniikkayksikkö näkyy selvästi kuvassa 3.

Sähköautojen lataamisen edellytyksenä kotitalouspistorasiasta on SFS 6000 (2012) -standardin mukaan latausvirran rajoittaminen riittävän pienelle tasolle, esim. 8 ampeeriin, jolloin 24 kWh:n akustolla varustetun auton lataisi lähes tyhjästä täyteen noin 13 tunnissa [21, s.6]. Tyypillisesti sähköautojen mukana tulevassa tilapäislatauskaapelissa on mahdollisuus säätää ohjauskotelosta virranrajoitusta. Säädettävän virran vaihteluväli on yleensä 6–10 A:n välillä [22]. Kuitenkin eräiden valmistajien, kuten Teslan ja Volvon sähköautojen mukana tulevassa tilapäislatauskaapelissa on mahdollisuus nostaa

virranrajoitus jopa 13 A:n, jolla saadaan yksivaiheisesta schuko-pistorasiasta noin 3000 W:n teho [23]. Kuitenkin vuoden 2016 syksyllä vahvistettu SFS-EN 62752 -standardi määrää jatkossa hitaan latauksen maksimivirran rajoittamisen 8 A:n kotitalouspistorasiaa käytettäessä, joten nähtäväksi jää miten uusien sähköautojen tilapäislatauskaapelin virranrajoituksia annetaan käyttäjien muutettavaksi [24].

Sähköautojen hitaan latauksen tilapäiskaapeleita on saatavilla myös kolmansien osapuolien tarjoamana, joissa latausvirta voidaan rajoittaa täyteen mitoitusvirtaan eli 16 A. Tämä ei tietenkään ole suositeltavaa, koska kotitalouspistorasioita ei standardin mukaan tarvitse testata pitkäaikaisesti täydellä mitoitusvirrallaan [21].



Kuva 3. Sähköauton lataustapa 2 [20].

Lataustavalla 2 pystyy lataamaan kaikkia markkinoilla olevia sähköautoja ja ladattavia hybridejä, ja se sopii nimensä mukaisesti sähköautojen tilapäislataukseen, kun varsinaista latauspistettä ei ole tarjolla. Erityisesti ladattavien hybridien kohdalla, joissa akkujen kapasiteetit ovat vielä verrattain pieniä (max 15 kWh), hidaslataus riittää täyttämään päivittäiset tarpeet yön yli lataamisella.

3.2.2 Peruslataus

Peruslataus eli lataustapa 3 on erityisesti sähköautojen latauskäyttöön suunnattu lataustapa, jossa lataus tapahtuu standardin IEC 62196-2 mukaisesta erityisestä sähköautopistorasiasta. Järjestelmä on suunniteltu säännölliseen lataukseen vaihtosähköverkossa. Tässä lataustavassa akkulaturi sijaitsee autossa ja lataustolpassa on kaikki

vaadittavat turvallisuuteen ja valvontaan liittyvien järjestelmien komponentit. Järjestelmä varmistaa liittimien kunnollisen kytkennän sekä kaikki mahdolliset virhetilanteet, ennen kuin sähköä annetaan laturille. Myöskään latauskaapelia ei pysty irrottamaan autosta latauksen ollessa käynnissä.

Sähköautojen peruslatauspisteitä on olemassa useita erilaisia seinä- tai tolppa-asenteisina. Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen seinäkiinnitteinen nimellisvirraltaan 3x32 A latausasema, jossa on yksi tyypin 2 pistorasia.



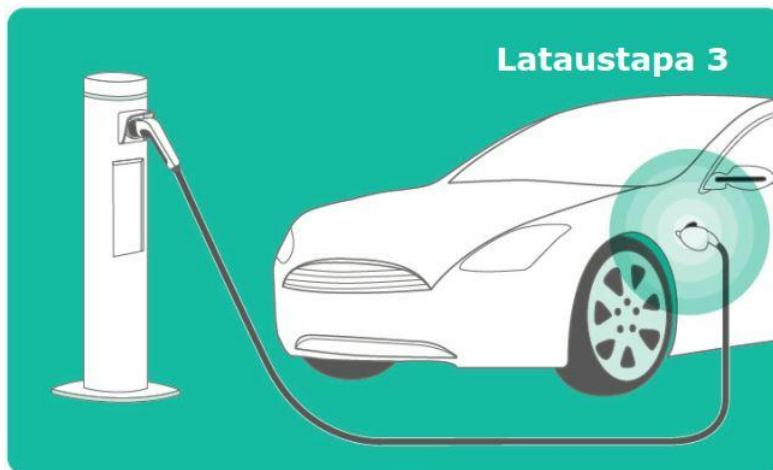
Kuva 4. Lataustavan 3 -latausasema, Schneider EVlink. [39].

Sähköauton peruslatauksessa käytetään tavallista kaapelia, jossa on autoon ja latauspistorasiaan sopivat sähköautojen lataukseen tarkoitetut liittimet. Sähköauton latauslaitteita on saatavilla myös kiinteällä kaapelilla varustettuna, joka tekee auton lataamisesta vielä käyttäjäystävällisemmän. Tämä tosin edellyttää latauspistokkeen ja ajoneuvon latausliittimen olevan yhteensopivia, eli vain tietyt autot voivat käyttää latauslaitetta. Siksi kiinteät latauslaitteet sopivat parhaiten yksilöidyn ajoneuvon lataamiseen, esimerkiksi omakotitaloissa. Latauskaapelissa ei tarvita myöskään tilapäislatauskaapelin tapaan erillistä turva- ja ohjausyksikköä, koska kaikki äly on itse latauslaitteessa. [21.] Kuvassa 5 on esitetty lataustavan 3 periaate.

Yleisesti käytettävissä olevien latauspisteiden pistorasioiden mitoitusvirta on 63 A sekä yksi- että kolmivaiheisena. Älykkäänä järjestelmänä latauspiste määrittää virran suu-

ruuden sen mukaan, minkä verran latauspistettä syöttävä verkko kulloinkin voi tarjota. [21.] Peruslatauksessa saatavat lataustehot vaihtelevat 1,4 kW:sta jopa 43 kW:iin. Maksimilatausteho saadaan, kun autoa ladataan kolmivaiheisena 63 ampeerin virralla. [20.] Tämä ei käytännössä tule kuitenkaan toteutumaan, koska nykyautoilla vain Teslan autoja pystytään lataamaan kolmivaiheisena 11 kW:n teholla [23]. Myös markkinoille vuonna 2017 saapuva Renault Zoe pystyy hyödyntämään kolmivaihelatausta ja valmistajan ilmoituksen mukaan autossa on jopa 22 kW:n lataustehoon kykenevä akkulaturi [26].

Lataustapa 3 on tarkoituksenmukaisin valinta kotilatauspisteessä, koska siinä yhdistyvät turvallinen käyttö ja maksimaalinen latausvirta sähköverkkoon sopivaksi. Tästä syystä sähköauton latausjärjestelmää uudisrakennukseen suunniteltaessa tulee lähtökohtaisesti käyttää vain lataustavan 3 mukaisia latauspisteitä.



Kuva 5. Sähköautojen lataustapa 3 [20].

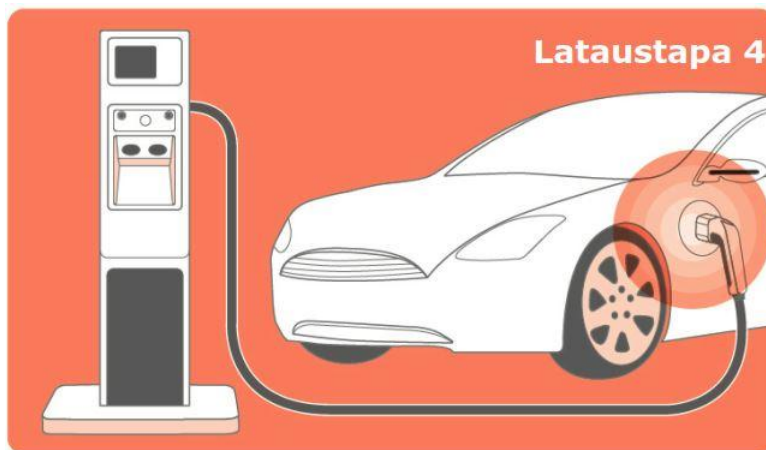
Lataustavan 3 yhtenä etuna tulevaisuudessa on myös mahdollisuus toimia osana älykstä sähköverkkoa. Pienjännitestandardi SFS 6000 mahdollistaa tulevaisuudessa sähköautojen käytön energiavarastoina, eli sähköauton akkujen on mahdollista syöttää tarpeen vaatiessa sähköä kiinteistön sähköverkkoon. [25, s.7.]

3.2.3 Pikalataus

Lataustapaa 4 eli pikalatausta (myös teholataus tai asiointilataus) käytetään nimensä mukaisesti sähköautojen pikalataukseen. Auton ulkopuolinen tasasähkölaturi lataa ajo-

neuvon akkua suoraan suurella tasaviralla. Laturissa käytetään kiinteää kaapelia, koska käytetyt virrat ovat erittäin suuria. Lataustapa 4 sopii parhaiten julkisessa käytössä oleville latauspisteille, kuten huoltoasemien yhteyteen, jossa ei ole tarkoituksenmukaista pitää autoa pitkään latauksessa, vaan akkujen varaus tulee saada nopeasti kasvamaan. [20.]

Lataustapa 4 edellyttäisi myös kiinteistön sähköverkolta runsasta ylirajoitusta, koska pikalatauksessa latausvirrat voivat olla jopa 200 A ja lataustehot vaihtelevat 22–50 kW. Näin ollen jo yhdenkin pikalatausaseman asentaminen kiinteistön parkkihalliin voisi edellyttää koko sähköliittymän pääsulakkeiden kasvattamista. [20.] Lisäksi pikalatausaseman hinta on huomattavan suuri verrattuna tavalliseen latauspisteeseen. Pelkän pikalatausaseman hinta voi olla jopa yli 40 000 e, jonka päälle tulevat vielä asennuskulut, jotka myöskin ovat huomattavasti normaalia latauspistettä suuremmat. Kuvassa 6 on esitetty pikalatauksen periaate, tasasähköä syöttävä latausasema sekä paksumpi syöttökaapeli.



Kuva 6. Sähköautojen lataustapa 4 [20].

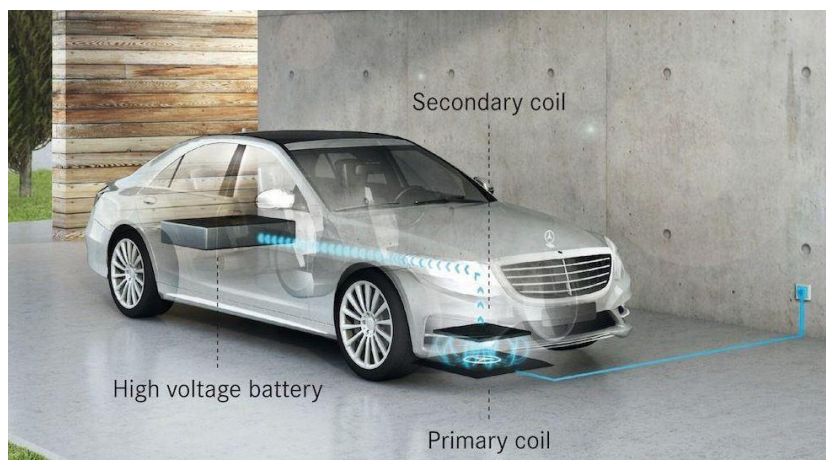
3.2.4 Johdoton lataus

Sähköauton johdoton lataus perustuu samaan sähkömagneettisen induktion kuin tavallisissa kodinlaitteissa, kuten pienessä mittakaavassa sähköhammasharjoissa ja älypuhelimissa, tai enemmän tehoa vaativissa sovelluksissa, kuten induktioliesissä. Sähköauton lataamiseen vaadittavat tehot ovat kuitenkin vielä huomattavasti suuremmat kuin edellä mainituissa, joten tämä on ollut hidasteena johdottoman latauksen markkinoille saattamisessa. Tästä syystä sähköautojen langattoman lataamisen tekniikka on vielä

yleisesti konseptiasteella, mutta 2016 syksyllä autovalmistaja Mercedes-Benz ilmoitti tuovansa S550e -hybridiautoihinsa lisävarusteena langattoman latauksen, joka kykenisi jopa 3,6 kW:n lataustehoon ja 90 %:n hyötysuhteeseen. [28.]

Tässä Mercedesen mallissa maahan, esimerkiksi autotallin lattiaan asennetaan sähköä syöttävä ensiökäämi, joka tunnistaa kun auton pohjaan asennettu, sähköä vastaanottava toisiokäämi on induktioyhteydessä, eli käämit ovat vastakkain. Kun sähkömagneettinen yhteys on muodostunut, alkaa maassa oleva ensiökäämi syöttämään auton laturille sähköä. [28.] Lataustavan periaate on esitetty kuvassa 7.

Sähköautojen langaton lataus tulee yleisten näkemysten mukaan olemaan seuraava suuria askel sähköautoilussa, mutta ennen lopullista läpilyöntiä tulee lataustehot ja käytön helppous saada riittävän korkealle tasolle. Vileimmissä langattoman latauksen skenaarioissa on jopa ehdotettu kokonaisten moottoriteiden käämittämistä, jolloin ajettaessa ”sähkötieta” auton akut latautuisivat. Sähköteistä on jo tehty pienimuotoisia tutkimuksia ja koekäyttöjä, esimerkiksi mainittakoon EU:n horisontti 2020 -ohjelmassakin palkitun Israelilaisen ElectRoadin toimesta. [29.]



Kuva 7. Mercedes-Benzin konsepti sähköauton induktiolataukseen [28].

3.2.5 Latausliittimet

Sähköautojen lataamisessa käytettävien kaapeleiden valinta riippuu sekä käytettävästä lataustavasta että automallista. Suomessa on pienjännitstandardin SFS 6000 mukaisesti käytössä kolme erilaista vaihtoehtoa sähköajoneuvoa syöttäväksi pistorasiaksi:

- Tavanomaista mitoitusvirraltaan 16 A:n kotitalouspistorasiaa, kun latausvirta on rajoitettu riittävän alhaiseksi (8 A) pistorasian mitoitusvirtaan nähden (SFS 5610)
- Nimellisvirralla 16 A:n tai 32 A:n teollisuuspistorasiaa (SFS-EN 60309-2)
- Standardin EN 62196-2 mukaista tyyppin 2 vaihtosähköpistorasiaa mitoitusvirralla 63 A. [21, s. 6.]

Näiden lisäksi myös maailmalla on standardoitu lataustavalla 3 myös pistorasiatyypit 1 ja 3. Näiden käyttö ei kuitenkaan ole suositeltavaa Suomessa, koska julkiset latauspisteet käyttävät tyyppin 2 pistorasioita.

Kotitalouspistorasiaa ja teollisuuspistorasiaa voidaan käyttää sähköauton lataukseen vain tilapäislatauksessa (lataustapa 2). Lataustavalla 2 ladattaessa on käytettävä aina sähköajoneuvon mukana tulevaa tilapäislatauskaapelia, joka sisältää vaadittavat suoja- ja ohjauslaitteet. [20.] Kuvassa 8 näkyy Teslan TMC-kaapeli, jolla on mahdollista ladata autoa tilapäisesti sekä yksi- että kolmivaiheisesti [23].



Kuva 8. Teslan Mobile Connector -kaapeli, sekä pistokkeet tavalliseen schuko-pistorasiaan sekä 3-vaiheiseen teollisuuspistorasiaan [23].

Suomessa sähköauton normaalilatauksessa käytetään nykyisin sähköverkon päässä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2014/94/EU määräämää tyyppin 2 sähköauton latauspistoketta, jota kutsutaan myös kaupallisella nimellä *Mennekes* [30, s.5]. Direktiivi koskee julkisia latauspisteitä, mutta käytännössä myös kotilatauspisteet tulevat jatkossa siirtymään samaan liittintyyppiin. Kuvassa 9:n esitetyssä Mennekes – liittimessä on yhteensä seitsemän liittintä, joista kaksi on varattu signaalinsiirtoon. Mennekes -liittimellä voi siis ladata joko 1- tai 3-vaiheisesti riippuen ladattavan auton laturin ominaisuuksista. [32.]



Kuva 9. Tyypin 2 ”Mennekes” sähköauton latauspistorasia ja latauspistoke [31].

Samassa EU-direktiivissä myös määrätään lataustavassa 4 eli suuritehoisessa tasasähkölatauksessa käytettävän standardin EN 62196-3 mukaista ”Combo 2” -liittimellä varustettua järjestelmää julkisissa pikalatauspisteissä [30, s.5].

Sähköautojen ja ladattavien hybridien latausliittimelle ei ole asetettu standardia kuitenkaan itse auton osalta. Nykyisissä sähköajoneuvoissa on pääasiassa käytössä kahta liittintyyppiä: Tyypin 2 *Mennekes* sekä tyypin 1 *Yazaki* (SAE J1772). Tyypin 1 latauspistoketta käytetään pääasiassa japanilaisissa ja yhdysvaltalaisissa autoissa, sekä ladattavissa hybrideissä, joissa akun koko on huomattavasti pienempi täyssähköautoihin nähden. Tyypin 1 pistokkeessa on viisi liittintä joista kaksi on varattu signaalinsiirtoon, kuten standardi määrittää. Latauspistoke on aina yksivaiheinen, ja sen suurin latausvirta on 32 A. [32.] Pistoketyyppi on esitetty kuvassa 10.



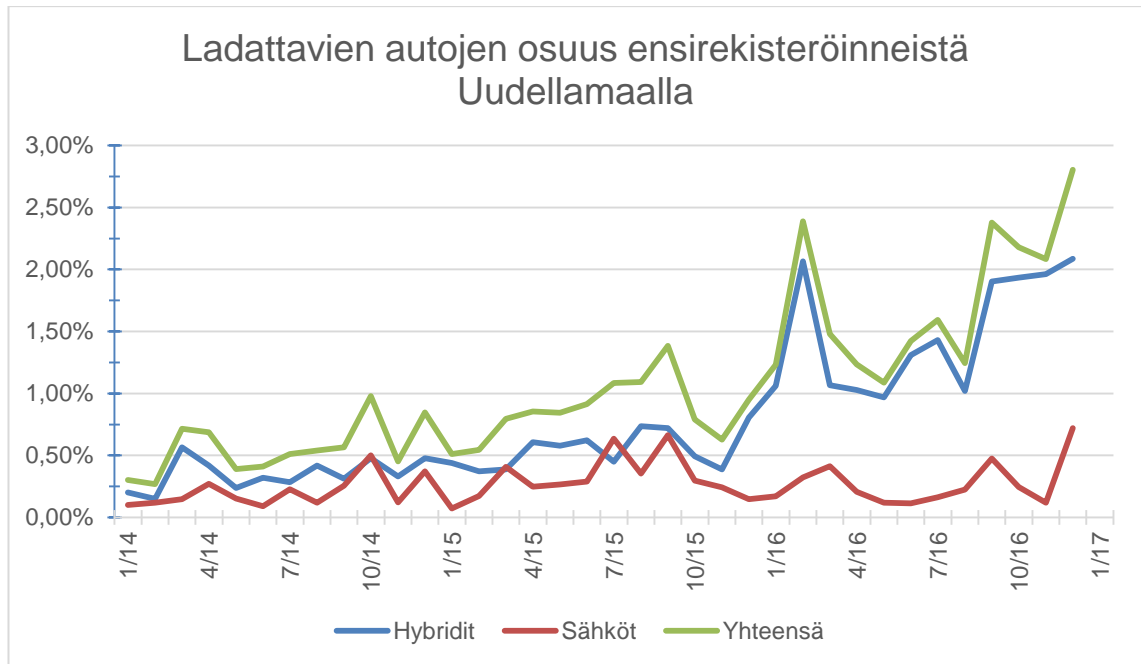
Kuva 10. Tyypin 1 ”Yazaki” -latauspistoke [32].

Lisäksi sähköautojen lataustapaan 4 eli tehollataukseen soveltuvia pistokkeita on käytössä yleisesti tyypin 1 latauspistoketta käyttävissä autoissa erillinen CHAdeMO -liitin. Myös Teslan omissa Supercharger -tasasähkölatausasemissa käytetään Teslan omaa, suuritehoiseen lataukseen soveltuvaa liitintä.

3.3 Latausjärjestelmän tarvekartoitus

Latausjärjestelmän hankinta ja suunnittelu aloitetaan kartoittamalla tulevien latauspisteiden määrät. Tarvekartoituksessa tulee huomioida ensisijaisesti rakennettavan parkkihallin koko, sen tulevien käyttäjien kohderyhmät sekä alueellinen sijainti. Lisäksi heti hankkeen alussa tulisi päättää toteutettavien pisteiden lataustavasta ja -tehoista, sekä käyttäjien tunnistuksesta ja käytetyn sähkön laskutuksesta. [33.]

Suomessa on havaittavissa selvästi eroavaisuuksia eri alueiden välillä, joten kohdekohtaisesti tulee tarkastella kyseisen alueen sähköautojen käyttäjämääriä. Näin saadaan hyvä pohjatieto latauspisteiden tarpeen määrittämisessä. Uudenmaan alueella ladattavien autojen kasvu on koko Suomen keskiarvoa nopeampaa, joten erityisesti pääkaupunkiseudun alueella tulee tarkastelussa huomioida alueellisesti ladattavien ajoneuvojen myynti optimaalisen mitoituksen takeeksi.



Kuva 11. Ladattavien henkilöautojen osuus ensirekisteröinneistä Uudellamaalla vuosina 2014–2016 [15].

Kuten kuvasta 11 voidaan havaita, on jo nykyisessä tilanteessa ladattavien autojen osuus sadasta uudesta autosta 1–3 kappaletta Uudenmaan maakunnassa. Näin ollen voidaan rajata jo nykyisen tason perusteella sadan autopaikan joukosta vähintään kaksi paikkaa sähköisten autojen lataukselle.

Uudisasuinkerrostaloa ja sen pysäköintitiloja suunniteltaessa tulisi kuitenkin miettiä pelkän nykyhetken tarpeiden sijasta pidempiaikaisia tarpeita. Käytännössä kuitenkin ei ole taloudellisesti järkevää asentaa montaa ylimääräistä pistettä vain odottamaan tulevaa, koska latauslaitteiden hinnat tulevat yleistyessään laskemaan. Tulevaisuuden pisteiden lisästarpeet voidaan kuitenkin huomioida jättämällä latauspisteitä syöttävään keskukseen ylimääräisiä lähtöjä tai tilavaroja ja mitoittamalla itse keskus riittävän suurelle virralle, jolloin pisteitä voidaan myöhemmin lisätä ilman suurempia remonteja.

Vuoden 2016 loppupuolella julkaistiin myös muutosehdotus EU-direktiiviin rakennusten energiatehokkuudesta (2010/31/EU), jossa esitettiin asuinrakennuksille uusia velvoitteita sähköauton latauksen edistämiseksi. Muutosehdotuksessa esitettiin yli kymmenen autopaikkaa sisältäviin asuinrakennuksiin pysäköintialueen kaapelointien suunnitteluun, että sähköisten autojen lataaminen on mahdollista ottaa käyttöön. Muutos-

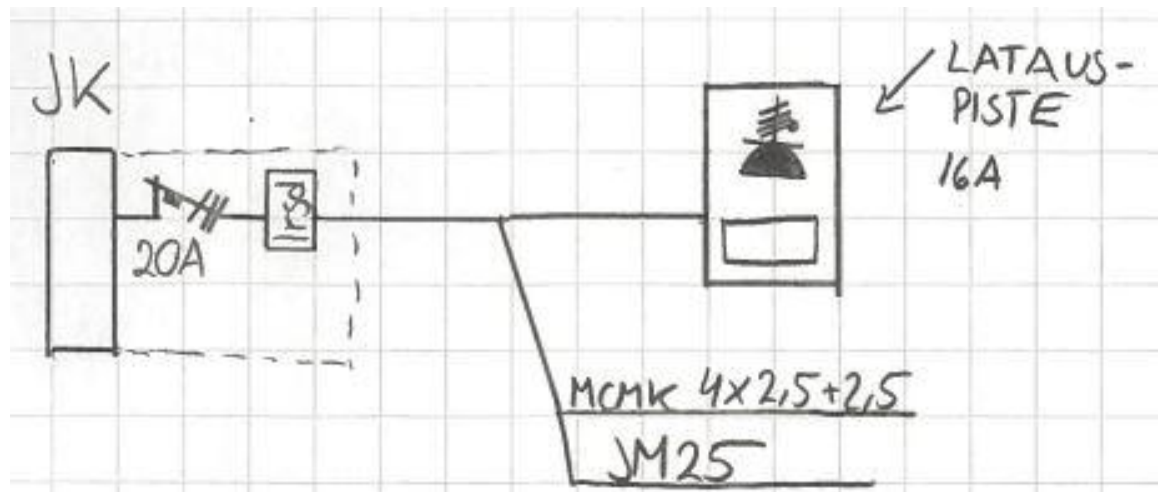
ehdotuksessa käsiteltiin laajemmassakin määrin sähköautojen latauksen edistämistä, mutta muut aiheet eivät käsittäneet asuinkiinteistöjä. [27.]

3.4 Latausjärjestelmän suunnittelu

Uudiskohteessa sähköautojen latausjärjestelmän suunnittelu on huomattavasti vaapampaa ja taloudellisesti tehokkaampaa kuin saneerauskohteissa, koska latauspisteiden lukumääriä, tehoja ja sijoituksia ei ole rajoittamassa olemassa olevat sähköliittymät, -keskukset tai rakennukset. Näin ollen latausjärjestelmän suunnittelu tulee myös aloittaa heti, kun tarpeet ovat selvillä, jotta järjestelmästä saataisiin maksimaalinen taloudellinen ja tekninen tehokkuus irti.

3.4.1 Järjestelmän rakenne

Sähköautojen latausjärjestelmä koostuu yksinkertaisimmillaan vain syöttävästä keskuksesta ja itse latauspisteestä. Suojaavat komponentit voivat olla asennettuina itse latausasemaan tai vaihtoehtoisesti syöttävään keskukseen. [33.] Kaapelointi voidaan tehdä joko 1- tai 3-vaiheisena riippuen halutusta lataustehosta. Kuvassa 12 on esitetty järjestelmän perusrakenne.

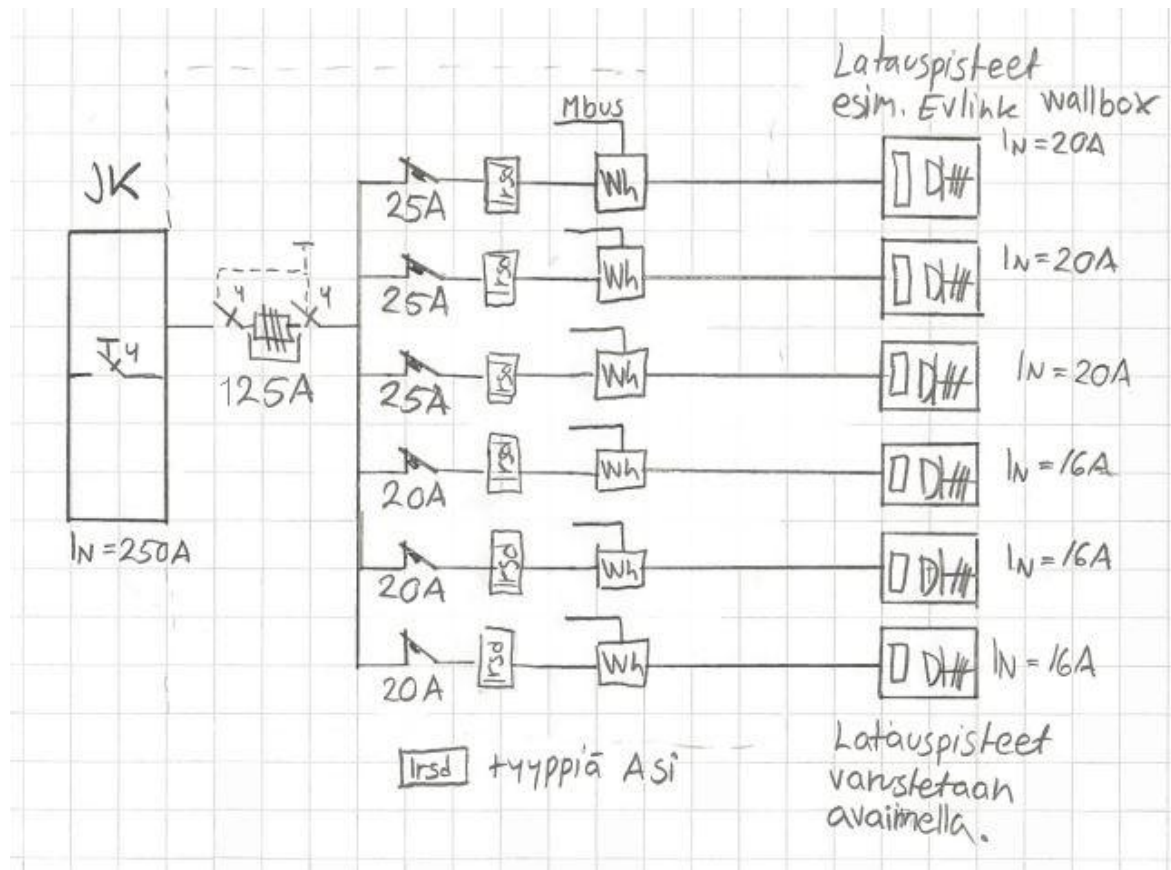


Kuva 12. Sähköauton latausjärjestelmän rakenne yhdellä latauspisteellä.

Kun latauspisteitä on useita ja latauksen kuluttama sähkö täytyy pystyä kohdistamaan oikeille käyttäjille, tulee järjestelmään lisätä sähköenergian mittarit latauspistekohtai-

sesti. Mittarit voivat sijaita latauspisteissä tai kootusti latauspisteitä syöttävässä keskuksessa. Sekä keskukseseen sijoitetuista että myös latauspisteissä sijaitsevista mittareista voidaan ottaa mittarilukemien etäluenta rakennusautomaatiojärjestelmään. Tämä edellyttää latauspisteiden kaapelointia myös tiedonsiirtoon sopivalla kaapelityypillä.

Lisäksi laskutettavissa latauspisteissä tulee olla myös käyttäjän tunnistus etenkin jos paikka on yhteiskäytössä. Suurimpaan osaan älykkäistä koti- ja asiointilatauspisteistä saa lisävarusteena RFID-tekniikalla toimivan tunnistusjärjestelmän. Jos latauspisteet ovat autopaikkakohtaisia voidaan latauspisteen käyttöä rajoittaa myös parkkipaikan haltijalle annetulla mekaanisella avaimella. Tällä järjestelyllä ei erillistä sähköistä tunnistusta tarvita ja saadaan kustannussäästöä.



Kuva 13. Useamman latauspisteen järjestelmän periaatekuva.

Kuvan 13 mukaisessa kaaviossa ei ole käytössä kuormituksen hallintaa, mutta sellainen on mahdollista lisätä helposti jälkeenpäin, kunhan latauspisteille varataan riittävät kaapelitiet tiedonsiirtokaapeleita varten ja itse latauspisteiksi valitaan sellaiset laitteet, jotka sisältävät riittävän älyn ja ovat yhteensopivia kuormanhallinnanohjaukseen.

Järjestelmään voidaan liittää myös lisäpalveluna kolmannen osapuolen tarjoama lataushallinta, joka yleisesti sisältää latausjärjestelmän hallinnan ja valvonnan lisäksi myös käyttäjien laskutuksen kulutetun sähkön ja kuukausimaksun mukaisesti [33].

3.4.2 Järjestelmän sähkötekniset vaatimukset

Sähköautojen lataamisen sähkötekniset vaatimukset tulevat pääasiassa pienjännitestandardi SFS 6000:sta, SESKOn ohjeesta SK69 sekä latauslaitteiden valmistajien asennus- ja turvallisuusohjeista.

Sähköautoja syötetään aina omasta virtapiiristään, jossa ei saa olla muita laitteita kuin sähköauton lataamiseen ja lämmittämiseen tarkoitettuja pistorasioita. Latauspisteitä syöttävien ryhmäjohtojen kuorman tasauskertoimena tulee käyttää 1, koska normaalissa latauspiirissä olevaa pistorasiaa oletetaan käytettävän aina täydellä mitoitusvirralaan. Pienemmän tasauskertoimen käyttö edellyttää, että useita latauspisteitä syöttävien piirien kuormitusten tulee olla valvottuja ja ohjattuja. [25, s.4.] Sähköajoneuvoa syöttävän piirin mitoituksessa tulee huomioida täyden kuormitusvirran pitkäaikainen käyttö myös lämpimällä kelillä. Mitoituksessa tulee käyttää ilman lämpötilana 30 °C ja maan lämpötilana 20 °C. Latauspiirissä käytettävien suojalaitteiden ja kaapeleiden mitoituksessa tulee aina käyttää SFS 6000 standardin arvoja ja ohjeita. [34, s.5.]

Sähköajoneuvojen syöttöpiirissä tulee käyttää jokaiselle latauspisteelle omaa mitoitusvoimavirrallaan enintään 30 mA vikavirtasuojakytkintä. Käytettävän vikavirtasuojakytkimen on oltava vähintään A-tyyppiä. Jos monivaiheisen syötön kuormituksen ominaisuuksia ei tiedetä, tulee käyttää B-tyypin vikavirtasuojaa tai muuta tasasähkövialta suojaavaa laitetta. [25, s.6.] Yksivaiheisessa vikavirtasuojassa suositellaan käytettäväksi vähintään ASi -tyypin vikavirtasuojaa, joka kestää enemmän korkeataajuisia virtasäyksiä ja muita häiriövirtoja [34, s.5].

Latauspiirien ylivirtasuojaus tulee tehdä vikavirtasuojauksen tavoin latauspistekohtaisesti [25, s.6]. Latauspiirin johdonsuojaa valittaessa tulee suojalaitteen olla aina latauksen nimelliskuormitusvirtaa nähden yhtä kokoa suurempi. Esimerkiksi 16 A:n latauspisteen johdonsuojan nimellisvirraksi valitaan 20 A. Yksivaiheisissa piireissä suositellaan käytettäväksi vähintään C-käyrällä varustettua johdonsuojaa ja 3-vaiheisissa piireissä D-käyrällistä. [34, s.5.]

Pakollisen ylivirta ja vikavirtasuojauksen lisäksi pienjännitstandardissa suositellaan latauspiireissä käytettäväksi ylijännitesuojia sähköajoneuvoon kohdistuvien vahinkojen välttämiseksi [25, s.5].

Sähköautojen latauspisteitä pitää pystyä ohjaamaan yksilöllisesti. Tämä tulee järjestää riittäväällä tiedonsiirtokaapeloinnilla. Lisäksi latauspisteiden kuluttama sähkö pitäisi saada mitattua latauspisteittäin, etenkin jos kulutus täytyy pystyä kohdistamaan tietylle käyttäjälle. Yksivaiheisissa asennuksissa tulee myös käyttää vaiheiden vuorottelua suurempien vinokuormien välttämiseksi. [20.]

Sähköautojen latauksessa käytettävien hakkuriteholähteiden tuottamat harmoniset yliaallot tulee selvittää. Etenkin useita sähköautojen latauspisteitä sisältävän parkkihallin sähköverkon laatuun tulee kiinnittää suunnittelussa erityishuomiota. [36, s. 3.]

3.4.3 Järjestelmän muut tekniset vaatimukset

Latauspisteen sijoitus tulee tehdä niin, että sähköajoneuvo voidaan liittää latauspisteeseen normaalilla latauskaapelilla (yleensä 5–7 m). Jatkojohtoja, johtokeloja tai haaroitintimia ei saa käyttää sähköauton latauksessa. [20.] Latauspisteen asennuskorkeus tulee olla 500–1500 mm välissä [36]. Latauspisteiden sijoituksessa tulee myös kiinnittää huomiota syöttävän keskuksen sijaintiin, jos jokaiselle latauspisteelle viedään oma syöttökaapeli keskukselta.

Maassa kaapeloitavat latauspisteet asennetaan riittävän väljään suojaputkeen, joka mahdollistaa tulevaisuudessa kaapelin vaihtamisen suurempaan lataustehojen kasvaessa. Samaa putkea voidaan jälkeinpäin käyttää myös mahdollisesti tarvittavia tiedonsiirtokaapeleita varten. [20.] Kaapelisuojaputkia valittaessa tulee huomioida putken reitin yläpuolella mahdollisesti kulkeva liikenne [36, s.3].

Latauspisteen tulee mekaanisesti suojata pysäköintihalleissa sijoittamalla piste paikkaan, missä vältetään kohtuullisesti ennakoitavien iskujen vahingot, käytetään paikallista suojausta, esimerkiksi törmäyssuojia tai asennetaan laite kestämään vähintään IK08 luokan ulkoisen iskun. [24, s.5.]

Jos latauspaikka tulee yhteiseen käyttöön taloyhtiössä, tulee se merkitä selvästi joko kyltein tai esimerkiksi maalaamalla parkkiruudun selvästi erottuvalla huomiovärillä [33].

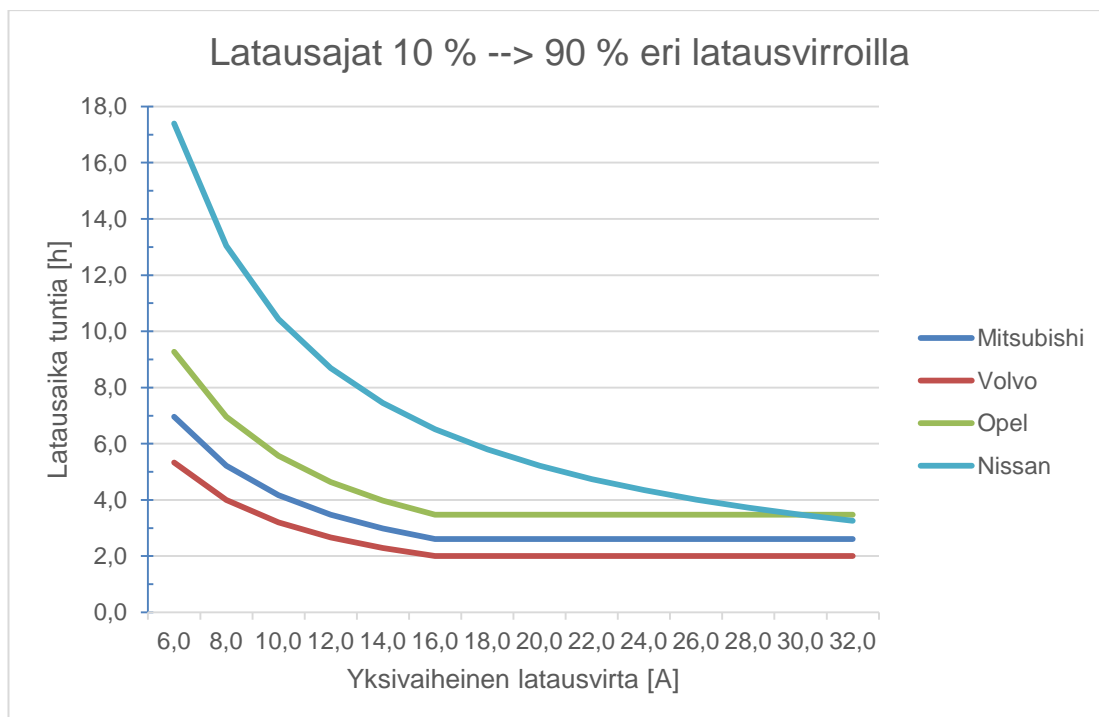
Latausjärjestelmän liittämistä rakennusautomaatioon kannattaa selvittää, ainakin energiamittarien luennat ovat mahdollisia etäkäytön kohteita. Laskuttamisen hoitaminen on muutenkin hyvä jo alustavasti selvittää latausjärjestelmän hankintavaiheessa.

3.4.4 Järjestelmän lataustehon määrittäminen

Sähköautojen latausjärjestelmän lataustehojen määrittämisessä tulee päättää yksittäisten latauspisteiden mitoitusvirrat ja koko järjestelmän suurin sallittu virta. Jos järjestelmä tehdään ilman älykästä kuormanhallintaa tulee kiinteistön verkostolaskelmissa huomioida latauspisteet täydellä mitoitusvirralla.

Lataustehon suuruuden määrittämisessä on hyvä ottaa huomioon suomalaisten keskimääräinen päivittäinen ajomatka, joka on noin 50 km [35, s.4]. Kun sähköautojen ja ladattavien hybridien keskimääräinen sähkönkulutus on noin 15–20 kWh/100 km, saadaan laskennallisesti keskiarvoisen käyttäjän päivittäinen kulutus vajaaseen 10 kWh [6, s.8.] Tällaisen määrän lataisi tavallisesta schuko-pistorasiasta 8 A:n rajoituksella noin 5,5 tunnissa, eli yön aikana auton akut olisivat jälleen täynnä virtaa. Keskimääräisen ajomatkan lisäksi lataustehon määrittämisessä tulee huomioida myös nykymarkkinoiden sähköisten autojen latureiden ominaisuudet.

Nykymarkkinoiden suosituimpien ladattavien hybridien Mitsubishi Outlanderin, Volvo XC90:n ja Opel Amperan käyttämä tyyppin 1-latauspistoke ei tue muuta kuin 1-vaihelatausta ja sitäkin vain 16 A:iin asti. Myöskään toiseksi myydyintä täyssähköautoa Nissan Leafiä ei pysty lataamaan normaalisti kuin 1 x 16 A:n virralla. Leafin uuteen, suuremmalla akulla varustettuun versioon on kuitenkin lisävarusteen mahdollista hankkia tehokkaampi 6,6 kW:n latausteholla varustettu laturi, jolla latausvirta voidaan nostaa lähes 30 ampeeriin.



Kuva 14. Latausvirran vaikutus latausaikaan eri malleilla.

Kuten kuvasta 14 voidaan todeta, ei nykyisillä ladattavilla autoilla ole vielä tarpeellista mitoittaa suuritehoisia latauspisteitä, koska ne eivät suurta latausvirtaa kykene normaali-latauksessa hyödyntämään. Poikkeuksen yleiseen linjaan tekee Tesla, jonka mallit pystyvät vakiolaturilla hyödyntämään yksivaiheisena 32 A:n virran ja kolmivaiheisena 16 A:n virran. Lisävarusteena myytävänä tehoolaturilla saadaan kolmivaihevirta nostetua 24 A:n ja latausteho näin 16,6 kW.

Lataustehon määrittämisessä tulisi myös miettiä, millaiseen latausnopeuteen on yleensäkin asuinkiinteistössä tarve. Nykyiset polttomoottoriautot ”ladataan” aina muualla kuin kotona, joten sähköautojen lataaminen hitaallakin nopeudella on arkea helpottava asia. Kun mietitään asuinkerrostalon parkkihallia, niin kyseessä on melko suuret kokonaisvirrat jo pienilläkin latauspistekohtaisilla virroilla, etenkin jos ajatellaan parkkihallia 10 vuotta eteenpäin ja oletetaan, että suurin osa autolämmityspistorasioista on jo korvattu latauspisteillä.

Esimerkkikohteessa on suunniteltu 50 lämmitetyn autopaikan parkkihalli ja 85 asuntoa. Koko kiinteistön pääsulakkeet ovat 3 x 480 A. Parkkihallia palvelevan lähdön etukojee-
na on 3 x 100 A:n kytkinvarokkeet. Jos sähköautojen latauspisteitä syötettäisiin yksi-
vaiheisina vain 8 ampeerin rajoitetulla virralla saataisiin kokonaislataustehoksi 92 kW,

joka vastaa 132 A:n vaihevirtaa kolmivaihejärjestelmässä. Jos latausvirta olisi rajoittamaton 16 A:iin, nousisi kokonaisteho jo yli 180 kW:iin ja vaihevirta 265 A:iin. Tämänkokoisen järjestelmän käyttäminen ilman kuormanohjausta olisi taloudellisesti äärimmäisen kannattamatonta, koska asuinkiinteistön mitoituskuorma huomioiden liittymän ko-koa tulisi kasvattaa vain sähköautojen latausta varten.

Kuitenkin edellisen esimerkin kokoisessa järjestelmässä olisi käytössä jo kuormanhallinta, jolloin pisteiden latausvirtoja säädeltäisiin järjestelmän kokonaiskuormituksen muuttuessa. Lisäksi kuormituksenohjauksen ollessa käytössä voi sähkösuunnittelija mitoittaa järjestelmän käyttäen alle yhden tasoituskerrointa.

3.5 Vaihtoehtoiset toteutusmallit

Seskon suositusten mukaisesti tulisi uudisrakennuksissa sähköautojen latausasemien olla sähköauton lataukselle tarkoitettuja lataustavan 3 mukaisia laitteita. Markkinoilla on kuitenkin yrityksiä, jotka tarjoavat autolämmityspistorasioiden tilalle älytolppia, joissa lataus tapahtuu lataustavan 2 mukaisesti 230 V:n kotitalouspistorasiasta. Kuvassa 15 on esitetty älytolpan mallia ja ulkonäköä. Erona älytolppien pistorasioissa verrattuna tavallisiin autolämmityspistorasioihin on se, että älytolppien tarjoaja ilmoittavat pistorasioiden soveltuvan jatkuvan mitoitusvirran eli 16 A:n käyttöön. Sen lisäksi pistorasiat testataan 5 h:n ajan 26 A:n kuormalla. Normaaleissa autolämmitystolpissa on käytössä kahden tunnin ajastin, jolla rajoitetaan lämmitystolpasta saatavaa sähköä, mutta älytolpista nämä on poistettu, jotta sähköauton pidempiaikainen lataus olisi mahdollista. Lisäksi älytolpissa on toteutettu kulutetun sähköenergian mittaus pistorasiakohtaisesti, eli käyttäjiä päästään laskuttamaan oman kulutuksen mukaan mahdollisimman tasapuolisesti. [35; 37.]

Älytolpparatkaisujen konseptiin kuuluu yleensä koko parkkialueen lämmityspistorasioiden korvaaminen älytolpilla. Vanhoissakaan asennuksissa ei parkkihallin kaapelointeihin vaadita muutoksia, vaan latausvirtojen mitoitus tehdään olemassa olevien asennusten ehdoilla. Uudisrakennuksessa tämä tarkoittaisi sitä, että parkkialueen kaapelointi voitaisiin tehdä perinteisellä ketjutuksella latauspisteestä toiselle aivan kuten autolämmityspistorasiatolpissa. [38.]

Järjestelmään kuuluu mahdollisuus latauksen etäohjaukseen mobiilisti ja järjestelmän luvataan palvelevan yhtälain sekä sähköautojen lataajia, että myös polttomoottorillisten autojen lämmittäjiä. Älytolppien kommunikointi tapahtuu joko langatonta verkkoyhteyttä pitkin järjestelmän tukiasemaan, tai 3G-verkossa järjestelmän pilvipalvelimelle. [38]. Etenkin 3G-versiossa voi ongelmaksi tulla maanalaisten pysäköintihallien sisäverkon kuuluvuus, joka on kohteesta riippumatta lähtökohtaisesti heikko tai jopa olematon. Mahdollinen sisäverkon rakentaminen taas tietää suuria kustannuksia, jotka olisivat kiinteällä tiedonsiirtokaapeloinnilla vältettävissä.

Älytolppajärjestelmiä tarjoavat yritykset laskuttavat yleensä joko käyttäjiä, taloyhtiötä tai molempia kuukausilaskutuksella. Älytolppien mukana myydään koko latausjärjestelmä, jolloin rakennusvaiheessa ei tule juurikaan kustannuksia vaan kaikki perustuu kuukausimaksuihin ja käytetyn sähkön laskuttamiseen käyttäjiltä.



Kuva 15. Erilaisia älytolppia [38].

Älytolppa palvelumallilla on myös mahdollisuus hankkia nopeampaan lataukseen soveltuvia lataustavan 3 laitteita, jolloin sähköasennuksissa täytetään SESKOn ja SFS-standardin ohjeistukset [38]. Jos kuitenkin moni parkkihallin käyttäjä haluaa korvata pistorasian nopeammalla latausasemalla, ei kaapelointimuutoksilta voida enää välttyä.

Sähköautojen latausjärjestelmä voidaan toteuttaa tavanomaisilla pistorasioilla myös ilman älykästä taustajärjestelmää, mutta silloin pisteiden lukumäärä rajoittuu huomattavasti, koska jokainen pistorasia tulee mitoittaa täydelle nimellisvirralleen ilman korjaavia

tasauskertoimia. Tällöinkin tulee muistaa varustaa jokainen pistorasia omilla henkilösuojilla sekä energiamittarilla joko kootusti syöttävällä ryhmäkeskuksella tai pistorasiakohtaisesti koteloituna.

4 Aurinkosähköjärjestelmät

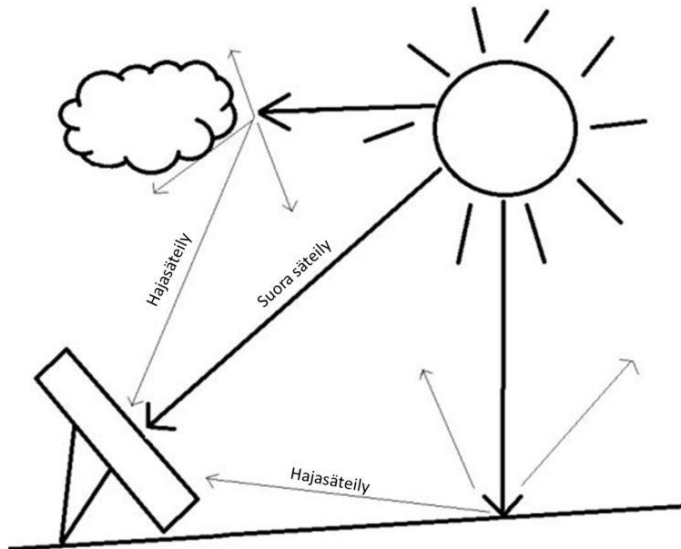
4.1 Auringonsäteily

Auringon säteilyteho maapallolle on noin 170 000 TW. Tästä määrästä 70 % saapuu maapallolle lämpösäteilynä ja loput 30 % heijastussäteilynä. Jos kaikki auringosta maahan saapuva energia saataisiin hyödynnettyä, koko ihmiskunnan vuorokauden energiantarve olisi kuitattu 14,5 sekunnissa pelkällä aurinkoperäisellä energialla [40, s.10].

Auringonsäteilyn energiatiheyttä ilmakehän ulkorajalla kutsutaan aurinkovakioksi. Aurinkovakion arvo on 1353 W/m^2 . Aurinkovakio on määritetty tilanteessa, jossa auringonsäteily osuu yhden sekunnin ajan kohtisuoraan kuvitteelliseen neliömetrin kokoiseen pintaan ja maapallo on keskietäisyyden päässä auringosta. [41.]

Ilmakehä on suurin vaikuttaja maanpinnalle saapuvan auringonsäteilyn rajoittajana. Aurinkovakion mukaisesta säteilytehosta jää ilmakehään paikasta riippuen noin 25 – 45 %. Ilmakehän läpäisyyttä auringonsäteilyä kirkkaana kesäpäivänä maanpinnalla neliömetrin alueella kutsutaan välittömäksi aurinkovakioksi. Välittömän aurinkovakion arvo vaihtelee, mutta yleisesti sen arvo on $800\text{--}1000 \text{ W/m}^2$. [40, s.11.]

Maanpinnalle tuleva säteily koostuu käytännössä kahdesta erityyppisestä säteilystä. Suora auringonsäteily on nimensä mukaisesti suoraan ilmakehän läpäisyyttä säteilyä, joka osuu maanpinnan tasoon. Haja- eli diffuusinen auringonsäteily on ilmakehästä, pilvistä tai maasta heijastunutta säteilyä, eli suora auringonsäde jatkaa heijastavan pinnan kautta maanpinnalle. Lisäksi voidaan puhua vielä termistä ilmakehän vastasäteily, joka kuitenkin voidaan käytännössä laskea mukaan hajasäteilyyn. Ilmakehän vastasäteilyn aiheuttaa pääasiassa ilmakehän otsoni, vesihöyry ja hiilidioksidi. Kuvassa 16 on havainnollistettu eri säteilyjä.



Kuva 16. Auringon suora- ja hajasäteily.

Suoran säteilyn ja hajasäteilyn osuudet vaihtelevat huomattavasti riippuen sijainnista ja säästä. Kirkkaalla ilmalla, kun auringonsäteily on runsasta voi suoran säteilyn määrä olla jopa 80 % kokonaissäteilystä. Toisaalta pilvisinä päivinä voi suora auringonsäteily olla vähissä ja jäädä vain noin 20 % vaakasuoralla tasolla. Suomen oloissa hajasäteilyllä on kuitenkin merkittävä osuus kokonaissäteilystä. Etelä-Suomessa jopa puolet auringonsäteilystä saadaan hajasäteilyinä.

Maanpinnalle jäävä säteilyteho saadaan kaavasta 1

$$I = I_A + I_D + (I_V) - I_U \quad (1)$$

I on pinnalle jäävä säteilyteho
 I_A on auringon suorasäteily
 I_D on auringon hajasäteily
 I_V on ilmakehän vastasäteily
 I_U on pitkäaaltoinen säteily

Kaavassa 1 käytetty pitkäaaltoinen säteily tarkoittaa pinnan takaisin heijastamaa säteilyä avaruuteen. [41, s.12, s.28.]

Suomessa vakaatasolle osuvan auringonsäteilyn vuotuinen määrä vaihtelee Etelä-Suomen vajaasta 1000 kWh:sta/m² aina pohjoisen noin 790 kWh:iin/m². Kallistuskul-

maa muuttamalla voidaan Etelä-Suomessa saada auringonsäteilyä osumaan neliömetrin pinnalle vuositasolla jopa 30 % lisää. [41, s.13; 44, s.32; 45.]

4.2 Aurinkosähkökennojen tekniikka

Aurinkokennojen tekniikat ovat yleisesti jaoteltu kolmeen eri sukupolveen. Ensimmäisen polven aurinkokennot on valmistettu käyttäen yksi- tai monikiteistä piitä. Piistä valmistetut kennot hallitsevat globaalisti aurinkokennomarkkinoita noin 90 -prosenttisella tuotanto-osuudella. Toisen sukupolven kennot ovat ohutkalvokennoja, jotka perustuvat piikidekennojen tapaan puolijohteiden pn-liitoksesta aiheutuvaan sähkökenttään ja valosähköiseen ilmiöön. Kolmannen sukupolven aurinkokennot eivät ole vielä kaupallisessa valmiudessa, mutta tutkimuksissa on useita erilaisia tekniikoita, esimerkiksi nanokidekennoja, jotka eivät perustu pn-liitoksen vaan muihin tekniikoihin ja kemiallisiin reaktioihin. [45.]

4.2.1 Piikidekennot

Piikidekennoja on kahta erilaista tyyppiä, yksi- ja monikidepiikkennoja. Nämä eroavat toisistaan valmistustekniikastaan sekä ulkonäöstään. Kennojen ulkonäkö on esitetty kuvassa 17. Vaikka pii on maapallon toiseksi yleisin alkuaine, se ei esiinny luonnossa juurikaan puhtaana. Aurinkokennojen valmistuksessa käytettävän pii tulee kuitenkin olla puhdistettua, joten puhdistustoimenpide kasvattaa valmistusprosessin kustannuksia. Huolimatta piin puhdistusprosessissa aiheutumista kustannuksista, ovat piikidekennoiset aurinkopaneelit kuitenkin hinta–teho -suhteeltaan edellä muita kilpailevia aurinkosähkökennotekniikoita vastaan. Tästä johtuen piikidekennojen osuus kaikista kennoteknologioista on ylivoimaisesti suurin. Piikidekennojen prosentuaalinen osuus vuoden 2015 aurinkokennotuotannosta oli noin 93 %. [45; 46.]

Yksikiteiset piikennot ovat nimensä mukaisesti valmistettu yhdestä piikiteestä. Tämä tarkoittaa sitä, että puhdistuksen jälkeen tankomuotoon kasvatetusta piikiteestä saadaan pyöreitä, alle puolen millimetrin paksuisia piikiekköjä, joita yhdistämällä saadaan kennoista muodostettua paneeli. [40, s.124.] Yksikidekennojen valmistuksen hinta on kalliimpaa kuin vastaavien monikidekennojen. Kun paneelien hyötysuhteillakaan ei ole merkittävää eroa, jää yksikidepaneelien hinta wattia kohden hieman korkeammaksi. Yksikidepiikkennojen valmistusprosessiin kuuluvan piikiekköjen sahaaminen on tark-

kuutta vaativa ja hidasta työtä, joka tekee suurimman eron hinnassa yksi- ja monikidepiikkenojen valmistuskustannuksille. [42, s.57.]



Kuva 17. Yksikidepiipaneeli ja monikiteinenpiipaneeli [48].

Monikiteinen piikkenno on yksikiteiseen verrattuna helpompi ja edullisempi valmistaa, koska tarkan sahaamisen sijaan monikidekennot valetaan piimassasta valmiiseen muottiin. Monikidepiikennon tekniset ominaisuudet ovat vastaavat yksikiteisenpiikennon kanssa, joskin monikidepiikennon hyötysuhde jää keskimäärin 2–4 % heikommaksi yksikiteiseen verrattuna. Monikidekennon etuna edullisemmän hinnan lisäksi on myös parempi varjostuksen sietokyky. [42, s.58.]

Yksikiteiset piikennot olivat olleet pitkään markkinoiden käytetyin aurinkokennotekniikka, mutta vuodesta 1995 lähtien monikiteisetpiikennot ovat nakertaneet niiden markkinaosuutta. Vielä vuonna 2010 yksikiteisten piikkenojen markkinaosuus oli lähes 40 %, mutta vuonna 2015 osuus oli enää vain 24 %. [46.] Muut osuudet on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. Aurinkokennojen markkinaosuudet vuonna 2015 [46].

Piikidekennojen hyötysuhteet ovat kaupallisissa sovelluksissa keskimäärin 15–20 % [45]. Laboratoriossa saadut kennokohtaiset hyötysuhde-ennätykset ovat yksikiteisellä 25,6 % ja monikiteisellä 20,8 % [46].

4.2.2 Ohutkalvokennot

Ohutkalvokennot kategorioidaan toisen sukupolven aurinkokennoiksi ja ne perustuvat samaan valosähköiseen ilmiöön, kuin yksi- ja monikiteiset piikennot. Ohutkalvokennoja valmistetaan useista eri materiaalista, mutta kaikki perustuvat tekniikaltaan pn-liitoksella muodostuvaan sähkökenttään.

Ohutkalvokennojen perusideana on levittää halvalla pohjamateriaalille useita ohuita kerroksia valoherkkää ainetta. Pohjamateriaalina voidaan käyttää käytännössä mitä vain, mutta yleisesti käytetään lasia, terästä tai muovia, jonka avulla voidaan rakentaa myös taipuisia ohutkalvokennoja. [45.] Kuvassa 19 on esitetty yhdentyyppinen ohutkalvopaneeli.

Ohutkalvokennojen yleisimpinä valoherkkinä päällysteaineina käytetään kadmiumtelluridia (CdTe), amorfista piitä (a-Si) sekä kuparin, indiumin, galliumin ja seleniitin yhdistelmää (CIGS). Näistä kadmiumtelluridilla päällystetyt kennot ovat valmistuskustannuksiltaan edullisempia kuin piikiteistä valmistetut aurinkokennot, ja CdTe -kennot hallitsevat ohutkalvotekniikan markkinaosuuksia noin 60 %:n osuudella. [46.]



Kuva 19. Ohutkalvopaneeli [48].

Kaupallisten ohutkalvokennojen hyötysuhde on tavallisesti heikompi kuin piikidekennojen, ja tämä johtaa suurempiin vaadittaviin pinta-aloihin samoihin teholumemiin päätäkseen. Kuitenkin tutkijat ovat onnistuneet nostamaan kadmiumtelluriidikennojen hyötysuhteen jo yli 20 %:n joten ohutkalvokennot voivat tulevaisuudessa nousta haastamaan pitkään markkinoita hallinneita piikidekennoja. [40, s. 125; 46.]

Ohutkalvokennojen etuna on mahdollisuus parempaan naamiointiin, koska eri pinnoitteella kennojen pinnan väri pystytään muuttamaan, tämä voi olla tärkeää esimerkiksi julkisivuun tehtävissä aurinkopaneeliasennuksissa. Lisäksi ohutkalvokennot kestävät piikidekennoja paremmin varjostusta ja pystyvät hyödyntämään auringosta tulevaa hajasäteily hieman piikidekennoja paremmin. [45.]

4.2.3 Kolmannen sukupolven kennot

Uudet, kolmannen sukupolven kennot ovat vielä enimmäkseen tutkimusasteella, ja kaupalliseen käyttöön niitä ei ole laajemmin julkaistu. Tutkitut teknologiat perustuvat pääosin nanoteknologiaan ja väriaineherkistettyihin kennoihin.

Yhtenä esimerkkinä kolmannen sukupolven kennoista voidaan mainita väriaineherkistetyt aurinkokennot, eli Grätzel-kennot. Kyseinen kennoteknologia voitti vuonna 2010 Millenium -teknologiapalkinnon. [45.] Kennot perustuvat fotosynteesiin. Grätzelin kennojen etuna nykyisiin tekniikoihin on edukas valmistaminen ja pääosin edukkaat materiaalit sekä piistä vapaa tekniikka. Heikkouksina ainakin vielä ovat alhaisempi hyötysuhde piikidekennoihin verrattuna sekä lyhyt käyttöikä. Näihin kuitenkin on kehitetty

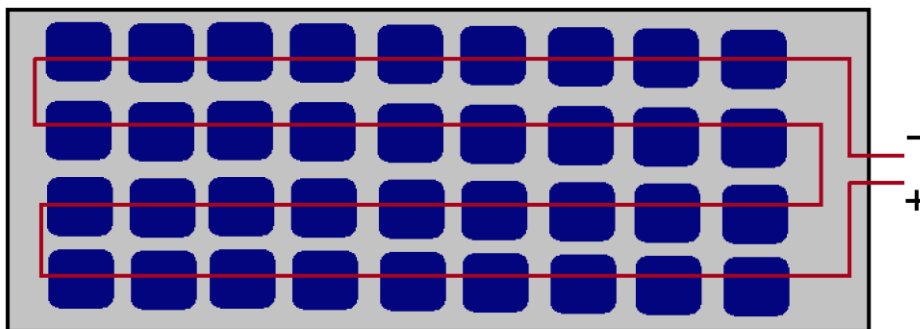
parannusta, ja Grätzelin kennosta ja siitä kehitettävistä versioista voidaan todella odottaa piikidekennojen syrjäyttäjää tulevaisuudessa. [49.]

4.3 Aurinkopaneelit

Aurinkopaneelit ovat yhteenkytketyistä aurinkokennoista koottu kokonaisuus. Aurinkopaneeli on siis loppukäyttöön tarkoitettu tuote ja toimii pääkomponenttina koko aurinkosähköjärjestelmässä. Paneeleita on nykyisin saatavilla monenlaisiin käyttötarkoituksiin, erikokoisina ja -tehoisina, joten paneelien valinnalla on olennainen vaikutus koko järjestelmän onnistuneeseen toteutukseen.

4.3.1 Kennoista paneeliksi

Aurinkopaneeli koostuu sarjaankytketyistä, tyypillisesti noin 100 mm x 100 mm:n kokoisista aurinkokennoista. Yhden aurinkokennon jännite on tavallisesti reilu 0,5 voltia tasajännitettä. Kennojen sarjaankytkennällä saadaan paneeli jännite kasvatettu halutun suuruisiksi. [40, s.121.] Kuvan 20 aurinkopaneeli on koottu 36:sta sarjaankytketystä aurinkokennosta, joka tuottaisi tällaisen paneelin napoihin noin 20 V:n nimellisjännitteen. Normaalisti aurinkopaneelin koko on noin 1,5 m², jolla saadaan 200–300 W_P:n nimellisteho [45].



Kuva 20. Periaatekuva sarjaankytketyistä kennoista kootusta aurinkopaneelistä.

Aurinkopaneelien jännitteen ja virran suhde ei ole vakio, ja se vaihtelee suuressi olosuhteista riippuen. Kennojen pinnan lämpötila vaikuttaa paneelin tyhjäkäyntijännitteeseen ja lämpötilan muuttuessa 50 astetta tuotantoteho nousee tai laskee noin 20 %.

[42, s.61.] Muita vaikuttavia tekijöitä paneelin tehontuottoon ovat valon intensiteetti, paneelin kennojen koko ja käytetty kennoteknologia [40, s.123].

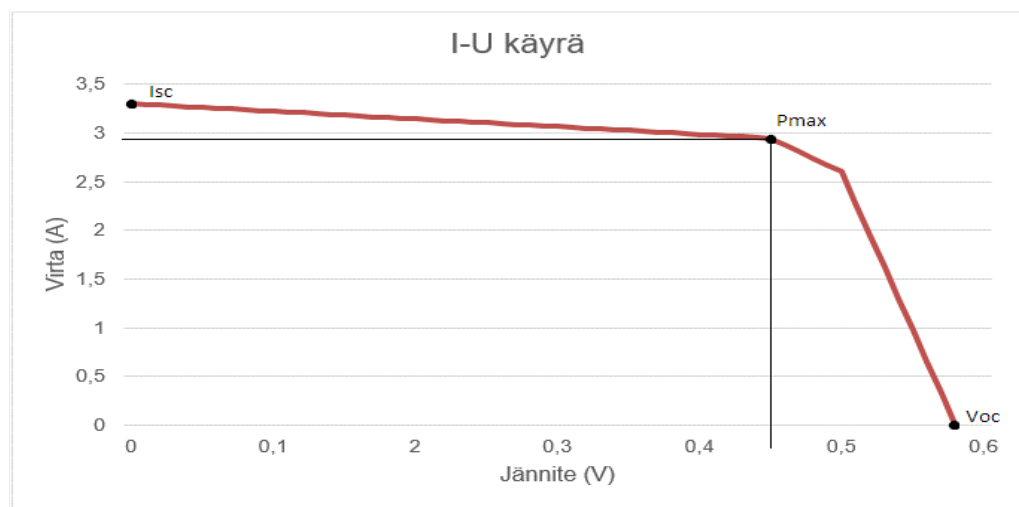
Aurinkopaneelien jännitteen käyttäytymistä kuvataan paneelin ominaiskäyrällä, eli I-U -käyrällä. Käyrästä saadaan selville optimaalinen jännitteen ja virran suhde, eli millä jännitteen ja virran arvoilla saadaan tietyssä valon intensiteetissä ja paneeliston lämpötilassa maksimi tehontuotto. [42, s.63.] Sähköteho saadaan laskettua tehon kaavalla 2

$$P = U * I \quad (2)$$

P on sähköteho (W)
 U on sähköjännite (V)
 I on sähkövirta (A)

Ominaiskäyrästä nähdään myös paneeliston tyhjäkäyntijännite (V_{OC}), joka on paneelin navoissa silloin, kun piiriin ei ole kytketty tehoa kuluttavaa kuormaa. Tyhjäkäyntijännitteellä virran arvo on 0 A. Tyhjäkäyntijännite on myös paneelin suurin saavuttama jännitteen arvo. Ominaiskäyrältä saadaan selville myös paneeliston oikosulkuvirta (I_{SC}), joka on suurin mahdollinen virran arvo, jonka paneeli voi saada kytkemällä navat yhteen ja potentiaalieron ollessa 0 V. [40, s.122.]

Aurinkopaneelin tehontuoton kannalta halutaan selvittää kuitenkin paras virran ja jännitteen arvo eli maksimitehopiste (P_{MAX}). Kuvassa 21 on esitetty periaatteellinen I-U-käyrä pisteineen.



Kuva 21. Aurinkokennon ominaiskäyrä pisteineen.

Vastaavasti kuin aurinkokennoilla myös aurinkopaneeleilla on samanlaiset ominaiskäyrät. Aurinkopaneelien ominaiskäyrillä ilmoitetaan koko paneelin toimintavirrat ja jännitteet. Paneelien ominaiskäyrillä saadaan tarkasteltua koko järjestelmän sarjaankytkettyjä paneeleita ja niiden sähköisiä. [40, s.127.]

4.3.2 Paneelin teho ja hyötysuhde

Aurinkopaneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwatteina W_p (Watt-peak). Teho on ilmoitettu laboratorion standardiolosuhteissa (STC), jossa kennon lämpötila on 25 °C, auringon säteilyteho paneelin pintatasolla on 1000 W/m² ja säteilyn spektrijakauma on ilman massan mukaisesti 1,5. Tämä tarkoittaa sitä, että paneelin tuotto voi olla hetkellisesti yli nimellistehonsa, jos olosuhteet ovat suopeammat, kuin edellä mainitut laboratorio-olosuhteet. [45; 51, s.6.]

Aurinkopaneelien hyötysuhteella tarkoitetaan osuutta, jonka aurinkopaneelin kennot kykenevät muuttamaan auringon säteilyenergiasta sähköksi [40, s. 125]. Paneelin valmistajan ilmoittama nimellisteho mitataan laboratorio-olosuhteissa, jolloin auringon säteily määränä käytetään arvoa 1000 W/m², joten paneelin hyötysuhdetta laskiessa on syytä käyttää samaa arvoa. Aurinkopaneelien hyötysuhde määritetään kaavalla 3

$$\eta = \frac{P_{max}}{A \cdot I} * 100\% \quad (3)$$

η on paneelin hyötysuhde (%)

P_{max} on paneelin nimellisteho (W_p)

A on paneelin pinta-ala (m²)

I on säteily määrä (W/m²)

Esimerkiksi nimellisteholtaan 230W_p:n ja kooltaan 1,5m²:n aurinkopaneelin hyötysuhde olisi vähän yli 15 prosenttia. Hyötysuhteen merkitys aurinkopaneeleita vertaillessa ei kuitenkaan ole niin merkittävä kuin voisi kuvitella. Koska hyötysuhteiden erot ovat piikidepaneeleiden välillä kuitenkin vain muutaman prosentin luokkaa, voi arvokkaamman hintansa takia yksikiteinen piipaneeli jäädä monikiteisen taakse vertailtaessa tuotetun watin hintaa. [42, s. 59.]

4.3.3 Vaadittavat kilpitiedot

Aurinkopaneelin valmistajan tulee antaa tiedot paneelin valmistuksessa käytetystä valosähköisen kennon materiaalista ja sen tyypistä, rungon materiaalista, sekä pintapäälysteen tyypistä. Valmistaja on velvollinen standardin *SFS-EN 50380* mukaisesti ilmoittamaan myös paneelin seuraavat sähkötekniset ominaisuudet standardiolosuhteissa (STC):

- P_{max} maksimisähköteho
- I_{sc} avoimen piirin jännite
- V_{oc} oikosulkuvirta
- V_{mpp} jännitteen arvo maksimiteholla

Näiden lisäksi paneelin valmistajan tulee vielä ilmoittaa paneeliston fyysisiä ja termisiä ominaisuuksia, kuten ulkomitat, paino, IP-luokitus, liitännät, kennon toimintalämpötila (NOCT) sekä lämpötilakertoimet. [51.]

4.4 Aurinkosähköjärjestelmän hankinta

Uudisasuinkerrostalossa tulisi aurinkosähköjärjestelmän rakentamisesta tehdä päätös mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Ideaalitulanteessa arkkitehti- ja LVI-suunnittelua pystyttäisiin ohjaamaan niin, että talon vesikattoa suunniteltaisiin aurinkopaneelien ehdot huomioiden. Näin saataisiin katolle maksimaalinen hyötyalue aurinkopaneeliasennuksia varten ja aurinkosähköllä voitaisiin korvata yhä enemmän ostosähköä. Useasti tilanne on vain se, että paneelien edellytyksiä ei ole huomioitu riittävästi ja aurinkopaneelien hyötykäyttöalueet jäävät varsin rajallisiksi, eikä järjestelmän täyttä potentiaalia saada ikinä hyödynnettyä.

4.4.1 Mitoitus ja lähtötiedot

Aurinkosähköjärjestelmän kokoa rajoittaa yleisesti rakennettavan kerrostalon katon käytettävissä oleva hyötypinta-ala. Yleensä katon pinta-alaa on tarjolla varsin rajallinen määrä ja siitäkin osa on aurinkopaneelille kelvotonta aluetta varjostumisien vuoksi.

Jos katolla kuitenkin on reilusti hyödynnettävissä olevaa pinta-alaa, tulee järjestelmä mitoittaa halutun tarpeen mukaan. Lähtökohtaisesti kuitenkin mitoitus tulee optimoida niin, että mahdollisimman suuri osa tuotetusta sähköstä jäisi omaan käyttöön, jolloin järjestelmän kannattavuus paranee.

Ennen järjestelmän mitoitusta tulee päättää aurinkosähkön kytkentätavasta kiinteistössä. Yleisin ja helpoin ratkaisu on kytkeä aurinkopaneelien tuotanto kiinteistön sähkönkulutukseen. Kiinteistösähköön liittämisen etuna on sen helppous, edun jakautuminen kaikkien yhtiön osakkaiden kesken ja melko tasainen sekä ennakoitava sähkökuorma, jolloin pohjakuorman määrittäminen saadaan tarkemmaksi. [43, s. 106.]

Toinen mahdollinen tapa hoitaa kiinteistön aurinkopaneelien tuoton jakaminen on takamittarointi. Takamittaroinnilla tarkoitetaan sitä, että huoneistokohtaiset sähköliittymät poistetaan käytöstä eli koko taloyhtiölle tehdään vain yksi sähkönostosopimus. Näin taloyhtiö hoitaa koko rakennuksen sähkölaskut ja laskuttaa itse osakkaita joko kiinteällä summalla tai mitattuna kulutuksen mukaan. Takamittaroinnin haasteena on sen sähkömarkkinalain vastaisuus. [43, s. 112–113.] Lain mukaan jokaisella tulee olla oikeus valita sähkönmyyjäänsä [53]. Tästä syystä takamittarointia ei voida hyödyntää uudisrakennuksessa, etenkin silloin, jos rakennuksen huoneistoja myydään yksityisille henkilöille. Koko rakennuksen asuntokanta myydessä esimerkiksi vuokrausyhtiölle, voitaisiin takamittaroinnin mahdollisuutta kartoittaa. Takamittaroinnin avulla saavutettava hyöty olisi kiinteistön suurempi pohjakulutus, ja näin mahdollisuus isomman aurinkosähköjärjestelmän hankintaan.

Asuinkerrostalossa aurinkosähköjärjestelmän järkevä mitoitus tulee tehdä pohjakulutukseen perustuvana mitoituksena [45]. Pohjakulutukseen perustuvassa mitoituksessa tulee selvittää kiinteistön jatkuvan kulutuksen minimitaso. Aurinkosähkön oman hyödyntämisen maksimoimiseksi tulisi pohjakulutuksen osalta tarkastella etenkin kevät-, kesä- ja syyskuukausien valoisan ajan kulutuksia tunneittain. Valoisan ajan kulutus on siksi pääosassa, koska pimeään aikaan ei aurinkopaneeleista kuitenkaan saada tuotettua sähköä. [45.]

Aurinkosähköntuotannon kuukausittaisia vaihteluita tulee huomioida niin, että mitoituksessa annetaan kesäajan valoispina aikoina osan tuotannosta ylittää kulutuksen, koska tällaisella mitoituksella saadaan vuositasolla suurempi hyöty, kun kevään ja syksyn lyhyemmät hetket saadaan paremmin hyödynnettyä. [45.]

Uudisrakennuksen aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa ja pohjakulutuskuorman arvioinnissa ei ole vielä apuna todellista mitattua sähkönkulutusdataa. Kuitenkin Suomessa on ollut käytössä jo usean vuoden ajan etäluettavat mittarit tuntitason rekisteröinnillä, joten järjestelmän suunnittelijalla voi olla mahdollista hankkia vastaavanlaisesta asuintalosta kertyneitä mittarilukemia. *Valtioneuvoston asetuksessa sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta* määrätään jakeluverkonhaltijan velvollisuudeksi toimittaa asiakkaan sähkönkulutusta koskeva mittaustieto käyttäjälle ilman erillistä korvausta [54].

Jo olemassa olevaan vastaavanlaiseen rakennukseen vertailtaessa päästään jo melko lähelle oletettuja pohjakuormia. Mitoituksen parhaan mahdollisen optimoinnin edellytyksenä on vielä vanhan ja uuden rakennuksen kiinteistökojeiden kuten IV-koneiden ja hissien vertailu. Vertaamalla näiden laitteiden ja valaistuksen tehonkulutuksia saadaan vielä teknisistä eroavaisuuksista johtuvat kulutusvaihtelut korjattua ja päästään jo todella lähelle todellisia arvoja.

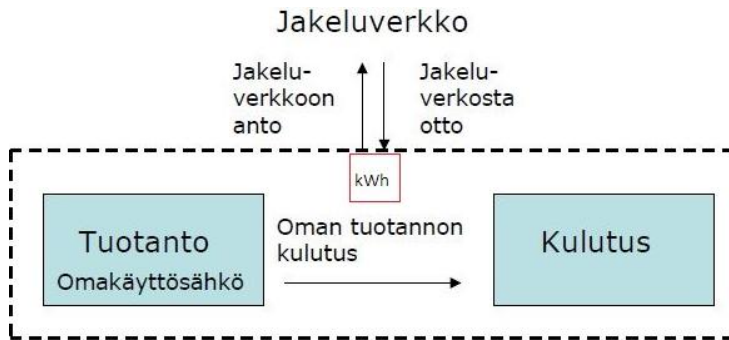
Lähtökohtaisesti aurinkosähköjärjestelmä kannattaa aina mieluummin ylimitoittaa, koska investoinnin hankintahinta per asennettu watti pienenee sitä mukaan, mitä suurempi järjestelmästä tehdään. Esimerkkihintoina 10 kW_p järjestelmän asennushinta on noin 1,9–2 e/W ja 30 kW_p hinnaksi tulee yleensä alle 1,5 e/W.

4.4.2 Luvat ja ilmoitukset

Aurinkosähköjärjestelmän asentaminen ei lähtökohtaisesti vaadi rakennusvalvonnalta toimenpidelupia, joskin asian varmistaminen on yllätysten välttämiseksi aina suotavaa. Tästä lupa-asiasta ei ole kuitenkaan olemassa yhtenäistä linjaa, vaan käytännössä jokainen kunta päättää itse miten asia käsitellään, luvanvaraisesti vai vapaasti. Ainakin pääkaupunkiseudun kaupunkien Helsingin, Espoon ja Vantaan rakennusvalvonnat ovat rajanneet aurinkokeräinten asennukset katon lappeen suuntaisesti toimenpidelupavaatimusten ulkopuolelle. Julkisivuasennuksissa sekä erikoisemmissä ja etenkin suojeiluissa kohteissa lupaa kuitenkin tarvitaan. [52.] Rakennusvalvontaa enemmän uusi aurinkosähköjärjestelmä kiinnostaa sähköverkkoyhtiötä, jonka verkkoon rakennus on liitetty.

Sähkömarkkinalain mukaan jakeluverkonhaltijan tulee pyynnöstä ja kohtuullista korvausta vastaan liittää tekniset vaatimukset täyttävät voimalaitokset sähköverkkoon toimin-

ta-alueellaan [53]. Jakeluverkonhaltijan tulee myös huolehtia kiinteistön sähkökäyttö- ja tuotantopaikkojen etäluettavasta, tuntikohtaisesta mittauksesta, joka on esitetty periaatekuvana kuvassa 22. Sähköntuottajan vastuulla on järjestää tuotetun sähkön mittaaminen, jos sähköntuotanto on sähköverollista. [54.] Ilman sähköverovelvollisuutta saa tuottaa vuodessa 800 000 kWh. Jos raja ei ylity, ei tuotannon mittausta ole välttämätöntä järjestää. [55.]



Kuva 22. Omaa tuotantoa sisältävän sähköliittymän periaatekuva. Punaisella merkitty energiamittari toimii kaksisuuntaisesti ja on jakeluverkkoyhtiön omaisuutta. [55].

Järjestelmän liittämisestä verkkoon tulee tehdä paikalliselle jakeluverkonhaltijalle ilmoitus hyvissä ajoin ennen liittymisajankohtaa. Energiategollisuus ry on julkaissut ilmoituslomakkeesta esimerkkipohjan sekä teknisen liitteen, jossa on määritetty laitteistolle erilaisia vaatimuksia. Kuitenkin jokaisella sähköverkkoyhtiöllä on myös käytössään omat liittymisilmoitukset ja tekniset liitteet, joita tulee aina ensisijaisesti noudattaa.

Pientuotannon verkkoon liittämislomakkeessa tulee yleensä ilmoittaa ainakin seuraavia asioita [56]:

- Kohteen ja kohteen omistajan yhteystiedot
- Tuotantolaitoksen perustiedot
 - Tuotantomuoto
 - Invertterin tiedot
 - Laitteiston nimellistehot, enimmäisvikavirrat, kytkentätavat
 - Käyttötaluokitus
- Tuotantolaitteiston suojaustapa ja erottaminen

- Tuotantolaitteiston asentajan/urakoitsijan tiedot

Ilmoituslomakkeen lisäksi tulee vielä aina ennen järjestelmän lopullista verkkoon kytkentää pyytää jakeluverkonhaltijalta käyttöönottolupa. [56.] Lisäksi ennen käyttöönottoa tulee tehdä laitteiston toimittaneen urakoitsijan toimesta sähköturvallisuuslakiin perustuva laitteiston käyttöönottotarkastus.

Verkkoon kytkettävissä järjestelmissä tulee myös hyväksyä sähköverkkoyhtiön sopimusehdot: *tuotantoa koskeva liite verkkopalveluehtoihin* (TVPE11) sekä sähköä verkkoon myytäessä myös *tuotannon liittymisehdot* (TLE14). Sähköä verkkoon myytäessä tulee tehdä myös sähkönmyyntisopimus jonkin sähkömarkkinoilla toimivan yrityksen kanssa. Yleisin ja helpoin tapa on selvittää mahdollisuus myydä omalle sähkönmyyjälleen mahdollinen ylijäämä sähkö. [57.]

4.4.3 Hankinnan tukeminen

Aurinkosähköjärjestelmien hankintaan on saatavilla tukea kahta linjaa pitkin. Työ- ja elinkeinoministeriön energiatukea voidaan myöntää kaikenkokoisille yrityksille sekä lisäksi eri yhteisöille kuten säätiöille, kunnille ja seurakunnille. Tukea ei kuitenkaan myönnetä asunto-osakeyhtiöille eikä yrityksille, jos tuettava kohde on asuinkiinteistö. Energiatuki on tarkoitettu uusiutuvien energioiden ja energiatehokkuutta parantavien hankkeiden tukemiseen ja tuen tarkoitus on helpottaa uusien teknologioiden käyttöönottoa ja pienentää taloudellisia riskejä. Aurinkosähköön liittyvät hankinnat käsitellään pääsääntöisesti innovaatorahoituskeskus Tekesissä. Tavanomaisesta aurinkosähköjärjestelmähankkeesta myönnetään 25 %:n tuki kokonaiskustannuksista. [58.]

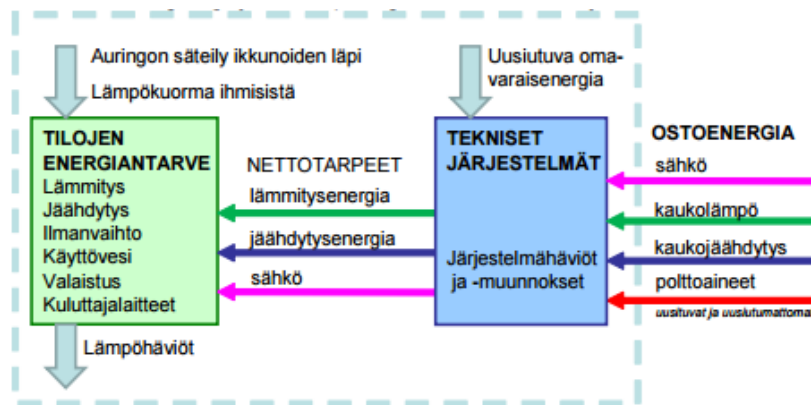
Yksityisille henkilöille aurinkosähköjärjestelmien hankintaan tuetaan kotitalousvähennyksillä. Kotitalousvähennystä voi hakea järjestelmän asennuskustannuksista enintään 2400 euroa ja omavastuuna on 100 euroa. Lisäksi vähennykseen oikeuttava osuus on vain 45 %, joten täyden verovähennyksen saamiseksi tulee asennuskustannusten olla 5555 €. [45.]

Asuinkerrostalojen rakentajat ja asunto-osakeyhtiöt eivät nykytilanteessa ole oikeutettuja mihinkään valtion avustukseen aurinkosähköjärjestelmähankkeissa. Asuinkiinteistöjen osalta mahdollisista tulevaisuuden avustuksista tulee tekemään päätöksiä Ympäristöministeriö ja sen alaisena toimiva Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA.

Tällä hetkellä ARAlla ei ole mitään tukiohjelmia liittyen uusiutuvan energian investointeihin tai energiatehokkuuden parantamiseen. [59.]

4.4.4 Vaikutus E-lukuun

Aurinkosähköjärjestelmää hankittaessa voi syynä olla myös tarve saada rakennuksen kokonaisenergiakulutusta eli E-lukua pienennettyä. Aurinkosähköllä vaikutetaan E-lukuun ostosähköenergiaa vähentävänä tekijänä kuvan 23 mukaisesti.



Kuva 23. Ostoenergian energiakulutuksen taseraja [9, s.6].

Aurinkosähkön tuottama vuotuinen sähkönmäärä lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 - *Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta* -ohjeen mukaisesti. Ohjeen laskentakaavat vastaavat SFS-EN 15316-4-6 standardin laskentakaavoja. Aurinkopaneelilla tuotetusta sähköstä voidaan vähentää vain rakennuksen itse käyttämä sähköns osuus, eli verkkoon myytyä ylijäämäsähköä ei oteta huomioon vähennettäessä ostoenergian kulutusta. Rakennuksessa käytetystä osuudesta ei oteta sen enempää kantaa D5 -laskentaoppaassa, vaan omavaraisenergian osuus tulee tarkastella muulla soveltuvalla menetelmällä. [50, s. 66.]

D5 -laskentaoppaan mukaisesti aurinkosähköpaneelien tuottama sähköenergia saadaan kaavasta 4

$$W_{pv} = \frac{G_{aur} * P_{maks} * F_{käyttö}}{I_{ref}} \quad (4)$$

W_{pv} on aurinkosähköpaneelien tuottama sähköenergia vuodessa (kWh/a)
 G_{aur} on paneeliston kohdistuva auringon säteilyn energia vuodessa (kWh/m²/a)

P_{maks} on aurinkosähköpaneelien tuottama suurin sähköteho, jonka kennosto tuottaa olosuhteissa STC (kW)

$F_{käyttö}$ on käyttötilanteen toimivuuskerroin

I_{ref} on referenssisäteilytilanne (1 kW/m²)

Kaavassa 4 käytetyn paneeliston kohdistuvan auringon säteilyn energia vuodessa, eli G_{aur} saadaan kaavalla 5

$$G_{aur} = G_{aur,hor} * F_{asento} \quad (5)$$

G_{aur} on paneeliston kohdistuva auringon säteilyn energia vuodessa (kWh/m²)

$G_{aur,hor}$ on vaakatasolle osuvan auringon säteilyn kokonaisenergian määrä vuodessa, D3 liite 2 (kWh/m²), esitetty liitteen 1 taulukossa L2.2.

F_{asento} on aurinkosähköpaneelin ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin

Aurinkosähköpaneelien ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin F_{asento} lasketaan kaavasta 6

$$F_{asento} = F_1 * F_2 \quad (6)$$

F_{asento} on aurinkosähköpaneelin ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin

F_1 on ilmansuunnan kerroin

F_2 on kallistuskerroin

Kerrointen F_1 , F_2 ja $F_{käyttö}$ arvot saadaan taulukosta 2

Taulukko 2. Kerrointen F_1 , F_2 ja $F_{käyttö}$ arvot [50, s.67–68.]

Ilmansuunnan kerroin F_1

Suuntaus	F_1
etelä/kaakko/lounas	1
itä/länsi	0,8
pohjoinen/koillinen/luode	0,6

Kallistuskerroin F_2

Kallistuskulma	F_2
< 30°	1
30° - 70°	1,2
> 70°	1

Käyttötilanteen toimivuuskerroin $F_{\text{käyttö}}$

Aurinkopaneelin asennustapa	$F_{\text{käyttö}}$
tuulettamaton moduuli	0,70
hieman tuuletettu moduuli	0,75
voimakkaasti tuuletettava tai koneellisesti tuuletettu moduuli	0,80

E-luvun laskennassa käytettävien energiamuotokertoimien takia jo pienelläkin ostosähkön määrän vähentämisellä saadaan E-lukuun muutosta. Nykyisellään sähkön kerroin on 1,7 [9]. Liitteessä 2 on esitetty todellisen asuinkerrostalokohteen energiatodistus sekä laskettu kahden eri kokoisen aurinkosähköjärjestelmän vaikutus kyseisen rakennuksen E-lukuun muita arvoja muuttamatta. Liitteessä 3 on esitetty suunnitelma ja lähtötiedot aurinkosähkön laskentaan.

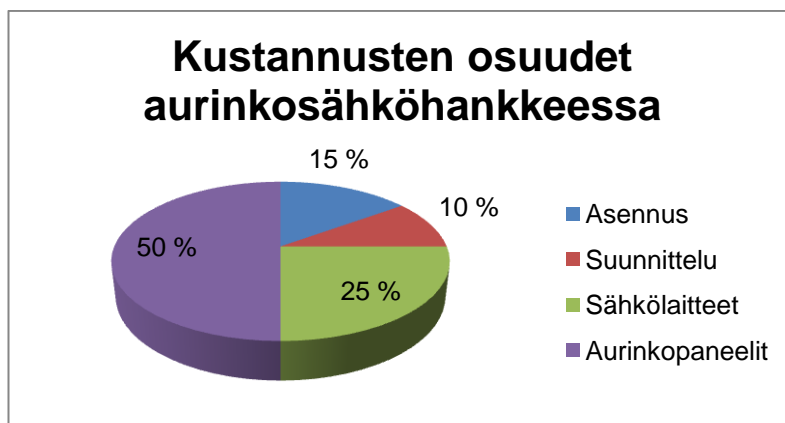
4.4.5 Järjestelmän kannattavuus

Aurinkosähköjärjestelmän hankinnan kannattavuus perustuu taloudellisesti kahteen asiaan: pienentyneeseen sähkölaskuun sekä kiinteistön arvonnousuun. Lisäksi järjestelmän hankintaan kannustimena toimii myös rakennuksen energialuvun kutistuminen.

Hyvin mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä maksaa itsensä takaisin noin 15–20 vuodessa. Suurimpia kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat järjestelmän investointihinta, lainarahalla ostettaessa lainan korkokanta, ostosähkön nykyhintaa sekä sähkön hinnan tuleva kehitys. [42, s.93–94.]

Järjestelmän investointikustannukset ovat merkittävin ja suurin kustannus mitä aurinkosähköstä aiheutuu. Finsolarin mukaan vuonna 2014–2015 asuinkerrostalojen aurinkopaneeliasennukset maksoivat keskimäärin 1,2–1,9 e/W_p. Hinta kattaa koko järjestelmän laitteineen ja asennuksineen. [42, s.94; 63.] Kun aurinkosähköjärjestelmän kus-

tannusjakauma alkaa vähitellen tasoittua, myös toteutuneiden hankkeiden keskiarvohintojen halventuminen hidastuu. Vielä kymmenen vuotta sitten Saksassa aurinkopaneelien osuus koko hankkeen hinnasta oli lähes 70 %, kun nykyisin mennään noin 50 %:ssa. [42.] Aurinkosähköhankkeen kustannusten jakautuminen on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. Aurinkosähkön kustannusten jakautuminen [43].

Investointikulujen lisäksi toinen merkittävä tekijä aurinkosähkön kannattavuuteen on säästetyn ostosähkön määrä. Nykyisellään sähkön ostohinta siirtomaksuineen ja veroineen on kokoluokkaa 10–14 snt/kWh. Jokaisella aurinkopaneelin tuottamalla kilowattitunnilla säästyy siis ostosähkön hinnassa yli 10 snt. Myös ylijäämänsähkön myyntihinnoissa on yrityskohtaisia eroja, joskin nämä ovat huomattavasti pienempiä vaihteluita verrattuna sähkön ostohintoihin. Esimerkkinä Helenin voimassa olevan palveluhinnaston mukaan ylijäämänsähköä ostetaan pörssisähkön hinnalla, ilman kuukausimaksuja. Toisena esimerkkinä Vattenfall, jonka ostohinta on myöskin pörssisähkön sidottu, mutta pörssihinnasta tehdään 0,3 snt:n vähennys kWh:sta. Nordpoolin sähköpörssissä oli sähkön veroton keskihinta aikavälillä 8.1.–7.2.2017 noin 3,4073 snt/kWh [62].

Aurinkosähköjärjestelmän todellista kannattavuutta kohteessa voi selvittää laskemalla investoinnin takaisinmaksuaikoja tai sijoitetun pääoman tuottoa. Takaisinmaksuajoista voidaan saada laskemalla hyvinkin luotettava arvio, jos laskennassa käytetään riittävän tarkkoja tietoja. Tarkimmillaan laskennassa huomioidaan sähkön hinnan vuotuiset nousut, paneelien tuotannon vähenemä, vuotuiset huoltokustannukset ja invertterin vaihtokulut. Näiden lisäksi tulee perustietoina ilmoittaa järjestelmän koko ja vuosituotanto, kiinteistön oma osuus aurinkosähkön käytöstä sekä kokonaissähkönkulutus. Myös

sähkön hinnat ja investoinnin hinta sekä korkokannat tulee olla tiedossa laskentaa tehtäessä.

Kuitenkin yksinkertaistetussa esimerkkilaskussa voidaan nähdä suoraan, mikä ero on sillä myydäänkö tuotettu sähkö markkinoille vai käytetäänkö se itse kiinteistössä. Esimerkkilaskun lähtötiedot ovat seuraavat:

Järjestelmän sijainti: Helsinki, vuotuinen säteilyteho 850 kWh/1kW_P

Järjestelmän koko: 15 kW_P

Oman käytön kerroin: 0,7

Ostosähkön hinta: 13 snt/kWh

Myyntisähkön hinta: 3,4 snt/kWh

Koko järjestelmän vuotuiseksi energiantuotannoksi tulisi näillä arvoilla 12,75 MWh, josta omaan käyttöön päätyisi 8925 kWh ja myyntiin 3825 kWh. Nämä summat muutettuna euroiksi: säästöä ostosähkön vähentämisestä tulisi vuodessa 1160,25 euroa. Myyntiin menneestä sähköstä tulisi myyntivoittoja 130,05 euroa. Jos oman sähkönkäytön kerroin olisi ollut 1, niin puuttuvasta kolmanneksesta olisi saatu säästöä ostosähkössä 497,25 euroa. Edellä esitetty laskelma kuvaa vain sähkön myynti- ja ostohintojen välistä eroa, sekä oman käytön hyödyntämisen tärkeyttä.

Tuntinetotus on yksi merkittävimmistä asioista, joilla voitaisiin käytännössä ilmaiseksi parantaa pientuotannon kannattavuutta. Tuntinetotus tarkoittaa sitä, että kiinteistön kaksisuuntainen sähkömittari summaisi käytetyn ostosähkön ja myydyn tuotantosähkön keskenään ja lasku tai hyvitys tulisi tämän summan perusteella. Netotus koskisi myös 3-vaiheisessa järjestelmässä vaiheiden välistä netotusta. Etenkin pientaloissa tuntinetotus mahdollistaisi suurempia järjestelmiä, mutta vaikutus olisi positiivinen myös asuinkerrostalojen tuotannon hyödyntämiseen. [42, s. 74–75; 64.] Helmikuussa 2017 vihreiden kansanedustaja Johanna Karimäki jätti eduskunnalle sähkömarkkinalain muutosehdotuksen, jonka tarkoitus on edistää tuntinetotuksen käyttöönottoa ja parantaa pientuottajien saamaa hyötyä järjestelmästä [64].

Aurinkosähköjärjestelmän yhtenä suurena etuna muihin energiantuotantomuotoihin on järjestelmän huoltovapaus. Järjestelmän käyttöönoton jälkeen ei yleensä tule juurikaan huolto tai korjauskustannuksia. Aurinkopaneelit voivat peittyä syksyllä lehtien- ja talvella lumenpeittoon, mutta etenkin talvella, kun aurinkopaneelien tuotanto on pieni, ei niitä ole kustannustehokasta käydä puhdistamassa. [45.] Lisäksi aurinkopaneeleille annetaan valmistajan toimesta usein vähintään 10 vuoden takuu ja tekninen elinikäkin on

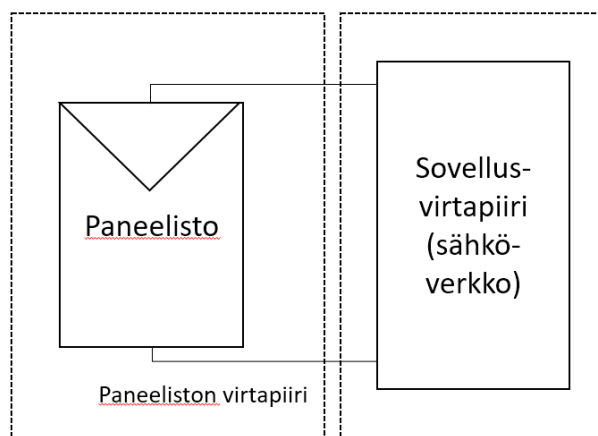
jopa 30 vuotta. Myös aurinkopaneelien tehontuotannolle annetaan monen valmistajan toimesta takuita, esimerkiksi 10 vuoden päästä vielä 90 % paneelin nimellistehosta on saatavilla. Verkkoinvertterien kohdalla normaali takuu-aika on 5 vuotta. Invertterin elinikä ei yleensä ole yhtä pitkä kuin aurinkopaneelien, joten elinkaarikustannuksia mietittäessä tulee ottaa huomioon uuden invertterin hinta sekä vaihtokulut. [42, s. 170; 45.]

4.5 Järjestelmän suunnittelu

Aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun vaikuttavat päätekijät ovat rakennuksen katon tai julkisivun, asennuspaikasta riippuen, koko ja muoto sekä mahdollisten varjostavien elementtien, kuten IV-konehuoneiden, piippujen ja puhaltimien sijoittelu. Toinen suuresti suunnitteluun vaikuttava asia on haluttu järjestelmän mitoitusteho, jonka tulisi vastata ideaalitulanteessa kiinteistön pohjakuormaa tai mahdollisesti vielä tänä vuonna tulevan sähkön oston ja myynnin tuntinetotuksen myötä jopa vähän ylikin.

4.5.1 Järjestelmän rakenne

Aurinkosähköjärjestelmän yksinkertaistettu rakenne sisältää vain paneeliston ja kuluttavan virtapiirin kuten kuvassa 25 on esitetty.



Kuva 25. Aurinkosähköjärjestelmän yleinen toimintaperiaate [43, s.18].

Kuitenkin käytännössä verkkoon kytkettävissä järjestelmissä on huomattavasti enemmän laitteita ja komponentteja, jotka kuuluvat järjestelmään.

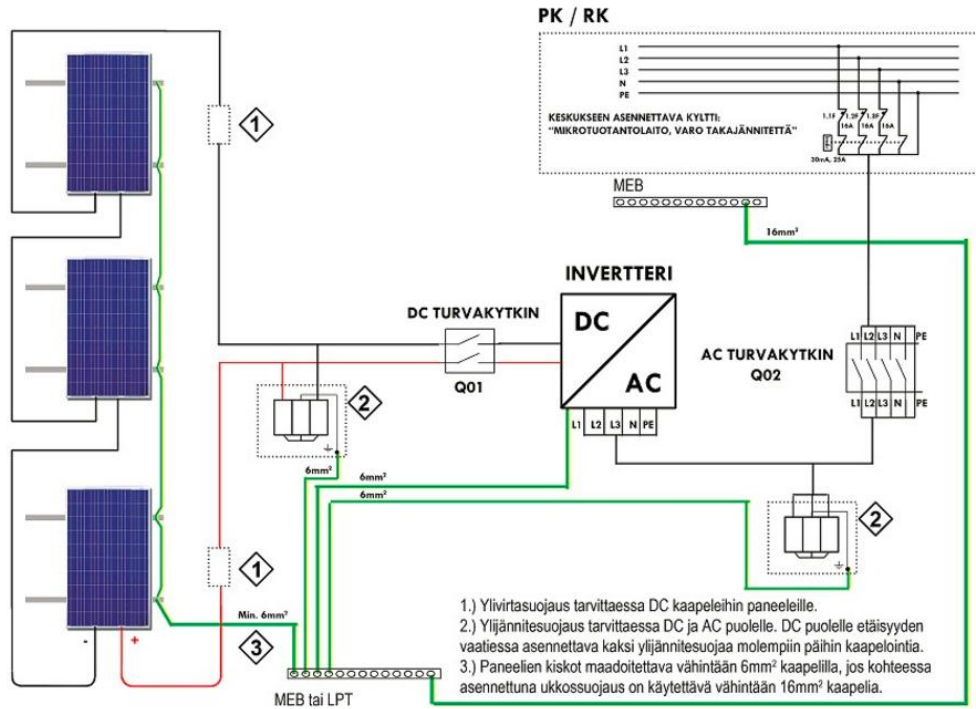
Aurinkosähköjärjestelmän rakenteeseen vaikuttaa paljon se, onko järjestelmä sähköverkkoon kytketty vai erillisessä verkossa toimiva ”mökkijärjestelmä”. Mökkijärjestelmässä käytetään usein 12 V:n tasajännitettä ja tuotettua sähkö varastoidaan akkuihin.

Kun järjestelmästä tehdään verkkoon kytkettävä, tarvitaan paneeliston ja invertterin välille turvakytkin ja mahdolliset ylijännite ja -virtasuojat. Monesta paneeliketjusta koostuvat järjestelmät tarvitsevat vielä ennen tasasähköpuolen suojalaitteita paneeliketjujen liitännärasian, jossa yhdistetään kaikki paneeliketjut yhdeksi lähdöksi. [43, s.21.]

Invertterin muuttaa aurinkosähköjärjestelmän tuotannon vaihtosähköksi, joka tulee olla erotettavissa invertteristä kuormanerotuskytkimellä eli tutummin turvakytkimellä. Turvakytkimeltä piiri kaapeloidaan kolmivaiheisella kaapelilla syötettävään jakokeskukseen, johon on sijoitettu aurinkosähkön tuotannon mittaussäädin sekä suojalaitteet. [43, s. 22.] Keskuksen suoja valittaessa tulee huomioida, että aurinkosähköjärjestelmää pidetään jakeluverkon näkökulmasta kuormituksena ja yleistä jakeluverkkoa tehonlähteenä [43, s.72].

Aurinkosähköjärjestelmän syöttökaapeli kytketään kiinteistön päämittauksen sisäpuolelle. Kiinteistön päämittariksi valitaan kaksisuuntainen mittari, joka pystyy mittaamaan verkosta sisään sekä ulosmenevän energian määrän. Tämän mittarin toimitus kuuluu jakeluverkon haltijan vastuulle.

Kuvassa 26 on esitetty aurinkosähköjärjestelmän kaavio.



Kuva 26. Aurinkosähköjärjestelmän periaatekaavio [66].

4.5.2 Käytettävät laitteet

Verkkonkytkettyjen aurinkosähköjärjestelmien sydämenä toimii tasavirran vaihtovirraksi muuntava invertteri. Inverttereitä on saatavilla lähestulkoon mihin kokoluokkaan tahansa. Pienemmät invertterit toimitetaan yksivaiheisina, mutta suuremmat yleensä nimellisteholtaan yli 3 kVA ovat pääsääntöisesti kolmivaiheisia. Verkkoinvertteri voidaan asentaa periaatteessa minne tahansa rakennuksessa jopa ulos katolle, joskin yleisesti sen paikka on keskushuoneessa tai IV-konehuoneessa. [42, s. 140.] Ennen aurinkosähköjärjestelmien liittämistä jakeluverkkoon, tulee invertterin tiedot ja parametrit hyväksyttävä jakeluverkonhaltijalla. Vaaditut suojausparametrit kerrotaan verkkoyhtiön teknisessä liitteessä. [57.]

Keskitettyjen invertterien ohella markkinoille ovat tulleet linjakohtaiset invertterit ja paneelikohtaiset invertterit, eli mikroinvertterit. Useamman invertterin käyttö parantaa paneelien tuotantotehoa, vaikka osa paneeleista olisikin varjostuneena. Huonona puolena useamman invertterin tai mikroinvertterin järjestelmässä on korkeampi hinta ja heikentynyt huoltovarmuus, koska mahdollisten vikapisteiden lukumäärä lisääntyy. [45.] Invertterin valinnassa tulee huomioida invertterin jännite ja virta. Eri jännite ja tehotasoille on omat invertterilaitteet, jotka tulee valita aina valittuun järjestelmään sopivaksi.

Muita järjestelmässä käytettäviä laitteita ja komponentteja ovat aurinkopaneelikaapelit, jotka ovat yleensä 4–10mm² poikkipintaisia yksinkertaisia teräskaapeleita. Vaihtovirtapuolenkaapelointi voidaan tehdä sisäasennuskaapeli MMJ:llä tai voimakkaapeli MCMK:lla. [42, s. 140.] Johtimien poikkipinta-ala tulee varmistaa kyseisen järjestelmän virroille riittäväksi valmistajan arvojen ja SFS6000-standardin mukaisesti.

Järjestelmä tulee varustaa vähintään vaihtosähköpuolella turvakytkimellä. Myös tasasähköpuolella on suositeltavaa käyttää omaa turvakytkintä, vaikka invertterissä olisi-kin tasasähköpuolen erotuskytkin. [43.]

Järjestelmä tulee varustaa oman tuotannon mittauksella, jos tuotanto on niin suurta, että muodostuu verovelvollisuus. Näin ei kuitenkaan käytännön syistä asuinkerrostoissa pääse koskaan tapahtumaan. Kuitenkin järjestelmän hyödyntämisen kannalta on merkittävää, että tuotantoa pystytään seuraamaan, jolloin mahdollisiin vikatilanteisiin pystytään reagoimaan nopeammin. Mittauksesta saatavat tuotantolukemat voidaan siirtää esimerkiksi rakennusautomaation kautta huoltoyhtiölle, joten mittarin valinnassa tulee huomioida tiedonsiirtomahdollisuudet.

Verkkoon kytketyissä järjestelmissä ei yleisesti käytetä akkuja, koska järkevän suuruusluokan akkujen korkea hankintahinta nostaa varastoidun energian arvon niin suureksi, ettei se taloudellisesti ole kannattavaa.

Sähköautomarkkinoilla jyrännyt Tesla on kuitenkin lanseerannut oman Tesla Powerwall -invertterilaturin, jonka energiavaraston koko on 7 kWh. Tästä on myöhemmin jo julkaistu uusi, tuplasti energiakapasiteetiltaan kookkaampi Powerwall 2, jonka suositushinta on Teslan omilla sivulla 6500 euroa. Vaikka Powerwallin hinta on varsin maltillinen verrattuna yleisesti akkujen hintatasoon, ei nykysähkön hinnoilla järjestelmän hankkiminen ole vielä kannattavaa, eli varastoidun kilowattitunnin hinta on vielä liian korkea, kun otetaan huomioon myös akun kuluminen. [42, s.80; 60.] Akut eivät siis ainakaan vielä kuulu verkkoon kytkettyihin aurinkosähköjärjestelmiin.

4.5.3 Sähkötekniset vaatimukset

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu tasa- ja vaihtosähkö osista. Näiden molempien piirien tulee olla erotettavissa turvakytkimin vaihtosuuntaajasta eli invertteristä. [43.] Invertterin erotuskytkimien tulee olla helposti luokseen päästävissä paikoissa, jolloin jakeluver-

konhaltijalla on mahdollisuus käydä poistamassa invertteri verkosta, jos se aiheuttaa jakeluverkkoon häiriötä.

Aurinkopaneelijärjestelmän vikavirtasuojauksessa tulee käyttää vähintään B-tyyppin tasasähkövioilta suojaavaa vikavirtasuojakytkintä, jos invertteri pystyy syöttämään vaihtosähköpuolelle tasasähkövikavirtoja. B-tyyppin suoja ei myöskään tarvita, jos vaihtoja ja tasasähköosan välillä on vähintään yksinkertainen erotus. [43,s. 70.] Tasasähköosalla vikasuojaus toteutetaan luokan II laitteilla, eli kaksoiserityksellä.

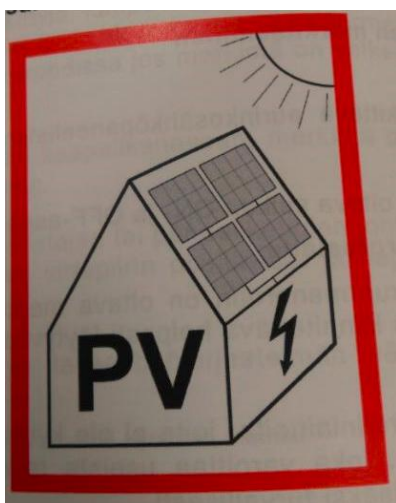
Vaihtosähköpuolen lähtö tulee varustaa syötön automaattisella poiskytkennällä, joka suojaaa kulutuslaitteita syöttäviä piirejä. Vaihtosähköpuolen syöttökaapeli tulee myös suojata oikosulkua vastaan ylivirtasuojalla. [43, s.70.]

Aurinkopaneelistosta tulee maadoittaa paljaat johtavat osat, eli vähintään asennustelineet. Maadoitusjohtimen koko tulee olla vähintään 6 mm^2 . [43, s.45.]

Verkkonkytketyissä järjestelmissä täytyy huomioida invertterin oikosulkutehon olevan vähintään 25-kertainen laitteiston nimellistehoon verrattuna. Laitteiden tulee myös toimia yli $0,95 \cos\varphi$ -tehokertoimella. Invertterin täytyy irrottaa itsensä jännitteettömästä verkosta, eli saarekekäyttö tulee olla estetty. Myös mekaaninen lukitus kiinteistön pääkytkimen ja aurinkosähköjärjestelmän liityntäpisteen kytkimen kanssa on suositeltavaa. [65.]

4.5.4 Muut tekniset vaatimukset

Aurinkopaneelien syöttöpiste ja kiinteistön pääkeskus tulee merkitä varoituskilvillä, joissa mainitaan ulkoisesta tuotannosta. Esimerkkitekstinä: ”Varo takajännitettä, kiinteistössä sähköntuotantolaitos!”. Myös kaikki muutkin liitännäkotelot tulee merkitä varoitus kylteillä, esimerkki kuvassa 27.



Kuva 27. Aurinkopaneelin varoitustarra liitännärasioihin [43, s.52].

Aurinkopaneelien asennussuunnalla ja -kulmalla on merkittävä vaikutus paneelin tehoon eri vuodenaikoina ja ajankohtina. Etelään suuntaamisella saadaan Suomessa paras vuosituotto. Pienet poikkeamat eteläsuunnassa ($\pm 15^\circ$) ei muuta merkittävästi paneelistosta saatavaa vuosituottoa. Suuremmat muutokset suuntauksessa, kuten suuntaus itään tai länteen, muuttavat vuosituottoa merkittävästi. [42.] Kuitenkin aurin gon nousu idästä ja laskeminen länteen voivat joissain tapauksissa vaikuttaa poikkeuksellisen suuntauksen valintaan, jos kuormituksen huippu osuu aamu- tai ilta-aurin gon tunneille.

Paneelien kallistuskulmalla voidaan vaikuttaa jonkin verran vuosituotannon määrään, alla taulukossa 3 on esitetty Helsingin vuosituotannot eri kallistuskulmilla.

Taulukko 3. Nimellisteholtaan 1 kW_P aurinkopaneelin vuosituotanto Helsingissä eri kallistuskulmilla, suuntaus etelään [42, s.121].

15 astetta	35 astetta	60 astetta	Optimikulma	Tuotanto optimikulmassa
811 kWh	869 kWh	837 kWh	40 astetta	872 kWh

Kuitenkin suuret kallistuskulmat aiheuttavat enemmän varjostusta taempana oleville paneeleille, jolloin paneelirivistöjen välejä joudutaan kasvattamaan. Yleinen tapa tasakattoasennuksissa on suosia melko pieniä kallistuskulmia.

Varjostuksien välttäminen on ensiarvoisen tärkeää keskitetyillä inverttereillä varustetuissa järjestelmissä. Keskitetyissä järjestelmissä paneeliketjun yhdenkin kennon varjostuminen heikentää koko paneeliketjun tuottoa. Varjostusta aiheuttavat yleisesti puut, toiset rakennukset ja rakennelmat sekä muut aurinkopaneelit. [45.] Paneelien sijoittelu- ja suunnittelussa pitäisi kiinnittää huomiota varjostuksiin ja onnistua välttämään ne.

Aurinkopaneeleita asennettaessa tulee aina jättää tuuletusraot paneelin ja katon väliin, koska muuten kennot eivät tuuletetu ja niiden lämpötilat kasvavat. Kasvaneet kennojen lämpötilat taas vaikuttavat suoraan tehontuottoon negatiivisesti. Kesällä kennojen lämpötila voi nousta jopa kymmeniä asteita ilman riittävää tuuletusta. Tuuletuksen tarve koskee erityisesti piikidekennoisia aurinkopaneeleita. Ohutkalvopaneelit kestävät lämpötilan nousua paremmin. [43.]

Aurinkopaneelien asennustelineitä valittaessa tulee ottaa huomioon tuuli- ja lumikuormalaskennat. Myös asennustelineiden kokonaispaino ja pistepainot tulee määrittää yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa. Näiden lisäksi asennustelineissä tulisi huomioida korroosionkestävyys [43, s. 27; 61].

Jos rakennuksen katolle jää tyhjää tilaa, joka voidaan myöhemmin ottaa aurinkopaneelien asennusalueeksi, tulee tähän varautua varmistamalla katon rakenteiden kestävyys lisäkuormalle. Sähkösuunnittelun osalta tulee huomioida putkitusvaraukset vesikatolta invertterin sijaintipaikkaan, kuten IV-konehuoneeseen. Myös aurinkosähköä vastaanotettavaan keskukseen tulee jättää varalähdöille tilaa, jos paneeliston koon kasvattaminen nostaa ylikuormitus- tai johdonsuojien vaatimia virta-arvoja ja suojalaitteiden fyysisissä mittoja. [45.]

5 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää sähköautojen latauksen ja aurinkosähköjärjestelmien vaatimuksia ja huomiointia sekä eri toteutusvaihtoehtoja asuinkerrostalojen osalta. Työn tuloksen saatiin kattava ohje järjestelmien teknisistä tarpeista sekä huomiinnista hankinnassa.

Rakennusliikkeen näkökulmasta sähköautojen lataus asuinkerrostaloon voidaan toteuttaa monella eri tavalla. On mahdollista rakentaa täysverinen latausjärjestelmä sisältäen oman latauskeskuksen ja useita sähköauton latauspisteitä, joiden kuormaa voidaan hallita yhtenä suurena kokonaisuutena ja näin säätää älykkäiden latauspisteiden kuormituksia tarpeen mukaan. Lisäksi etähallintapalvelut ja käyttäjienlaskutus voidaan tilata palveluna kolmannelta osapuolelta.

On myös mahdollista toteuttaa latauspisteet vain varauksina keskuksissa ja kaapelirei-teissä sekä jättämällä liittymän mitoituksessa riittävät reservit kiinteistösähkön kulutuksen kasvuun. Tällä mallilla järjestelmän valinta ja vastuut jätetään myöhemmin taloyhtiön päätettäväksi. Kolmantena toteutusmallina on ”älytolppa” ratkaisua tarjoavat yritykset. Tässä koko parkkihalli otetaan älykkääksi järjestelmäksi ilman suurempia muutoksia perinteiseen autolämmityspistorasioiden toteutukseen. Tämän mallin ongelmaksi voi muodostua tolppien väliseen tiedonsiirtoon käytetyt GSM-yhteydet, jotka voivat olla parkkihallissa todella heikosti toimivia tai jopa olemattomat. Sisäverkon rakentamisen hinnalla saataisiin monia ”oikeita” latausasemia asennettua tilaan.

Asuinkerrostalon yhteyteen rakennettavan sähköautojen latausjärjestelmän hankinnan suurin ongelma piilee juuri siinä, ettei rakennusvaiheessa vielä tiedetä, mitä tulevat käyttäjät haluavat ja hankkimalla jonkin palvelumalliratkaisun liitetään tuleva taloyhtiö tähän valittuun malliin. Myös lakitekniset asiat tulee selvittää ennen hankintapäätöstä, koska nämä voivat jarruttaa tai jopa estää koko järjestelmän toteuttamisen.

Sähköautojen latausjärjestelmän rakentamisen hyötynä rakennuttajalle tuo kiinteistön arvonnousu sekä imagollisesti että myös rahallisesti. Kuitenkin järjestelmän kustannus ei ole suuri, kun se suunnitellaan ajoissa, sekä järkevästi mitoittaen ja hyviä ratkaisuja käyttäen.

Aurinkosähköjärjestelmissä rakennusliikkeen tekemät päätökset eivät vaikuta niinkään tulevan taloyhtiön asioihin muuten kuin positiivisesti, koska aurinkopaneelistot ovat varsin huoltovapaita eikä näistä koidu kustannuksia tai mahdollisia riidanaiheita, kun tuotettu sähkö käytetään kiinteistön ostosähkönkulutuksen pienentämiseen. Näin järjestelmästä saatava hyöty kohdistuu tasapuolisesti kaikkien osakkaiden kesken.

Aurinkosähköjärjestelmissä suunnittelun ja ennakkoinnin merkitys korostuu huomattavasti, koska järjestelmän kannattavuus on loppujen lopuksi melko pienistä asioista kiinni. Huonolla suunnittelulla voidaan jättää suurikin potentiaali käyttämättä sähköntuotossa.

Energian tuoton ja ostosähkön säästön lisäksi aurinkosähköjärjestelmän hankinta on kohtalainen, joskin melko hintava keino saada rakennuksen energialukua pienennettyä muutamalla yksiköllä. Etenkin tilanteissa, jossa tilaaja vaatii rakennuksen energialuokkaa pienemmäksi, voidaan aurinkopaneeleilla saada vaadittavien yksiköiden pudotus, minkä lisäksi kiinteistön arvo kasvaa.

6 Pohdinta

Sekä sähköautot että aurinkosähköjärjestelmät tulevat vääjäämättä yleistymään. Sitä mukaan kun energiantuotannossa joudutaan vähentämään fossiilisten ja suuripäästöisten polttoaineiden käyttöä, nousee kiinteistöjen oma energiantuotanto ja energiatehokkuus suurempaan rooliin. Viimeisen ja kuluvan vuoden aikana on Suomen valtioneuvostossa ollut selvityksiä liittyen liikenteen päästövähennyksiin ja sähköautoiluun sekä hajautetun uusiutuvan energiantuotannon lisäämiseen, eli aihe on juuri tällä hetkellä ajankohtainen.

Ajankohtaisuuden lisäksi työ oli myös mielenkiintoinen ja varsinaisten konkreettisten tulosten puuttumisesta huolimatta työ oli tärkeä tehdä, koska työstä saatu tieto ja sen koostaminen ohjeistukseen on koko työyksikön osaamisen kannalta merkittävä asia. Aurinkosähköjärjestelmistä ja sähköautojen latausjärjestelmistä ei kuitenkaan ole liiemmin kokemuksia, joten huomioon otettavien asioiden tietämyksessä oli puutteita, joita tällä työllä pystytään paikkaamaan.

Kun edellinen SFS 6000 pienjännitestandardi julkaistiin vuonna 2012, sekä sähköautojen lataus että aurinkosähköjärjestelmät olivat todella marginaaliasteella. Nyt ensi syksynä julkaistava uusi päivitys voi tuoda suuriakin muutoksia asennusten toteutuksiin, suojauksiin ja muihin teknisiin vaatimuksiin. Siltä osin voi olla, että nyt insinööriyönä tehty ohjeistus ei enää syksyllä ole ajantasainen.

Vaikka uusi standardi toisi muutoksia teknisiin asioihin, silti insinööriyö oli tulevaisuuden kannalta hyödyllinen, koska tämän myötä saatiin järjestelmien perusideat ja tärkeät huomioitavat asiat koottua yhteen ohjeeseen. Perusajatus pysyy kuitenkin samana, vaikka tekniset yksityiskohdat muuttuisivatkin.

Lähteet

- 1 Energiategohokkuus. 2017. Verkkajulkaisu. Energiavirasto.
<<https://www.energiavirasto.fi/energiategohokkuus>>. Luettu 8.1.2017.
- 2 Liikenteen päästöt. 2017. Verkkajulkaisu. Öljy & Bio polttoaineala.
<<http://www.oil.fi/fi/ymparisto-paastot-ja-ilmastonmuutos/liikenteen-paastot>>. Luettu 16.1.2017.
- 3 Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. 2016. Selonteko. Työ- ja elinkeinoministeriö.
<<http://tem.fi/documents/1410877/2148188/Kansallinen+energia-+ja+ilmastostrategia+vuoteen+2030+24+11+2016+lopull.pdf/a07ba219-f4ef-47f7-ba39-70c9261d2a63>> Luettu 10.1.2017.
- 4 Suomen julkiset latausasemat ja -pisteet 3.11.2016. Verkkodokumentti. Sähköinen liikenne.
<http://www.sahkoinenliikenne.fi/sites/sahkoinenliikenne_fi/files/attachments/0312016_suomen_latauspisteet.pdf> Luettu 22.12.2016.
- 5 Tuurnala, Tiina. 2015. Fiksut väylät ja älykäs liikenne. Verkkodokumentti. Liikennevirasto.
<http://www.vtt.fi/files/events/Digiloikka/2015_11_17_digitalisaatio_tuurnala_vtt_fi_nal.pdf> Luettu 6.9.2016.
- 6 Kiinteistön latauspisteet kuntoon. 2016. Verkkodokumentti. Motiva.
<http://www.motiva.fi/files/11276/Kiinteistojen_latauspisteet_kuntoon.pdf> Luettu 18.11.2016.
- 7 Rakennettu ympäristö ratkaisee energiategohokkuuden. 2017. Verkkodokumentti. Rakennusteollisuus.
<<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/julkaisuja/rakennettu-ymparisto-ratkaisee-energiategohokkuuden.pdf>> Luettu 14.1.2017
- 8 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2016. Verkkajulkaisu. Ympäristöministeriö. <<http://www.ym.fi/Rakentamismaarayskokoelma>> Luettu 20.12.2016.
- 9 D3, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiategohokkuudesta. 2011. Ympäristöministeriö.
- 10 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiategohokkuudesta. 2016. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö.
<<http://www.ym.fi/download/noname/%7B2EB6C923-7E43-4311-8867-12A7FBA9223C%7D/121714>> Luettu 20.12.2016.

- 11 Valtioneuvoston asetus käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. 2016. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö.
<<http://www.ym.fi/download/noname/%7B89477422-26E8-4CC3-9695-2CDB7B26B7AD%7D/121719>> Luettu 20.12.2016.
- 12 Valtioneuvoston asetus käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. 2016. Muistio. Ympäristöministeriö.
<<http://www.ym.fi/download/noname/%7B2B79495A-6A6A-4FA0-A589-2A8D9D825CD6%7D/121720>> Luettu 20.12.2016.
- 13 Lausuntopyyntö luonnoksista ympäristöministeriön asetuksiksi ja luonnoksesta valtioneuvoston asetukseksi. 2016. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö.
<<http://www.ym.fi/download/noname/%7BFF31EC38-A82D-4C2F-A642-5E71D114280C%7D/121715>> Luettu 20.12.2016.
- 14 Liikenteessä olevat ajoneuvot 2016. Verkkojulkaisu. Trafi.
<http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokantatilastot_ajoneuvolajeittain/liikennekaytossa_olevat_ajoneuvot_2016> Luettu 13.1.2017.
- 15 Ensirekisteröinnit kuukausittain ja ajoneuvolajeittain. 2016. Verkkojulkaisu. Trafi.
<http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kuukausittain_ja_ajoneuvolajeittain> Luettu 5.7.2016
- 16 Ladattavan ajoneuvon ostajan opas. 2016. Verkkojulkaisu. Sähköinen liikenne.
<<http://www.sahkoinenliikenne.fi/oppaat/ladattavan-ajoneuvon-ostajan-opas>> Luettu 12.11.2016.
- 17 Norwegian EV Policy. 2016. Verkkojulkaisu. Norsk elbilforening.
<<http://elbil.no/english/norwegian-ev-policy/>> Luettu 24.7.2016.
- 18 Ajoneuvokannan käyttövoimia. 2017. Tilastointi. Trafi.
<http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokannan_kayttovoimatilastot> Luettu 10.1.2017.
- 19 Ladattava hybridauto. 2017. Verkkojulkaisu. VihreäKaista.
<<http://vihreakaista.fi/fi-fi/article/sahko/ladattava-hybridi/406/>> Luettu 10.1.2017.
- 20 Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa. 2015. Verkkodokumentti. Sesko. <http://www.sesko.fi/files/431/Lataussuositus_2014_2015-07-13.pdf> Luettu 14.7.2016.
- 21 SFS 6000-8-813. Pistokytkimen valinta ja asentaminen. 2012. Standardi. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 22 Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon. 2016. Verkkodokumentti. Motiva.
<http://www.motiva.fi/files/11276/Kiinteistojen_latauspisteet_kuntoon.pdf> Luettu 14.7.2016.

- 23 Latauslaitteiston asentaminen kotiin. 2016. Verkkojulkaisu. Tesla. <https://www.tesla.com/fi_FI/support/home-charging-installation> Luettu 13.8.2016.
- 24 SFS-EN 62752. 2016. Standardi. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki.
- 25 SFS 6000-7-722. Sähköajoneuvojen syöttö. 2012. Standardi. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 26 Uusi Renault Zoe -sähköauto. 2017. Verkkojulkaisu. Renault Suomi. <<https://www.renault.fi/henkiloautot/zoe/>> Luettu 20.1.2017.
- 27 EU direktiivi 2010/31/EU. 2016. Muutosehdotus direktiiviin. Euroopan komissio. Bryssel. Luettu 2.2.2017.
- 28 Langaton induktiolataus Mersun S-sarjaan jo ensi vuonna. 2016. Verkkojulkaisu. Moottori. <<http://www.moottori.fi/ajoneuvot/jutut/langaton-induktiolataus-mersun-s-sarjaan-jo-ensi-vuonna/>> Luettu 27.8.2016.
- 29 Yritys kehitti tien, joka lataa liikkuvan sähköauton. 2017. Verkkojulkaisu. Kauppalehti <<http://www.kauppalehti.fi/uutiset/yritys-kehitti-tien--joka-lataa-liikkuvan-sahkoauton/Wivvtu3g>> Luettu 19.1.2017.
- 30 EU direktiivi 2014/94/EU. 2014. Direktiivi. Euroopan Unionin virallinen lehti. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=FI>> Luettu 21.11.2016.
- 31 Media information. 2016. Verkkojulkaisu. Mennekes. <http://www.mennekes.de/uploads/media/MENNEKES_Media_information_-_Charging_couplers_Type_2_for_AC_and_DC_charging.pdf> Luettu 21.11.2016.
- 32 Sähköautoilu Suomessa. 2016. Verkkojulkaisu. Finn electric. <http://media.klinkmann.fi/pdf/fe/Esite_Sahkoautoilu_Suomessa_13V1.pdf> Luettu 21.11.2016.
- 33 Suunnittelijatilaisuus. 2016. Luentomateriaali. Plug-It Finland Oy. <http://plugit.fi/assets/plugit/files/Suunnittelijatilaisuus_3.6.2016.pdf> Luettu 10.6.2016.
- 34 Latausasema Witty.park. 2016. Asennusohje. Hager. <http://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/14fi0682_witty-park-asennusohje-ver2_1-150305.pdf> Luettu 19.12.2016.
- 35 Sähköautot taloyhtiössä, latausopas. 2016. Verkkodokumentti. Parkkisähkö. <<http://www.parkkisahko.fi/wp-content/uploads/2016/04/opas.pdf>> Luettu 21.1.2017.

- 36 ST 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. 2013. Sähköinfo.
- 37 e-Tolppa. 2017. Verkkajulkaisu. IGL-Technologies. <<https://www.etolppa.fi/fi>> Luettu 21.1.2017.
- 38 e-Tolppa järjestelmän suunnitteluohje. 2014. Verkkodokumentti. IGL-Technologies. <<https://www.etolppa.fi/pdfs/Suunnitteluohje.pdf>> Luettu 21.1.2017.
- 39 EVlink smart wallbox, installation guide. 2017. Verkkodokumentti. Schneider Electric. <<http://www.schneider-electric.com/en/product/EVB1A22P2KI/evlink-smart-wallbox---7.4-22-kw---t2---key/?range=63506-evlink-smart-wallbox&node=3839712313-charging-station#download>> Luettu 21.1.2017.
- 40 Erat Bruno, Erkkilä Vesa, Nyman Chirster, Peippo Kimmo, Peltola Seppo, Suokivi Hannu. 2008. Aurinko-opas, aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Painoyhtymä oy.
- 41 Aurinkoteknologiasanasto. 2008. Verkkodokumentti. Aurinkoteknillinen yhdistys ry. Luettu 30.11.2017.
- 42 Käpylehto Janne. 2016. Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Viro: Into kustannus oy.
- 43 SFS-käsikirja 617. 2015. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki.
- 44 RIL 265-2014, uusiutuvien lähien energioiden käyttö rakennuksissa. 2014. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Tammerprint.
- 45 Aurinkosähkö. 2017. Verkkajulkaisu. Motiva. <http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko> Luettu 8.7.2016.
- 46 Photovoltaic report. 2016. Verkkodokumentti. Fraunhofer institute for solar energy sytsmes, ISE. 2016. Freiburg.
- 47 Solar cell comparison chart. 2015. Verkkajulkaisu. Energy informative. <<http://energyinformative.org/solar-cell-comparison-chart-mono-polycrystalline-thin-film/>> Luettu 21.10.2016.
- 48 The key facts about each type of solar cell. 2016. Verkkajulkaisu. SolarReviews. <<http://www.solarreviews.com/solar-energy/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/>> Luettu 20.9.2016.
- 49 Uusi tekniikka korjaa aurinkokennojen isot ongelmat – sulamalla ja jähmettymällä. 2012. Verkkajulkaisu. Tekniikka ja talous.

- <<http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2012-05-25/Uusi-tekniikka-korjaa-aurinkokennojen-isot-ongelmat-%E2%80%93-sulamalla-ja-j%C3%A4hmettym%C3%A4ll%C3%A4-3309422.html>> Luettu 4.2.2017.
- 50 D5, Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2011. Ympäristöministeriö.
- 51 SFS-EN 50380. 2016. Standardi. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki.
- 52 Helsingin kaupunki, Rakennusvalvontavirasto. 2010. Määräys. Helsingin kaupungin rakennusjärjestys.
- 53 Sähkömarkkinalaki 588/2013. 2013. Lakiteksti. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>> Luettu 20.11.2016.
- 54 Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 66/2009. 2009. Lakiteksti. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090066>> Luettu 20.11.2016.
- 55 Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon. 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/files/1248/Ohje_tuotannon_liittamisesta_jakeluverkkoon_PAIVITETTY_20160427.pdf> Luettu 11.10.2016.
- 56 Pientuotantolaitteiston liittäminen verkkoon. 2017. Verkkodokumentti. Helen sähköverkot. <<https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv-site/dokumentit/pientuotannon-yleistietolomake.pdf>> Luettu 10.1.2017.
- 57 Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon, nimellisteho enintään 50 kVA. 2017. Verkkodokumentti. Helen sähköverkot. <https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv-site/palvelut/ohjeet/tekninen_liitepdf> Luettu 10.1.2017.
- 58 Energiatuki. 2017. Verkkojulkaisu. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<http://tem.fi/energiatuki>> Luettu 10.1.2017.
- 59 Auvinen, Karoliina. 2016. Asukkaat ovat Suomen energiapolitiikan hyödyntämätön voimavara. Verkkojulkaisu. <<http://www.finsolar.net/asukkaat-ovat-suomen-energiapolitiikan-hyodyntamaton-voimavara/>> Luettu 8.1.2017.
- 60 Powerwall. 2017. Verkkojulkaisu. Tesla. <https://www.tesla.com/fi_FI/powerwall> Luettu 6.2.2017.
- 61 Finnwind fast sun. 2015. Verkkodokumentti. Finnwind. <<http://www.finnwind.fi/asennus/Finnwind-FS-F-teline.pdf>> Luettu 1.2.2017.

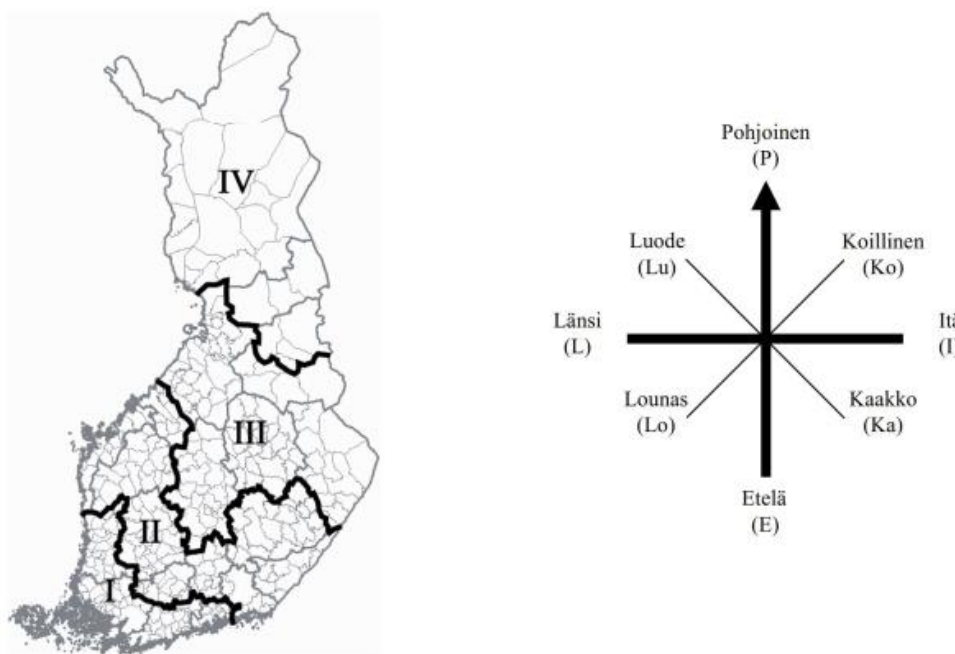
- 62 Market data. 2017. Verkkajulkaisu. Nord Pool.
<<http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/#/nordic/table>> Luettu 6.2.2017.
- 63 Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. 2016. Verkkajulkaisu. Finsolar. <<http://www.finsolar.net/kannattavuus/aurinkoenergia-on-kannattavaa-suomessa-kiinteistoihin-sijoitettuna-energialahteen/>> Luettu 11.1.2017.
- 64 Lakialoite laiksi sähkömarkkinalain muuttamisesta tuntinetotuksen edistämiseksi. 2017. Verkkajulkaisu. Johanna Karimäki.
<<http://www.johannakarimaki.fi/kirjoituksia/lakialoite-laiksi-saehkoemarkkinalain-muuttamisesta-2017>> Luettu 6.3.2017.
- 65 Ohjeet sähköä tuottavan laitteiston liittämiseksi Helen Sähköverkko Oy:n sähkönjakeluverkkoon. 2009. Verkkodokumentti. Helen Sähköverkko.
<<https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/sahkonsiirto/hsv/hsv-yleista-laitteiston-liittaminen-su40309pdf>> Luettu 6.3.2017.
- 66 Aurinkosähkö. 2016. Verkkajulkaisu. Avitor.
<<http://www.avitor.fi/aurinkosahko.html>> Luettu 6.3.2017.

Lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa käytettävät säätiedot (Rakennusmääräyskokoelma: D3 liite 2, taulukot L2.1. ja L2.2.).

Lämmitysteho ja energiankulutus lasketaan tässä liitteessä esitetyillä säätiedoilla. Suomi on jaettu neljään säävyöhykkeeseen. Säävyöhykkeet esitetään kuvassa L2.1. Vaatimusten mukaisuuden osoittamisessa kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja kesäajan huonelämpötilan laskenta tehdään säävyöhykkeen I säätiedoilla. Energiankulutuksen laskennassa käytettävän testivuoden kuukausittaiset ulkoilman keskilämpötilat ja auringon säteilyenergiat (taulukot L2.2 – L2.4) pohjautuvat Helsinki-Vantaan lentoaseman (säävyöhykkeet I ja II), Jyväskylän lentoaseman (säävyöhyke III) ja Sodankylän ilmatieteellisen tutkimuskeskuksen (säävyöhyke IV) säähavaintoasemien mittauksiin vuosilta 1980-2009. Lämmitystehontarpeen laskenta tehdään rakennuspaikan maantieteellisen sijainnin mukaisella säävyöhykkeen mitoittavalla ulkolämpötilalla (taulukko L2.1). Säävyöhykkeille I ja II on esitetty erikseen mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat. Säävyöhykkeen II tiedot pohjautuvat Jokioisten observatorion säähavaintoihin. Normituslämmitystarvelukua (S17) käytetään apuna, jos halutaan verrata testivuoden lämmitystarvetta muiden vuosien tai paikkakuntien lämmitystarpeeseen.

Selostus

Testivuoden tunnitaiset säätiedot eri säävyöhykkeille on saatavissa esimerkiksi ympäristöministeriön [www-sivuilla](http://www.sivuilla).



Kuva L2.1. Säävyöhykkeet.

Taulukko L2.1.		Mitoittavat ja keskimääräiset ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.	
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	
I	-26	5,3	
II	-29	4,6	
III	-32	3,2	
IV	-38	-0,4	

Taulukko L2.2. Säätiiedot kuukausittain säävyöhykkeellä I ja II. Helsinki-Vantaa.

Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, T_u , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$, kWh/m ²	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-3,97	6,2	650
Helmikuu	-4,50	22,4	602
Maaliskuu	-2,58	64,3	607
Huhtikuu	4,50	119,9	354
Toukokuu	10,76	165,5	117
Kesäkuu	14,23	168,6	9
Heinäkuu	17,30	180,9	0
Elokuu	16,05	126,7	31
Syyskuu	10,53	82,0	161
Lokakuu	6,20	26,2	331
Marraskuu	0,50	8,1	495
Joulukuu	-2,19	4,4	595
Koko vuosi	5,57	975	3952

Auringon kokonaissäteilyenergia pystypinnoille eri ilmansuuntiin,
 $G_{\text{säteily, pystypinta}}$, kWh/m²

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	6,2	4,7	3,8	9,5	12,9	9,5	3,8	4,7
Helmikuu	17,3	13,8	15,6	31,0	41,4	30,9	15,6	14,0
Maaliskuu	40,3	38,1	48,5	75,1	89,5	69,4	43,7	36,9
Huhtikuu	43,9	56,3	79,9	101,1	107,3	101,6	80,6	56,8
Toukokuu	57,8	82,1	112,8	123,3	116,0	117,5	104,5	76,3
Kesäkuu	70,6	87,9	109,6	109,9	101,6	110,9	111,2	89,1
Heinäkuu	66,3	91,1	118,8	123,1	115,5	128,6	122,7	91,2
Elokuu	50,0	66,4	91,8	106,0	100,4	92,8	78,8	61,1
Syyskuu	32,9	37,5	56,5	83,9	100,5	87,3	59,3	38,1
Lokakuu	17,9	15,6	17,5	28,3	37,0	30,0	18,8	15,7
Marraskuu	7,2	5,5	5,1	12,3	16,8	12,3	5,1	5,6
Joulukuu	4,2	3,2	2,6	8,4	11,8	8,8	2,9	3,2
Koko vuosi	414,6	502,2	662,5	811,9	850,7	799,6	647,0	492,7

Muunnoskerroin F_{suunta} , jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi eri ilmansuunnissa

Kuukausi	P	Ko	I	Ka	E	Lo	L	Lu
Tammikuu	0,995	0,757	0,609	1,531	2,080	1,519	0,605	0,759
Helmikuu	0,774	0,618	0,700	1,387	1,854	1,381	0,700	0,624
Maaliskuu	0,627	0,592	0,754	1,169	1,392	1,079	0,679	0,574
Huhtikuu	0,366	0,470	0,666	0,843	0,895	0,847	0,672	0,474
Toukokuu	0,349	0,496	0,681	0,745	0,701	0,710	0,632	0,461
Kesäkuu	0,419	0,521	0,650	0,652	0,602	0,658	0,659	0,528
Heinäkuu	0,367	0,503	0,657	0,681	0,639	0,711	0,679	0,504
Elokuu	0,395	0,524	0,725	0,837	0,793	0,732	0,622	0,482
Syyskuu	0,401	0,457	0,689	1,023	1,225	1,064	0,723	0,465
Lokakuu	0,683	0,595	0,670	1,081	1,412	1,144	0,718	0,598
Marraskuu	0,888	0,683	0,632	1,519	2,068	1,519	0,633	0,686
Joulukuu	0,920	0,697	0,571	1,850	2,615	1,942	0,637	0,697
Koko vuosi	0,425	0,515	0,679	0,833	0,872	0,820	0,663	0,505

Aurinkosähkön vaikutus rakennuksen energiatodistukseen

Esimerkkikohteen todellinen energiatodistus.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala, m ²	6261.5												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen keskitetty tulo-/poistoilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia									
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)			kWhE/(m ² vuosi)								
Sähkö	295605	47	1.70	80.3									
Kaukolämpö	405432	65	0.70	45.3									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	191978	30.7											
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				126									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustaiteikko	Asuinkerrostalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...75</td> <td>B: 76 ... 100</td> <td>C: 101 ... 130</td> </tr> <tr> <td>D: 131 ... 160</td> <td>E: 161 ... 190</td> <td>F: 191 ... 240</td> </tr> <tr> <td>G: 241 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130	D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240	G: 241 ...		
A: ...75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130											
D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240											
G: 241 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	C												
<small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäyttöä lämmitettyä nettoalaa kohti, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja varustuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapöytälämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</small>													

Energiatodistus kun 30,2 kW aurinkosähköä. Kaikki tuotettu energia ei kulu kohteessa, joten paneeliston koko tuotantoa ei kuitenkaan saisi huomioida E-luvun laskennassa.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala, m ²	6261.5												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen keskitetty tulo-/poistoilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWhE/(m ² vuosi)									
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)											
Sähkö	273522	44	1.70	74.3									
Kaukolämpö	405432	65	0.70	45.3									
Sähkön kulutuksesta vähennetty sähkön omavaraisenergian tuotanto	22083	3.5											
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	191978	30.7											
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				120									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustaiteikko	Asuinkerrostalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...75</td> <td>B: 76 ... 100</td> <td>C: 101 ... 130</td> </tr> <tr> <td>D: 131 ... 160</td> <td>E: 161 ... 190</td> <td>F: 191 ... 240</td> </tr> <tr> <td>G: 241 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130	D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240	G: 241 ...		
A: ...75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130											
D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240											
G: 241 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	C												
<small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertomin. Kulutus on laskettu standardikäyttöä lämmitettyä nettoalaa kohti, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapoltinlämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</small>													

$$W_{pw} = \frac{G_{aur, hor} * F1 * F2 * P_{maks} * F_{käyttö}}{I_{ref}}$$

$$W_{pw} = \frac{975 \text{ kWh/m}^2\text{a} * 1 * 1 * 30,2 \text{ kW} * 0,75}{1 \text{ kW/m}^2}$$

$$W_{pv} = 22\,083 \text{ kWh/a}$$

Energiatodistus kun 17,3 kW aurinkosähköä.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskettu kokonaisenergiankulutus ja ostoenergiankulutus													
Lämmitetty nettoala, m ²	6261.5												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen keskitetty tulo-/poistoilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energia kWhE/(m ² vuosi)									
	kWh/a	kWh/(m ² vuosi)											
Sähkö	282955	45	1.70	76.8									
Kaukolämpö	405432	65	0.70	45.3									
Sähkön kulutuksesta vähennetty sähkön omavaraisenergian tuotanto	12650	2.0											
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	191978	30.7											
Kokonaisenergiankulutus (E-luku)				122									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokittelustaiteikko	Asuinkerrostalot												
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A: ...75</td> <td>B: 76 ... 100</td> <td>C: 101 ... 130</td> </tr> <tr> <td>D: 131 ... 160</td> <td>E: 161 ... 190</td> <td>F: 191 ... 240</td> </tr> <tr> <td>G: 241 ...</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A: ...75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130	D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240	G: 241 ...		
A: ...75	B: 76 ... 100	C: 101 ... 130											
D: 131 ... 160	E: 161 ... 190	F: 191 ... 240											
G: 241 ...													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	C												
<small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu standardikäyttöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiakulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilmiykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</small>													

$$W_{pw} = \frac{G_{aur, hor} * F1 * F2 * P_{maks} * F_{käyttö}}{I_{ref}}$$

$$W_{pw} = \frac{975 \text{ kWh/m}^2\text{a} * 1 * 1 * 17,3 \text{ kW} * 0,75}{1 \text{ kW/m}^2}$$

$$W_{pv} = 12\,650 \text{ kWh/a}$$

Aurinkosähkön vaikutuksen tarkastelussa käytettyjen aurinkopaneelien tekniset tiedot sekä asennustiedot

MASTER DATA

Project Name	Insinööriö
Project Number:	
Comment	
Planning Responsible	Sauli Teeri
System Size [kWp]	17.3
Amount Modules	55
Orientation [°]	194.01
Roofpitch [°]	0
Module Surface [m ²]	107

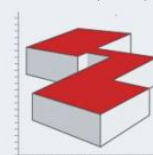
PROJECT ADDRESS

Name	
Street Address	
Postal code	
City	Espoo
Phone	
Email	
Notes	
Country	Finland
Latitude °	60.
Longitude °	24.
Altitude	9

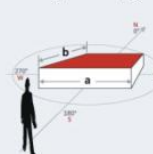
ROOF [ROOF_1]

Building height h [mm]	17470
Slope of roof [°]	0
Roofing	Bitumen Roof
Product Type:	Aerocompact 2.1 S15
Alignment [°]	194.01

Custom(Elev.)



Alignment [°]*



SNOW LOAD SFS-EN 1991-1-3

Snow load [kN/m²]* (si=μi*sk)	2
Elevation altitude [m]:	3
Slope of roof [°]:	0
Snow load zone	Area 2.5

WIND LOAD SFS-EN 1991-1-4

Wind load [kN/m²]	0.95
Wind speed [m/s]	21
Building height h [mm]*	17470
Exposure Category	1

PV-MODULES [ROOF_1]

Manufacturer:	EC Solar Wuxi Saijing Solar
Name	ECS-315M72
Width [mm]:	992
Height [mm]:	1956
Thickness [mm]:	40
Framing:	Aluminum
Weight (kg)	23
Nominal Power [Watt]:	315
Module Type:	Monocrystalline
Frame color	Aluminium
Temperature coefficient [%/°C]:	-0.44
Efficiency STC:	0.162
Output current MPP - STC [A]:	8.54
Output voltage MPP - STC [V]:	36.9
Short circuit current [A]:	8.84
Open circuit voltage [V]:	45.3
Temperature coefficient Power [%/K]:	0.055
Temperature coefficient Voltage [%/K]:	-0.33
Max. System voltage EU:	1000
Galvanic separation required:	No

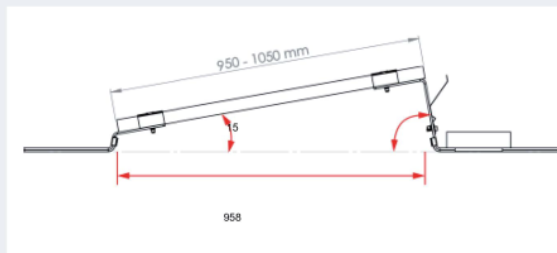
RACKING PARAMETER [ROOF_1]

Bracket tilt α [°]:	15
Distance between elevation rack rows [mm]:	571
Elevation rack depth on the roof b [mm]:	958
Maximum height of rack incl. Module [mm]:	359
Friction Constant μ	0.7

Suggested friction constants need to be checked by the installer/customer (wet and dry testing). In case the onsite testing results in a lower friction constant, the latter must be entered here for the static load calculation. Friction constants suggested for flat roofs are based on tests on typical roofing foils carried out by Aerocompact in cooperation with TÜV Rheinland. Similar products made up of comparable materials may show diverging friction constants. Friction constants suggested for other surfaces are based on tests carried out by Aerocompact in addition to the former. Similar surfaces made up of comparable materials may show diverging friction constants.

Load backup [kg/m²]

The examination of the load reserve serves as an aid in the planning phase. In case of the realization, a building structural engineer has to examine whether the additional load of the PV system can be applied to the object.



MODULE LAYOUT PLAN [ROOF_1]

Horizontal starting point (left bottom [mm]):	20
Vertical starting point (left bottom in [mm]):	20
Distance to roof edge [mm]:	1500

RACKING PARAMETER

The average load of the system based on the whole roof surface (incl. Module, mounting system and ballasting) is: **5.1 kg/m²**

The surface load of the system (incl. interrow spacing) incl. Module, mounting system and ballasting is: **52.3 kg/m²**

Factor of Safety for Uplift **1.5**

Factor of Safety for Sliding **1.5**

Load factor applied to Dead Load **0.9**

Weight per ballast block [kg] **7**

Amount Stones: **830**

System surface area [m²] **141.219**

Total weight ballasting [kg] **5810.00**

Weight Module/Rack [kg] **1575.50**

Total System weight [kg] **7385.50**

POSITION [ROOF_1]

