



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# SÄHKÖAUTOJEN LATAUSJÄRJESTELMÄT JA ESISUUNNITELMA

Toni Kittilä

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2017  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka



# TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

KITTILÄ, TONI

Sähköautojen latausjärjestelmät ja esisuunnitelma

Opinnäytetyö 64 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2017

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää tietoa sähköautoilusta ja kertoa sähköautojen latausjärjestelmistä. Esisuunnitelmaa varten tehtiin taustakartoitusta erilaisista lataustavoista, tekniikoista ja ohjausjärjestelmistä. Lisäksi työssä tehtiin Insta Group Oy:lle erillinen esisuunnitelma sähköautojen latausjärjestelmistä.

Tällä hetkellä Suomessa on meneillään monia hankkeita, joiden tarkoituksena on laajentaa sähköautojen julkista latausverkostoa ja näin lisätä sähköautojen hankintahalukkuutta. Latausverkoston laajentaminen ei yksinään riitä, vaan valtion tulisi avustaa sähköautojen hankintaa monin eri tavoin.

Markkinoilla on erilaisia ja erityyppisiä sähköautoille tarkoitettuja latausjärjestelmiä. Kaikki järjestelmät eivät kuitenkaan sovi Suomen oloihin. Syitä tähän ovat pakkaskestävyys ja latauspistorasioiden tai -pistokkeiden yhteensopivuus. Järjestelmien maksullinen käyttö edellyttää, että laskutusohjelmat ja latausjärjestelmät sopivat yhteen.

Opinnäytetyön laskelmissa päädyttiin siihen, että latauksessa on otettava huomioon loisteho ja harmoniset yliaallot. Yksivaiheisessa latauksessa voidaan mitoittaa nollajohdin hieman vaihejohdinta suuremmaksi, jonka avulla yliaallot pystytään kuristamaan johtimen impedanssin avulla. Tulevaisuudessa joudutaan muuntamoihin ja jakokeskuksiin suunnittelemaan tilavaraukset loistehonkompensointia ja yliaaltojen kompensointia varten.

Opinnäytetyön osana tehty esisuunnitelma on salattu asiakkaan pyynnöstä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Service Engineering  
Electrical Building Services

KITTILÄ TONI

Electric Car Charging Systems and the Draft Plan

Bachelor's thesis 64 pages, appendices 4 pages  
April 2017

---

The goal of this thesis was to update information about electric cars and their charging systems. For the draft plan, different kinds of information was collected about charging systems, charging methods and controlling systems. In addition a separate draft plan was made for Insta Group Oy concerning charging systems for electric cars.

Currently in Finland there are many ongoing projects whose goal is to expand the public charging grid for electric cars and to ease the purchasing of electric cars. Expanding the charging grid will not be enough alone, the government should also assist in the process of purchasing an electric car.

Currently there are on the market different kinds of charging systems for electric cars. Not all of them are suitable for the conditions in Finland. To be useful in Finland they should be able to resist cold and compatible with local charging sockets and plugs. Also the billing system and the charging system have to be compatible.

Calculations presented in this thesis proved that in the charging process reactive power and harmonic overwaves must be noticed. In one phased charging the zero wire can be sized bigger than the phase wire so overwaves can be made smaller. In future transformers and electric centers must have space for reactive power control solutions and for over-wave compensation.

For confidential reasons, the draft plan made for this thesis is not included here.

---

Key words: electric vehicle, electric car charging, charging methods

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	SÄHKÖAUTOILUN KEHITTYMINEN JA CO <sub>2</sub> -PÄÄSTÖT.....	8
2.1	Hankkeet .....	8
2.2	Sähköautot osana älykästä sähköverkkoa (Smart grid) .....	10
2.2.1	V2H eli Vehicle to Home.....	12
2.2.2	V2G eli Vehicle to Grid .....	12
3	LATAUSJÄRJESTELMÄT.....	13
3.1	Lataustavat .....	14
3.1.1	Lataustapa 1 (Mode 1) .....	14
3.1.2	Lataustapa 2 (Mode 2) .....	15
3.1.3	Lataustapa 3 (Mode 3) .....	16
3.1.4	Lataustapa 4 (Mode 4) .....	16
3.1.5	Johdoton lataus eli induktiolataus .....	17
3.1.6	Akun vaihtoasema.....	18
3.2	Lataustapojen jako .....	19
3.2.1	Hidas lataus .....	19
3.2.2	Peruslataus .....	20
3.2.3	Teholataus (pikalataus) .....	21
3.2.4	Lataustapojen laskenta .....	23
3.2.5	Kustannukset eri lataustavoille .....	24
3.2.6	Latauksesta perittävät maksut .....	24
3.3	Latauspistokkeet .....	25
3.3.1	Latauspistoketyyppi 1 .....	26
3.3.2	Latauspistoketyyppi 2 .....	27
3.3.3	Latauspistoketyyppi 3 .....	28
3.3.4	Pikalatauspistoketyypit .....	28
3.4	Latauspisteet .....	30
3.4.1	Kotilatauspiste.....	31
3.4.2	Asukaslataus.....	32
3.4.3	Työpäivälataus .....	32
3.4.4	Pitkän matkan turva.....	32
3.4.5	Liityntäpysäköintilataus .....	33
3.4.6	Asioimislataus .....	33
4	SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEEN PERUSTAMINEN.....	34
4.1	Latauspisteen käyttö .....	34
4.2	Asennuspaikka .....	35

4.2.1	Omakotitalon kotilatauspiste.....	35
4.2.2	Taloyhtiön kotilatauspiste .....	35
4.3	Latauspisteen sijainti.....	37
4.4	Opasteet .....	39
4.5	Sähkösuunnitelma .....	39
4.5.1	Yliaallot ja loisteho .....	41
4.6	Luvat ja viranomaismääräykset .....	42
4.7	Paloturvallisuuteen liittyvät asiat.....	42
4.7.1	Sähkötekkinen toteutus .....	43
4.7.2	Ilmanvaihto .....	43
4.7.3	Latauspisteen sijoitus .....	44
4.7.4	Osastointi .....	44
5	SUUNNITELMA .....	45
5.1	Standardit .....	45
5.2	Mitoitus.....	46
5.2.1	Kaapeleiden mitoitus.....	47
5.2.2	Syöttökaapeli muuntajalta latauskeskukselle (jakokeskukselle)...	48
5.2.3	Syöttökaapelit latauskeskukselta latausasemille .....	51
5.3	Oikosulkusuojaus.....	52
5.4	Jännitteenalenema .....	54
6	POHDINTA.....	57
	LÄHTEET.....	58
	LIITTEET .....	61
	Liite 1. Latausasemien sijainnit parkkiruutuun nähden.....	61
	Liite 2. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (D1–2012).....	63
	Liite 3. Esisuunnitelma on (salattu) julkisesta opinnäytetyöstä .....	64

**LYHENTEET**

AC	Alternating current, vaihtovirta
DC	Direct current, tasavirta
EU	Euroopan Unioni
EL-TRAN	Tutkimushanke, jossa tutkitaan ympäristön kannalta kestäviä sähköenergiajärjestelmiä
Mennekes	Tyypin 2 sähköauton latauspistokkeen nimitys
V2H	Sähköauton liittäminen osaksi kodin älykästä sähköverkkoa
V2G	Sähköauton liittäminen osaksi valtakunnallista sähköverkkoa
SFS	Suomen standardisoimisliitto ry
RFID	Radio Frequency IDentification
Yazaki	Tyypin 1 sähköauton latauspistokkeen nimitys

## 1 JOHDANTO

Aiheeni ajankohtaisuus herätti kiinnostukseni. Tulevaisuudessa fossiilisten polttoaineiden käytöstä halutaan luopua. Luonnonvarat ovat rajalliset. Lisäksi kaupunkien saasteongelmien takia etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja kulkuneuvojen energialähteiksi. Sähkökäyttöisten kulkuneuvojen avulla voidaan päästä huomattavasti saasteettomampaan kaupunkiympäristöön. Samalla halusin syventää tietämystäni sähköautojen latausjärjestelmistä. Tulevaisuudessa sähkökulkuneuvot tulevat korvaamaan fossiilisten polttoainejärjestelmien avulla toimivat kulkuneuvot.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan sähköautojen vaihtoehtoisia latausjärjestelmä-ratkaisuja. Lisäksi käsitellään sähköavusteisten polkupyörien ja muiden sähkötoimisten pienkulkuneuvojen lataukseen liittyviä toteutustapoja. Opinnäytetyössä keskitytään erityisesti markkinoilla olevien latausjärjestelmien kartoitukseen ja esisuunnitelman laatimiseen. Opinnäytetyö toteutetaan Sweco Talotekniikka Oy:lle, jonka asiakkaana toimii Insta Group Oy.

Työssä tehdään lisäksi esimerkkilaskelma kuvitteelliselle pysäköintialueelle. Garon LS4-latausasemat valittiin niiden monikäyttöisyyden ja yhdisteltävyyden takia. Lasketaan erilaisten lataustapojen lataamisnopeuksia ja vertaillaan erilaisten latausasemien hintoja.

## 2 SÄHKÖAUTOILUN KEHITTYMINEN JA CO<sub>2</sub>-PÄÄSTÖT

EU:n Pariisin sopimus velvoittaa Suomea vähentämään kasvihuonepäästöjä 40 % vuodesta 1990 vuoteen 2030. Vuoteen 2050 kasvihuonekaasupäästöjä täytyy vähentää 80–95 %. Tavoitteena on, ettei maapallon keskilämpötila nouse yli kahta astetta verrattuna esiteolliseen aikaan (TEMjul\_4\_2017).

EL-TRAN:in tekemän kyselyn mukaan suomalaiset eivät ole kiinnostuneita sähköautoilusta. Tutkimukseen osallistui 1345 henkilöä. Tutkimuksen mukaan 62 % miehistä ja 74 % naisista eivät aio hankkia sähköautoa (EL-TRAN).

Hallituksen energia- ja ilmastostrategia on asettanut tavoitteekseen, että vuonna 2030 Suomessa olisi noin 250 000 sähkökäyttöistä autoa. Tähän on laskettu täyssähköautot, vetyautot ja ladattavat hybridit. Sähkökäyttöisten autojen määrä oli vuonna 2016 noin 2200 kpl (TEMjul\_4\_2017).

Jakeluinfradirektiivin mukaan julkisten latauspisteiden määrä tulisi olla yksi piste kymmentä sähköautoa kohden. Jos Suomen sähkökäyttöisten autojen määrätavoite toteutuisi vuoteen 2030, olisi latauspisteiden määrä 25 000.

### 2.1 Hankkeet

Vuonna 2011 Tekes käynnisti EVE-nimisen ohjelman. Sen tarkoituksena on kehittää liiketoimintaa, joka lisäisi sähköajoneuvojen ja sähkökäyttöisten työkoneiden myyntiä. EVE-ohjelmaan kuuluu kaksi merkittävää hanketta. Eera Oy koordinoi pääkaupunkiseudun Sähköinen liikenne -ja Synocus Oy Kestävää kaupunkielämää -hanketta. Eera Oy keskittyy käyttäjäpuoleen ja Synocus Oy valmistajiin (Talouselämä 2011).

Molemmille hankkeille on yhteistä, että CO<sub>2</sub>-päästöt pienenevät ja työllisyys kasvaa sähköajoneuvojen parissa. Lisäksi hankkeiden tarkoituksena on saada käyttökokemuksia sähköautoista. Yritykset ja kaupungit, jotka ovat mukana näissä hankkeissa, voivat hakea tukea sähköautojen leasing-hankintaa varten. EERA -hankkeessa ajoneuvot varustetaan Soneran Matkalainen -tutkimuslaitteistolla.



Tukea on mahdollista saada myös latausratkaisuinvestointeihin. EERA -hankkeessa mukana olevat yritykset ovat voineet saada tukea sähköajoneuvojen leasing-maksun pääomaosuudesta 30 % ja latauspisteiden osalta 35 % investoinnista. Tällä hetkellä EERA -hankkeen määrärahat ovat lopussa, joten uusia tukia ei myönnetä. Vanhat tuensaajat saavat energiatukea vuoden 2017 loppuun asti (EERA-hanke).

Kuitenkin Eera -hanke on saanut lisärahoituksen Työ- ja elinkeinoministeriöltä 30.01.2017 päätös (DNro 609/521/2016). Tarkoituksena on tukea julkisen latausinfrastruktuurin kehittämistä. Ministeriön on tarkoitus tukea julkisia latauspisteitä vuosina 2017–2019 yhteensä 4,8 miljoonalla eurolla. Yritykset, jotka ovat tuen piirissä voivat hakea tukea julkisille latauspisteille. Tukiprosentit ovat 35 % pikalatausjärjestelmille ja 30 % peruslatauspisteille ja tukea voi saada ainoastaan niin sanotuille älykkäille latausjärjestelmille. Latausjärjestelmät, joihin sisältyy pika -sekä peruslatauspisteitä tukiprosentti on 30 % (lataustuki.fi).

Hyväksyttävät arvonlisäverottomat kustannukset (lataustuki.fi)

- Laitteiden hankinnat, niiden asennukset sekä muutokset- ja korjaustyö
- Laitteiden asennukseen liittyvistä rakennusteknisistä töistä ja niiden valvonnasta aiheutuvat kustannukset
- Laitteiden asennukseen liittyvistä raivaus ja maanrakennusteknisistä töistä aiheutuvat kustannukset
- Käyttöönnotosta ja käyttöönoton edellyttämästä käyttöhenkilökunnan koulutuksen aiheutuvat kustannukset
- Välittömästi investointiin liittyvien maa-alueiden hankinnasta aiheutuvat kustannukset, sillä rajoituksella, että niiden osuus kokonaiskustannuksista voi olla enintään 10 % prosenttia.
- Välittömästi investointiin liittyvien sähköjohtojen rakentamisesta ja jakeluverkon haltijan sähkön tuotannolta veloittamasta liittymismaksusta aiheutuvat kustannukset

Latausinfra tuen saamiselle on kuitenkin rajoituksia. Pitoaikavelvoite, jossa yritys lupautuu ostamaan uuden latauspisteen ja operoimaan sitä vähintään viiden vuoden ajan. Tänä aikana latauspisteen käyttötarkoitusta ei saa muuttaa, eikä latauspistettä saa myydä eteenpäin (lataustuki.fi).

Tuen piiriin ei kuulu

- Maatalouskiinteistö
- Asuinkiinteistöille, eikä asunto-osakeyhtiöille
- Ahvenanmaan itsehallintoalue
- Kotilatauspisteille
- Tuki ei koske käytettyjä laitteita
- Tuen piiriin ei hyväksytä rakennusaikaisia korkoja, eikä tuen saajan maksamia arvonlisäveroja
- Ei muita liittymiskustannuksia kuin edellä mainitut

## 2.2 Sähköautot osana älykästä sähköverkkoa (Smart grid)

Suomessa ollaan siirtymässä perinteisistä energiantuotantoyksiköistä yhä enemmän uusiutuviin energiantuotantojärjestelmiin esimerkiksi tuulisähköön. Tästä on tulossa ongelma kysynnän ja tarjonnan suhteen. Kun sähköautot yleistyvät ja latausjärjestelmät kehittyvät, voidaan sähköautoja alkaa hyödyntää sähköverkkojen tukena älykkäässä sähköverkossa (TEMjul\_4\_2017).

Sähköautojen akkuenergiajärjestelmä reagoi nopeasti high-tech -laitteistona. Nykyisin akkuenergiajärjestelmiä voidaan käyttää säätövoimana, kun tarvitaan voimajärjestelmien herkkää reagointia, vaativissa tasapainotustilanteissa. Sähköautojen lataus pystytään esimerkiksi keskeyttämään sekunneiksi tai minuuteiksi. Silloin sähköauton akku ei ole aamulla tyhjä, kysynnän joustosta huolimatta (Electromobility).

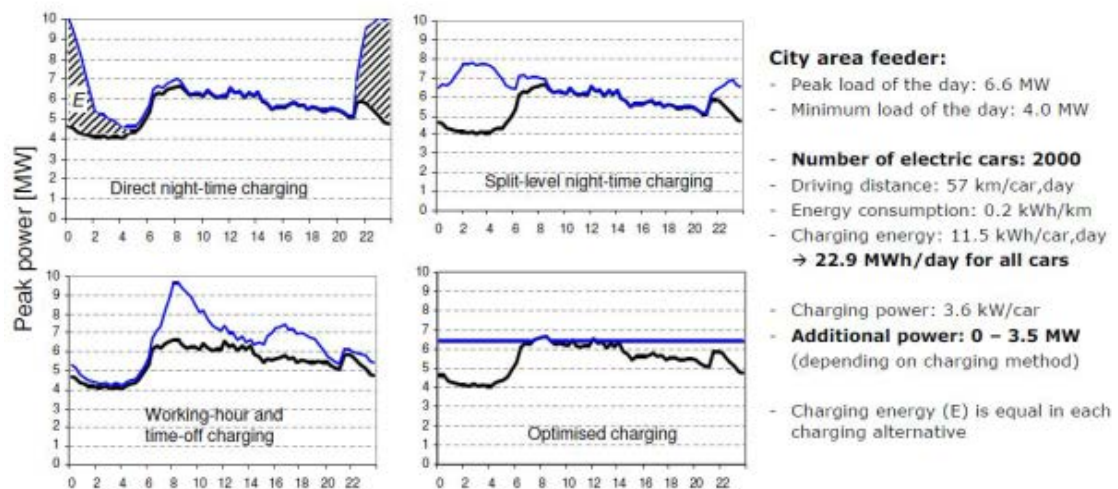
Osalla latausjärjestelmistä on valmius kaksisuuntaiseen virransyöttöön. Suurin osa sähköautoista ja lataushybrideistä ei pysty syöttämään virtaa kodin sähköjärjestelmään tai valtakunnan verkkoon.

Sähköautojen akkujen hyödyntäminen riippuu siitä, onko niihin asennettu inverttereitä. Nämä pystyisivät muuttamaan akkujen tasavirran vaihtovirraksi (Electromobility).

Kuviossa 1 tarkastellaan sähköautojen latausohjauksen vaikutusta pienen kaupungin sähkönsyöttötehoon (Sähköautojen tulevaisuus Suomessa). Tarkastelussa havaitaan, että huipputeho lisääntyy 0–3,5 MW eli (0...53 %) ja älykkäällä sähköautojen latauksella tehontarve ei kasva lainkaan.

#### Olettamukset

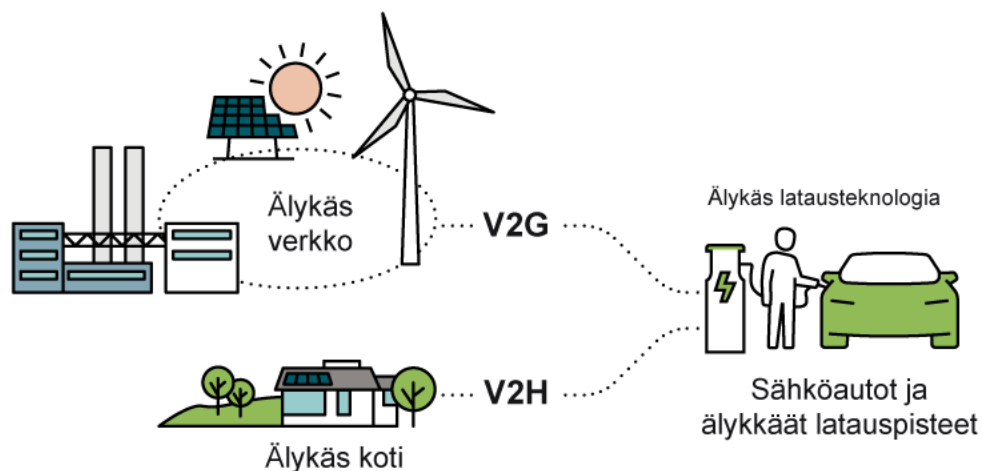
- Asukaslukumäärä n. 20 000
- Sähköasiakkaita 11 000
- Tehon maksimi/ minimi ilman sähköautoja 6,6/ 4,0 MW
- Sähköautojen lukumäärä 2 000
- Sähköautoihin vuorokaudessa ladattava energiamäärä 11,5 kWh, yht. 23 MWh (kaikissa tapauksissa sama)



KUVIO 1. Sähköautojen lataustavan vaikutus sähköverkkoon (Sähköautojen tulevaisuus Suomessa)

### 2.2.1 V2H eli Vehicle to Home

Lyhenteellä tarkoitetaan sähköauton liittämistä osaksi kodin älykästä sähköverkkoa. Sähköautoa pystytään käyttämään varavoimana esimerkiksi sähkökatkon aikana. Sähköauton akkuja voidaan ladata, kun sähkö on edullista esimerkiksi yöllä tai päivällä. Päivisin on aurinkoenergiaa. Älykkääseen sähköverkkoon liittämistä varten tarvitaan älykäs latauspiste, joka pystyy kaksisuuntaiseen virransyöttöön. Kuviosta 2 voidaan tarkastella V2H ja V2G eroja (Electromobility).



KUVIO 2. V2G ja V2H erot (Electromobility)

### 2.2.2 V2G eli Vehicle to Grid

V2G tarkoitetaan sähköauton yhdistämistä valtakunnalliseen sähköverkkoon. Sähköautoilla pystytään tasaamaan kulutusta niiden akkukapasiteetin avulla. Laajaa V2G käyttöä varten tulisi asentaa älykkäät latauspisteet ja miettiä miten sähköauton omistajalle korvataan akkujen käytöstä. Vuokratuissa akuissa tätä ongelmaa ei ole (Electromobility).

### 3 LATAUSJÄRJESTELMÄT

Standardissa (EN 62196–1, 2012), joka käsittelee sähköautojen latausjärjestelmiä, on maininta käyttölämpötiloista. Suomen oloissa laitteistojen ja kaapeleiden tulee kestää -30– 50 °C lämpötiloja. Ulos asennettavien latauspisteiden IP-luokitus tulee olla vähintään IP 44:n luokituksen omaavia. Tulevassa SFS 6000–1 standardissa, joka on ehdotuskierroksella, on maininta myös sisätiloissa olevan latauslaitteen IP-luokituksesta IP 41.

Latauslaitteistolle on määritelty (SFS 6000–7–722, 2012) standardissa mekaanisen iskun kestävyys. Valvotuissa olosuhteissa latauslaitteistolle on rajoitettu pääsy. Laitteiston tulee kestää vähintään IK08-luokan mukainen ulkoinen isku. Julkisilla valvomattomilla latauspaikoilla on mekaanisen iskun kestoisuus oltava vähintään IK10-luokkaa. Julkisissa latauspisteissä suositellaan kuitenkin käytettäväksi IK10-luokkaa. Ehdotuskierroksella olevassa SFS 6000–1 on maininta, että paikkoihin joihin on rajoitettu pääsy, voidaan asentaa mekaanisen iskun kestoisuudeltaan vähintään IK07-luokan latauslaitteisto. Suositellaan kuitenkin vähintään IK08-luokan latauslaitteistoja.

Ulosasennettavien latauslaitteistojen vikavirtasuojien on kestettävä -25 °C lämpötiloja ja niiden on oltava vähintään A-tyyppiä. Monivaiheisissa syötöissä on suojauduttava tasasähkövioilta käyttämällä esim. B-tyyppin vikavirtasuojaa. Ehdotuskierroksella olevassa SFS 6000–1 on maininta, että latauskäyttöön tarkoitettussa pistorasiassa tai pistokkeessa on oltava käytössä toimet tasasähkövikavirroilta suojaamiseksi.

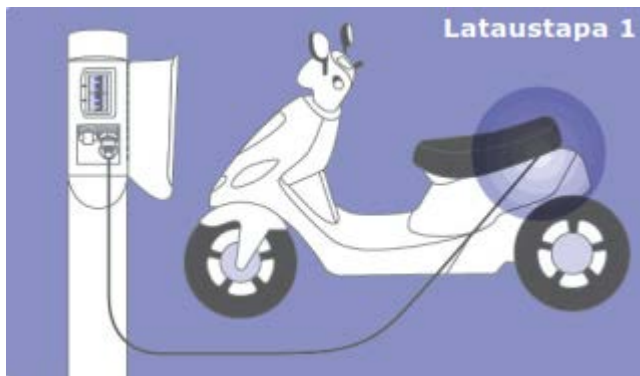
Latausaseman suojaustoimenpiteet

- B-tyyppin vikavirtasuojan käyttö
- A-tyyppin vikavirtasuojia ja soveltuvat laitteet, joilla varmistetaan poiskytkentä tasasähkövikavirran ylittäessä 6 mA.

### 3.1 Lataustavat

#### 3.1.1 Lataustapa 1 (Mode 1)

Sähköajoneuvojen lataustavat jaetaan neljään eri lataustapaan. Näiden lataustapojen lisäksi on kokeiluasteella myös johdoton lataus eli induktiolataus sekä akun vaihtoasemat. Lataustavalla 1 ladataan lähinnä kevyitä sähköajoneuvoja. Poikkeustapauksissa voidaan ladata myös sähköautoja. Lataus tapahtuu joko yksi- tai kolmivaiheisesta maadoitetusta vaihtosähköpistorasiasta, jolloin käytetään enintään 16 A vaihevirtaa. Latauksessa käytettävän pistorasian suojauksessa edellytetään vikavirtasuojausta. (ST51.90, 2013). Kuvassa 1 nähdään esimerkki lataustapa yhdestä.

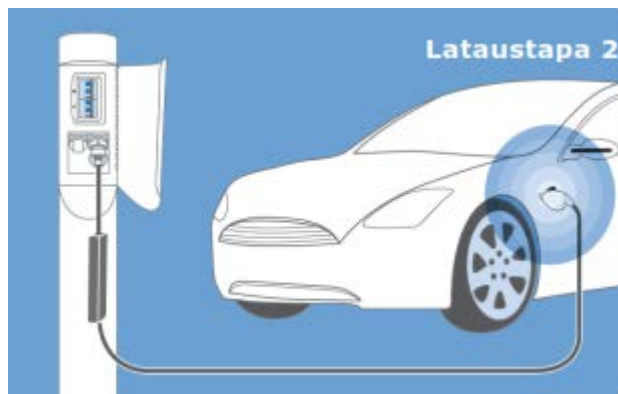


KUVA 1. Lataustapa 1 (Kuva: SESKO ry)

### 3.1.2 Lataustapa 2 (Mode 2)

Lataustavalla 2 ladataan sähköajoneuvoja tilapäisesti tai rajoitetusti. Pistorasioita ja kaapeleita ei ole suunniteltu kestäämään jatkuvia 16 A latausvirtoja. Standardin SFS 5610 mukaisesti kotitalouspistorasioille tehdään ylikuormitustesti 22 A:lla 1 h ajan.

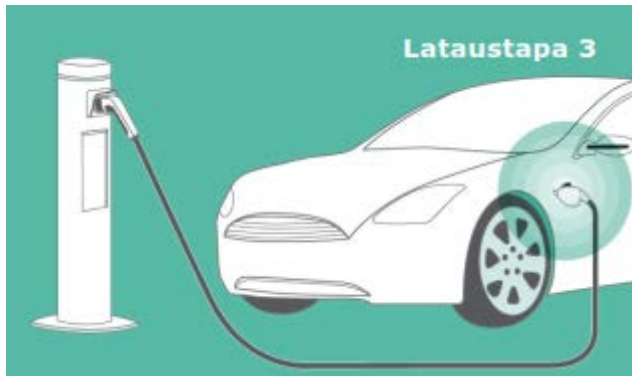
Rajoitetuksi latausvirraksi tulee asettaa 8 A. Lataus tapahtuu joko yksi- tai kolmivaiheisesta maadoitetusta vaihtosähköpistorasiasta. Silloin käytetään enintään 32 A vaihevirtaa. Tämä lataustapa yleistyy taloyhtiöiden lämmitystolppiin tehtävissä latausratkaisuissa. (ST51.90, 2013). Kuvassa 2 nähdään esimerkki lataustapa kahdesta.



KUVA 2. Lataustapa 2 (Kuva: SESKO ry)

### 3.1.3 Lataustapa 3 (Mode 3)

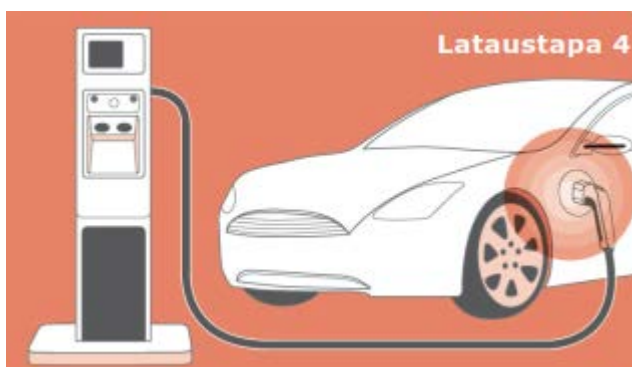
Lataustapa 3 on tarkoitettu sähköautojen varsinaiseen lataukseen. Lataus tapahtuu kiinteästi sähköverkkoon kytketystä latausjärjestelmästä, johon on sisällytetty ohjaus- ja valvontatoiminnot. Vaihevirran ei tule ylittää 63 A:n arvoa. Sähköauton latauksessa tulee käyttää standardin (EN 62196–2, 2012) mukaista kolmivaiheistapistorasiasa. (ST51.90, 2013). Kuvassa 3 nähdään esimerkki lataustapa kolmesta.



KUVA 3. Lataustapa 3 (Kuva: SESKO ry)

### 3.1.4 Lataustapa 4 (Mode 4)

Lataustapa 4 on suunniteltu sähköautojen pikalataamiseen. Lataus tapahtuu kiinteästi sähköverkkoon kytketystä latausjärjestelmästä, johon on sisällytetty ohjaus- ja valvontatoiminnot. Latausjärjestelmässä on sisäänrakennettu laturi, joka syöttää tasasähköä. Toiselta nimeltään latausjärjestelmää voidaan kutsua DC-latausasemaksi. Lataustapa neljän latausteho voi vaihdella kymmenestä aina satoihin kW:hin. (ST51.90, 2013). Kuvassa 4 nähdään esimerkki lataustapa neljästä.

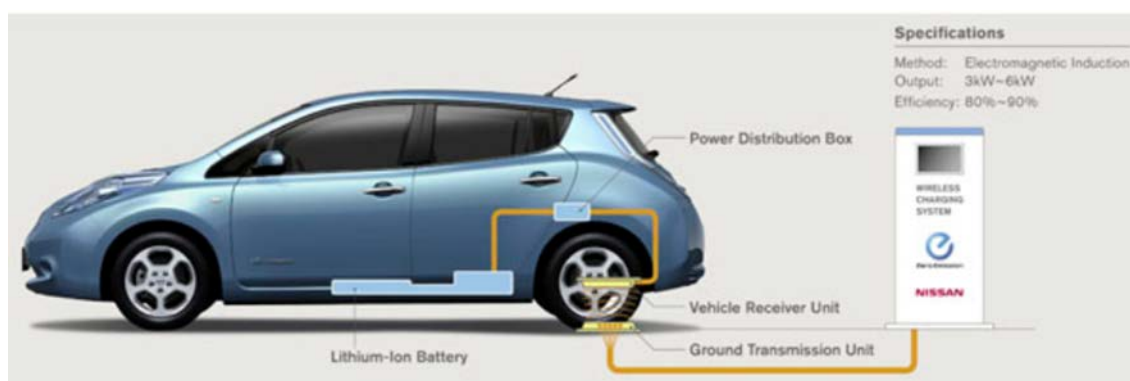


KUVA 4. Lataustapa 4 (Kuva: SESKO ry)



### 3.1.5 Johdoton lataus eli induktiolataus

Lähitulevaisuudessa sähköajoneuvoja pystytään lataamaan induktioperiaatteella ilman, että se liitetään liitäntäjohdolla sähköverkkoon. Sähköautojen induktiolataus ei ole vielä saavuttanut laajamittaista kaupallista käyttöä. Induktiolatauksen hyvinä puolina on sijoittaminen melkein mihin tahansa esimerkiksi bussipysäkeille tai liikennevaloristeyksiin. Induktiolataus on immuuni lumelle, jälle ja ilkeivallalle. Induktiolatauksen hyvänä puolelana voidaan pitää sen vaivattomuutta ja huonoina puolina latauslevyjen melko tarkkaa keskittämistä ja huonompaa hyötysuhdetta (90 %). Latauslevyjen kohdistamisessa voidaan hyödyntää automaattista parkkeerausta ja/tai parkkeerausavustimia. Kuvassa 5 nähdään havainnekuva induktiivisest latausjärjestelmästä.

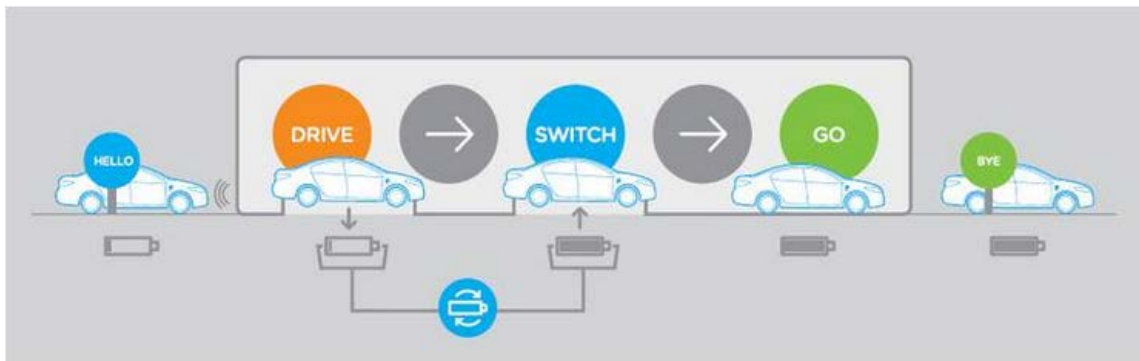


KUVA 5. Induktiivinen latausjärjestelmä (Kuva: nissan-global.com)

Induktiolatausstandardi SAE Hybrid J2954 Wireless Charging on vielä kehitteillä. Kansainvälisen standardin kehittäminen on tärkeää, koska silloin kansallisilla sähköverkkojen ominaisuuksilla ei ole väliä. Induktiolatauksen vaihtovirran taajuus täytyy nostaa 85 kHz:iin. Standardissa olevat induktiolataustehot tulevat olemaan 3,7 kW, 7,7 kW ja 22 kW vastaavat perinteisiä kaapelilatauksia. Suurille sähköajoneuvoille on tulossa oma induktiolataustekniikkastandardinsa (Sauliala 2014).

### 3.1.6 Akun vaihtoasema

Sähköautojen lataamisen lisäksi on ollut mahdollista myös vaihtaa sähköautoon akkupa-ketti. Better Place -niminen yritys on tarjonnut akun vaihtopalveluita, Australiassa, Hol-lannissa, Israelissa, Japanissa, Kiinassa, Ranskassa, Tanskassa ja Yhdysvalloissa. Sähkö-auton akun vaihtaminen vaihtoasemalla maksaa noin 50 € ja vaihto aika on suurin piirtein 15 minuuttia. Kuvassa 6 nähdään akun vaihtoaseman toimintaperiaate. Yhtiö on hakeu-tunut konkurssiin 2013 (Tekniikka ja talous), (Wikipedia).



KUVA 5. Better Placen akun vaihtoasema (Kuva: Tekniikka & talous)

Myös Teslalla on kokeilukäytössä akun vaihtoasema Yhdysvalloissa. Akun vaihtaminen vaihtoasemalla maksaa noin 80 \$ ja vaihto aika on suurin piirtein 15 minuuttia, koska jär-jestelmää ei ole vielä saatu täysin automatisoitua. Tesla on esitellyt akun vaihtoaseman, jossa akun vaihto tapahtuu automaattisesti 1,5 minuutissa (Electrek).

Akun vaihtoasemien yleistymiselle on joitakin haasteita. Haasteina voidaan pitää sähkö-autojen erilaisia rakenteita ja akkupaketteja. Niitä ei ole yhdenmukaistettu. Akun vaihto-asemilla täytyisi olla reservissä suurimäärä erilaisia akkupaketteja ladattuina. Haasteina voidaan pitää lisäksi keliolosuhteita. Suomen loska- ja kurakelit sekä pakkasen asettavat omat haasteensa akun vaihdolle. Akkupakettien eriaisteiset kuntoisuudet ovat myös on-gelma. Esimerkkinä voidaan pitää 500 km tai 300 000 km ajetun akun kuntoisuutta.

## 3.2 Lataustapojen jako

Lataustavat voidaan myös jakaa latauksen keston mukaan hitaaseen-, perus -ja pikalataukseen.

### 3.2.1 Hidas lataus

Sähköautoa pystytään lataamaan poikkeustapauksissa sähköauton mukana tulevalla yksivaiheisella latauskaapelilla kotitalouspistorasiasta tai vaihtoehtoisesti autonlämmityspistorasiasta. Latauskaapelissa on koteloitu ohjauslaite, joka rajoittaa auton ottaman latausvirran 6–10 A:iin. Ennen latausjohdon kytkemistä pistorasiaan tulee tarkistaa pistorasian sähköturvallisuus ja sen soveltuvuus lataukseen. Latausaika on suurin piirtein 8–15 tuntia riippuen lataustehosta ja lataamistarpeesta.

Latauskaapeli nähdään kuvassa 7. Hidasta latausta voidaan kutsua myös lataustavaksi 2 (Motiva).



KUVA 6. Hitaan latauksen pistoketyyppi Schuko SFS 5610 (Kuva: Motiva)

### 3.2.2 Peruslataus

Peruslatausta kutsutaan myös lataustavaksi 3. Kiinteistön sähköverkkoon kiinteästi asennettava latausjärjestelmä on suojattu sähköiskuilta ja ylikuormittumiselta. Latausjärjestelmä pystyy kommunikoimaan sähköauton kanssa ja sähköauton laturi määrittää kulloinkin käytettävissä olevan lataustehon ottaen huomioon latauspisteen mahdollisen tehorojoituksen. Latausjärjestelmien latausvirrat vaihtelevat 6–63 A:in välillä riippuen latausjärjestelmän koosta. EU-jakeluinfradirektiivi (2014/94/EU) määrää, että sähköautojen vaihtovirtalatauspisteet täytyy varustaa 17.11.2017 alkaen standardin (EN 62196-2, 2012) Type 2 (”Mennekes”) mukaisilla pistorasioilla tai ajoneuvon liittimillä. Tavallisesti latausaika on 1–2 tuntia. Kuvassa 8 nähdään peruslataukseen käytettävää ”Mennekes”-latauskaapelia (Motiva).



KUVA 7. Peruslatauksen "Mennekes"-latauskaapeli (Kuva: Motiva)

### 3.2.3 Teholataus (pikalataus)

Teholatausta eli pikalatausta kutsutaan myös lataustavaksi 4. Lataus tapahtuu auton ulkopuolelle sijoitetusta tasasähkölaturista suurella virralla. DC-latausasemassa on kiinteä latauskaapeli. Teholataus soveltuu parhaiten palveluasemille ja muihin paikkoihin, joissa tarvitaan nopeaa lataamista. DC-latausasemien lataustehot vaihtelevat kymmenistä kW:sta aina satoihin kW:hin. Eurooppalaiset autonvalmistajat suunnittelevat uuden sukupolven latausasemia, joiden latausteho kasvaa jopa 350 kW. Uusien latausasemien avulla sähköautojen latausajat kestäisivät muutaman minuutin. Tavallisesti latausaika on 15–60 minuuttia riippuen lataustehosta ja sähköauton akuston koosta (Motiva).

Kuvassa 9 nähdään Garon DC-latausasema (Garo).

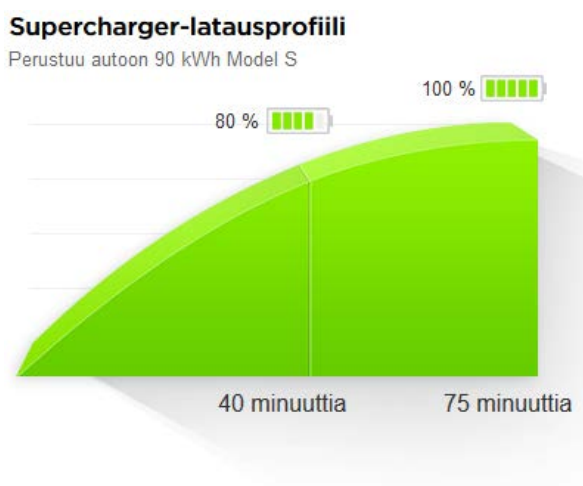


KUVA 8. Garon DC-latausasema (Kuva: Garo)

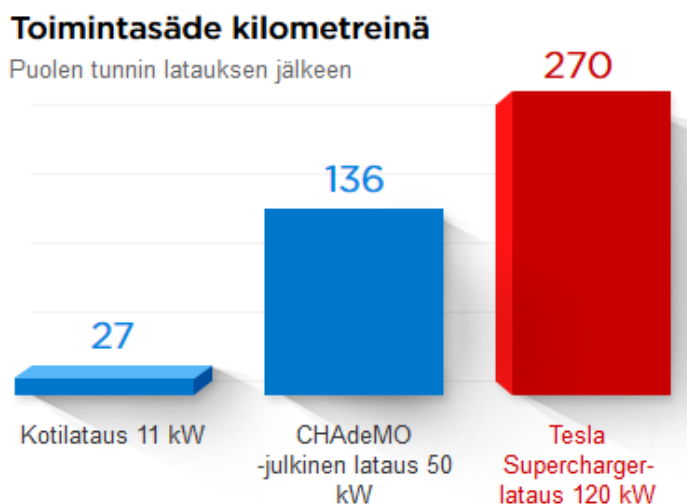
Teslan valmistama DC-latausasema nimeltään Supercharger koostuu useista tasasähkö-latureista, jotka yhdessä pystyvät syöttämään sähköauton akustoa, jopa 120 kW:n teholla.

Akun lataaminen 10 prosentista 80 prosenttiin on nopeaa, ja tavallisesti sen tuoma toimitus säde riittää useimpien Supercharger-latauspisteiden väliseen matkaan. Akun lataaminen 80 prosentista 100 prosenttiin vie kaksinkertaisesti aikaa, koska akkukennojen täyttämiseksi auton on pienennettävä sähkövirtaa (Tesla).

Kuvassa 10 nähdään hyvin Supercharge-latausprofiili. Kuvassa 11 verrataan erilaisia sähköautojen latausjärjestelmiä Teslan Supercharger latausasemaan.



KUVA 9. Supercharger-latausprofiili (Kuva: Tesla)



KUVA 10. Puolen tunnin latauksen jälkeen saatu toiminta säde (Kuva: Tesla)

### 3.2.4 Lataustapojen laskenta

Lasketaan teoreettisesti 27 kWh sähköauton akkukapasiteetin lataamisnopeudet eri lataustavoilla. Vaihejännitteen arvona käytetään Suomessa 230 V ja pääjännitteen arvona käytetään 400 V. Latausteho lasketaan yksivaiheisessa latauksessa kaavalla 1 ja kolmi-vaiheisessa peruslatauksessa kaavalla 2. Taulukosta 2 nähdään eri lataustavat ja latausno-peudet tyhjistä akusta täyteen.

$$\text{Latausteho (W)} = \text{vaihejännite (V)} \cdot \text{latausvirta (A)} \quad (1)$$

$$\text{Latausteho (W)} = \sqrt{3} \cdot \text{pääjännite (V)} \cdot \text{latausvirta (A)} \quad (2)$$

Latausaika lasketaan kaavalla 3.

$$\text{Latausaika (h)} = \frac{\text{akkukapasiteetti (kWh)}}{\text{Latausteho (kW)}} \quad (3)$$

TAULUKKO 1. Latausaika on laskettu 27 kWh:n akkukapasiteetilla.

	Latausvirta (A)	Latausteho (kW)	Latausaika
<b>Hidas lataus</b> (AC, 1-vaih.)	8	1,8	14 h 42 min
	10	2,3	11 h 42 min
	16	3,7	7 h 18 min
<b>Peruslataus</b> (AC, 3-vaih.)	16	11	2 h 24 min
	32	22	1 h 12 min
	63	44	36 min
<b>Pikalataus</b> (DC)	63	20	1 h 21 min
	73	50	33 min

### 3.2.5 Kustannukset eri lataustavoille

Taulukosta 1 nähdään eri latausasematyyppien hinta-arvioita riippuen asennustavasta ja valitusta laitteistosta (Lemminkäinen).

TAULUKKO 2. Erityyppisten latausasemien hinta-arvioita

	Sulake koko (A)	Latausasema
<b>Hidas lataus</b> (AC, 1-vaih.)	16	800-5000 €
<b>Peruslataus</b> (AC, 3-vaih.)	32	8 000-15 000 €
<b>Pikalataus</b> (DC)	3x125	30 000-50 000 €




















### 3.2.6 Latauksesta perittävät maksut

Latauksesta voidaan periä maksuja monella eritavalla. Näitä tapoja ovat esimerkiksi minuuttihinnoittelu, sähkön todelliseen kulutukseen painottuva laskutus tai kuukausihinnoittelu. Laskutuksen pystyy hoitamaan helpoimmin ulkoistamalla se esimerkiksi Virtapiste Oy:lle tai Fortumin Charge & Drive-palvelulle. Nämä palvelut helpottavat maksujen ohjautumista oikealle maksajalle.



### 3.3 Latauspistokkeet

Latauspiste voidaan varustaa, joko sähköautojen latauspistorasialla tai kiinteällä sähköautojen latauskaapelilla. Peruslatausta ja pikalatausta varten on kehitetty omat pistoketyypit. Julkisissa peruslatauspisteissä (lataustapa 3) tulee käyttää vähintään eurooppalaisen standardin (EN 62196-2, 2012) mukaista tyyppin 2 latauspistorasiaa tai latauskaapelilla. Pikalatauksessa (lataustapa 4) on käytössä tällä hetkellä pistoketyypit CHAdeMo ja CSS Combo. Eurooppalaiseksi latauspistoketyypiksi on määriteltä CSS Combo 2. Siirtymäaika (2017) voidaan käyttää rinnakkain CHAdeMo ja CSS Combo 2 pistokkeita (European Commission-IP/14/440 2014.). Latausjärjestelmien yhden mukaistaminen on tärkeä tekijä sähköautojen yleistymiselle. Kuvasta 12 nähdään eri maiden käyttämät latauspistoketyypit.

				
Charging mode		Type 1	Type 2	GB/T Standard
AC charging	 Mode 2			
	 Mode 3 case b			
	 Mode 3 case c			
DC charging	 Mode 4			

KUVA 11. Sähköautojen yleiset pistoketyypit (Kuva: Phoenixcontact)

### 3.3.1 Latauspistoketyyppi 1

Latauspistoketyyppi 1:tä kutsutaan toiselta nimeltään ”Yazaki” sen japanilaisen valmistajan mukaan. Latauspistoketyyppi (kuva 13) on käytössä lähinnä japanilaisissa ja pohjoisamerikkalaisissa sähköautoissa, mutta on käytössä myös osassa eurooppalaisia sähköautoja. Latauspistoke on tarkoitettu hitaaseen- ja peruslataukseen. Latauspistoke sisältää viisi latausjohdinta, jotka ovat vaihe-, nolla- ja maajohdin. Näiden lisäksi kaksi kommunikointisignaali johdinta, joiden on tarkoitus kommunikoida sähköauton ja latausjärjestelmän välillä. Lataus tapahtuu aina yksivaiheisena. Latausvirtana voidaan käyttää jopa 32 A (Karppinen Pasi).



KUVA 12. Tyypin 1 (SAE J1772-standardin) mukainen latauspistoke ja pistorasia (Kuva: Electropaedia)

### 3.3.2 Latauspistoketyyppi 2

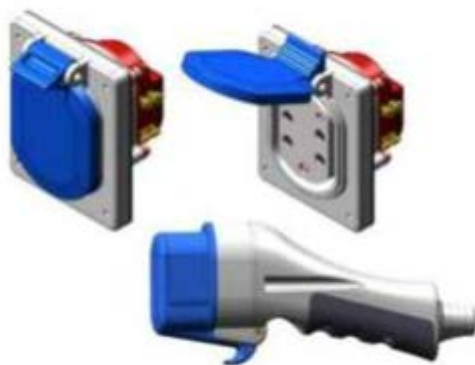
Latauspistoketyyppi 2:ta (Kuva 14) kutsutaan toiselta nimeltään ”Mennekes” sen saksalaisen valmistajan mukaan ja sitä käytetään useissa eurooppalaisissa sähköautoissa. Standardi (EN 62196–2, 2012) on määritellyt, että 17.11.2017 alkaen sähköautot tulee varustaa vähintään latauspistoketyypin 2 mukaisilla pistorasioilla tai ajoneuvon liittimillä. Latauspistoketyyppi 2 on mahdollista kytkeä yksi- tai kolmevaiheiseksi. Latausvirrat vaihtelevat 6–63 A:in välillä riippuen latausjärjestelmästä. Latauspistoke sisältää kolme vaihejohdinta, nolla- ja maadoitusjohtimet. Latauspistoke sisältää myös sähköauton ja latausjärjestelmän väliseen kommunikointiin tarvittavat kaksi johdinta (Karppinen Pasi).



KUVA 13. Tyypin 2 (VDE-AR-E 2623–2–2 -standardin) mukainen latauspistoke ja pistorasia (Kuva: Electropaedia)

### 3.3.3 Latauspistoketyyppi 3

Latauspistoketyyppi 3:a (kuva 15) kutsutaan toiselta nimeltään SCAME-pistokkeeksi. Latauspistoketyyppi 3 on ranskalainen vastine lataustavan 3 mukaiselle lataukselle. Kyseistä latauspistoketyyppiä kuitenkin käytetään harvoissa maissa. Kyseinen latauspistoketyyppi jaetaan vielä alatyyppeihin A:han ja C:hen, joista 3C soveltuu kaikkien latauspistoketyyppin 3 sähköautoille (Karppinen Pasi).



KUVA 14. Tyypin 3 (IEC 621962-standardin) mukainen latauspistoke ja pistorasia (Kuva: Electropaedia)

### 3.3.4 Pikalatauspistoketyypit

Pikalataukseen tarkoitettuja latauspistokkeita on neljää eri mallia (kuva 16), joista CHAdeMO ja Combo 2 on käytössä Euroopan alueella. Latauspistoketyyppi GB/T malli on käytössä Kiinassa ja Combo 1 on käytössä Yhdysvalloissa. Combo latausliittimiä on mahdollista käyttää AC- tai DC-lataukseen. Eurooppalainen standardi on määritellyt DC-latauspistokkeet IEC 62196-3.

CHAdeMO, joka on lyhenne Charge de Move. Kyseinen latauspistoketyyppi on käytössä japanilaisissa sähköautoissa. Latausjännitteenä voidaan käyttää enintään 500 V tasajännitettä ja 125 A virtaa, joten teoreettisesti lataustehona voidaan käyttää 62,5 kW, mutta käytännössä lataustehona voidaan pitää 50 kW (CHAdeMO).

CCS, joka on lyhenne Combined Charging System. Combo latauspistokkeista on olemassa kahta eri versiota, jotka ovat Combo 1 Yhdysvalloissa käytössä oleva latauspistoke ja Combo 2 Euroopan markkinoilla käytössä oleva latauspistoke. Combo-latauspistokkeiden AC-latauspuolella on käytössä ainoastaan kommunikointi- ja maadoitusnastat. DC-latauspuolta käytetään lataamista varten. Combo 1 pohjautuu latauspistoketyyppi 1 ja Combo 2 pohjautuu latauspistoketyyppi 2. Lataamistehona voidaan käyttää enintään 150 kW (Karppinen Pasi).

	System A CHAdeMO (Japan)	System B GB/T (PRC)	System C	
			COMBO1 (US)	COMBO2 (DE)
Connector				
Vehicle Inlet				
Communication Protocol	CAN		PLC	

KUVA 15. Pikalatauksen latauspistokkeita (Kuva: Insidesevs)

On olemassa valmistajakohtaisia latauspistokkeita, kuten Teslalla ja Renaultilla. Teslan latauspistokkeesta käytetään nimeä Tesla-pistoke (kuva 17). Teslan pistokkeella voidaan ladata käyttämällä kaikkia lataustapoja hitaasta latauksesta pikalataukseen sekä yksi- ja kolmivaiheisesta verkosta. Maksimissaan voidaan ladata 500 V:n tasavirralla ja 250 A:n virralla sekä 135 kW:n teholla. Tesla-pistokkeeseen on mahdollista saada adapttereita latauspistoketyyppi 1-, latauspistoketyyppi 2- ja CHAdeMO-pistokkeisiin (Rossi Mikko).



KUVA 16. Tesla-latauspistoke (Kuva: Jetcharge)

Renault on kehittänyt edellisistä ratkaisuista poikkeavan latausjärjestelmän nimeltään Chameleon. Järjestelmässä muunnin on sijoitettu sähköautoon. Sähköautoa voidaan ladata vaihtovirralla, joko yksivaiheisena 3kW teholla tai kolmivaiheisena 43 kW teholla. Muuntimen sijoittaminen sähköautoon tekee latausasemista edullisempia verrattuna vaihtoehtoisiin ratkaisuihin (Garro).

### 3.4 Latauspisteet

Latauspisteet jakautuvat yksityisiin ja julkisiin latauspisteisiin. Yksityisillä latauspisteillä tarkoitetaan lähinnä kotilatauspistettä. Julkisen puolen latauspisteissä käytetään ryhmittelymalleja, jotka ovat käytössä Helsingin ja Vantaan viisiluokkaisessa yleissuunnitelmassa (Sähköinen liikenne). Latauspisteiden olisi hyvä olla etähallittavia eli ns. älykkäitä latauspisteitä. Etähallinnan avulla pystytään tunnistamaan käyttäjä ja laskuttamaan latauksesta. Etähallinnan avulla pystytään helpottamaan ylläpito, kun nähdään etänä latauspisteiden toimintakunto. Etähallinnan avulla pystytään myös testaamaan vikavirtasuojien toimintakunto ja tekemään uudelleen käynnistys tai lopettamaan latausprosessi kokonaan (Karppinen Pasi).

## Etähallittavien latauspisteiden vaatimukset

- Latauspisteissä tulee olla tietoliikenneyhteys, yleisesti langaton GSM tai 3G, wlanin tai kiinteän yhteyden avulla
- Latauspisteen tulee tukea OCPP-standardia (Open Charge Pointa Protocol)
- Latauspisteen OCPP-standarditoimintojen vasteajan tulee olla alle 4 s
- Latauspisteen valmistajan on sitouduttava OCPP-spesifikaation kehitykseen ja latauspiste tulee pystyä päivittämään uusimpaan OCPP versioon
- Latauspisteessä tulee olla käyttäjätunnistus, esim. RFID - / NFC-tunnistekortilla tai matkapuhelimen tai erinäisien applikaatioiden avulla
- Latauspisteessä tulee olla energian mittaus mahdollista laskutusta varten
- Mahdollisen tietoliikenne katkoksen yhteydessä latauspisteen tulee kyetä tallentamaan mittausdataa myöhempää tiedonsiirtoa varten

### 3.4.1 Kotilatauspiste

Kotilatauspisteessä sähköautoa ladataan 90 % latauksista, joten kotilatauspistettä voidaan suositella. Tässä latauksessa sähköauton akusto latautuu 2–13 tunnissa riippuen lataus-tehosta ja akuston koosta. Kotilatauspisteessä käytetään yleensä yksivaiheista 3,7 kW:n (230 V, 16 A) tehoista latausta. Muita kotilatauspisteitä on kolmivaiheinen 11kW:n (400 V, 16 A) tai yksivaiheiset 2,3 kW:n (230V, 10 A) ja rajoitettu 1,8 kW:n (230V, 8A) latauspisteet. Kotilatauspisteet varustetaan yleensä kiinteällä latauskaapelilla. Latauspistokkeiden tyypit ovat tyyppi 1 ”Yazaki” tai tyyppi 2 ”Mennekes”. Näiden lisäksi latauspiste on mahdollista varustaa myös schuko-pistorasialla. Kotilatauspisteet voidaan toimittaa myös pelkästään tyypin 2 latauspistorasioilla (Sähköinen liikenne).

Osalla kotilatauspisteistä on mahdollista ohjelmallisesti lukita latauskaapeli latauspistorasiaan, jolloin latauskaapelista tulee kiinteä osa latauspistettä. Tällöin voidaan valita latauspistorasia tyypiksi 2 ”Mennekes” ja muunnoslatauskaapelilla suorittaa latauspistoketyypin vaihto tyypiksi 1 ”Yazaki”.

### **3.4.2 Asukaslataus**

Asukaslatauksella tarkoitetaan julkista latausta. Sen tehtävänä on hoitaa taloyhtiöiden asukkaiden sähköautojen lataaminen. Se tapahtuu pääsääntöisesti yöaikana ja lataaminen kestää 4–12 tuntia (Sähköinen liikenne).

### **3.4.3 Työpäivälataus**

Työpäivälataus on toiseksi käytetyin latausmuoto koti -tai asukaslatauksen jälkeen. Työpäivälatauksen tarkoituksena on palvella työpaikan ja työntekijöiden sekä asiakkaiden autoja. Työntekijöiden sähköautojen lataamisessa voidaan käyttää hidasta latausta. työpaikan sähköautojen lataamisessa on mahdollista käyttää, joko hidasta -tai tarvittaessa pikalatausta (Sähköinen liikenne).

Verohallinnolta on tullut uusi ohje luontoisetujen verotukseen. Voimassaoloaika on alkanut 1.1.2017 ja ohjeen numerointi on dnro A247/200/2016. Kappaleessa 7.8.10 on maininta, että työnantajan täytyy kustantaa sähköauton lataaminen työpaikalla. Jos työnantaja tarjoaa työntekijöille mahdollisuuden ladata sähkö- tai hybridiautoa työpaikalla työnantajan kustannuksella, niin silloin se on veronalainen luontoisetu. Verokohtelu riippuu siitä, onko kyseessä palkansaajan oma auto vai työnantajalta saatu luontoisetuauto. Oman auton lataamiseen käytetyn edun määränä voidaan pitää kulutetun sähkön käypää arvoa (vero.fi).

### **3.4.4 Pitkän matkan turva**

Palvelulla tarkoitetaan huoltoasematyypistä pikalatausta, jolla pystytään lataamaan sähköauto 15–30 minuutissa. Ongelmana on kuitenkin se, ettei kaikissa sähköautoissa ole pikalatausmahdollisuutta (Sähköinen liikenne).



### **3.4.5 Liityntäpysäköintilataus**

Liityntäpysäköintilatauksen tarkoituksena on puhtaiden matkaketjujen luominen. Silloin käytetään yleensä hidasta latausta, koska pysäköintiaika on yleensä 4–12 tuntia (Sähköinen liikenne).

### **3.4.6 Asioimislataus**

Asioimislatauspisteet rakennetaan yleensä palveluiden tai kauppakeskusten pysäköintialueille. Asioimislatauspisteiden latauksessa käytetään hidasta -tai peruslatausta, koska pysäköintiaika on yleensä 0,5–4 tuntia. (Sähköinen liikenne).

## 4 SÄHKÖAUTON LATAUSPISTEEN PERUSTAMINEN

Sähköauton latauspisteen rakentaminen perustuu aina olemassa olevaan tarpeeseen. Ensin tehdään tarkka perustamissuunnitelma, jonka tarkoituksena on kartoittaa latauspisteen tarvetta ja kannattavuutta.

Perustamissuunnitelmassa on huomioitava seuraavat yksityiskohdat

- Latauspisteen käyttö
- Asennuspaikka
- Lataustavan valinta
- Latauspistoketyypin valinta
- Latauksesta perittävät maksut
- Latausaseman valinta
- Latauspisteensijainti
- Opasteet
- Sähkösuunnitelma
- Viranomais määräykset

### 4.1 Latauspisteen käyttö

Lataustolppien käyttöä varten on luotava säännöt. Näiden avulla voidaan määritellä esimerkiksi, saako latausasemalla pysäköidä vai onko se käytössä vain auton lataamista varten. Yrityksen kannattaa luoda säännöt omien-, työntekijöiden-, asiakkaiden -ja muiden sähköautojen lataamiselle (Sähköinen liikenne).

## **4.2 Asennuspaikka**

### **4.2.1 Omakotitalon kotilatauspiste**

Asennuspaikalla on suuri merkitys. Päätöksentekoprosessit eroavat merkittävästi, kun kotilatauspiste hankitaan omakotitaloon tai taloyhtiöön. Ennen kotilatauspisteen hankintaa kannattaa tehdä katselmointi, jossa mietitään paras ratkaisu kotilatauspisteelle. Samaan aikaan on hyvä olla yhteydessä omaan vakuutusyhtiöön ja varmistaa kirjallisesti kotilatauspisteen sijoittamisen paloturvallisuuteen vaikuttavat asiat. Kotilatauspiste on kytkettävä aina suoraan sähköpääkeskukseen. Latausteho riippuu kiinteistön pääsulakkeiden koosta. Sähköasennustyöt tulee teettää aina sähköammattilaisella.

### **4.2.2 Taloyhtiön kotilatauspiste**

Hanke aloitetaan keskustelemalla isännöitsijän ja taloyhtiön hallituksen kanssa. Jos taloyhtiö on myönteinen sähköautojen latauspisteiden hankinnalle, aloitetaan kotilatauspisteiden katselmointi. Aluksi selvitetään pysäköintimahdollisuudet, sähköverkon kunto ja sähköpääkeskuksen sijainti. Jos taloyhtiössä on käynnissä saneeraustyöt, niin siinä yhteydessä kannattaa ottaa jo huomioon sähköautojen pysäköintipaikat tekemällä putkitusreitit valmiiksi. Taloyhtiössä voidaan myös ulkoistaa pysäköintipaikat pysäköintiyritykselle. Tämä rakentaa latauspisteet, laskuttaa niiden käytöstä ja vastaa ylläpidosta (Sähköinen liikenne), (Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon).

Taloyhtiöillä on käytössä kahdenlaisia pysäköintipaikkoja. Nämä ovat yhtiön -tai osakshallinnassa olevia pysäköintipaikkoja. Yhtiön hallinnassa olevista pysäköintipaikoista peritään autopaikkamaksua eli vuokraa. Sähkö- ja hybridautojen lataukseen tarkoitettu pysäköintipaikka voi olla muita pysäköintipaikkoja kalliimpi. Hinnoittelu tapahtuu, kun laaditaan vuokrasopimuksia. Jos kaikkien osakkaiden hyväksyntää ei saada pysäköintipaikkojen muuttamiseksi, silloin hanke voidaan toteuttaa vähemmistöosakkaiden kesken. Tässä tapauksessa maksajina toimivat vain ne osakkaat, jotka haluavat sähköautojen latausmahdollisuuden (Sähköinen liikenne), (Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon).

Osakashallinnassa olevista pysäköintipaikoista peritään vastiketta. Vastikeperinnän on perustuttava yhtiöjärjestykseen. Sähkö - ja lataushybridiautojen lataukseen tarkoitetuista pysäköintipaikoista on maksettava erisuuruinen hinta voi vaatia yhtiöjärjestyksen muuttamista. Sähkö -ja lataushybridiautojen lataamiseen tarkoitetuista pysäköintipaikoista voidaan laatia myös erillinen sopimus. Tämä sitoo vain sopijaosapuolia.

TAULUKKO 3. Latauspisteet taloyhtiössä (Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon)

Hankkeen tyyppi	Päätöksenteko	Esimerkkejä latauspisteiden kustannusjakotavoista		
		RAKENTAMINEN	KORJAUS JA MUU YLLÄPITO	SÄHKÖ
Taloyhtiön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa) • kaikki autopaikat muutetaan latauspisteiksi.	Vaaditaan kaikkien osakkaiden suostumus.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Taloyhtiön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa) • autopaikoista muutetaan latauspisteiksi enintään sähköjärjestelmän nykyisen kapasiteetin sallima määrä.	Vaaditaan yksinkertainen enemmistö yhtiökokouksessa.	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Taloyhtiö (peritään vastikkeessa).	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakas- vähemmistön hanke (autopaikat yhtiön hallinnassa).	Vaaditaan vähintään 2/3 enemmistö yhtiökokouksessa edustetuista osakkeista ja annetuista äänistä.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Ne osakkaat, jotka haluavat latauspisteen.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).
Osakkaan oma muutoshanke (autopaikat osakashallinnassa).	Vaaditaan taloyhtiön lupa.	Osakas.	Osakas.	Käyttäjä (kannattaa veloittaa mitatun kulutuksen mukaan).

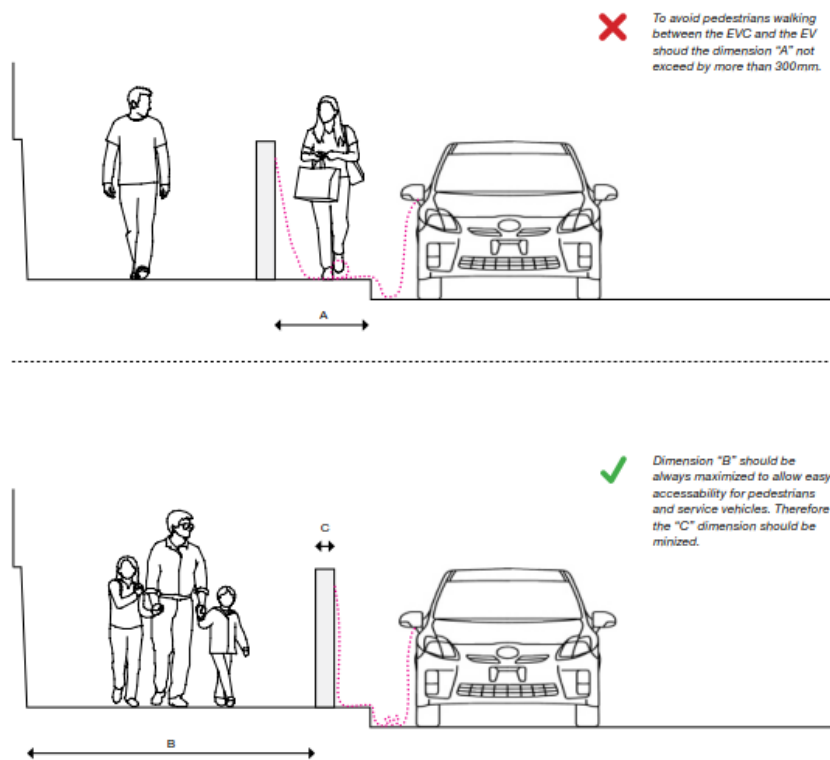
### 4.3 Latauspisteen sijainti

Julkisille latauspisteille tulee olla helppo ja selkeä pääsy. Samalla on mietittävä latauspisteen kaapelointikysymykset ja kuinka montaa autoa voidaan ladata samaan aikaan yhdeltä latausasemalta. Latauspisteiden sijoittamisessa on hyvä ottaa huomioon myös latauspisteiden merkkivalot, etteivät nämä häiritsisi kiinteistöjen asukkaita. Kuviosta 3 nähdään latauspisteen sijoitusvaihtoehto. Liitteessä 1 on latauspisteen suositeltuja sijoitusvaihtoehtoja.



KUVIO 3. Latausaseman sijoitus asuinkiinteistö läheisyyteen (Tikkanen & Örnberg 2012)

Kadunvarsipysäköinnissä on huomioitava kävelykadun leveys. Samalla täytyy myös huomioida kunnossapitokoneiden käyttö. Latauspisteen ja kadun reunakiveyksen väli ei saa olla enempää kuin 300 mm. Kuviosta 4 nähdään latauspisteen oikeaoppinen sijoitus. Latauspisteet kannattaa suojata esimerkiksi rautapylväillä (kuva 18).



KUVIO 4. Kadunvarsi latausaseman oikeaoppinen sijoituspiste (Tikkanen & Örnberg 2012)



KUVA 17. Latausaseman suojausesimerkki (Kuva: Tikkanen & Örnberg 2012)

#### 4.4 Opasteet

Julkiset latauspisteet tulee sijoittaa mahdollisimman näkyvälle paikalle. Pysäköintiruutu tulee merkitä selkeästi sähköautojen latauspisteeksi. Ruutu voidaan maalata esimerkiksi vihreäksi ja merkitä liikennemerkeillä. Latauspisteen käyttöopas tulee olla kaikkien saatavilla, mutta helpoin ja selkein tapa käytön opastukselle on asentaa se latauspisteeseen. Kuvassa 19 nähdään esimerkki latauspisteen käyttöohjeesta ”latausohje”.



KUVA 18. Latauspisteen käyttöohje

#### 4.5 Sähkösuunnitelma

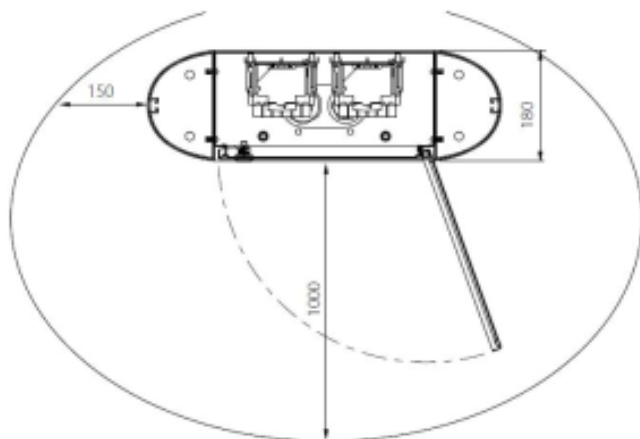
Latausjärjestelmien sähkösuunnitelmaan kuuluvat asiat

- Liittymispisteen oikosulkuvirta-arvo
- Liittymisteho ja pääsulakkeiden suurin sallittu koko
- Päivittäisen käytön suurin huipputeho ja virta
- Kuinka kauan sähköauto on latauspisteessä

Kun suunnitellaan kaapelointireittejä, on otettava huomioon laajennustarpeet. Esimerkiksi asennetaan tarpeeksi suuret kaapeliputket, joihin on helppo vaihtaa tulevaisuudessa suuremmat kaapelit. Kun latauspisteelle menevä sähkönsyöttökaapelin poikkipinta poikkeaa latauspisteen valmistajan suosituksesta 35 mm<sup>2</sup> Cu, täytyy kyseinen muutos kirjata suunnitelmaan. Samalla on mainittava, että pikalatauspisteessä olevat liittimet täytyy vaihtaa suurempiin.

Suunnitelmakuvat tehdään olemassa olevien kuvien pohjalta. Niistä näkyvät suunnitellut kaapelireitit ja niiden pituudet sekä kaapelityypit poikkipintoineen. Suunnitelmissa huomioidaan myös latauspisteen törmäyssuoja. Keskuskuviin tehdään samalla tarvittavat muutokset.

Kun suunnitellaan latausaseman asennuspaikkaa, huomioidaan sujuvan käytön lisäksi huollon tarvitsema tila. Kuvan 20 mukaan huoltotilan oven eteen on jätettävä 1000 mm tilaa. Latausaseman ympärillä on oltava tilaa 150 mm.



KUVA 19. Latausaseman tilatarve (Kuva: Plugit-koulutusmateriaali)

Syöttökaapeli voidaan suunnitella kahdella tavalla. Latauspisteille tuodaan omat syöttökaapelit tai sitten latausasemalla voi olla yhteinen syöttökaapeli. Sähkönsyöttö jaetaan sisäisellä ketjutuksella latauspisteille. Kun suunnitellaan useampaa latauspistettä, on hyvä käyttää älykästä kuormanohjausta.



Tietoliikennekaapelin osuus suunnitellaan samoihin kuviin ja niistä on ilmentävä reitittimen paikka, johon tietoliikennekaapeli voidaan kytkeä. Tietoliikenteen osalta kuviin merkitään seuraavat tiedot

- Reitittimen nimi/tunnus
- Julkisen verkon IP-osoite
- Reitittimen IP-osoite
- Maski
- DNS
- Kohteen IT-tukihenkilön yhteystiedot
- Kohteen GPS koordinaatit

#### 4.5.1 Yliaallot ja loisteho

Suunnitelmissa on huomioitava yliaallojen vaikutukset syöttökaapelin mitoituksessa ja pyrittävä suodattamaan yliaallot tehokkaasti. Yleensä sähköautojen lataamisessa virta tasasuunnataan, joka aiheuttaa virran ja jännitteen säröytymistä. Yksivaiheisessa latauksessa pystytään yliaallot ”taltuttamaan” vaihtamalla nollajohdin suuremmaksi.

Sähköautojen latauksessa muodostuu myös loistehoa, joten sekin täytyy ottaa huomioon suunnitelmissa. Loisteho aiheuttaa jännite-, teho- ja energiahäviöitä sähköverkossa. Tampereen Sähköverkko Oy laskuttaa loistehosta seuraavien kriteerien perusteella (TSV loistehon kompensointi).

- Laskutuspätötehon ollessa  $P > 250 \text{ kW}$ 
  - Ilmaisosuus on  $-0,05 \cdot P \dots 0,2 \cdot P$
- Laskutuspätötehon ollessa  $P = 125 \dots 250 \text{ kW}$ 
  - Ilmaisosuus on  $-12,5 \dots 50 \text{ kvar}$

#### **4.6 Luvat ja viranomaismääräykset**

Latausasema ei yleensä tarvitse toimenpide- tai rakennuslupia. Asia kannattaa kuitenkin varmistaa kunnan viranomaiselta, jos latausasema on tarkoitettu julkiseen lataukseen. Jos latauspiste tarvitsee katoksen, tarvitaan toimenpide- tai rakennuslupa. Luvat tarvitaan myös, jos joudutaan muuttamaan pihajärjestelyitä tai latauspisteeseen on tarkoitus yhdistää valaistu mainoslaite. Latauspisteitä ei saa asentaa museosuojeltujen kiinteistöjen seiniin. Vakuutusyhtiöltä on järkevää pyytää lausunto, joka koskee latauspisteiden sijoittamista. Huoltoasemien yhteyteen asennettavien latausasemien turvaetäisyydet on selvitettävä.

#### **4.7 Paloturvallisuuteen liittyvät asiat**

SPEK julkaisee vuoden 2017 aikana muistion, jossa käsitellään sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataamista kiinteistöissä. Tällä hetkellä muistio on vasta luonnosvaiheessa, joten muistion tiedot voivat muuttua. Sen tarkoituksena on varmistaa turvallinen lataaminen sähköajoneuvoille, sähkökäyttöisille apuvälineille sekä asuinrakennuksen asukkaille ja käyttäjille. Muistion tehtävänä on yhdenmukaistaa maanlaajuisesti lataukseen liittyvät turvallisuusnäkökohdat (Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen kiinteistöissä).

Muistio koskee lataamista asuinrakennuksien kellaritiloissa, autotalleissa ja asuinrakennuksen välittömässä läheisyydessä. Sähkökäyttöisiin ajoneuvoihin kuuluvat ladattavat pistokehybridit ja täyssähköautot. Kevyisiin sähköajoneuvoihin kuuluvat sähkömopot, -mopoautot, -moottoripyörät ja sähkökäyttöiset pienkoneet, kuten sähkökäyttöiset ajettavat ruohonleikkurit. Ladattavia sähkökäyttöisiä apuvälineitä ovat sähköpyörätuolit ja inva-mopot.

#### **4.7.1 Sähkötekniinen toteutus**

Kotitalouspistorasiasta voidaan ladata sähkökäyttöisiä apuvälineitä tai kevyitä ladattavia ajoneuvoja, kun lataus tapahtuu alle 8 A:ssa. Ladattavaan tilaan edellytetään omaa sähkökeskusta ja integroitua 30 mA:n vikavirtasuojauksia, energianmittausta ja latauspaikkojen johdonsuojauksia.

Jos tilassa on tarkoitus ladata sähkökäyttöisiä apuvälineitä ja kevyitä ladattavia ajoneuvoja, suositellaan asennettavaksi palovaroitin. Kun tämä hälyttää vikavirtasuojan laukeaa, ja se tekee sähkökeskuksen jännitteettömäksi. Keskukselta kannattaa tehdä hälytyksen jälleenohjaus, esimerkiksi kiinteistönhuoltoon sekä merkki- tai hälytysääni lähimpään porraskäytävään (Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen kiinteistöissä).

#### **4.7.2 Ilmanvaihto**

Jos sähkökäyttöisiä ajoneuvojen ja apuvälineiden on aikomus ladata sisätiloissa, siinä tapauksessa niiden tekniset tiedot on toimitettava isännöitsijälle ja talo- tai kiinteistöyhtiön hallitukselle. Akkuteknologia ratkaisee onko muutoksia tehtävä ilmanvaihtoon (Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen kiinteistöissä).

Ilmastoinnille ei aseteta erityisvaatimuksia, kun ladattavien ajoneuvojen akustot ovat täysin suljettuja. Ilmanvaihdon muutostarpeet on kuitenkin selvitettävä, jos ladattavien ajoneuvojen akustot on toteutettu vanhalla lyijyakkuteknologialla (Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen kiinteistöissä).

### **4.7.3 Latauspisteen sijoitus**

Kevyiden sähköajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen voidaan suorittaa siihen soveltuvissa paikoissa. Näitä voivat olla pyöräkellarit tai muut taloyhtiön alakertatilat. Latauspaikka valitaan niin, ettei siitä aiheudu vaaraa asukkaille tai muille kiinteistön käyttäjille. Latauspaikka tulee myös huomioida kiinteistön pelastussuunnitelmassa ja varmistaa, ettei latauspaikasta aiheudu lisäriskiä poistumisreiteille. Latausta ei saa tehdä porraskäytävässä. Latauspaikka merkitään selkeästi. Täten varmistetaan, että kyseinen paikka on varattu ainoastaan ladattaville ajoneuvoille tai apuvälineille (Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen kiinteistöissä).

### **4.7.4 Osastointi**

Tilan käyttötavan perusteella on tarkasteltava mahdollista osastointitarvetta. Itse latauspiste ei aiheuta osastointivaatimusta. Normaalisti riittää rakentamismääräyskokoelman osan (E1-rakennusten paloturvallisuus) mukainen osastointivaatimus (Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen kiinteistöissä).

## 5 SUUNNITELMA

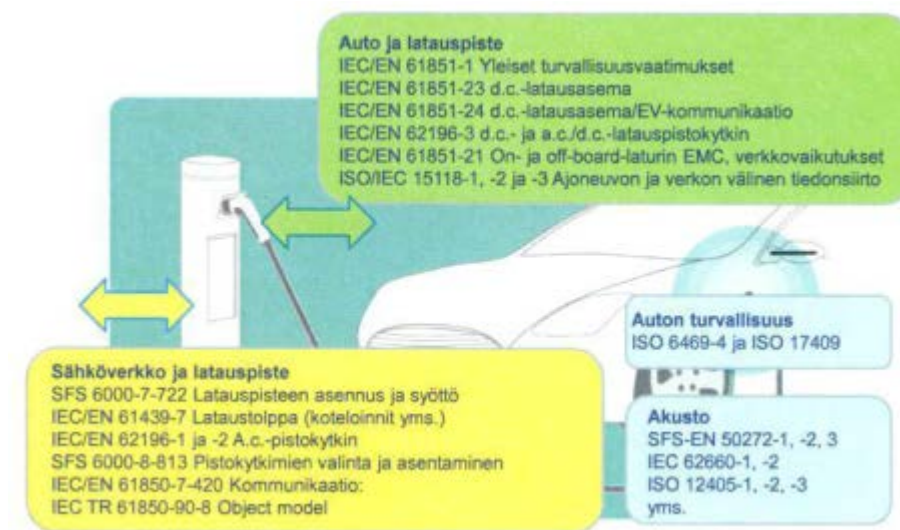
Tässä kappaleessa lasketaan sähköautojen latausjärjestelmien kaapeleiden mitoituksia ja sulakkeiden riittävydet. Esimerkissä suunnitellaan pysäköintialueelle viisi Garon GL4-latausasemaa, joissa jokaisessa on kaksi latauspistorasiaa. Yhden latausaseman teho on 22 kW. Näiden latausasemien sähkönsyöttö on tarkoitus ottaa läheiseltä muuntajalta.

### 5.1 Standardit

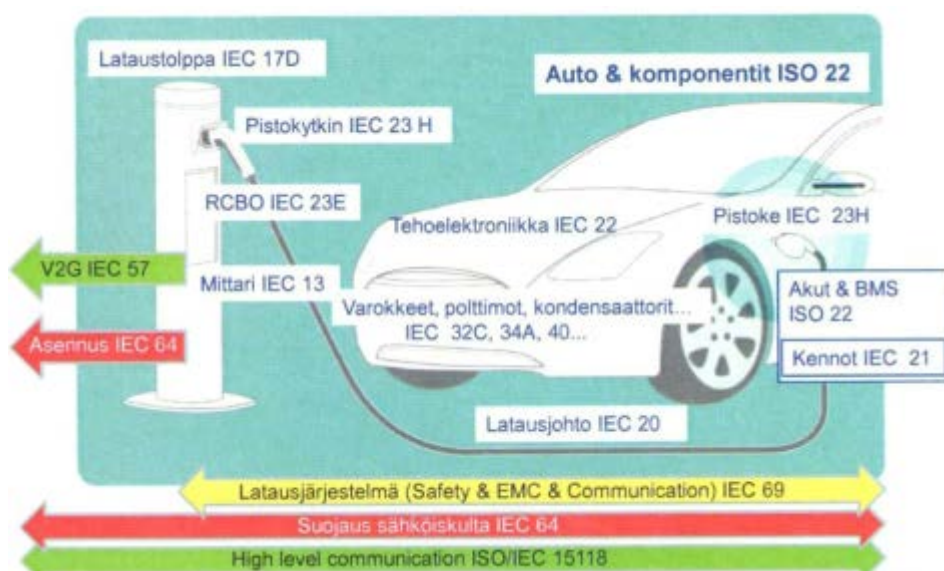
Sähköautoja ja niiden lataamista koskevat standardit nähdään taulukosta 4, kuvioista 5 ja 6. Taulukkoon 4 on tullut muutoksia kohtaan SFS6002. Se on päivitetty vuonna 2015.

TAULUKKO 4. Sähköautojen latausasemien asennuksessa huomioitavat standardit (Centria)

Standardi	Nimi	Sovelluskohde
SFS 6000-7-722	Erikoistilojen – ja asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö	piirit, joita käytetään sähköajoneuvojen lataukseen, ei induktiivinen lataus suojaus silloin, kun ajoneuvosta syötetään sähköä jakeluverkkoon
SFS 6000 (2012)	Pienjännitesähköasennukset	asennukset, joiden nimellisjännite on korkeintaan 1000 V vaihtojännitettä tai 1500 V tasajännitettä mm. johtojärjestelmät, kytkentä, ohjaus, maadoittaminen, suojajohtimet, jakokeskukset ja kaapelointi
SFS 6001 (2001) + A1 (2005) + A2 (2009)	Suurjännitesähköasennukset	asennukset, joiden nimellisjännite on yli 1000 V vaihtojännitettä tai 1500 V tasajännitettä
SFS 6002 (2005)	Sähkötyöturvallisuus	ohjeet turvalliseen sähkötöiden tekemiseen
SFS-EN 50191 (2011)	Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö	
SFS-EN 60439 + A1 +A2 (2005)	Jakokeskukset	tyyppitestattujen ja osittain tyyppi-testattujen keskusten vaatimukset kiinteästi asennettavat ja siirrettävät, avorakenteiset ja koteloidut keskukset. erityisvaatimuksia työmaakeskuksille



KUVIO 5. Sähköautojen latausasemaa koskevat standardit (SESKO ry) (Centria)

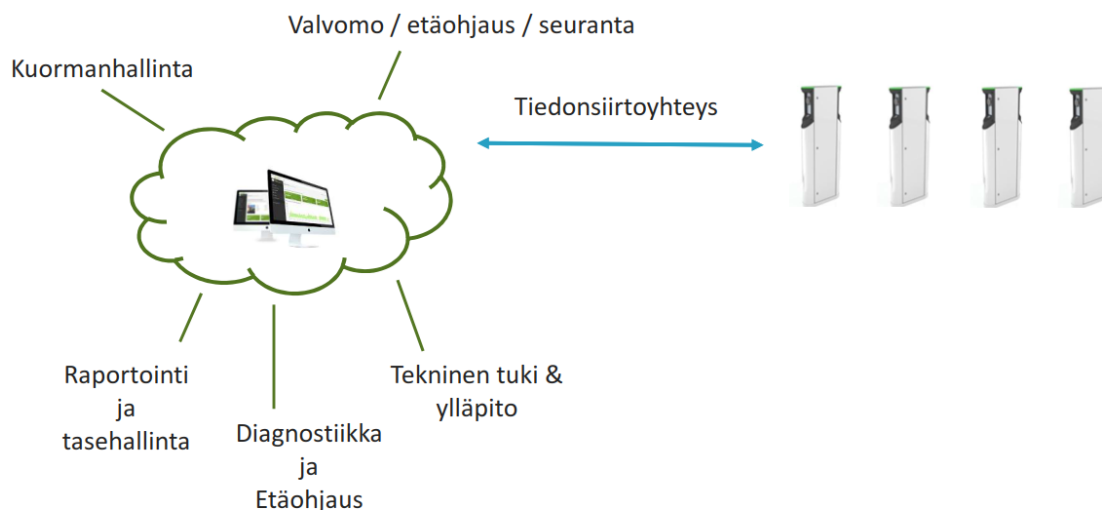


KUVIO 6. Sähköautojen standardisoinnin osapuolet (SESKO ry) (Centria)

## 5.2 Mitoitus

Mitoituksessa on otettava huomioon sähköliittymän koko, kohteen päivittäinen tehontarve (muu kulutus), yliaallot ja loisteho. Jos kohteeseen tulee useampi latauspiste, suositellaan käytettäväksi ns. älykkäitä latauspisteitä, joilla pystytään tunnistamaan lataaja ja laskuttamaan tarvittaessa sähkönkäytöstä.

Toinen tärkeä näkökohta on älykäs kuormanohjaus. Monilla isoilla pysäköintialueilla on mahdollista, että liittymän kokoa jouduttaisiin kasvattamaan ilman älykästä kuormanohjausta. Sen tarkoituksena on jakaa lataustehoa eniten sitä tarvitsevalle lataustehon saatavuuden mukaan. Kuvasta 21 nähdään älykkään latausjärjestelmän monipuolisuus.



KUVA 20. Älykkäät latausasemat (Kuva: Plugit-koulutusmateriaali)

### 5.2.1 Kaapeleiden mitoitus

Pienjännitekaapeleille on oltava oikosulkusuoja standardin (SFS6000–4–43, 2012) mukaan, joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Samaisessa standardissa mainitaan mahdollisuudesta, että ylikuormitussuojaus voidaan jättää pois tietyillä ehdoilla. Liittymiskaapelin suojaukseen käytetään gG-tyyppin sulakkeita, joilla pystytään suojaamaan kaapelia oikosulkuvirroilta ja ylikuormitukselta. gG-sulake on tyypiltään nopea sulake. gG-sulakkeiden avulla pystytään tekemään kaapeloinnin selektiivinen suojaus eli portaallinen suojaus. Tällä tarkoitetaan sitä, etteivät liittymän pääsulakkeet pala ensimmäisenä, jos johdon loppupäässä tapahtuu oikosulku (SFS6000–4–43, 2012).

Sähköautojen latausjärjestelmän kaapeleiden mitoitus on laskettava maksimitehon perusteella, vaikka käytettäisiinkin kuormanohjausta pienempien pääsulakkeiden takia.

Kun tehdään kaapelivalintaa, on huomioitava mitoitettun sulakkeen jatkuva kuormituskyky. Yleensä sulakkeilla on sulamisrajavirta, joka on suurempi kuin 1,45 kertaa sulakkeen nimellisvirta. Kun käytetään standardin (SFS–EN 60269, 2008) mukaista sulaketta

suojaukseen, on otettava huomioon sulakkeen ylempitoimintarajavirta. Tämä on 1,6–2,1 kertaa sulakkeen nimellisvirta (SFS6000–5–52, 2012). Mitoituksessa käytetään kaavaa 5. Taulukosta 5 nähdään gG-sulakkeiden toimintarajavirrat.

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (4)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z \rightarrow I_Z \geq \frac{I_2}{1,45} \cdot I_n \quad (5)$$

Jossa

$I_B$  = virtapiirin suunniteltu virta

$I_Z$  = johtimen jatkuva kuormitettavuus

$I_n$  = suojalaitteen mitoitusvirta

$I_2$  = virta, jonka tarkoitus on varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa.

TAULUKKO 5. gG-sulakkeiden toimintarajavirrat (AMK.fi)

gG -sulakkeen toimintarajavirrat (SFS-EN 60269-1)			
Mitoitusvirta $I_n$	Alempi toimintarajavirta	Ylempi toimintarajavirta = $I_2$	Aika
2 A ja 4 A	$1,5 I_n$	<b><math>2,1 I_n</math></b>	1 h
6 A ja 10 A	$1,5 I_n$	<b><math>1,9 I_n</math></b>	1 h
$13 A \leq I_n \leq 63 A$	$1,25 I_n$	<b><math>1,6 I_n</math></b>	1 h
$63 A < I_n \leq 160 A$			2 h
$160 A < I_n \leq 400 A$			3 h
$400 A < I_n$			4 h

### 5.2.2 Syöttökaapeli muuntajalta latauskeskukselle (jakokeskukselle)

Mitoitetaan pysäköintialueelle tulevan latauskeskuksen syöttökaapeli muuntajalta.

Näennäisteho mitoitetaan käyttäen  $\cos(\varphi)$  arvona 0,95. Laskuissa tulee ottaa huomioon vanhat lämpötolpat ja huomioida laajennusvara 30 %. Ilman laajennusvaraa olevat tulokset ilmoitetaan suluissa. Lasketaan kaavalla kuusi.



$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{110 \text{ kW} \cdot 1,3}{0,95} = 150,6 \text{ kVA} \quad (6)$$

Ilman laajennusvaraa näennäistehon arvo on (115,8 kVA).

Näennäistehosta saadaan lasketuksi kuormituksen kokonaisvirta muuntajalta kaavalla seitsemän.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{150,6 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 217,3 \text{ A} \quad (7)$$

Ilman laajennusvaraa virta-arvoksi saadaan (167,2 A). Pääsulakkeeksi valitaan 250 A ja ilman laajennusvaraa sulakkeeksi voidaan valita (200 A).

Kaavalla kahdeksan saadaan lasketuksi loisteho.

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(150,6 \text{ kVA})^2 - (143 \text{ kW})^2} \\ &= 47,24 \text{ kVAr} \end{aligned} \quad (8)$$

Ilman laajennusvaraa loistehon arvoksi saadaan (36,19 kVAr).

Tämän jälkeen mitoitetaan epäyhtälön avulla johdon jatkuva kuormitettavuuden minimiarvo, joka saadaan lasketuksi kaavalla viisi. Kaavaan sijoitetaan  $I_n$  paikalle sulakkeen nimellisvirta, joka on 250 A (200 A).

$$\begin{aligned} I_z &\geq \frac{1,6}{1,45} \cdot 250 \text{ A} \\ I_z &\geq 275,9 \text{ A} \end{aligned} \quad (5)$$

Johdon jatkuva kuormitettavuus tulee olla vähintään 275,9 A (220,7 A).

Tämän jälkeen on huomioitava kaapelin valinnalle ympäristöolosuhteet, asennustapa ja joissakin tapauksissa yliaalloista johtuvat korjauskertoimet. Standardissa (SFS 6000–5–52, 2012) on esitetty johtimien jatkuvat kuormitettavuudet poikkipinnan ja asennustavan

mukaan. Standardissa on maininnat myös lämpötilakertoimille, jotka ovat Suomessa ilmassa olevalle kaapelille 25 °C ja maassa 15 °C. Sähköautojen latausasemakäytössä on otettava huomioon yliaaltojen vaikutukset. Kaapeli saadaan mitoitetuksi kaavalla yhdeksän.

$$I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} \quad (9)$$

$k_1$  = Viereisistä johtimista aiheutuva korjauskerroin

$k_2$  = Lämpötilan korjauskerroin

$k_3$  = yliaalloista johtuva korjauskerroin

Laskuissa käytetään standardin (SFS 6000–5–52, 2012) korjauskertoimia. Taulukot, joista arvot löytyvät ovat seuraavat B.52.15, B.52.19 ja E.52.1.

Muuntajalta tuleva syöttökaapeli kulkee maassa, jolloin käytetään asennustapaa D.

Laskelmassa oletetaan syöttökaapelin olevan yksin kaapeliojassa, joten viereisistä johtimista aiheutuvaa korjauskerrointa ei tarvitse huomioida. Maan lämpötila on 15 °C, joten kerroin on (1,0) ja yliaaltojen osuuden oletetaan olevan 15–33 %. Tällöin kerroin on (0,86). Kaapelin kuormitusarvo lasketaan kaavalla yhdeksän.

$$I_z = \frac{I_n}{k_2 \cdot k_3} = \frac{250 \text{ A}}{1 \cdot 0,86} = 290,7 \text{ A} \quad (9)$$

Syöttökaapelin kuormitusarvo on (232,6 A) ilman laajennusvaraa.

Jos syöttökaapeli kulkisi suojaputkessa, niin siinä tapauksessa kaapeliksi valikoituisi AXMK 4x240 S. Muuten kaapeliksi valikoituisi molemmissa tapauksissa AXMK 4x185 S. Tampereen Sähköverkko Oy:n mukaan muuntajalta tulevan syöttökaapelin koko (200 A ja 250 A) pääsulakkeille on AXMK 4x185 S. Jos tämä jostain syystä ei ole riittävä, niin kaapeloinniksi on valittava 2xAXMK 4x185 S. Jos syöttökaapelin mitoituksessa ei oteta huomioon suojaputkea, niin tällöin syöttökaapeliksi riittää AXMK 4x185 S.

Kun kaapelia valitaan, on huomioitava mistä verkosta sähkönsyöttö on tarkoitus ottaa. Tampereen Sähköverkko Oy:n muuntajalta mitoitetaan 4x kaapelilla, kiinteistömuuntajalta ja pää-/kiinteistökeskukselta on mitoitettava 5x kaapelilla.

### 5.2.3 Syöttökaapelit latauskeskukselta latausasemille

Latausaseman latausteho on yhteensä 22 kW. Latausasemat on tarkoitus varustaa kuormanohjauksella ja kahdella tyypin 2 pistorasialla. Latausasemalle suunnitellaan yhteinen syöttökaapeli ja latausaseman sisällä tehdään ketjutus. Sen avulla pystytään säästämään kaapelointikustannuksissa.

Yhden latausaseman näennäisteho lasketaan kaavalla kuusi. Kosini arvona voidaan kyseisessä tapauksessa pitää 0,9.

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{22 \text{ kW}}{0,9} = 24,45 \text{ kVA} \quad (6)$$

Tämän jälkeen voidaan laskea latauskeskukselta tuleva kokonaisvirta kaavalla seitsemän.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{24,45 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 35,29 \text{ A} \quad (7)$$

Kokonaisvirran perusteella valitaan ylikuormitussuojaksi 40 A sulake.

Kaavalla kahdeksan saadaan lasketuksi loisteho.

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(24,45 \text{ kVA})^2 - (22 \text{ kW})^2} \\ &= 10,67 \text{ kVAr} \end{aligned} \quad (8)$$

Tämän jälkeen on huomioitava kaapeliin vaikuttavat yliaallot ja ympäristöolosuhteet. Laskelmissa käytetään standardin (SFS6000–5–52, 2012) korjauskertoimia. Taulukon arvot löytyvät B.52.15, B.52.19 ja E.52.1.

Latauskeskukselta tuleva syöttökaapeli kulkee maassa suojaputkessa. Silloin käytetään asennustapaa D. Viisi syöttökaapelia menee vierekkäin suojaputkessa kaapeliojassa. Tällöin kerroin on (0,6). Maan lämpötila on 15 °C, joten kerroin on (1,0) ja yliaaltojen osuuden oletetaan olevan 15–33 %. Kerroin on (0,86).

$$I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{40 \text{ A}}{0,6 \cdot 1 \cdot 0,86} = 77,52 \text{ A} \quad (9)$$

Kaapeli valitaan standardin (SFS6000–5–52, 2012) taulukon B.52.2 ja sarakkeesta kahdeksan. Kaapeliksi valitaan MCMK 4x16+16 mm<sup>2</sup>.

### 5.3 Oikosulkusuojaus

Seuraavaksi lasketaan oikosulkusuojauksen selektiivisyys ja suojauksen toimivuus. Muuntajalta latauskeskukselle on noin 166 metriä. Kaapelin impedanssiarvot ovat kaapelin yksi kohdalla. Latauskeskukselta pisimmälle latauspisteelle on matkaa 48 metriä. Kaapelin impedanssiarvot ovat kaapelin kaksi kohdalla. Johdinten reaktanssiarvot ja impedanssiarvot ovat liitteessä 2.

Tampereen Sähköverkko Oy:ltä liittymän oikosulkuvirta on 2579 A.

Impedanssi -ja oikosulkuarvot saadaan Tampereen Sähköverkko Oy:ltä. Pääkeskukselta eteenpäin arvot lasketaan kaavalla kymmenen. Kaapelin ACMCK 4x185+57 arvot ovat: resistanssi  $r = 0,207 \text{ } \Omega / \text{km}$  ja reaktanssi  $x = 0,080 \text{ } \Omega / \text{km}$ .

Tämä jälkeen lasketaan kaikkien pisteiden oikosulkuvirta kaavalla kymmenen.

$$I_k = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (10)$$

$c$  = on jännitekerroin 0,95

$U_N$  = on pääjännite

$Z_k$  = vikapaikan ja muuntajan välinen impedanssi

Ensin lasketaan pääkeskuksen impedanssiarvo kaavalla 11.

$$Z_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 2579 \text{ A}} = 0,085069 \Omega \quad (11)$$

Tämän jälkeen lasketaan latausasemalle menevän kaapelin impedanssi kaavalla 12.

Kaapeli on MCMK 4x16+16 mm<sup>2</sup> ja sen impedanssiarvo on 1,415 Ω /km.

$$\begin{aligned} Z_{VLA} &= 0,085069 \Omega + 0,048 \text{ km} \cdot 2 \cdot 1,415 \Omega / \text{km} \\ &= 0,2209 \Omega \end{aligned} \quad (12)$$

Seuraavaksi lasketaan latausasemalla oikosulkuvirta kaavalla kymmenen.

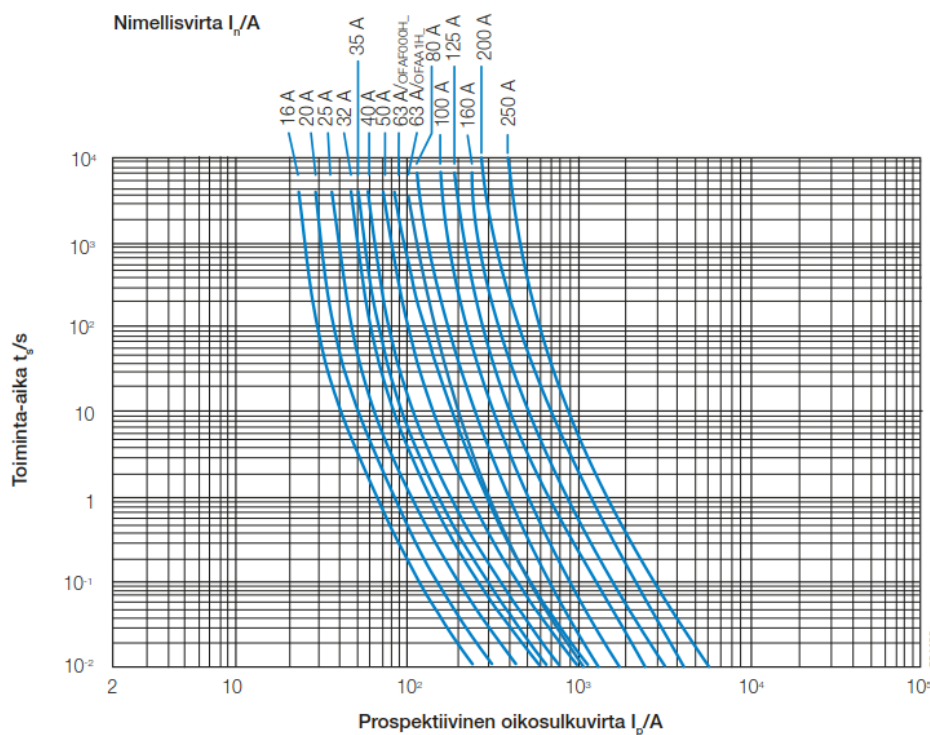
$$I_{KLA} = \frac{0,9 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,2209 \Omega} = 940,9 \text{ A} \quad (10)$$

Taulukosta 6 nähdään gG-sulakkeen ja johdonsuojien laskennalliset oikosulkuvirrat.

Tuloksista voidaan todeta, että molemmat vaihtoehdot toimivat suunnitellusti. Tuloksien paikkaansa pitävyys pystytään tarkistamaan ABB:n gG-sulakkeiden toiminta-aika kuviosta seitsemän.

TAULUKKO 6. Johdonsuojakatkaisijoiden ja gG-sulakkeen oikosulkuvirrat

Sulakkeen nimellis- virta (A)	gG-sulake 0,4 s/5,0 s	Johdonsuoja B-tyyppi 0,4 s/5,0 s	Johdonsuoja C-tyyppi 0,4 s/5,0 s
40	315 /190	200	400 /280



KUVIO 7. gG-sulakkeen toiminta-ajat (ABB)

Kuviossa pystyakselilla on gG-sulakkeen toiminta-aika sekunteina ja vaaka-akselilla on prospektiivinen oikosulkuvirta ampeereina.

#### 5.4 Jännitteenalenema

Kun sähköverkkoja mitoitetaan, on otettava huomioon jännitteenalenema. Se voi olla 5 % standardin (SFS6000–5–52, 2012) mukaan tai valaistuskäytössä 3 %. Jännitteenalenema ilmoitetaan useimmiten prosentuaalisella arvolla (SFS6000–5–52, 2012).

Hyvän sähkönlaadun takaamiseksi sen tulisi olla siirtojohdoilla 5–15 %, maaseudun keskijännitejohdoilla 5–10 %, taajamien keskijännitejohdoilla 0,5–2 %, maaseudun pienjännitejohdoilla 5–10 % ja taajamien pienjännitejohdoilla 2–3 % (Sähköverkkojen laskentaa).

Laskuissa on otettava huomioon muuntajalla tapahtuva jännitteenalenema ja kaapeleissa tapahtuva jännitteenalenema. Muuntajalta latauskeskukselle on noin 166 metriä. Latauskeskukselta pisimmällä olevaan latauspisteeseen on noin 48 metriä.

Tampereen Sähköverkko Oy:ltä saatiin liittymän jännitteenalenema, joka on 2,8 %.

Prosentuaalinen jännitteenalenema lasketaan kaavalla 13.

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 \% \quad (13)$$

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{400 \text{ V}} \cdot 100 \%$$

$\Delta U$  = jännitteenalenema volteissa (V)

$I$  = kuormitusvirta (A)

$l$  = johdon pituus (m)

$r$  = ominaisresistanssi ( $\Omega/\text{m}$ )

$x$  = ominaisreaktanssi ( $\Omega/\text{m}$ )

$U_n$  = nimellisjännite

$\varphi$  = jännitteen ja virran välinen vaihekulma

$\Delta u$  = suhteellinen jännitteenalenema

Seuraavaksi lasketaan latauskeskukselta kaukaisimpaan latauspisteeseen jännitteenalenema. Kosini arvona voidaan käyttää 0,9, joka on muutettuna sini arvoksi 0,43589. Jännitteenalenema lasketaan voltteina kaavalla 14. Liitteen 2 taulukosta saadaan MCMK 4x16+16 mm<sup>2</sup> kaapelin resistanssi -ja reaktanssiarvot. Laskussa käytetään resistanssiarvona 1,415  $\Omega/\text{km}$  ja reaktanssiarvona 0,090  $\Omega/\text{km}$ .

$$\begin{aligned} \Delta U &= 35,3 \text{ A} \cdot 0,048 \text{ km} \cdot \sqrt{3} \\ &\cdot (1,415 \Omega/\text{km} \cdot 0,9 + 0,090 \Omega/\text{km} \\ &\cdot 0,43589) = 3,85 \text{ V} \end{aligned} \quad (14)$$

Tämän jälkeen lasketaan suhteellinen jännitteenalenema kaavalla 15.

$$\Delta u = \frac{3,85 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 \% = 0,96 \% \quad (15)$$

Seuraavaksi lasketaan kokonaisjännitteenalenema kaavalla 16.

$$\Sigma \Delta U (\%) = 2,8 \% + 0,96 \% = 3,76 \% \quad (16)$$

Tuloksesta voidaan todeta, ettei jännitteenalenema ylitä 5 %:a. Sähkönlaatu pysyy täten hyvälaatuisena. Muita kaapeleita ei tarvitse tarkistaa jännitteenalenemaa varten, koska muiden kaapeleiden etäisyydet ovat lyhyemmät.



## 6 POHDINTA

Keskimäärin Suomessa ajetaan henkilöautoilla noin 16 500 km vuodessa, jolloin päivittäinen ajosuorite jää noin 45 kilometriin. Päivittäiseen ajosuoritteeseen riittäisi täyssähköautojen toimitasäde. Jos henkilöautolla ajetaan pidempiä työ-, loma -tai mökkimatkoja on järkevintä harkita plug-in hybridautoa. Plug-in hybrideillä saavutetaan tavallisen polttomoottoriauton toimitasäde ja kaupunki / työpaikan väliset matkat voidaan kulkea päästöttömästi sähköllä. Yrityksien leasing-autot voivat lähitulevaisuudessa olla täyssähköautoja. Yrityksellä voisi olla myös muutama pienikulutteinen polttomoottori - tai hybridauto pidempiä työmatkoja varten.

Sähköautojen latausjärjestelmien yleistyttyä, tulee sähköverkkoyhtiöiden ottaa huomioon sähköautojen latauksessa muodostuvia yliaaltoja ja loistehoja. Tulevaisuudessa kiinteistöjen sähkösuunnitelmat muuttuvat. EU on tekemässä uutta energiatehokkuusdirektiiviä. Se vaatii sähköautojen latausjärjestelmien rakentamista uudisrakennuksiin ja laajasti saneerattaviin kohteisiin, jos kiinteistössä on yli kymmenen pysäköintipaikkaa. Direktiivi ei tule koskemaan asuinrakennuksia.

Liittymän pääsulakkeiden virtarajat saattavat tulla vastaan, kun suunnitellaan laajoja sähköautojen latausjärjestelmiä. Olen tullut siihen johtopäätökseen, että on otettava käyttöön älykäs kuormanohjaus. Sen avulla voidaan rajata latauskeskuksen ottama huipputeho ja saatavilla oleva teho pystytään jakamaan latauspisteiden kesken.

Jos tulevaisuudessa sähköautojen määrä kasvaa 90 %:een autokannasta, voi varavoiman saamisesta muodostua ongelmia. Miten voidaan taata sähköautojen lataaminen sähkökatkon aikana? Yksi ratkaisu voisi olla kiinteistöön asennettavat akustot, joihin pystytään varaamaan esimerkiksi auringosta saatavaa sähköenergiaa. Jos halutaan pysyä EU:n tavoitteissa ja vähentää kasvihuonepäästöjä vuoteen 2050 mennessä, on tehtävä merkittäviä muutoksia liikenteen ja energiantuotannon kasvihuone-päästöille.

Mielestäni sähköautojen lisääminen tulisi aloittaa siten, että rakennetaan enemmän julkisia latauspaikkoja. Samalla valtio voisi tukea sähköautojen hankintaa entistä enemmän. Norjasta on saatu hyviä kokemuksia tukemalla sähköautojen hankintaa ja käyttöä. Suomen tulisi seurata Norjan esimerkkiä tukien suhteen.

## LÄHTEET

ABB. Pienjännitekojeet, esite OF1FI 11-09. Luettu 25.3.2017. <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SCC317002C1801&Language-Code=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>

AMK.fi. Sulakkeet. Luettu 25.3.2017. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opinto-jaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>

CHAdEMO. CHAdEMO. Luettu 23.3.2017. <https://en.wikipedia.org/wiki/CHAdEMO>

EERA-hanke. Energiainvestointituki. Luettu 10.1.2017. <http://www.sahkoinenliikenne.fi/energiainvestointituki>

Electrek. Tesla is committed to its Supercharger network, but the battery swap program is stalling (Pilot Station Gallery). Luettu 20.3.2017. <https://electrek.co/2016/05/10/tesla-battery-swap-program-supercharger/>

Electromobility. Sähköautoista tulee osa älykästä verkkoa. Luettu 20.3.2017. <http://www.electromobility.fi/2016/11/sahkoautoista-tulee-osa-alykasta-verkkoa.html>

Electropaedia. Electric Vehicle Charging Infrastructure. Luettu 23.3.2017. <http://www.mpoweruk.com/infrastructure.htm>

EL-TRAN. Kysely, Suomalaiset eivät lämpene sähköautoille–miten kiinnostus sytytetään. Luettu 20.3.2017. <https://el-tran.fi/analyysit/>

European Commission IP/14/440. 2014. Viitattu 23.3.2017. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-40\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-40_en.htm)

Garö. Latausasemat 13\_08. Luettu 23.3.2017. [http://www.garö.fi/fileadmin/garöfi/Kataloger/AU/Latausasemat\\_05-13.pdf](http://www.garö.fi/fileadmin/garöfi/Kataloger/AU/Latausasemat_05-13.pdf)

Insideevs. CHAdEMO Officially Recognized as International DC Charging Standard by IEC. Luettu 23.3.2017. <http://insideevs.com/chademo-officially-recognized-international-charging-standard-iec/>

Jetcharge. Vehicle Plug Types. Luettu 23.3.2017. <http://www.jetcharge.com.au/vehicle-plug-types/>

Karppinen, P. 2014. Sähköautojen latauspisteet. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Lapin ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kivistö, T & Kupiainen, T. 2013. Winteve – Demonstraatioympäristöjen lupakäytännöt. Centria ammattikorkeakoulu. Luettu 20.2.2017. <http://www.theseus.fi/handle/10024/71028>

Korpinen, L.4 Sähköverkkojen laskentaa. Luettu 25.3.2017. [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/4sahkoverkkojen\\_laskenta.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/4sahkoverkkojen_laskenta.pdf).

Lataustuki.fi. Hallituksen kärkihankkeella vauhtia sähköautojen julkiseen lataukseen. Luettu 23.3.2017. <http://www.lataustuki.fi/>

Lemminkäinen. Sähköautojen latausjärjestelmät–meiltä kaikki tarvittava. Luettu 20.3.2017.

[www.electrictraffic.fi/wp-content/uploads/2013/04/Sahkoautojen-latausjarjestelma.pdf](http://www.electrictraffic.fi/wp-content/uploads/2013/04/Sahkoautojen-latausjarjestelma.pdf)

Motiva, Sähköauton lataustekniikka ja turvallisuus. Luettu 29.1.2017

[http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse\\_auto\\_viisaasti/autotyyppi/sahkoauton\\_lataustekniikka\\_ja\\_turvallisuus](http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/autotyyppi/sahkoauton_lataustekniikka_ja_turvallisuus)

Nissan-global.com. Wireless Charging System. Luettu 10.1.2017.

<http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/wcs.html>

Phoenix contact. Eri maiden lataustavat. Luettu 13.2.2017

<https://blog.phoenixcontact.com/marketing-gb/a-guide-to-electric-vehicle-charging/>

Plugit-koulutusmateriaali. Plugit Finland Oy, Aaltonen Topi. 2017. Sähköautot ja lataaminen -seminaari. Luento. 9.2.2017. Autokeskus. Tampere.

Rossi, M. 2016. Sähköisten ajoneuvojen latausratkaisut. Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Metropolian Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Sauliala 2014. Langaton lataus tulee bussi edellä, Tuomas Sauliala 2014. Luettu

23.1.2017. <http://www.sauliala.fi/langaton-lataus-tulee-bussi-edella/#more-1085>

SESKO ry. Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa esite, SESKO ry.

SFS 6000, Pienjännitesähköasennukset. Standardiehdotus, 2017, SESKO ry

SFS-EN 60269–1, PIENJÄNNITEVAROKKEET. Osa 1:Yleiset vaatimukset. Vahvistettu 2008, Viitattu 25.3.2017. SESKO ry

SFS-EN 62196–1, PLUG, SOCKET -OUTLETS, VEHICLE CONNECTORS AND VEHICLE INLETS. Part 1. Vahvistettu 2015, SESKO ry

SFS-EN 62196–2, PLUG, SOCKET -OUTLETS, VEHICLE CONNECTORS AND VEHICLE INLETS. Part 2. Vahvistettu 2012, SESKO ry

SFS 6000–4–43, Pienjännitesähköasennukset. Osa 4–43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus, 2012, SESKO ry

SFS 6000–5–52, Pienjännitesähköasennukset. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät, 2012, SESKO ry

SFS 6000–7–722, Pienjännitesähköasennukset. Osa 7–722: Erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset, 2012, SESKO ry

SFS 6000–8–801, Pienjännitesähköasennukset. Osa 8–801: Eräitä asennuksia täydentävät vaatimukset, Jakeluverkot, 2012, SESKO ry

SPEK luonnosmuistio. Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja apuvälineiden lataaminen kiinteistöissä 2017. SPEK, PALOTURVALLISUUSTOIMIKUNTA.

ST 51.90. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. ST-kortisto 2013, Sähköinfo Oy

Sähköautojen\_tulevaisuus\_Suomessa. Sähköautojen tulevaisuus Suomessa 12/2011. Luettu 23.3.2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-221-6>

Talouselämä. Häkämies puhalttaa henkeä sähköautoiluun. Luettu 23.3.2017. <http://www.talouselama.fi/uutiset/hakamies-puhalttaa-henkea-sahkoautoiluun-3343879>

Tekniikka&talous. Miksi ladata sähköauton akkua, jos sen voi vaihtaa? Uusi yhtiö ratkaisee ongelman 2013. Luettu 20.3.2017. <http://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/autot/2013-02-26/Miksi-ladata-s%C3%A4hk%C3%B6auton-akkua-jos-sen-voi-vaihtaa-Uusi-yhti%C3%B6-ratkaisee-ongelman-3312948.html>

TEM\_4\_2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Luettu 20.3.2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

Tesla. Supercharger-lataus. Luettu 23.3.2017. [https://www.tesla.com/fi\\_FI/supercharger?redirect=no](https://www.tesla.com/fi_FI/supercharger?redirect=no)

Tikkanen & Örnberg, 2012. The Development of Finnish electric mobility. Luettu 23.3.2017. [http://www.sahkoinenliikenne.fi/wp-content/uploads/2012/05/The-development-of-Finnish-electric-mobility\\_-A-review-of-design-principles\\_2012.pdf](http://www.sahkoinenliikenne.fi/wp-content/uploads/2012/05/The-development-of-Finnish-electric-mobility_-A-review-of-design-principles_2012.pdf).

Tiainen, E. 2013. D1–2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 20.painos. Espoo: Painokurki Oy

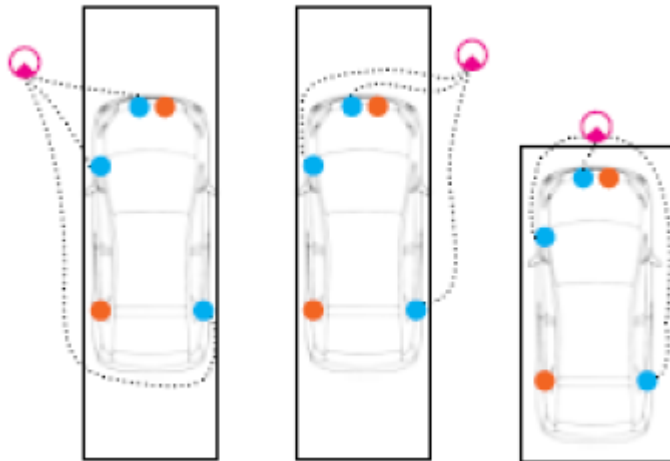
Wikipedia. Akun vaihtoasema Better Place. Luettu 20.3.2017. [https://en.wikipedia.org/wiki/Better\\_Place](https://en.wikipedia.org/wiki/Better_Place)

## LIITTEET

1 (2)

Liite 1. Latausasemien sijainnit parkkiruutuun nähden

Yhden auton latauspisteen sijainti



Kahden auton samanaikainen latausmahdollisuus

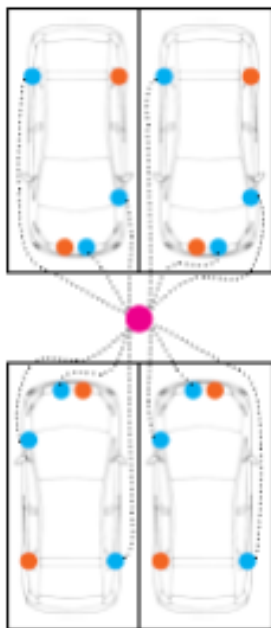


(jatkuu)

Kahden auton samanaikainen lataus, autot rinnakkain



Suositeltu neljän auton samanaikainen lataus



## Liite 2. Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja (D1–2012)

**TAULUKKO 41.6.** Kaapeleiden likimääräisiä impedansseja ( $\Omega/\text{km}$ ) johdinlämpötilassa 80 °C.

Johtimien poikkipinta $\text{A}/\text{mm}^2$	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi $r$	Reaktanssi $x$	Impedanssi $z$	Resistanssi $r$	Reaktanssi $x$	Impedanssi $z$
4 × 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 × 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 × 4	5,480	0,107	5,480			
4 × 6	3,660	0,100	3,660			
4 × 10	2,244	0,094	2,246			
4 × 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 × 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 × 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 × 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 × 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 × 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 × 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 × 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 × 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 × 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 × 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Liite 3. Esisuunnitelma on (salattu) julkisesta opinnäytetyöstä