



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Paavo Mustikkamaa

# PAIKOITUSALUEEN SÄHKÖJÄRJES- TELMÄN SAANERAUS

Tekniikka  
2018

## TIIVISTELMÄ

|                    |   |
|--------------------|---|
| Tekijä             | Paavo Mustikkamaa                           |
| Opinnäytetyön nimi | Paikoitusalueen sähköjärjestelmän saneeraus |
| Vuosi              | 2018  |
| Kieli              | suomi                                       |
| Sivumäärä          | 42  |
| Ohjaaja            | Timo Männistö                               |

---

Opinnäytetyön pyrkimyksenä oli tehdä katselmus paikoitusalueen sähköjärjestelmästä ja tämän pohjalta alustava suunnitelma latauspisteille. Tämä katselmus hahutettiin tehtävän, koska sähköautojen tulo kiinteistöjen paikoitusalueille muuttaa paikoitusalueiden tehokapasiteetin tarvetta merkittävästi.

Katselmus ja paikoitusalueen suunnittelu tehtiin standardien vaatimuksiin ja yleisiin ohjeistuksiin pohjautuen. Lisäksi tutustuttiin mm. sähköautojen latauslaitteisiin ja niiden ominaisuuksiin, jotta ratkaisuesityksessä voitiin ehdottaa mahdollisimman tarkoituksenmukaisia vaihtoehtoja. Latauslaitteille sekä niiden käytölle ja asentamiselle asetetut vaatimukset löytyivät SFS 6000 –standardisarjasta ja standardista SFS-EN 61851.

Opinnäytetyössä käsitelty paikoitusalueen suunnitelma tehtiin asiakkaan toiveiden perusteella. Pää tarkoitus oli muuttaa osa vanhoista lämmityspaikoista sähköauton latauspaikoiksi ja tehdä varaus latausjärjestelmän kasvulle tulevaisuuteen. Lisäksi lämmityspaikat varustettiin energiaa säästäväillä autolämmityskoteloilla. Työllä pyrittiin kehittämään toimeksiantajayrityksen toimintaa latauspisteiden suunnittelemisessa, rakentamisessa ja niihin liittyvien katselmusten osalta.

## ABSTRACT

|                    |  |
|--------------------|--|
| Author             | Paavo Mustikkamaa                                    |
| Title              | The Renovation of Electricity System of Parking Area |
| Year               | 2018   |
| Language           | Finnish  |
| Pages              | 42   |
| Name of Supervisor | Timo Männistö  |

---

The purpose of the thesis was to make an inspection and a plan for the electrical system of the parking area. This research was necessary because there will be a need on electric car parking in the future which is going to significantly change the power capacity requirements on the parking area.

The inspection and the plan was made according to the requirements of standards and general instructions. The thesis includes reasoned solutions where electric car charging devices and their features have been considered. The requirements of charging devices and mounting were given in SFS 6000 –standard series and SFS-EN 61851.

The thesis complies to the customer's wishes. The main objective was to change some of old car heating places to charging places and make a reservation for a bigger charging system. The aim of the thesis was to develop the operation of the contracting company in the design, construction and inspections.

---

|          |  |
|----------|--|
| Keywords | Electric vehicle, charging system, charging point and inspection |
|----------|--|

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO.....                                 | 7  |
| 2 | YRITYSESITTELYT.....                          | 8  |
|   | 2.1 Lännen Omavoima Oy.....                   | 8  |
|   | 2.2 Vertek Oy.....                            | 8  |
| 3 | SÄHKÖAUTOT.....                               | 9  |
|   | 3.1 Historia.....                             | 9  |
|   | 3.2 Nykyhetki ja tulevaisuudennäkymät.....    | 12 |
| 4 | SÄHKÖAUTOJEN TEKNIikka.....                   | 15 |
|   | 4.1 Sähköautotyypit.....                      | 15 |
|   | 4.1.1 Hybridi.....                            | 15 |
|   | 4.1.2 Ladattava hybridi.....                  | 15 |
|   | 4.1.3 Täyssähköauto.....                      | 16 |
|   | 4.2 Moottorit.....                            | 16 |
|   | 4.2.1 Vaihtosähkömoottori.....                | 16 |
|   | 4.2.2 Tasasähkömoottori.....                  | 17 |
|   | 4.3 Akusto.....                               | 17 |
|   | 4.3.1 Litiumioni.....                         | 18 |
|   | 4.3.2 Nikkelimetallihydridi.....              | 19 |
| 5 | SÄHKÖAUTOJEN LATAAMINEN.....                  | 21 |
|   | 5.1 Vaatimukset ja ohjeet.....                | 21 |
|   | 5.1.1 Latauslaitteen sijoitus.....            | 21 |
|   | 5.1.2 Kotelointi ja iskunkestävyys.....       | 21 |
|   | 5.1.3 Sähköinen suojaus ja mitoittaminen..... | 22 |
|   | 5.1.4 Kaapelointi.....                        | 22 |
|   | 5.1.5 Uudis- ja korjausrakentaminen.....      | 23 |
|   | 5.2 Pistoketyypit.....                        | 23 |

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 5.3   | Lataustavat .....                   | 25 |
| 5.3.1 | Lataustapa 1 .....                  | 25 |
| 5.3.2 | Lataustapa 2 .....                  | 25 |
| 5.3.3 | Lataustapa 3 .....                  | 26 |
| 5.3.4 | Lataustapa 4 .....                  | 27 |
| 5.4   | Latauslaitteet .....                | 28 |
| 5.4.1 | Tavallinen lataus .....             | 28 |
| 5.4.2 | Älykäs lataus .....                 | 29 |
| 5.5   | Julkinen latausverkosto .....       | 29 |
| 6     | KATSELMUKSEN SISÄLTÖ .....          | 31 |
| 6.1   | Suuri kiinteistö .....              | 31 |
| 6.2   | Omakotitalo .....                   | 31 |
| 7     | SUUNNITELMA PAIKOITUSALUEESTA ..... | 33 |
| 7.1   | Lähtökohdat .....                   | 34 |
| 7.2   | Kuormituksen laskenta .....         | 35 |
| 7.2.1 | Autolämmitys .....                  | 35 |
| 7.2.2 | Lataus .....                        | 36 |
| 7.3   | Ratkaisuesitys .....                | 37 |
| 7.3.1 | Autolämmitys .....                  | 37 |
| 7.3.2 | Lataus .....                        | 37 |
| 7.3.3 | Liittymämuutokset .....             | 40 |
| 7.3.4 | Kaapelointi .....                   | 41 |
| 8     | YHTEENVETO JA POHDINTA .....        | 42 |
|       | LÄHDELUETTELO .....                 | 43 |

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

|  |    |
|--|----|
| <b>Kuva 1.</b> Vakka-Suomen Voiman ja Rauman Energian jakelualueet.....                                  | 8  |
| <b>Kuva 2.</b> William Morrisonin 1891 rakentama kuusipaikkainen sähköauto. ....                         | 10 |
| <b>Kuva 3.</b> 1970-luvun Citicar. ....  | 11 |
| <b>Kuva 4.</b> General Motors EV1. ....  | 12 |
| <b>Kuva 5.</b> Akuston sijoituspaikkoja läpileikkauskuvassa. ....  | 18 |
| <b>Kuva 6.</b> Energiatiheydet eri akkuteknologioilla. ....  | 19 |
| <b>Kuva 7.</b> Yleisimmät pistoketyypit. ....  | 24 |
| <b>Kuva 8.</b> Lataustavan 2 latauskaapeli. ....   | 26 |
| <b>Kuva 9.</b> Lataustavan 3 kotilatausasema. ....   | 27 |
| <b>Kuva 10.</b> Lataustavan 4 julkisia Tesla Supercharger –latauspisteitä. ....                          | 28 |
| <b>Kuva 11.</b> Ilmakuva paikoitusalueesta.....  | 33 |
| <b>Kuva 12.</b> Paikoitusalue sisääntuloliittymästä kuvattuna ....                                       | 34 |
| <b>Kuva 13.</b> Garo AEL 216-2 ....  | 37 |
| <b>Kuva 14.</b> Garo IDL216-2F kWh –yhdistelmäelementti. ....  | 38 |
| <b>Kuva 15.</b> Pömpeli Koti ICU Eve.....  | 39 |
| <br>   |    |
| <b>Taulukko 1.</b> Täyssähkö- ja hybridi-autojen rekisteröintimäärät Suomessa 2015-2018. (1-4/2018)..... | 13 |
| <b>Taulukko 2.</b> Sähköautojen kokonaislukumäärän kehitys Pohjoismaissa. ....                           | 13 |

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Lännen Omavoima Oy. Yhteistyössä oli mukana lisäksi Rauman Energia Oy ja Vakka-Suomen Voima -konserniin kuuluva Vertek Oy.

Tässä opinnäytetyössä perimmäinen tarkoitus on selvittää, mitä toimenpiteitä vaatii sähköauton latauspaikkojen rakentaminen jo olemassa olevan kiinteistön pysäköintialueelle. Työssä selvitetään eri vaihtoehtoja latauspaikkojen toteutukselle sekä tutkitaan, kuinka kuormanohjaus voitaisiin järjestää. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli myös saada lisää tietoa sähköautojen latausjärjestelmistä sekä kehittää sähköjärjestelmän katselmuksen yhteydessä tehtäviä toimintatapoja.

Työssä perehdytään yleisellä tasolla sähköautojen historiaan, tekniikkaan sekä tutustutaan latauslaitteistojen teknillisiin ominaisuuksiin ja standardien vaatimuksiin. Lisäksi pohditaan esimerkkikohteen toteutusratkaisuja ja tehdään katselmus asiakkaan paikoitusalueesta, johon tarjotaan erilaisia vaihtoehtoja latauspisteiden toteuttamiseksi saneerauksen yhteydessä.

## 2 YRITYSEESITTELYT

### 2.1 Lännen Omavoima Oy

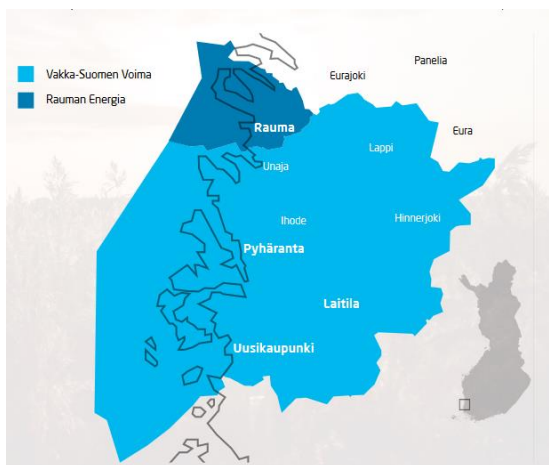
Lännen Omavoima Oy on vuonna 2009 toimintansa aloittanut yhtiö. Sen omistajia ovat Rauman Energia Oy ja Vakka-Suomen Voima Oy. Liiketoiminta Lännen Omavoimalla keskittyy sähköenergian myyntiin. /1/

Omaa varsinaista sähköntuotantoa Lännen Omavoimalla ei ole, mutta sen omistajayrityksillä on tuotanto-osuuksia sähköä tuottavista voimaloista. Tämän lisäksi se hankkii myymäänsä sähköä tukkumarkkinoilta. /2/

### 2.2 Vertek Oy

Vertek Oy on Vakka-Suomen Voima –konserniin kuuluva, myös Rauman Energian osaomistama urakointiyhtiö. Toimipisteitä sillä on Raumalla, Uudessakaupungissa, Liedossa ja Lempäälässä. Henkilöstöä Vertekillä oli vuoden 2017 lopussa 90, kun koko VSV Yhtiöiden henkilömäärä oli 174. /3/

Toimialana Vertekillä on pääosin sähköverkkojen rakennus- ja kunnossapitotyöt omistajayritystensä jakelualueilla (**Kuva 1.**). Lisäksi yrityksellä on sopimuksia palveluista myös ulkopuolisten verkonhaltijoiden kanssa. Toiminta ei kuitenkaan rajoitu pelkästään jakeluverkkoihin, vaan yritys tarjoaa asiakkailleen muitakin sähkö- ja tietoliikennealan palveluja ja ratkaisuja.



**Kuva 1.** Vakka-Suomen Voiman ja Rauman Energian jakelualueet.



## 3 SÄHKÖAUTOT

### 3.1 Historia

Sähköauton historia ulottuu alun perin aina 1800-luvulle saakka, jolloin ensimmäiset sähköajoneuvot keksittiin. Ulkonäöltään ajoneuvot muistuttivat nykykäsit-tyksen mukaan enemmänkin kolmipyöräistä polkupyörää kuin autoa. Virallista ensimmäisen sähköajoneuvon keksijää on vaikea määrittää, mutta vuonna 1828 unkarilainen Ányos Jedlik kehitti pienen mittakaavan automallin, joka toimi sähkömoottorilla. Muita alkupään kehittäjiä olivat skotlantilainen Robert An- derson vuosina 1832-1839, hollantilainen Sibrandus Stratingh vuonna 1835 ja sa- mana vuonna yhdysvaltalainen Thomas Davenport. /4/

1800-luvun edetessä erityisesti akkuteknologiaa saatiin kehitettyä, jolloin toimin- tasäteet alkoivat lähenemään käytännön vaatimuksia. Ensimmäisenä todellisena sähköajoneuvona pidetäänkin vuonna 1891 William Morrisonin rakentamaa kuu- sipaikkaista sähköautoa (**Kuva 2.**). 1900-luvun alussa sähköajoneuvojen suosio kasvoi entisestään ja vuonna 1902 Woods Motor Vehicle Company of Chicagon rakentamassa sähköautossa toimintamatka oli jo 29 km huippunopeuden ollessa 22 km/h. /4/



**Kuva 2.** William Morrisonin 1891 rakentama kuusipaikkainen sähköauto.

1910-luvulla sähköautot eivät pystyneet enää kilpailemaan nopeasti kehittyvien polttomoottoriautojen kanssa. Sähköisen käynnistimen keksimisen jälkeen polttomoottorin käynnistys ei vaatinut enää fyysistä ponnistelua, mikä kasvatti niiden suosiota. Myös polttomoottoriauton pidempi toimintasäde oli selvä etu. Lisäksi huomattavasti edullisempi hinta, noin kolmannes sähköauton hinnasta, sai useimmat asiakkaat valitsemaan polttomoottoriauton. Vuoteen 1935 mennessä sähköautot olivat kadonneet liikenteestä ja sähköauton kehitys loppui vuosikymmeniksi.

/4/

1960- ja 1970-luvuilla huomattiin tarve vaihtoehtoisille polttoaineille autoissa pakokaasupäästöjen ja öljyriippuvuuden vähentämiseksi ja samaan aikaan myös sähköautojen kehittäminen uudelleen. 70-luvulla markkinoiden kaksi sähköautojohtajaa olivat CitiCar (**Kuva 3.**) ja Elcar. Tässä vaiheessa autot olivat kehittyneet jo niin pitkälle, että niillä saavutettiin 72 km/h huippunopeus normaalin matkanopeuden ollessa 60 km/h. Toimintasäteet näillä autoilla olivat jopa 95 kilometriä. Tuotantomäärät pysyivät kuitenkin edelleen verrattain pieniä, sillä esi-

merkiksi CitiCaria valmistettiin vain reilut 2000 kappaletta. 70-luvun lopussa kiinnostus sähköautoihin hiipui jälleen niiden rajallisen suorituskyvyn ja useimmille käyttäjille liian lyhyen toimintamatkan takia. /4, 5/



**Kuva 3.** 1970-luvun Citicar.

90-luvulla autovalmistajat alkoivat ottaa uutta lähestymistapaa sähköautoiluun. Kokonaan uuden automallin sijaan alettiin myös vanhoja suosittuja malleja muuttamaan sähköautoiksi. Kyseisen aikakauden yksi tunnetuimmista sähköautoista oli General Motorsin EV1 (**Kuva 4.**), joka ei kuitenkaan koskaan ollut kaupallisesti kannattava. Tähän syynä olivat sähköauton edelleen korkeat tuotantokustannukset. /4, 5/



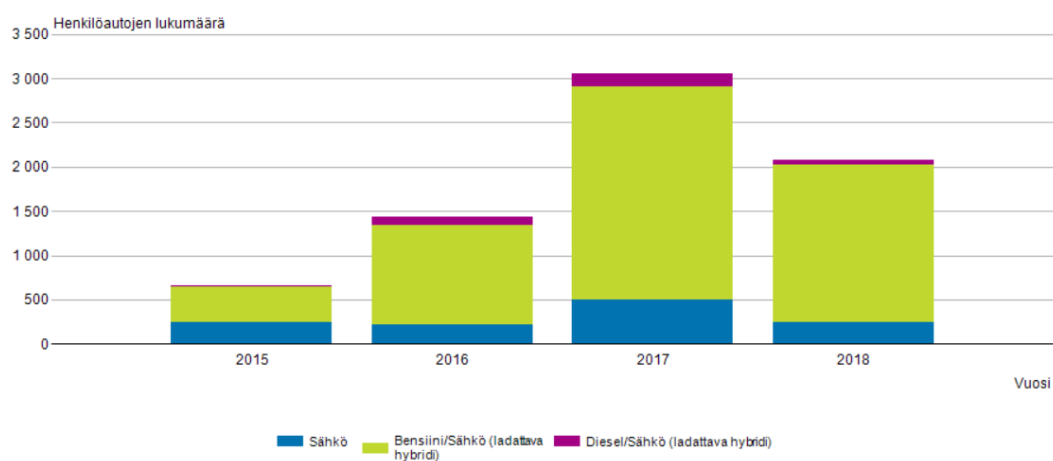
**Kuva 4.** General Motors EV1.

Sähköautojen uusimman tulemisen taustalla on vuonna 1997 julkaistu sekä polttomoottorilla että sähkömoottorilla varustettu hybridimalli Toyota Prius. Se on ensimmäinen suuren mittakaavan massatuotannon saavuttanut hybridi ja sitä onkin kaiken kaikkiaan myyty maailmanlaajuisesti jo yli 3,9 miljoonaa kappaletta. Toinen sähköautojen kasvavaan suosioon vaikuttava tekijä oli luksus-autojen tuominen sähköautomarkkinoille. Tämä tapahtui vuonna 2008, kun Tesla julkaisi Roadster-urheiluautomallinsa. Tämän jälkeen useita automerkkejä, kuten Nissan, Chevrolet, Volkswagen ja BMW ovat liittyneet kilpailuun markkinaosuuksista niin hybridien kuin täyssähköautojen saralla. /6, 7/

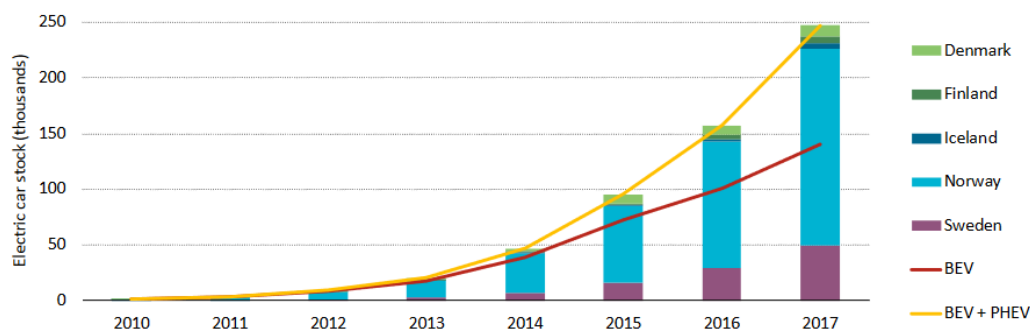
### 3.2 Nykyhetki ja tulevaisuudennäkymät

Suomessa mahdollisuus sähköautoiluun on jo melko hyvä, sillä vuonna 2017 eri automalleja oli tarjolla täyssähkövaihtoehtoina 11 ja hybridiversioina 25. Myös rekisteröintimäärät ovat olleet nousussa viime vuosina (**Taulukko 1.**). Vuoden 2018 sarakkeessa mukana on vasta rekisteröinnit tammikuusta huhtikuuhun. Muihin Pohjoismaihin verrattuna sähköautojen lukumäärä Suomessa on kuitenkin vielä varsin vähäinen. (**Taulukko 2.**) /8/

**Taulukko 1.** Täyssähkö- ja hybridautojen rekisteröintimäärät Suomessa 2015-2018. (1-4/2018)



**Taulukko 2.** Sähköautojen kokonaislukumäärän kehitys Pohjoismaissa.



Myös tulevaisuudennäkymät ovat tällä hetkellä valoisat, sillä EU:n kiristyvien päästövaatimusten takia valtio tukee sähköauton hankkimista voimakkaasti. Uuden sähköauton ostajalle tai pitkäaikaisvuokraajalle voidaan myöntää 2000 euron hankintatuki vuosina 2018-2021. Ehtoja tuen saamiselle on muun muassa, että auto on täyssähköauto ja auton ostaja tai vuokraaja on yksityishenkilö. Vuokraajan täytyy sitoutua pitämään autoa vähintään kolme vuotta. /9/

Ladattavalle hybridille ei suoraa hankkimistukea voi saada, mutta autoille, jotka ovat CO<sub>2</sub>-päästöiltään alle 110 g/km, voidaan yli 10 vuotta vanhan auton romutuksesta myöntää 2500 euron romutuspalkkio. Tuki myönnetään lisäksi flexifuel-, kaasu- ja täyssähköautoon, vaikka päästöraja ei alittuisikaan. Täyssähköauton kohdalla molempia tukimuotoja ei pysty käyttämään saman autoon hankintaan. Myöskään mikä tahansa vanha auto tähän ei kuitenkaan käy, sillä auton on täytyntä olla liikennekäytössä vuoden 2017 aikana ja myös romutushetkellä. /9, 10/

Täyssähköautosta hankittaessa maksettava autovero vuonna 2018 on 3,3 % ja sitä lasketaan 2,7 %:iin vuonna 2019. Normaalikokoisella uudella bensiinikäyttöisellä henkilöautolla, esimerkkinä Volkswagen Golf 1.4 TSI, jolla CO<sub>2</sub> päästöarvot ovat 120 g/km, on autoveron suuruus tällä hetkellä 17,7 %. Myös ajoneuvoverotuksessa maksut ovat bensiini- ja dieselmalleja huomattavasti matalampia. /9-14/

## 4 SÄHKÖAUTOJEN TEKNIikka

### 4.1 Sähköautotyypit

Sähköautot voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin niiden ominaisuuksien perusteella; hybrideihin, ladattaviin hybrideihin ja täyssähköautoihin. Hybridimalleissa on polttomoottori sähkömoottorin rinnalla, kun täyssähköauto kulkee täysin sähkön voimalla.

#### 4.1.1 Hybridi

Hybridiauto eli HEV (Hybrid Electric Vehicle) käyttää päävoimanlähteenään polttomoottoria. Apunaan sillä on sähkömoottori, joka saa virtansa akustoon talteen otetusta jarrutus- ja rullausenergiasta. /15/

Suurimmat säästöt hybridillä saavutetaan kaupunkiajossa, joka sisältää runsaasti nopeuden vaihtelua. Pelkän sähkömoottorin voimalla auto ei kuitenkaan kulje kuin alhaisissa nopeuksissa. Akun kapasiteetti onkin hyvin rajallinen, yleisesti n. 1.5 kWh, joten täysin sähköllä sen toimintasäde on vain muutamia kilometrejä. /15/

Hybridiauton käytössä ei ole poikkeavuutta tavalliseen polttomoottoriautoon verrattuna. Sitä ei pystytä erikseen lataamaan sähköpistokkeella, vaan kaikki sähkö generoidaan ajon aikana. /15/

#### 4.1.2 Ladattava hybridi

Ladattava hybridi, myös pistokehybridi eli PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) on tekniikaltaan pääpiirteittäin vastaava kuin tavallinen hybridi. Myös se pystyy ottamaan jarrutusenergiaa talteen. Erona sillä on tavalliseen hybridiin verrattuna suurempi akuston kapasiteetti, n. 8-15 kWh, millä pystytään ajamaan tyypillisesti yli 50 km pelkän sähkön avulla. Lisäksi ladattavan hybridin akustoa voidaan nimensä mukaisesti ladata sähköverkosta. /16/

### 4.1.3 Täyssähköauto

Täyssähköauto eli BEV (Battery Electric Vehicle) on täysin sähkön voimalla kulkeva auto. Täyssähköautojen tyypilliset akustojen koot ovat n. 25–60 kWh. Teoreettinen toimintamatka 60 kWh akustolla on n. 300 km. Tesla tarjoaa mallejaan markkinoiden suurimmalla 100 kWh akustolla, joilla on mahdollista tehdä jopa yli 500 km matkoja ilman latausta. Toimintasäteisiin vaikuttavat kuitenkin suuresti ajotyylit, ajonopeus ja sääolosuhteet. /17-19/

## 4.2 Moottorit

Sähköautojen moottorivaihtoehtoina ovat vaihtosähkö- ja tasasähkömoottorit. Tuotantomallisissa sähköautoissa ja hybrideissä käytettävät moottorit ovat vaihtosähkömoottoreita. Tasasähkömoottoreita käytetään lähinnä polttomoottoriautoista jälkikäteen sähköisiksi muutetuissa konversioautoissa. /16/ Mallista riippuen, autossa voi olla polttomoottorin tavoin yksi moottori konepellin alla, kaksi pyöräkohtaista moottoria taka-akselilla tai napamoottorit vaikka jokaisessa pyörässä.

### 4.2.1 Vaihtosähkömoottori

Sähköautoissa käytettävät vaihtosähkömoottorit ovat harjattomia kestopagneetti-tahtimoottoreita tai vaihtoehtoisesti oikosulkumoottoreita. Niiden merkittävin etu on tasasähkömoottoriin verrattuna korkeampi hyötysuhde, jopa yli 90 %. Niissä on myös laaja ja tasainen vääntöalue, sekä ne kestävät suuretkin kierrosnopeudet ylikuumentumatta. Näin ollen erillistä vaihdelaatikkaa ei tarvita. /20/

Vaihtosähkömoottorille akustolta tuleva virta joudutaan muuntamaan vaihtosähköksi vaihtosuuntaajalla. Vaihtosähkön jännitettä ja taajuutta pystytään säätämään taajuusmuuttajalla. Näin saadaan muutettua moottorin kierroslukua ja tehoa. Taajuusmuuttajalla nopeuden säätö on helppoa ja lisäksi tarkempaa verrattuna tasasähkömoottorin säätöön. /20, 21/



#### 4.2.2 Tasasähkömoottori

Sähköautokäytössä olevat tasasähkömoottorit ovat harjallisia moottoreita. Hyvänä ominaisuutena niillä on suuren vääntömomentin tuottaminen alhaisillakin jännitteillä. Etuna tasasähkömoottorilla on myös, että moottori pystyy käyttämään suoraan akuston tasasähköä.

Moottorin nopeudensäätö tapahtuu käyttämällä pulssinleveysmodulaatiota. Pulssisuhdetta muuttamalla jännitteen arvoa saadaan muutettua, jolloin myös nopeus muuttuu. Pulssien kytkentätaajuus on niin suuri, ettei moottori tunnu nykivältä pienissäkään nopeuksissa. /21/

Vaikka tasasähkömoottoria käytettäessä säästytään yhdeltä muuttamiskerralta tasasähköstä vaihtosähköksi, on tasasähkömoottorin hyötysuhde kuitenkin vaihtosähkömoottoria heikompi. Näin ollen tasasähkömoottoreiden käyttö sähköautoissa onkin jäänyt vain konversioautoihin yksinkertaisemman tekniikan johdosta.

#### 4.3 Akusto

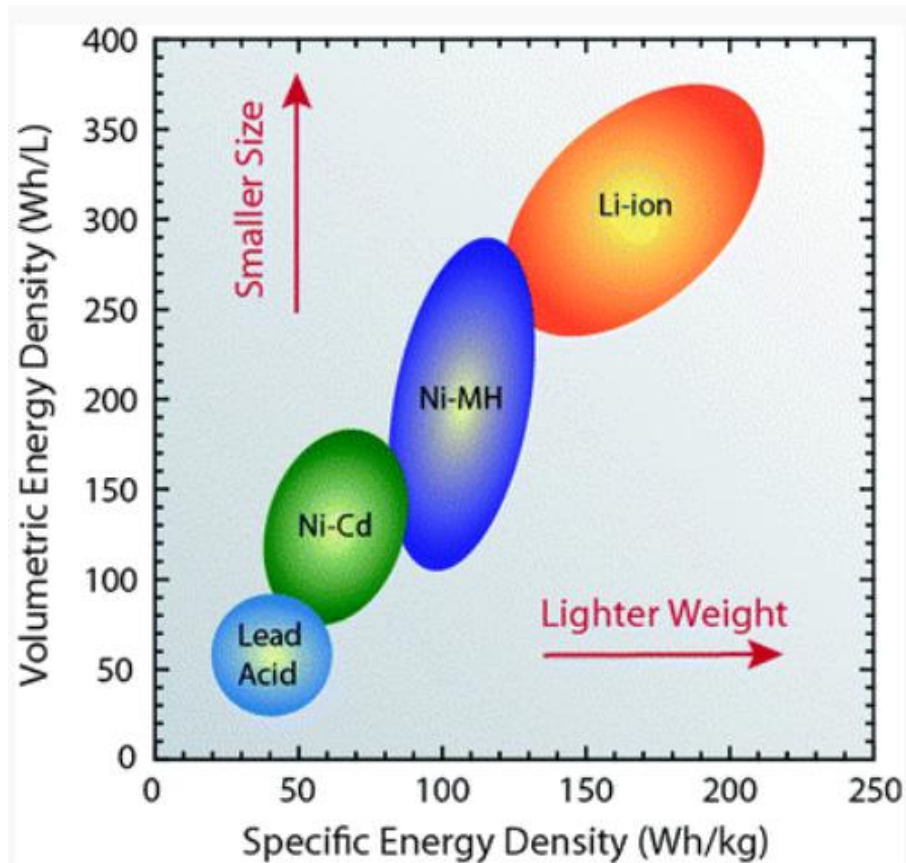
Sähköautoissa akustot on sijoitettu useimmiten kuvan 5 mukaisesti pohjarakenteen tai auton tavaratilan alle. Käytössä olevia akkutyyppejä on lukuisia, mutta litiumioni ja nikkelimetallihydridi ovat muodostuneet selvästi muita suosituimmiksi. Akkuteknologian valintaan vaikuttaa monet tekijät, joita ovat mm. akun kapasiteetti massaa kohden, kapasiteetti tilavuuteen nähden ja hinta. Akut poikkeavat toisistaan lisäksi mm. pakkaskestävyydeltään ja siinä, kuinka nopeasti ne purkautuvat itsestään käyttämättöminä.



**Kuva 5.** Akuston sijoituspaikkoja läpileikkauskuvassa.

#### 4.3.1 Litiumioni

Kaikkein yleisimmin käytetty akkuteknologia etenkin täyssähköautoissa, on litiumioni, lyhenteeltään Li-ion. Sitä käytetään yleisesti myös elektroniikkalaitteissa, kuten matkapuhelimissa. Etuja sillä ovat suuri energiatiheys, mikä on moninkertainen verrattuna tavalliseen lyijyakuun, kuten kuvasta 6 voidaan tulkita. Litiumioniakku ei myöskään tarvitse toimiakseen huoltotoimenpiteitä pitkälläkään aikavälillä. Sillä, ladataanko akkua säännöllisesti täyteen tai onko lataaminen epä-säännöllistä, ei ole suurta merkitystä akun kestoikään. /22, 23/



**Kuva 6.** Energiatiheydet eri akkuteknologioilla.

Huonoina puolina litiumioniakulla on varauksen menettäminen, mikäli akku on käyttämättömänä pitkiä aikoja. Tyypillinen purkautumisnopeus on n. 5–10 % kuukaudessa. Itsepurkautuminen on kuitenkin niin vähäistä, ettei se yleensä muodostu ongelmaksi, ainakaan sähköauton aktiivisessa käytössä. Huonona ominaisuutena sillä on myös sen huono ylläpidon ja varaustason liiallisen purkamisen sietäminen. Sähköautokäytössä se tarvitsee suojauksen kumpaankin tilanteeseen. Pakkasessa litiumioniakun kapasiteetti laskee huomattavasti, mikä alentaa sähköauton käyttösädettä talviaikaan. Litiumioniakulla on myös kalliit valmistuskustannukset, noin 40 % kalliimmat kuin esim. nikkelikadmiumakulla. /22, 23/

#### 4.3.2 Nikkelimetallihydridi

Toinen yleinen akkutyyppejä on nikkelikadmiumista jatkokehitetty hieman ympäristöystävällisempi nikkelimetallihydridi, lyhenteeltään Ni-MH. Sähköautoissa sitä

on käytetty jo 1970-luvulla General Motorsin EV1:ssä, mutta mm. Toyota käyttää sitä myös uusissa hybridimalleissaan. /24/ Hyviä ominaisuuksia sillä on hieman parempi pakkaskestävyys kuin litiumionilla. /22/

Vaikka nikkelimetallihydridi saattaa päästä lähelle litiumionia energiatiheydessä tilavuuteen nähden, on se materiaalina kuitenkin huomattavasti raskaampaa kuin kevyt litium. Suuressa akustossa massa olisi jo niin suuri, ettei nikkelimetallihydridiä juuri käytetä täyssähköautoissa. Nikkelimetallihydridillä on myös muistiominaisuus, jolloin sen kapasiteetti laskee, ellei akkua tyhjennetä säännöllisesti. /22/

## **5 SÄHKÖAUTOJEN LATAAMINEN**

### **5.1 Vaatimukset ja ohjeet**

Lain vaatimukset sähköauton lataamiselle ja latauspisteiden rakentamiselle löytyvät standardeista. Tärkein on standardi ”SFS 6000-7-722:2017 Pienjännitesähköasennukset. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö”. Siinä käsitellään, kuinka latauspisteiden sähköinen ja ulkoinen suojaus tulee toteuttaa ja millaisia asennukset tulee olla teknisesti. /25/

Standardissa SFS-EN 61851 määritellään lataustavat 1-4 hitaalle ja nopealle lataukselle vaihto- ja tasavirralla. Lataustavat käsitellään kappaleessa 5.3.

Määräysten lisäksi Standardoimisjärjestö Sesko sekä valtion kestävän kehityksen yhtiö Motiva antavat lataamiseen ja latauspisteiden rakentamiseen ohjeita ja suosituksia mm. kaapelointiin ja ratkaisuihin taloyhtiöissä. Hyviä ohjeita antaa myös ST-kortti 51.90, jossa kerrotaan sähköauton lataamisesta ja latauspisteiden toteutamisesta. /28/

#### **5.1.1 Latauslaitteen sijoitus**

Latauslaite tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle pysäköintipaikkaa siten, että latausjohdon yli ei ajettaisi. Julkisilla paikoilla latauspaikalle on helppo kulku auton latausliittimen sijainnista riippumatta. /25/

#### **5.1.2 Kotelointi ja iskunkestävyys**

Sähköauton latauspisteet tulee olla suojattuja vieraalta esineeltä ja vedeltä. Ulkotiiloihin asennettaville latauspisteille vaaditaan kotelointiluokkaa IP44. Tällä kotelointiluokalla taataan suojaus halkaisijaltaan yli 1 mm paksuiselta langalta tai johdtimeelta sekä roiskevedeltä. Sisätiloissa kotelointiluokat tulee olla IP41, joka poikkeaa edeltävästä suojauksessa vedeltä. Sen täytyy olla suojattu vain pystysuoraan tippuvalta vedeltä. /25, 26/

Latauspisteiltä vaaditaan myös iskunkestävyyttä. Yksityiskiinteistöihin asennettavat laitteet tulee kestää vähintään iskunkestävyysluokan 7 eli IK07 iskut. Se tar-

koittaa kestäkykyä 2 joulen iskulle, mikä vastaa 500 g esineen pudotusta 40 cm korkeudelta. Käytettäväksi suositellaan kuitenkin 5 joulen iskut kestäväää IK08-luokan latauspisteitä. Julkisilla paikoilla latauspisteen iskunkestävyys täytyy olla luokkaa IK10. /25–27/

### **5.1.3 Sähköinen suojaus ja mitoittaminen**

Latausasemien jokaiselle liitäntäpisteelle tarvitaan aina ylivirtasuojaus. Ylivirtasuojan mitoitus tulee toteuttaa siten, että suojien tahattomalta laukeamiselta vältytään. Käytännössä tämä tarkoittaa, että esim. 16 A liitäntäpiste suojataan 25 A sulakkeilla. Tällöin kaapelin poikkipinta-alan riittävyys tulee varmistaa. Ylivirtasuojan sijainti voi olla sähkökeskuksessa, kiinteässä sähköasennuksessa, kuten moduulikotelossa tai se voi olla osa sähköauton latausasemaa. /25, 27/

Vaihtosähköllä syötettävät latauspisteet tulee suunnitella omaksi virtapiiriksi ja varustaa enintään 30 mA A-tyyppin vikavirtasuojalla. Suositus on kuitenkin käyttää B-tyyppin vikavirtasuojaa. Vaatimus vikavirtasuojasta on myös silloin, kun käytetään väliaikaislataukseen tarkoitettua latausjohtoa kotitalouspistorasiasta syötettynä. Mikäli syötettävä virta on tasasähköä, myös A-tyyppin vikavirtasuojat ovat hyväksytyjä. Tällöin on käytettävä sellaisia laitteita, että poiskytkentä tapahtuu vikavirran ylittäessä 6 mA. /25, 28/

Järjestelmän sähköinen mitoitus tulee tehdä kuormitus- eli ts. tasauskertoimella 1, mikäli ei käytetä kuormituksen valvontaa. Jos järjestelmässä on valvonta, voi kerroin olla pienempi kuin 1. /25/

### **5.1.4 Kaapelointi**

Kaapelointi latauspisteille tulisi tehdä omalla syöttöjohdolla. Mikäli kuitenkin syöttöjohto ketjutetaan latauspisteiden välillä, tulee jokaisella latauspisteellä olla omat suojalaitteet. Ryhmäjohdoksi katsotaan silloin latausaseman sisäinen laturia syöttävä piiri. /28/

Mikäli latauspisteet kaapeloidaan maakaapelilla, suositellaan kaapelia asennettavaksi suojaputkeen, jolloin kaapelin vaihtaminen virrankestoltaan suurempaan

latauspisteiden lisääntyessä on helpommin toteutettavissa. Myös tiedonsiirtokaapeleiden myöhempi lisääminen on helpompaa, mikäli kaapelit ovat putkitettuina. Syöttävä ryhmäjohto saa syöttää ainoastaan ajoneuvon lataamiseen ja lämmittämiseen tarkoitettuja sähköpiirejä. /28/

#### **5.1.5 Uudis- ja korjausrakentaminen**

Nykyiset määräykset eivät vielä vaadi rakentamaan sähköauton latauspaikkoja uudis- tai korjausrakentamisen yhteydessä. EU-direktiivi on kuitenkin muuttamassa lainsäädäntöä siten, että asuinrakennuksien yli 10 pysäköintipaikan parkkipaikoille on jatkossa asennettava putkitus, joka mahdollistaa kaapelikoon suurentamisen latauspaikkojen varalta. Muissa kuin asuinrakennuksissa vastaavan kokoisille parkkipaikoille vaaditaan tulevaisuudessa vähintään yhtä latauspaikkaa ja putkitusta vähintään puolille pysäköintipaikoista. /29/

### **5.2 Pistoketyypit**

Sähköautojen latauksessa Suomessa yleisesti käytettyjä pistoketyyppejä on kuutta erilaista, joista jokainen on varustettu tiedonsiirtoväylällä. Lisäksi Teslan pikalataukseen on oma liitäntä, jollaista ei muissa autoissa ole. Yleisestikin eri puolella maailmaa on päädytty hieman erilaisiin ratkaisuihin, mutta myös lataustavalla on osittain väliä, jotta saadaan tarkoitukseen soveltuva pistoke. Yleisimmät pistoketyypit ovat esitettyinä kuvassa 7.



**Kuva 7.** Yleisimmät pistoketyypit.

Tyyppin 1 pistoke, ”Yazaki”, on yksivaiheinen pistoke. Se kestää 80 A virran, vaikka yleisesti sitä käytetäänkin 16 A latausvirralla. Tätä pistoketta käyttävät pääosin japanilaiset ja yhdysvaltalaiset automerkit. /30/

Tyyppin 2 eli Mennekes-pistoketta käyttävät eurooppalaiset autovalmistajat. Tämä pistoke mahdollistaa kolmivaiheisen virransyötön 63 A virralla. Latauslaitteesta riippuen, kyseistä pistoketta voidaan käyttää myös yksivaiheisesti. /30/

CCS Combo –pistoke on yhdistelmäpistoke, joka koostuu tyyppin 1 tai 2 pistokkeesta ilman nolla- ja vaiheliittimiä, sekä pikalataukseen tarkoitetuista DC-liittimistä. Kyseinen pistoke sopii pistoketyypin 2 täyssähköautoille, jotka tukevat



pikalatausta. Hybridimallien pienen akkukapasiteetin takia pikalatausmahdollisuutta niissä ei yleisesti ottaen ole. /30/

Kuten CCS Combo, myös CHAdeMo on pikalataukseen tasavirralla tarkoitettu pistoketyyppi, jolla latausteho voi olla jopa 50 kW. Se on harvinaisempi kuin CCS Combo ja sitä käytetäänkin vain mm. Mitsubishin sähköautoissa. /30/

Näiden neljän yleismallisen pistokkeen lisäksi Teslalla on hieman poikkeavat pistokemallit. Teslassa oleva latausportti on tyypin 2 portista muokattu malli. Kuitenkin tyypin 2 pistoke sopii käytettäväksi myös Teslaan. Pikalataukseen tasavirralla on myös erikoispistoke, jollaista ei muista autoista löydy. Nämä pistokkeet kestävät Teslan pikalatauksen, joka on tällä hetkellä korkeimmillaan 145 kW. /31/

### 5.3 Lataustavat

Sähköajoneuvoille on standardissa EN 61851-1 määritelty neljä erilaista lataustapaa, joista kolmea käytetään sähköautojen lataamiseen. Tavat eroavat toisistaan mm. latausteholtaan.

#### 5.3.1 Lataustapa 1

Lataustapa 1 käsittää sähköajoneuvon lataamisen yksivaiheisesti tavallisesta maadoitetusta pistorasiasta tai kolmivaiheisesti ns. voimavirtapistorasiasta. Syöttävä jännite saa olla korkeintaan yksivaiheisena 250 V virran ollessa korkeintaan 16 A. Kolmivaiheinen jännite saa olla 480 V. Kyseistä lataustapaa käytetään yleisemmin kevyissä sähköajoneuvoissa, kuten sähköpyörissä, sähkömopoissa, kevyissä nelipyörissä ja sähköisissä liikkumavälineissä. Tämän lataustavan latausjohdoissa ei ole erillisiä ohjauslaitetta ja siksi sitä ei käytetä sähköautojen lataukseen. /27/

#### 5.3.2 Lataustapa 2

Lataustavassa 2 syöttävä jännite on sekä 1- että 3-vaiheisena sama kuin lataustavassa 1, eli korkeintaan 250 V tai 480 V. Myös pistorasiat ovat samat kuin lataustavassa 1. Lataustavassa 2 latausjohdossa oleva ohjauslaite osaa rajoittaa virran pitkäaikaisessa käytössä esim. 8 A:iin (**kuva 8**). Tämä vaaditaan, koska kotitalouspistorasioita ei ole suunniteltu käytettäväksi pitkiä aikoja suurella kuormituk-

sella. Lähtökohtaisesti tätä lataustapaa ei ole tarkoitettu kuin tilapäiseen käyttöön, mikäli esim. lataustavan 3 mukaista latauspistettä ei ole käytettävissä. /27/



**Kuva 8.** Lataustavan 2 latauskaapeli.

### 5.3.3 Lataustapa 3

Suosittelavin tapa kotilataamiseen ja juuri sähköautoille on lataustapa 3 (**Kuva 9.**). Se tarkoittaa ohjaustoiminnot sisältävän latauslaitteiston kiinteää asennusta suoraan sähkönsyöttöön. Tällöin laturia ei kytketä esim. voimavirtapistorasiaan. Kyseisellä lataustavalla voidaan saavuttaa 6...63 A latausvirta, jolloin latausteho on 1,4...43 kW. Lataustavan 3 latauslaitteessa voi olla joko kiinteä tai irrallinen latauskaapeli. Irrallisen latauskaapelin malleissa käytetään standardin EN 62196-2 –latausliitintä. Kyseinen liitin sisältää tiedonsiirtoväylän, jolla latauslaite ”keskustele” auton kanssa. /27/



**Kuva 9.** Lataustavan 3 kotilatausasema.

#### **5.3.4 Lataustapa 4**

Lataustavan 4 latauspisteessä on myös kuormituksen ohjaamiseen tiedonsiirtoväylä, kuten lataustavassa 3 ja niissä käytetään EN 62196-3- tai CCS-standardin mukaista pistorasiaa. Eroavaisuutena edellä mainituilla on, että lataustavalla 4 laturin ja akuston välillä kulkee tasavirta. Näin ollen voidaan ohittaa auton oma laturi ja syöttää tasavirtaa suoraan akustoon suuremmalla teholla. Tällaisilla latauslaitteilla ns. pikalataus on mahdollista, jolloin latausteho voi nousta jopa satoihin kilowatteihin. Lataustavan 4 latauspisteitä on yleensä vain julkisilla latauspaikoilla, kuten huoltoasemilla (**Kuva 10.**). Jos lataustavan 4 latauspiste on julkisella paikalla, täytyy siinä olla latausmahdollisuus myös lataustavan pistokkeella. /27/



**Kuva 10.** Lataustavan 4 julkisia Tesla Supercharger –latauspisteitä.

## 5.4 Latauslaitteet

Latauslaitteita on saatavilla ns. tavallisia malleja ja älyllä varustettuja malleja. Koteihin ja paikoitusalueille asennettavat kiinteät laitteet ovat lataustavan 3 laitteita. Älyllä varustetut laitteet ovat suositeltavia etenkin useamman latauspisteen järjestelmässä. Erilaisia latauslaitteita on saatavilla maahan, seinään ja pylvääseen asennettavina. Pylväsmallisia laitteita voidaan asentaa myös suoraan vanhojen autolämmityspistorasioiden tilalle tietyin varauksin.

### 5.4.1 Tavallinen lataus

Tavallisilla latausyksiköillä pystytään lataamaan sähköautoa normaaliin ja turvalliseen tapaan. Sopivia laitteita kotilataukseen tarjoaakin markkinoilla usea valmistaja, kuten ABL, Schneider Electric, KEBA ja General Electric. Halvimmat latauslaitteet ovat usein yksivaiheisia ja 16 ampeerisia eli teholtaan 3,7 kW. Hintavimmat laitteet sen sijaan ovat yleensä kolmivaiheisia 16 tai 32 ampeerisia, teholtaan 11 tai 22 kW. Niiden latausvirrat ovat kuitenkin usein säädettävissä pienemmäksi asennuskohteesta riippuen. Laitteista saattaa löytyä itsestään mm. vikavirta-

suojaus, mutta se voi olla myös erillisenä esim. keskuksessa. Joillakin valmistajilla, kuten General Electricillä, vikavirtasuojaus on lisäksi varustettu automaattisella kuittauksella. Lisäksi ylijännitesuojaukset, energiamittaus ja ajastin voivat sisältyä latauslaitteeseen. Kuitenkaan älykkäiksi laitteiksi kyseiset ominaisuudet eivät niitä vielä tee. Yleisti ottaen tavalliset latausasemat sopivat varsinkin kotikäyttöön silloin, kun käyttäjäkohtaisia kuluja ei ole syytä eritellä tai kuormanhallintaa ei tarvita. /32/

#### **5.4.2 Älykäs lataus**

Etenkin laajemmissa latausyksiköiden kokonaisuuksissa, kuten suuremmilla paikoitusalueilla, voi suuri yhtäaikainen kuormitus aiheuttaa ongelmia. Usean auton yhtäaikainen lataaminen ylittäisi syöttävän verkon ja sulakkeiden enimmäisvirran. Tällöin älykkäiden latauslaitteiden dynaaminen kuormanhallinta tulee tarpeeseen. Esimerkiksi Virta-latauspisteet voidaan ohjelmoida toimimaan keskenään siten, että kuormituksen lähestyessä ennalta asetettua huippuvirtaa, lataustehoa laskeetaan tasaisesti jokaisesta latauspisteestä. Esimerkkinä, jos verkko kestäisi vain yhden latauspisteen käytön täydellä kuormalla, kahta autoa ladattaessa dynaaminen kuormanhallinta osaisi pudottaa lataustehon puoleen molemmissa latauspisteissä. Kolmea autoa ladattaessa latausteho olisi kolmasosa maksimista jne. Latauslaitteiden käyttöä voidaan myös priorisoida siten, että suuremmalla akkukapasiteetilla varustettuja täyssähköautoja ladataan suuremmalla teholla kuin pienemillä akustoilla varustettuja hybridejä. /33/

Toinen älykkäiden latauspisteiden hyödyllinen ominaisuus on käyttökustannusten laskutus käyttäjältä. Laitteet voivat toimia esim. RFID-tunnistimen tai mobiilisolvelluksen avulla. Näin ollen vilpillinen toiminta esim. taloyhtiön latausasemilla tehdään vähintäänkin hankalaksi, kun lataustapahtuman käynnistämisen vaatimuksena on käyttäjän tunnistautuminen. /33/

#### **5.5 Julkinen latausverkosto**

Sähköauton julkisia latauspalveluita Suomessa tarjoaa tällä hetkellä kaksi palveluntarjoajaa, Liikennevirta ja Fortum Charge & Drive. Tähän mennessä latausver-

kosto on kasvanut jo maanlaajuiseksi etenkin suurimpien kaupunkien osalta ja on laajenemassa jatkuvasti. /34/

Julkiset latauspisteet ovat yleensä älykkäitä laitteita ja laskutus tapahtuu tunnistautumalla, kuten älykkäissä järjestelmissä yleisestikin. Hinta latauspalveluiden käytöstä perustuu kulutettuun energiaan ja käytettyyn aikaan. Esim. Liikennevirran latauspisteillä hinta on yleisesti 15 snt/kWh, joka on lähellä tavallista sähkön hintaa siirtomaksuineen ja veroineen. Tämän lisäksi lataamisesta maksettava aikaan perustuva maksu määräytyy pitkälti latausnopeuden sekä sijainnin mukaan ja se saattaa olla 0,5 € – 2 €. /35/

Lisäksi jotkut yritykset tarjoavat latausta ilmaiseksi. Tällaisia ovat eräät suuremmat kaupat ja kauppakeskukset, esim. Ikea.

Vaatus julkiselle latauspaikalle on vähintään tyypin 2 pistorasialla varustettu latauspiste. Usein latauspaikoilla, etenkin pääteiden varsilla, on lisäksi pikalatausmahdollisuus tasavirralla. Tällaisissa paikoissa pistoketyyppejä voivat olla CCS Combo tai CHAdeMO. Lisäksi julkisilta latauspaikoilta saattaa löytyä Teslan supercharger-latureita. /36/

## 6 KATSELMUKSEN SISÄLTÖ

Jotta sähköauton latauspisteitä voitaisiin pysäköintipaikan saneerauksen yhteydessä alkaa rakentamaan, täytyy kiinteistön sähköjärjestelmästä ja sähkönkulutuksesta tehdä katselmus. Katselmuksen tarkoitus on selvittää, onko kohteen sähköjärjestelmässä kapasiteettia latauspisteitä varten vai joudutaanko siihen tekemään muutoksia. Latauspisteiden rakentaminen saattaa edellyttää liittymisjohdon koon suurentamista, pääsulakekoon nostoa tai keskuksen uusimista. Se, onko kyseessä suuri vai pieni kiinteistö, vaikuttaa katselmuksen toteutustapaan.

### 6.1 Suuri kiinteistö

Suurissa kiinteistöissä, kuten kerrostaloissa ja rivitaloissa, paikoitusalueella sijaitsevat autopaikat saavat usein syötön omalta jakokaapilta. Paikoitusalueelle saattaa tapauskohtaisesti olla myös oma sähköliittymä. Tosin syöttö voi tulla myös esimerkiksi kerrostalon nousukeskukselta, jolloin paikoitusaluetta syöttävän kaapelin koon suurentaminen on työläämpää.

Selvitys vallitsevista kuormista voidaan tehdä asentamalla keskukseen sähkönlaadun tiedonkeruulaite. Laitteella saadaan selville mm. jännite, virta, teho, tehokeroin ja muita sähkölaadun arvoja. Kyseisessä tapauksessa kiinnostavimpia ovat kuitenkin virtojen huippuarvot. Kyseinen selvitys on järkevintä tehdä autojen lämmitysaikana eli talviaikaan kuormien ollessa suurimmillaan. Aina kuitenkin muutostyön suunnitteluvaiheen ajankohta ei osu talviaikaan, joten selvitys täytyy tehdä kuormituksia laskemalla.

### 6.2 Omakotitalo

Omakotitalon katselmukseen sähkönlaatumittaria ei välttämättä tarvita. Koska sähköjärjestelmä kokonaisuudessaan on suhteellisen pieni, selvitys voidaan tehdä tutustumalla talon suurimpiin sähköä kuluttaviin laitteisiin. Suuri vaikutus sähkönkulutukseen on lämmitysjärjestelmällä erityisesti, mikäli talossa on suora sähkölämmitys. Muita suuria huomioon otettavia sähkönkulutuslaitteita ovat liesi, kiuas, lämminvesivaraaja ja lattialämmitys. Näiden lisäksi astianpesukone, pyykinpesukone, mahdollinen kuivausrumpu ja autolämmitys täytyy huomioida

kuormituksia ajatellessa. Mikäli vaihevirroissa havaitaan selviä eroja, tulisi keskukseen tehdä muutoksia näiden virtojen tasaamiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaisi ryhmäjohtojen vaihtamista kevyemmin kuormitettujen vaiheiden perään. Mikäli korkea latausnopeus ei ole tärkeä vaatimus, voidaan vaihtoehtoisesti asentaa yksivaiheinen latauslaite ja kytkeä se kevyimmin kuormitettuun vaiheeseen.



## 7 SUUNNITELMA PAIKOITUSALUEESTA

Konkreettinen tilaus latauspisteiden suunnittelulle saatiin kahdelta raumalaiselta kerrostalokiinteistöiltä. Yhdessä Lännen Omavoiman kanssa toteutettiin suunnitelma, jossa kuvien 11 ja 12 mukainen kerrostalokiinteistöjen yhteinen paikoitusalue uusittaisiin täysin. Tämä suunnitelma tehtiin harjoitusmielessä, jotta tulevaisuudessa katselmuksien tekoa ja latauspisteiden rakentamista voitaisiin tarjota asiakkaille laajamittaisesti.

54 autolämmityspaikan paikoitusalue koostui 31 autopaikan katosryhmästä, kahdesta 10 ja 9 autopaikan katoksesta sekä 4 autopaikan kattamattomasta osasta. Lisäksi alueella oli n. 10 sähkötöntä autopaikkaa, joille ei kuitenkaan haluttu tehtävän muutoksia.



**Kuva 11.** Ilmakuva paikoitusalueesta



**Kuva 12.** Paikoitusalue sisääntuloliittymästä kuvattuna

Paikoitusalueen vanhat autolämmityspaikat olivat vaiheittain rakennettuja ja ne poikkesivat toisistaan suuresti. Suurimmassa osassa autopaikoista oli joko autolämmityskotelo tai kostean tilan pistorasia katoksen seinään kiinnitettynä. Koteiloista muutamat olivat kellolla ja vikavirtasuojalla varustettuja. Osassa autopaikoista vaiheittain rakentaminen kuitenkin näkyi vieläkin selvemmin, kun jälkepäin rakennetussa katoksessa oli lämmityskoteloille myös tolpat.

Paikoitusalueen oma sähköliittymä, jonka kaapelointi oli toteutettu AXMK 4x50:llä ja suojaus 3x63 A etusulakkeilla, tuli suoraan muuntamolta. Liittymän koko oli niin pieni, että sisätilalämmittimien käyttö oli jouduttu kieltämään jo aiemmin.

### **7.1 Lähtökohdat**

Asiakkaan toiveena oli ratkaisu, jossa jokaiseen lämmityspisteeseen asennettaisiin kellolla varustettu autolämmityskotelo ja tehokapasiteettia löytyisi myös sisätilalämmittimien käyttöön. Lisäksi asiakas halusi, että muutama paikoitusalueen au-

topaikoista varustettaisiin hybridauton latauslaitteella. Tulevaisuuden varalta varaus latauslaitteille toivottiin noin 20 paikkaan.

## 7.2 Kuormituksen laskenta

### 7.2.1 Autolämmitys

Keskimääräiseksi lohkolämmittimen tehoksi voidaan arvioida 500 W, vaikkakin uusien ja vanhempien autojen välillä esiintyy pientä vaihtelua. Jälkiasennettavissakin säteily- ja letkulämmittimissä lämmitysteho on myös samaa luokkaa. Sisätilalämmittimien tehoissa on suurempia eroja. Esimerkiksi Defa tarjoaa lämmittämiä, jotka ovat teholtaan 1200 W...1900 W. /37/

Vertailun vuoksi autolämmityksen kuormituslaskennat tehtiin pelkällä lohkolämmittimellä, lohkolämmittimellä ja 1000 W sisätilalämmittimellä sekä lohkolämmittimellä ja 2000 W sisätilalämmittimellä. Alkuvaiheessa, kun paikoitusalueella olisi 50 lämmityspaikkaa ja 4 latauspaikkaa, lämmityspaikkojen yhtäaikainen virrankulutus olisi seuraavanlainen:

- pelkkä lohkolämmitin

$$\frac{50 \cdot 500 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 3} = 36,23 \text{ A} \rightarrow \text{n. } 3 \times 36 \text{ A} \quad (1)$$

- lohkolämmitin + 1000 W sisätilanlämmitin

$$\frac{50 \cdot (500 \text{ W} + 1000 \text{ W})}{230 \text{ V} \cdot 3} = 108,69 \text{ A} \rightarrow \text{n. } 3 \times 109 \text{ A} \quad (2)$$

- lohkolämmitin + 2000 W sisätilanlämmitin

$$\frac{50 \cdot (500 \text{ W} + 2000 \text{ W})}{230 \text{ V} \cdot 3} = 181,16 \text{ A} \rightarrow \text{n. } 3 \times 181 \text{ A} \quad (3)$$

Mikäli kuormitus lasketaan sen mukaan, että latauspaikkoja olisi 20 ja lämmityspaikkoja 34, lämmityspaikkojen yhtäaikainen virrankulutus olisi seuraavanlainen:

- pelkkä lohkolämmitin

$$\frac{34 \cdot 500 \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 3} = 24,63 \text{ A} \rightarrow \text{n. } 3 \times 25 \text{ A} \quad (4)$$

- lohkolämmitin + 1000 W sisätilanlämmitin

$$\frac{34 \cdot (500 \text{ W} + 1000 \text{ W})}{230 \text{ V} \cdot 3} = 73,91 \text{ A} \rightarrow \text{n. } 3 \times 74 \text{ A} \quad (5)$$

- lohkolämmitin + 2000 W sisätilanlämmitin

$$\frac{34 \cdot (500 \text{ W} + 2000 \text{ W})}{230 \text{ V} \cdot 3} = 123,19 \text{ A} \rightarrow \text{n. } 3 \times 123 \text{ A} \quad (6)$$

### 7.2.2 Lataus

Sähköautojen latausajankohdat osuvat osin muulle ajalle kuin lämmitys, koska sähköautot pyritään lataamaan täyteen yleensä pikaisesti ajon jälkeen. Kuitenkin myös sähköautot ja hybridit vaativat lämmitystä pakkasaamuina. Lisäksi jo aiemmin täyteen ladatut akut saattavat menettää varausta pakkasella, joten myös lataus käynnistyy uudelleen ennen lähtöajankohtaa sisätilanlämmityksen yhteydessä.

Autojen latauspisteitä mietittäessä todennäköisesti ensimmäiset latausta tarvitsevat autot ovat ladattavia hybridejä. Kyseinen suuren mittakaavan muutostyö kannattaa kuitenkin tehdä tulevaisuudennäkymät huomioiden ja varautua myös täys-sähköautojen lataukseen. Mikäli sähköautokanta alkaa merkittävästi kasvamaan, tulevaisuudessa 20 latauspaikan tarve ei ole mahdottomuus. Tällöin mitoitus olisi järkevää tehdä siten, että näille jokaiselle autopaikalle varataan 11 kW eli 3x16 A latausmahdollisuus. Useimmissa tapauksissa tämä on riittävä, sillä auton latausmahdollisuudet myös työpaikoilla ja kauppakeskuksissa ovat koko ajan yleisty-mässä.

Usean auton yhtäaikaisen lataamisen varalle tulisi järjestää kuormahallinta, jolloin taattaisiin jokaiselle kuitenkin vähintään 3x7 A latausvirta, sillä latauslaite katkai-see lataustapahtuman, mikäli latausvirta laskee alle 6 ampeerin. Pelkästään 20 la-tauspaikan ryhmälle olisi taattava 3x140 A virta. Latauspaikkamäärien kasvaessa täytyy lisäksi huomioida loisteho ja virran yliaallot.

## 7.3 Ratkaisuesitys

### 7.3.1 Autolämmitys

Lämmityspisteiksi jääville autopaikoille, joille haluttiin uudet lämmityskotelot, asennetaan elektronisella kellolla ja termostaattiohjauksella varustetut pistorasia-kotelot. Kello asetetaan lähtöajan mukaan ja sopiva lämmitysaika säätyy automaattisesti ulkolämpötilan mukaan. Leudolla kelillä tavallisen kellon turhan pitkä kahden tunnin lämmittäminen lyhentyisi ja sillä säästettäisiin energiaa ja samalla kevennettäisiin koko sähköjärjestelmän kuormaa. Sopiva vaihtoehto tähän olisi Garo AEL 216-2 (**Kuva 13.**). Tässä mallissa on yhdistetty 16 A johdonsuojakatkaisija ja 30 mA vikavirtasuojakytkin.



**Kuva 13.** Garo AEL 216-2

### 7.3.2 Lataus

Kyseinen kohde voitaisiin toteuttaa siten, että 4 vanhaa autolämmityspaikkaa muutettaisiin yhdistelmä latauspisteiksi. Näissä latauspisteissä on mahdollisuus sekä ajoneuvon lataukseen että lämmitykseen. Tämä palvelisi parhaiten etenkin

lähitulevaisuudessa, kun paikoitusalueelta ei vielä löydy neljää ladattavaa ajoneuvoa. Näin ollen myös näissä autopaikoissa säilyisi mahdollisuus tavallisen polttomoottorikäyttöisen auton esilämmittämiseen. Kyseisestä yhdistelmäelementistä saatava latausvirta on 10 A, tosin maadoitetulla pistokkeella varustetut latauskaapelit ovat usein rajoitettu 8 A virralle. Se kuitenkin riittää hybridi-auton akun täyteen lataamisen akun koosta riippuen n. 5–8 tunnissa. Markkinoilla on kuvan 14 mukainen Garo IDL216-2F kWh –yhdistelmäelementti, jossa samassa elementissä on paikka kahden auton lataukseen ja lämmitykseen. Laite toimii siten, että lataustapahtuma alkaa välittömästi auton laitteeseen kytkennän jälkeen ja loppuu viimeistään lämmityksen alkaessa. Yhdistelmäelementit ovat asennettavissa Garon valmistamaan tyhjiin koteloon tai vaihtoehtoisesti tavalliseen lämmityskoteloon vanhan elementin tilalle, mikäli vanhat lämmitysrasiat ovat juuri Garon valmistamia. Malli on saatavilla kulutusmittarilla varustettuna, joten latauskustannukset voidaan myöhemmin laskuttaa käyttäjältä. Lisäksi vikavirtasuojat sisältyvät elementtiin.



**Kuva 14.** Garo IDL216-2F kWh –yhdistelmäelementti.

Toinen vaihtoehto olisi panostaa tehokkaampiin latauslaitteisiin ja asentaa dynaamisella kuormanhallinnalla varustetut älykkäät latauspisteet myös neljään en-

simmäisenä muutettavaan autopaikkaan. Tällöin ne soveltuisivat latausnopeudeltaan hybridien lisäksi myös täyssähköautojen lataamiseen.

Sopiva vaihtoehto olisi Lännen Omavoiman tarjoama kuvan 15 mukainen Pömpeli Koti ICU Eve, joka on Virta-palveluntarjoajan latauslaite. Se on kahdella tyyppin 2 latauspistokkeella ja vikavirtasuojalla varustettu malli. Tyyppin 2 pistoke on julkisilla latauspisteillä pakollinen pistoketyyppi, joten jokaiselta sähköauton omistajalta tulisi löytyä tämän tyyppin latauskaapeli.

Hyvänä ominaisuutena tällä latauslaitteella on käytön helppo laskutus, sillä lasku toteutuneesta kulutuksesta voidaan ohjata suoraan käyttäjälle. Latausasemaa voidaan käyttää RFID-lukijalla tai mobiilisovelluksella etänä. Kommunikointi Virran palveluun tapahtuu SIM-kortin kautta datayhteydellä, jolloin yleensä älykkäiden järjestelmien vaatimaa yleiskaapelointia ja erillistä kuormaa hallitsevaa päätettä ei tarvita.



**Kuva 15.** Pömpeli Koti ICU Eve

### 7.3.3 Liittymämuutokset

Liittymän huippukuormaa laskettaessa täytyi tehdä arvio yhtäaikaisista käyttäjistä. 54 autopaikan paikoitusalueesta arvoitiin, että suurin yhtäaikainen käyttäjämäärä voisi olla korkeintaan 80 % paikoitusalueen käyttäjistä. Myös ST-kortin 13.31 mukaan paikoitusalueen sähköjärjestelmän mitoituksessa tulisi käyttää kyseisestä suurimmasta yhtäaikaisesta käyttöasteesta tulevaa 0,8:n tasauskerrointa.

Suurin tarve lämmitykselle olisi arki-aamuisin klo 5–8. Arvioon päädyttiin siltä pohjalta, että nämä 40 olisivat aamuvuoroon lähteviä työntekijöitä. Muut autoilijat olisivat muuhun aikaan autolla liikkuvia vuorotyöläisiä, myöhemmin liikkeelle lähteviä eläkeläisiä, työttömiä, julkisia liikennevälineitä käyttäviä tai esim. pyöräillen työmatkansa kulkevia.

Liittymiskaapelin suurennusta mietittäessä otetaan huomioon kappaleen 7.2.1 mukaisten laskelmien suurin mahdollinen kuormitus eli järjestelmä 20 latauspaikalla ja 34 lämmityspaikalla, joissa sallitaan 2000 W sisätilälämmitin. Latauspaikat vaatisivat laskelmien mukaan 3x140 A ja lämmityspaikat 3x123 A. Nämä kuormat yhdistettynä ja kerrottuna tasauskerroimella, olisi virran tarve n. 210 A. Tällöin riittävä liittymäkoko olisi 3x250 A. Yhdistetyille lataus- ja lämmitysjärjestelmille ei ole määritelty erikseen tasauskerrointa. Voidaan kuitenkin olettaa, että järjestelmä ei ylikuormitu käytettäessä samaa mitoitusastetta kuin pelkkien lämmityspaikkojen mitoituksessa.

Alkutilanteessa, jossa latausryhmään asennettaisiin lataustavan 3 mukainen latausmahdollisuus neljälle autolle, tulisi liittymäkoon valinnassa huomioida 3x181 A lämmitysvirta. Hybridit kykenevät ottamaan vastaan latausta vain yhdellä tai kahdella vaiheella. Jos oletetaan näiden neljän hybridin jokaisen lataavan kahdella vaiheella, olisi yhteiskuormitus kahdelle vaiheelle 48 A ja yhdelle vaiheelle 32 A, joista mitoituksessa huomioidaan raskaammin kuormitetut vaiheet. Näin ollen, tasauskerroin huomioituna, koko järjestelmän kuormitus olisi n. 183 A. Riittävä liittymäkoko olisi 3x200 A.



Koska liittymiskaapelikin tulisi vaihtaa, olisi syytä käyttää riittävän paksua kaapelia, esim. AXMK 4x185 S, joka riittäisi varmasti myös tulevaisuuden tarpeisiin. Liittymisjohdon lievä ylimitoitus ei ole merkittävä kulu näin laajassa muutostyössä, mutta saattaa säästää suuren summan tulevaisuutta silmällä pitäen. Myös vanha AXMK 4x50 S –syöttökaapeli olisi hyvä jättää varalle rinnakkaissyötöksi, jos sähköntarve tulevaisuudessa kasvaa entisestään.

#### **7.3.4 Kaapelointi**

Suurimmalle, 31 auton autokatosryhmälle, tulisi vetää jakokaapilta uusi nousukaapeli, joka kytkettäisiin katokseen asennettavaan keskukseen. Tästä keskuksesta neljä latausasemaa saisi kukin oman syöttökaapelin eli latausasemia ei ketjutettaisi. Kyseiseltä keskukselta tehtäisiin lähtö myös saman katosryhmän autolämmityskeskukseen. Jo olemassa olevan keskuksen hyödyntämismahdollisuus täytyy vielä selvittää tarkemmin, mikäli muutostyö toteutetaan.

Maan alle vedettävät kaapelit putkitetaan, jolloin kaapelin vaihtaminen tarvittaessa onnistuisi ilman uusia maanrakennustöitä. Pääosin kaapeloinnit voidaan kuitenkin tehdä kustannustehokkaasti pinta-asennuksina autokatoksissa

Latausasemien asennuksessa tulee huomioida, että osaa autoista on mahdollista ladata vain yhdellä tai kahdella vaiheella. Siksi vaiheita tulee vuorotella kuormien tasaamiseksi. Vuorottelu täytyy kuitenkin tehdä siten, että kiertosuunta pysyy oikeana, sillä jotkut sähköautoista vaativat oikean kiertosuunnan. Lämmityskoteloiden kaapelointi sen sijaan voidaan tehdä ketjuttamalla, vaiheita vuorotellen. Sopiva kaapeli määräytyy sen mukaan, montako lämmitysrasiaa yhteen ketjuun asennetaan. Lämmitysrasioiden kaapeloinnissa ei tule huomioida tasauserrointa, vaan mitoitus tulee tehdä suurimman mahdollisen kuormituksen mukaan.

## 8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Sähköautojen yleistyminen ei tule olemaan aivan ongelmaton asia, vaan se aiheuttaa tulevaisuudessa erinäisiä haasteita sähköjärjestelmille. Erityisesti pienjänniteliittymät joutuisivat kovalle, mikäli sähköautot yleistyvät merkittävästi. Siirto- ja jakeluverkkojen ei tosin oleteta jäävän liian pieniksi tulevaisuudessakaan, sillä valtakunnallisesti sähkönkulutus on laskenut viime vuosina /38/. Myös jatkuvasti energiatehokkaammiksi muuttuvat sähkölaitteet tukevat tätä trendiä jatkossakin.

Uusien säävarmojen verkkojen rakentamisessa tulisi vakavasti miettiä, kannattaisiko panostaa tulevaisuuteen ja rakentaa tarpeeksi vahvoja verkkoja, jotka selviävät myös tulevaisuuden haasteista. Usein esim. omakotitalon ensimmäiselle autolle lataaminen saadaan järjestettyä, mutta mikäli sähköautoja tulisi samaan taloon useampia, osoittautuisi sähköliittymä todennäköisesti liian pieneksi. Tosin on vaikea ennustaa, ottavatko sähköautot hallitsevan aseman tulevaisuuden automarkkinoilla vai löytyykö liikenteen päästötavoitteisiin pääsemiseksi sähköautoja parempia ratkaisuja.

Paikoitusalueiden lämmitys- ja latausjärjestelmien toteutukseen erillisinä kokonaisuuksina löytyy mm. ST-kortistosta hyviä ohjeita. Esim. autolämmitysjärjestelmien mitoituksessa käytettävä suurimmasta yhtäaikaisesta käyttöasteesta kertova tasauskerroin on pitkän ajan kokemuksiin perustuva luku. Tämän kertoimen luvuutaan toimivan 99 % tapauksista. Myös latausjärjestelmien mitoitukseen on viime aikoina alkanut ilmestyä ohjeita. Sen sijaan lämmitys- ja latausjärjestelmien yhdistäminen on asia, josta ei juurikaan tietoa löydy. Suuret kuormat ja niiden oletettu eriaikaisuus optimaalisen liittymäkoon valinnassa, aiheuttavat vielä päänvaivaa. Tulevaisuudessa kuitenkin saataneen malleja yhdistelmäjärjestelmien rakentamiseen kokemuksien ja mittauksien perusteella. Asiakkaan paikoitusalueen katselmuksaatiin kuitenkin tehtyä, kuten myös alustavat suunnitelmat latauspisteiden toteutukselle.

## LÄHDELUETTELO

/1/ Tietoa Lännen Omavoimasta. Lännen Omavoima. Viitattu 24.5.2018.

<https://lannenomavoima.fi/asiakaspalvelu/tietoa-lannen-omavoimasta>

/2/ Sähköntuotanto. Rauman Energia. Viitattu 24.5.2018

<https://raumanenergia.fi/yritystietoa/sahkontuotanto>

/3/ Vuosikertomus 2017. Vakka-Suomen Voima. Viitattu 24.5.2018

[https://www.vsv.fi/sites/default/files/vakka-suomen\\_voima\\_vuosikertomus\\_217.pdf](https://www.vsv.fi/sites/default/files/vakka-suomen_voima_vuosikertomus_217.pdf)

/4/ Bellis, M. 2017. A History of Electric Vehicles. Viitattu 24.3.2018.

<https://www.thoughtco.com/history-of-electric-vehicles-1991603>

/5/ Matulka, R. 2014. The History of the Electric Car. Viitattu 24.3.2018.

<https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>

/6/ 10 miljoona hybridiä. Toyota. Viitattu 25.3.2018.

<https://www.toyota.fi/ajankohtaista/uutiset/10-miljoonaa-hybridia.json>

/7/ Teslan tavoitteena on nopeuttaa maailman siirtymistä kestävään energiaan.

Tesla. Viitattu 29.3.2018. [https://www.tesla.com/fi\\_FI/about/press/releases/tesla-motors-begins-regular-production-2008-tesla-roadster?redirect=no](https://www.tesla.com/fi_FI/about/press/releases/tesla-motors-begins-regular-production-2008-tesla-roadster?redirect=no)

/8/ Nordic EV Outlook 2018. ECD, IEA. Viitattu 30.3.2018.

<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/NordicEVOutlook2018.pdf>

/9/ Sähköauton hankintatuki. Trafi. Viitattu 30.3.2018.

[https://www.trafi.fi/oleedellakavija/tayssahkoauto/sahkoauton\\_hankintatuki](https://www.trafi.fi/oleedellakavija/tayssahkoauto/sahkoauton_hankintatuki)

/10/ Tarkistuslista romutuspalkkion saamiseksi. Trafi. Viitattu 2.5.2018.

[https://www.trafi.fi/tieliikenne/romutuspalkkio/tarkistuslista\\_romutuspalkkion\\_saamiseksi](https://www.trafi.fi/tieliikenne/romutuspalkkio/tarkistuslista_romutuspalkkion_saamiseksi)

/11/ Säädös 971/2017. Laki henkilöautojen romutuspalkkiosta ja sähkökäyttöisten henkilöautojen hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- tai etanolikäyttöisiksi muuntamisen tuesta. Viitattu 30.3.2018.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170971>

/12/ Ajoneuvoveron perusvero hiilidioksidipäästön mukaan 1.1.2017-. Trafi. Viitattu 31.3.2018.

[https://www.trafi.fi/filebank/a/1451562298/0c255e16194750e2e32e41437f7012f9/19402-Ajoneuvoveron\\_perusvero\\_co2\\_mukaan.pdf](https://www.trafi.fi/filebank/a/1451562298/0c255e16194750e2e32e41437f7012f9/19402-Ajoneuvoveron_perusvero_co2_mukaan.pdf)

/13/ Laki autoverolain muuttumisesta. Vero. Viitattu 31.3.2018.

[https://www.vero.fi/contentassets/92096417cc914396b8d3d661359faf2e/verotaulukko-1\\_-laki-autoverolain-muuttamisesta-1481\\_2015.pdf](https://www.vero.fi/contentassets/92096417cc914396b8d3d661359faf2e/verotaulukko-1_-laki-autoverolain-muuttamisesta-1481_2015.pdf)

/14/ Volkswagen Golf 4-oviset. Viitattu 31.3.2018.

[https://www.volkswagen.fi/content/dam/vw-ngw/vw\\_pkw/importers/fi/hinnastot/ha%20vw%202018%2002%2028%20golf%204-ovi-set%20nro%2048.pdf/\\_jcr\\_content/renditions/original./ha%20vw%202018%2002%2028%20golf%204-oviset%20nro%2048.pdf](https://www.volkswagen.fi/content/dam/vw-ngw/vw_pkw/importers/fi/hinnastot/ha%20vw%202018%2002%2028%20golf%204-ovi-set%20nro%2048.pdf/_jcr_content/renditions/original./ha%20vw%202018%2002%2028%20golf%204-oviset%20nro%2048.pdf)

/15/ Hybridiauto. Motiva. Viitattu 24.5.2018.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaaсти\\_valitse\\_auto\\_viisaaсти/autotyypit/hybridiauto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaaсти_valitse_auto_viisaaсти/autotyypit/hybridiauto)

/16/ Sähköautotyypit. Plugit. Viitattu 19.5.2018. [https://plugit.fi/fi-fi-](https://plugit.fi/fi-fi/article/sahkoautot/sahkoautotyypit/172/)

[article/sahkoautot/sahkoautotyypit/172/](https://plugit.fi/fi-fi/article/sahkoautot/sahkoautotyypit/172/)

- /17/ Toimintasäde – kuinka pitkälle akku riittää? Tesla Club Finland. Viitattu 17.5.2018. <https://www.teslaclub.fi/FAQ/Toimintas%C3%A4de/>
- /18/ Täyssähköauto. Motiva. Viitattu 17.5.2018. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viis\\_aasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/autotyyppeja/tayssahkoauto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viis_aasti/valitse_auto_viisaasti/autotyyppeja/tayssahkoauto)
- /19/ Brain, M. 2006. How Lithium-ion Batteries Work. Viitattu 11.5.2018. <https://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/lithium-ion-battery.htm>
- /20/ Teollisuusmoottorit ja ajoneuvojen moottorit. Sähköautot. Viitattu 7.5.2018. <http://www.sahkoautot.fi/wiki:moottori>
- /21/ Ohjain. Sähköautot. Viitattu 19.5.2018. <http://www.sahkoautot.fi/wiki:kontrolleri>
- /22/ Poole, I. Lithium Ion Battery Advantages & Disadvantages. Viitattu 12.5.2018. <http://www.radio-electronics.com/info/power-management/battery-technology/lithium-ion-battery-advantages-disadvantages.php>
- /23/ What's the Best Battery? Battery University. Viitattu 13.5.2018. [http://batteryuniversity.com/learn/archive/whats\\_the\\_best\\_battery](http://batteryuniversity.com/learn/archive/whats_the_best_battery)
- /24/ Toyota Auris hybrid technical specifications. Toyota. Viitattu 12.5.2018. [http://media.toyota.co.uk/wp-content/files\\_mf/1331114076120301MTOYOTAAURISHYBRIDTECHNICALSPECIFICATIONS.pdf](http://media.toyota.co.uk/wp-content/files_mf/1331114076120301MTOYOTAAURISHYBRIDTECHNICALSPECIFICATIONS.pdf)
- /25/ SFS 6000-7-722:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Helsinki: Suomen standardisoimisliito. 2017.
- /26/ IP ja IK-luokitukset. Fibox. Viitattu 19.5.2018. [http://www.fibox.fi/10/IP%20ja%20IK%20-luokitukset\\_FIN1.html](http://www.fibox.fi/10/IP%20ja%20IK%20-luokitukset_FIN1.html)

/27/ ST51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus.

/28/ Lataussuositus 2018. Sesko. Viitattu 15.4.2018.

[http://www.sesko.fi/files/889/Lataussuositus\\_2018\\_2018-03-08.pdf](http://www.sesko.fi/files/889/Lataussuositus_2018_2018-03-08.pdf)

/29/ EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin uudistaminen sinettiä vaille valmis – sähköautojen latausmahdollisuuksia vauhditetaan. Viitattu 20.5.2018.

<http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Rakentaminen/EUn\\_rakennusten\\_energiatehokkuusdirektii\(45926\)](http://www.ymparisto.fi/fi-Rakentaminen/EUn_rakennusten_energiatehokkuusdirektii(45926))

/30/ Hyödyllistä tietoa lataamisesta. Plugit. Viitattu 26.4.2018. <https://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/ohjeita-lataamiseen/123/>

/31/ Lambert, F. 2016. Tesla quietly upgraded its Superchargers for faster charging, now capable of 145 kW. Viitattu 19.5.2018.

<https://electrek.co/2016/07/20/tesla-supercharger-capacity-increase-145-kw/>

/32/ Sähköauton latauslaitteet. Plugit verkkokauppa. Viitattu 19.5.2018.

<https://kauppa.plugit.fi/>

/33/ Lataa turvallisesti: Dynaaminen kuormanhallinta huolehtii kiinteistön sähkökapasiteetista. Virta. Viitattu 22.4.2018. <https://www.virta.global/news-fi/dynaaminen-kuormanhallinta-ja-s%C3%A4hk%C3%B6auton-lataus>

/34/ Sähköautojen julkiset latauspisteet. Plugit. Viitattu 7.5.2018.

<https://service.plugit.fi/kartta>

/35/ Julkisen latauksen hinnat. Helen. Viitattu 19.5.2018.

<https://www.helen.fi/sahko/taloyhtiot/sahkoautojen-lataus/latauspisteiden-hinnat/>

/36/ Jakeluinfradirektiivi 2014/94/EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0094&from=FI>

/37/ Sisätilanlämmittimet. Defa. Viitattu 20.5.2018.

<https://www.defa.com/fi/autolampo/sisatilanlammitimet/>

/38/ Keränen, M. 2016. Viitattu 11.5.2018. Fingrid vakuuttaa: "piuhat kestävät, vaikka kaikki Suomen autot olisivat sähkökäyttöisiä".

<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/autot/fingrid-vakuuttaa-piuhat-kestavat-vaikka-kaikki-suomen-autot-olisivat-sahkokayttoisia-6608648>