

# SÄHKÖNJAKELUN SUUNNITTELU JA KUORMANHAL- LINNAN VAIKUTUKSET SÄHKÖAUTOJEN LATAUKSISSA

Pieskä Otto

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Otto Pieskä	<b>Vuosi</b>	2021
<b>Ohjaaja</b>	Ins. (YAMK) Kari Kenttä		
<b>Toimeksiantaja</b>	Plugit Finland Oy		
<b>Työn nimi</b>	Sähkönjakelun suunnittelu ja kuormanhallinnan vaikutukset sähköautojen latauksissa		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	48 + 3		

---

Tässä insinöörityössä perehdyttiin sähköautojen lataamiseen ja latauspisteiden suunnitteluun. Lisäksi työssä oli oleellisena osana nykyaikaisen kuormanhallinnan tutkiminen, jolla voidaan mahdollistaa sähkön riittäminen lataajille optimimalla latausaikoja, sekä tehoja. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli sähköautolatausratkaisuihin keskittyvä yritys Plugit Finland Oy.

Työn tavoitteena oli tutkia sähköautojen latauksia ja niiden tuomaa kuormitusta sähköverkkoon, sekä tehdä sähkösuunnitelma sähköautojen pysäköintialueelle. Tutkimusaineistona käytettiin aiheeseen liittyviä käsikirjoja, kirjallisuutta, standardeja, asetuksia ja lakeja. Lisäksi aineistoa hankittiin toimeksiantajan haastatte- luista.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin sähköautojen latauspisteille tehty sähkösuunnit- telu- ja mitoitusmalli, sekä demonstraatio kuormanhallinnan vaikutuksista. Opinnäytetyötä voidaan käyttää suunnittelun tukena, tehtäessä sähköautolataus pysäköintialuetta esimerkiksi taloyhtiön tai työpaikan kokoisessa kokonaisuudessa.

Electrical and Automation Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Otto Pieskä	<b>Year</b>	2021
<b>Supervisor</b>	Kari Kenttä, M.Sc		
<b>Commissioned by</b>	Plugit Finland Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Electricity distribution planning and the effects of load management on electric car charging		
<b>Number of pages</b>	48 + 3		

---

This thesis studied the charging of electric cars and planning of charging points. An essential part of the thesis was also the study of modern load management which can provide sufficient electricity for chargers by optimizing charging times as well as power. The client of the thesis was Plugit Finland Oy. Plugit provide solutions to all issues related to electric car charging.

The aim of the thesis was to study the charging of electric cars and the load which they will bring to the electricity grid. In addition, the purpose of thesis was to make an electrical plan for the electric car parking area. Relevant manuals, literature, standards, regulations and laws were used as research material. Material was also obtained from the interviews with the client.

The results of the thesis were an electrical planning and dimensioning model for electric car charging points and a demonstration of the effects of load management. The thesis can be used as a support for planning, when making an electric car parking area for example, in the size of a housing association or workplace.

Key words

charging, electric car, charging point, load management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	PLUGIT FINLAND OY .....	7
3	SÄHKÖAUTOT JA VERKKO .....	8
3.1	Tietoa sähköautoista.....	8
3.2	Lataaminen .....	9
3.2.1	Lataustapa 1, Mode 1.....	11
3.2.2	Lataustapa 2, Mode 2.....	12
3.2.3	Lataustapa 3, Mode 3.....	13
3.2.4	Lataustapa 4, Mode 4.....	14
3.3	Verkkokapasiteetin näkymät .....	15
3.4	Kiinteistöjen varautuminen sähköautojen tuloon .....	18
4	ESIMERKKIKOHTTEEN SUUNNITTELU .....	20
4.1	Latauspisteiden suunnittelu .....	20
4.2	Standardit .....	21
4.3	Kuormanhallinta.....	22
4.3.1	Tavallinen kuormanhallinta.....	22
4.3.2	Dynaaminen kuormanhallinta .....	23
4.3.3	Plugit-kuormanhallintaesimerkki.....	24
4.4	Mitoitus ja laskenta .....	26
4.5	Pysäköintialueen sähkösuunnittelu .....	40
4.6	Kuormanhallinnan tuomat ratkaisut.....	42
4.7	Yhteenveto.....	44
5	POHDINTA .....	45
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET.....	49

## ALKUSANAT

Kiitos Plugit Finlandille lopputyön toimeksiannosta, sekä avustamisesta tarvittavien sisältöjen hankinnoissa.

Kiitos työn ohjaajalle Kari Kentälle täsmällisistä näkemysten vaihdoista työn eri vaiheissa.

11.5.2021

Otto Pieskä

## 1 JOHDANTO

Keskusteltaessa autoilusta, autoilun tulevaisuudesta, ja sähköautoilun tuomista ratkaisuksista fossiilivapaaseen liikkumiseen, saadaan aikaiseksi jo melkoinen näkökulmien ja tunteiden kirjo. Sähköautot eivät ole viime vuosien, tai edes vuosikymmenen aikana ilmestynyt uusi keksintö; liikkumisen energiaratkaisuksi sähköä on itseasiassa esitetty jo yli sata vuotta sitten. Läpimurtoa ei tullut vielä edes toisella yrittämällä, joka on tapahtunut muutaman viimeisen vuosikymmenen aikana. Vasta nyt, kun globaalin ilmastonmuutoksen torjumiseen etsitään ratkaisuja ja työkaluja, on sähkön käyttö liikkumisen energian lähteenä polttavan ajan-kohtainen aihe.

Tämä opinnäytetyö ei anna vastausta siihen, että onko sähköautoilu ratkaisu tulevaisuuden kulkemiseen. Tässä tutkitaan ja perehdytään latauspisteiden suunnittelussa huomioitaviin seikkoihin.

Viimeisen kymmenen vuoden ajalta sähköautojen latauksista löytyy jonkin verran tehtyjä opinnäytetöitä. Tietoa lataamisesta löytyy yhä enemmän niin alan toimittajilta, kuin myös toistuvasti päivittyvistä standardeista ja ohjeistuksista. Vaikka löydettävissä oleva tieto aiheen osakokonaisuuksista ei ole enää niin rikkonaista, kuten aiemmin on voinut olla, ollaan silti edelleen ihmisille uuden asian äärellä.

Tämän lopputyön tarkastelukulma painottuu latauspisteiden suunnitteluun ja kuormanhallinnantuomiin ratkaisuihin sähköautojen lataamisessa. Vaikka itse sähköautoihin ja niiden tekniikkaan ei työssä syvällisemmin keskitytä, sivutaan niitäkin aiheita käyden läpi esimerkiksi sähköautojen eri latausmuotoja.

Työssä tehdään yleinen katsaus sähköautoihin, lataustapoihin, sekä pohditaan lataamisesta syntyvän kuorman sijoittumista sähköverkon kokonaiskulutukseen nähden. Varsinaisessa esimerkikohdassa tehdään sähkösuunnittelua latauspisteille ja tutkitaan kuormanhallinnan tuomia ratkaisuja latauksista sähköverkkoon aiheutuvien kuormien hallinnassa.

## 2 PLUGIT FINLAND OY

Plugit Finland on sähköautojen latausratkaisuja tarjoava yritys. Vuonna 2012 perustettu Plugit on kotimainen autolatauksen asiantuntija. Yritys on asentanut jo yli 7000 latausasemaa eri kohteisiin. Latausratkaisut luodaan sinne missä ihmiset viettävät aikaa kuten koteihin, työpaikoille, kauppoihin ja liikekeskuksiin. (Plugit 2021b.)

Latauspisteiden toteutuksessa Plugit ei ole sidoksissa vain tiettyihin toimittajiin ja siksi pystyvätkin tarjoamaan asiakaslähtöiset ratkaisut. Valmiiden latauskokonaisuuksien toimittamisen ja asennuksien lisäksi Plugitin osaaminen ja liiketoiminta on erilaisten kohteiden räätälöityjen ratkaisujen toteutukset. Erilaisia toteutettuja kohteita ovat esimerkiksi sähkökäyttöisten paikallisbussien latausinfra suunnittelu ja toteutus. (Wikman 2021.)

Sähkökäyttöisten bussien ja muiden ammattikäyttöjen vaativat tarpeet rakentuvat usein pikalatausasemista. Plugit ei pelkästään toimita kohteeseen sopivia latauslaitteita, vaan valmistaa laitekokonaisuuksia myös itse. Erityistarpeet, kuten sähköbussien pikalatauslaitteistot, koostuvat teholähteistä, järjestelmän ohjelmistoista sekä ohjaus- ja käyttöpääteistä. Kaikkien näiden osa-alueiden ydinosamisesta koostuva Plugitin monialainen työryhmä pystyykin hoitamaan kaiken kohteeseen laturit ja latauslaitteet pientaloasujan yksittäisestä latauslaitteesta kaupunkien julkisen liikenteen tinkimättömiin tarpeisiin. (Wikman 2021.)

Plugit työllistää noin 40 henkeä. Yhtiössä työskentelee suunnittelijoita, ohjelmistonkehittäjiä, asentajia, sekä myynnin ja markkinoinnin henkilöstöä.

Plugit toimipisteet sijaitsevat Tampereella ja Helsingissä. Plugit toteuttaa latausratkaisuja koko Suomeen sekä jatkuvat kysynnän lisääntyessä myös muihin maihin. (Wikman 2021.)

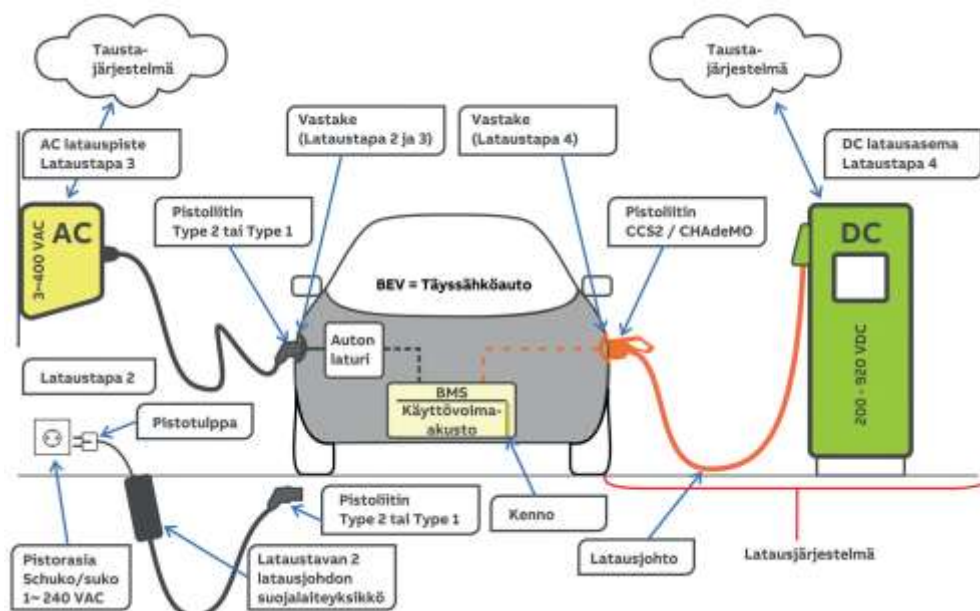
### 3 SÄHKÖAUTOT JA VERKKO

#### 3.1 Tietoa sähköautoista

Sähköautojen lukumäärä kasvaa voimakkaasti, ja tällä hetkellä niiden määrä kaksinkertaistuu vuosittain. Tähän yhtenä merkittävänä syynä ovat Euroopan unionin ilmastotavoitteet sekä tavoitteet öljyriippuvuuden vähentämiseksi. Sähköautojen yleistyminen vaatii kattavan latausverkon. Sähköautojen yleistyminen vaikuttaa myös merkittävästi sähkönjakeluun ja näin ollen myös sähkönjakeluverkon ja rakennusten sisäisen sähköverkon suunnitteluun. (ST-käsikirja 41 2019, 4.)

Termillä sähköauto viitataan joskus pelkästään täyssähköautoihin ja joskus taas sekä lataushybrideihin että täyssähköautoihin. Jos halutaan korostaa, että viitataan sekä täyssähkö- että lataushybrideihin, on syytä käyttää viestinnässä termiä ladattava auto, ja jos on tarkoitus viitata vain täyssähköautoihin, on suositeltavaa puhua täyssähköautoista. (ST-käsikirja 41 2019, 11.)

Sähköautoiluun liittyvät termit on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Sähköautoiluun liittyvää termistöä. (ST-käsikirja 41 2019, 10.)



Täyssähköauton perusrakenne on yksinkertainen: polttomoottorin tilalla on sähkömoottori, joka saa taajuusmuuttajan (invertterin) kautta energiansa ajoakusta. Koska sähkömoottorin vääntökäyrä on tasainen laajalla kierroslukualueella, polttomoottorin vaatimaa tyhjäkäyntiä ei tarvita, ei myöskään monivälityssuhteista vaihdelaatikkoa, eikä mekaanista kytkintä. Tyypillisesti sähköautoissa on alenusvaihe ja tasauspyörästä. Nelivetosähköautoissa etu- ja taka-akselilla on kummallakin oma moottori. (ST-käsikirja 41 2019, 11.)

Sähköautojen moottorit ovat lähes aina kolmivaiheisia kestopagneettitahtikooneita. Muutamassa mallissa käytetään teollisuuden sähkökäyttöissäkin suosittua oikosulku- eli induktiomootoria. Induktio moottori on halvempi valmistaa kuin kestopagneetteihin perustuva moottori, mutta sen käynnistysvääntömomentti on huomattavasti heikompi kuin kestopagneettitahtimoottorissa. (ST-käsikirja 41 2019, 26.)

Sähköauton lataamiseen kuluvan sähköenergian kustannukset on tietyillä pysäköintialueilla voitava kohdistaa auton lataajalle. Esimerkiksi asunto-osakeyhtiöiden latauspisteet on suositeltavaa varustaa mittauksella, jotta energiakustannukset voidaan laskuttaa auton lataajalta. Laskutukseen on tarjolla täysin ulkoistettuja ratkaisuja tai laskutusta varten tietoja toimittavia järjestelyitä. Laskutusta varten tietoja voidaan hakea latausjärjestelmän pilvipalvelusta ja/tai tiedot voivat tulla esimerkiksi sähköpostiin määräajoin.

Yksinkertaisimmillaan taloyhtiöissä, varsinkin alkuvaiheen osakaskohtaisissa ratkaisuissa, voidaan käyttää esimerkiksi vesimittarien lukuun verrattavaa käytäntöä: latauspisteiden mittarit luetaan määräajoin ja taloyhtiö laskuttaa lukeman mukaan. Lukema tarkistetaan harvemmallalla aikavälillä tai sopimussuhteen loppuessa. (ST-käsikirja 41 2019, 72.)

### 3.2 Lataaminen

Yleisellä tasolla latausasemiksi kutsutaan erilaisia latauspisteitä, joissa voi olla yksi tai useampi AC-latauslaite (lataustapa 3) tai DC-latauslaite (lataustapa 4), tai

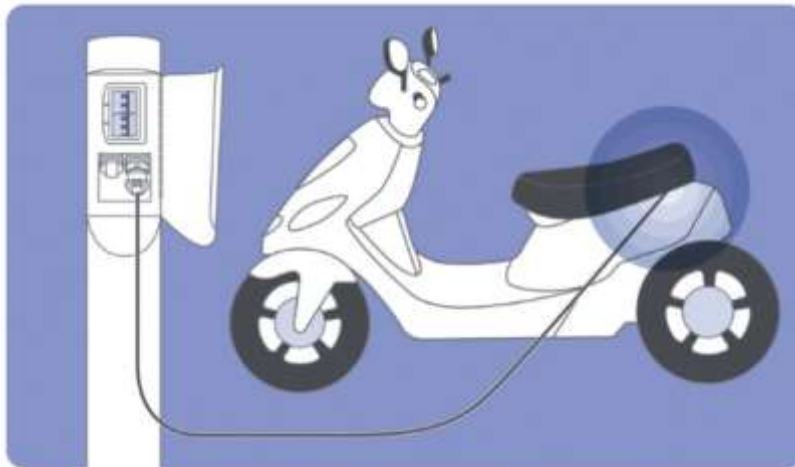
näiden yhdistelmä. Yksinkertaisimmillaan AC-latausasema koostuu ryhmäkeskukseen kytketystä seinään kiinnitetystä latausrasiasta (wall box). Latausrasian materiaalina on tyypillisesti säänkestävä muovi, metalli (teräs tai alumiini) tai näiden yhdistelmä. Kiinteä latauskaapeli on joko suora tai ns. spiraali. Latauspistoliittimelle on rakenteessa joko säilytyspaikka tai -kannake. (ST-käsikirja 41 2019, 44.)

Sähköautojen lataukseen käytetyt lataustavat on määritelty standardissa EN 61851-1. Suomessa suositellaan ensisijaisesti käytettäväksi lataustapoja 3 ja 4. Osa vakuutusyhtiöistä asettaa ehtoja esimerkiksi normaalin kotitalouspistorasiakäytölle sähköauton latauksessa, joten vakuutusehdot on syytä tarkistaa. Lataustavat määräytyvät jännitteen, virran sekä lataustavan mukaan. (ST-kortisto 51.90 2018, 3.)

### 3.2.1 Lataustapa 1, Mode 1

Lataustavassa 1 sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkösyöttöön (sähköverkkoon) tapahtuu käyttäen syöttöpuolella korkeintaan 16 A ja 250 V yksivaiheista tai 480 V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa, sekä tehoa syöttäviä johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Pistorasiana käytetään Schuko-pistorasiaa tai normaalia kolmivaiheista pistorasiaa. Lataustapaa 1 käytetään lähinnä kevyiden sähköajoneuvojen, kuten sähköpyörien, sähkömopojen ja -moottoripyörien, kevyiden nelipyörien, sekä sähköisten liikkumavälineiden lataamiseen. (ST-kortisto 51.90 2018, 3.)

Lataustapa 1 koske kevyitä sähköajoneuvoja, kuten kuviossa 2 on esitetty.

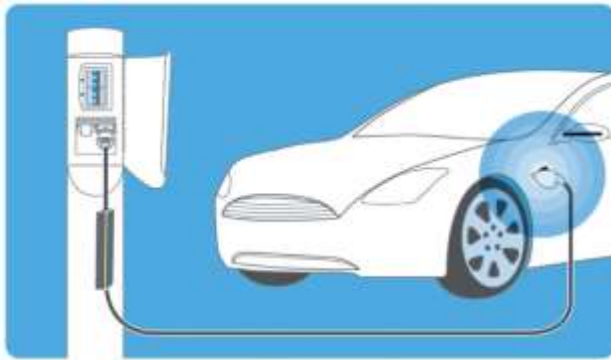


Kuvio 2. Lataustapa 1. (ST-käsikirja 41 2019, 30.)

### 3.2.2 Lataustapa 2, Mode 2

Lataustavassa 2 sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkönsyöttöön (sähköverkkoon) tapahtuu käyttäen syöttöpuolella korkeintaan 32 A ja 250V yksivaiheista tai 480 V kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa sekä tehoa syöttäviä johtimia ja suojamaadoitusjohtimia. Pistorasiana käytetään Schuko-pistorasiaa tai normaalia kolmivaiheista pistorasiaa. Lataustapa 2 on lähtökohtaisesti tarkoitettu vain tilapäiseen käyttöön, jos esimerkiksi varsinaista lataustavan 3 mukaista latauspistettä ei ole käytettävissä. Lataustavan 2 latauksen liitosjohdossa tulee olla tarvittavat suojalaitteet, ja suositellaan enintään 8 A latausvirran käyttöä. (ST-kortisto 51.90 2018, 3.)

Lataustavassa 2 lataussähkö otetaan normaalista Shuko-pistorasiasta kuvion 3 mukaan.



Kuvio 3. Lataustapa 2. (ST-käsikirja 41 2019, 31.)

Kuten kuvassa 1, lataustavan 2 liitosjohdossa on suojalaite, josta latausvirtaa voidaan rajoittaa. Autoon kytkeytyvä pistoke on sama tavan 2 ja 3 latauksissa.



Kuva 1. Lataustavan 2 liitosjohto. (Multicom 2021.)

### 3.2.3 Lataustapa 3, Mode 3

Lataustavassa 3 sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkönsyöttöön (sähköverkkoon) tapahtuu käyttäen erityistä sähköajoneuvon latausjärjestelmää, jossa ohjaustoiminnot ulottuvat kiinteästi vaihtosähköverkkoon liitettyyn sähköajoneuvon latauslaitteeseen. Latausvirta voi olla 6 A - 63 A, jolloin saavutetaan latausteho 1,4 kW - 43 kW. Lataustapa 3 on suunniteltu erityisesti sähköautojen lataamiseen. Pistorasiana käytetään erityisesti sähköauton lataukseen tarkoitettua, standardin EN 62196-2 mukaista kolmivaiheista pistorasiaa. Latausjärjestelmän tiedonsiirtoväylän avulla varmistetaan ajoneuvon oikea kytkeyminen latauspisteeseen sekä voidaan ohjata kuormitusta. (ST-kortisto 51.90 2018, 3.)

Lataustavassa 3 autoa ladataan latauspisteestä kuvion 4 mukaisesti.



Kuvio 4. Lataustapa 3. (ST-käsikirja 41 2019, 34.)

Lataustapa 3 on yleisin, eli niin sanottu peruslataus. Latauksessa 3 käytetään kuvan 2 mukaista pistoketta. Pistoke tunnetaan kansainvälisestäikin nimellä Type2 tai Mennekes.

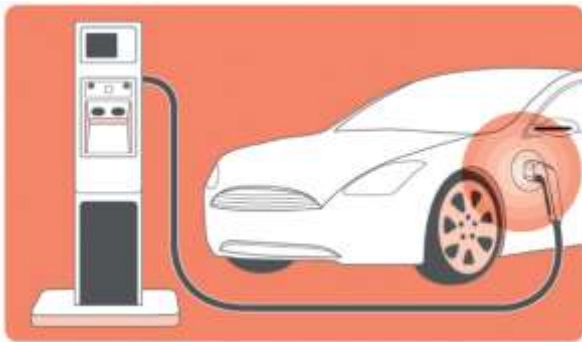


Kuva 2. Type2 latauspistoke. (Endesax 2021.)

### 3.2.4 Lataustapa 4, Mode 4

Lataustavassa 4 sähköajoneuvon liittäminen vaihtosähkösyöttöön (sähköverkkoon) tapahtuu käyttäen ajoneuvon ulkopuolista laturia, jossa ohjaustoiminnot ulottuvat kiinteästi vaihtosähköverkkoon liitettyyn sähköajoneuvon latauslaitteeseen. Laturi syöttää tasasähköä, ja siitä käytetään myös nimityksiä teholataus, pikalataus ja DC-lataus. Suunniteltu erityisesti sähköautojen lataamiseen. Pistorasiana käytetään erityisesti sähköauton lataukseen tarkoitettua, standardin EN 62196-3 tai CCS-standardin mukaista pistorasiaa. Latausjärjestelmän tiedonsiirtoväylän avulla varmistetaan ajoneuvon oikea kytketyminen latauspisteeseen sekä voidaan ohjata kuormitusta. (ST-kortisto 51.90 2018, 3.)

Lataustapa 4 esitetty kuviossa 5.



Kuvio 5. Lataustapa 4. (ST-käsikirja 41 2019, 35.)

Lataustavassa 4 yleisimmin käytetty pistoketyyppi on kuvan 3 mukainen CCS Combo-pistoke.



Kuva 3. CCS Combo-latauspistoke. (Plugincaras 2012.)

### 3.3 Verkkokapasiteetin näkymät

Sähköautojen käytön edistämistä perustellaan usein niiden ympäristöystävällisyydellä. Suomessa sähköautot ovat käytännössä kiistanon ekoteko, koska Suomessa kulutettu sähkö on tuotettu pääasiassa vähäpäästöisillä tavoilla, kuten vesi- ja ydinvoimalla. Myös Suomen sähköjakeluinfrastruktuuri on hyvässä kunnossa ja kestää huoletta ainakin miljoona sähköautoa. Paikallisia pullonkauloja saattaa esiintyä, mutta ne ovat ratkaistavissa esimerkiksi päivittämällä jakelumuuntaja yhtä kokoa suuremmaksi. (ST-käsikirja 41 2019, 17.)

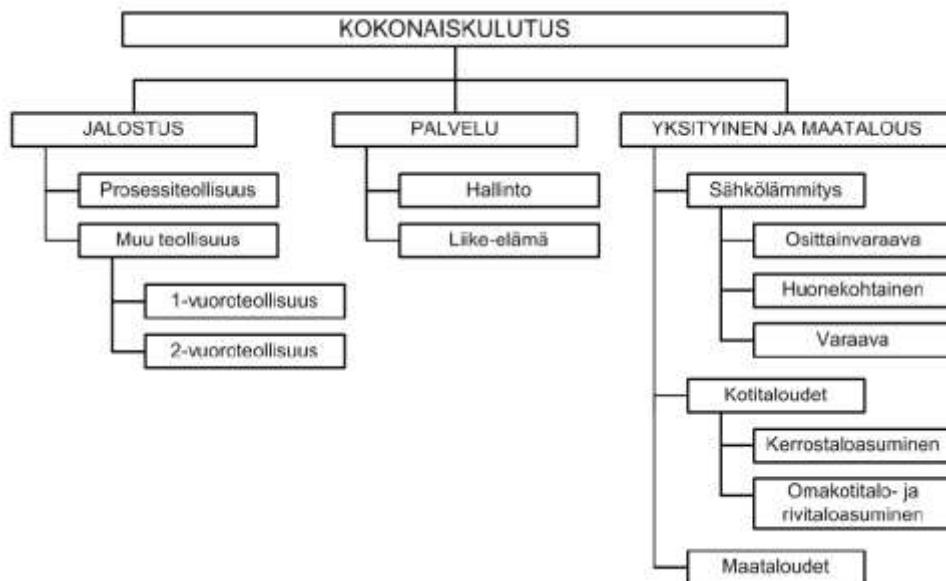
Fingridin kantaverkon kehittämissuunnitelman arvion mukaan liikenteen energiankulutus Suomessa oli vuonna 2017 49 TWh, josta pääosa käytetystä energiasta on peräisin fossiilisista polttoaineista. Sähköautojen käyttöönotto vähentää perinteisten polttoaineiden kulutusta tieliikenteessä ja lisää sähkökulutusta. Samalla liikenteen kokonaisenergiankulutus pienenee selvästi, koska sähkömoottori on hyötysuhteeltaan oleellisesti polttomoottoria tehokkaampi. Vuonna 2018 koko liikenteen henkilöautokanta oli noin 2,7 miljoonaa kappaletta. Jos koko autokanta sähköistettäisiin, niin lisääntyisi sähkön kulutus noin 6-8 TWh. Sähköautojen määrästä Suomessa vuoteen 2030 mennessä on esitetty erilaisia arvioita alkaen virallisesta 250 000 auton tavoitteesta aina 700 000-800 000 autoon. Jälkimmäisen arvion mukaan sähkön kulutuksen kasvu olisi noin 0,5-2 TWh. (Fingrid 2019, 11.)

Näin ollen sähköautoilu ei ole suurin kulutusta lisäävä tekijä tulevaisuudessa, vaikka niin usein luullaankin. Fossiilisista polttoaineista luopuminen, etenkin rakennusten lämmityksessä, lisää tulevaisuuden sähkötarvetta.

Fingrid arvioi sähkökulutuksen kasvavan pääosin lämmitys- ja teollisuuskulutuksen vetämänä noin 7-17 TWh vuoteen 2030 mennessä, jolloin kokonaiskulutus olisi 94-104 TWh. Ennusteita nostavat erityisesti loppuvuonna 2018 ja alkuvuonna 2019 aktivoitunut ilmastokeskustelu ja esitykset EU-tason päästötavoitteiden kiristämisestä. (Fingrid 2019, 12.)

Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta tulevaisuudessakin noin kolmannes menee teollisuuteen. Mielenkiintoista kyllä, perinteisten teollisuuden muotojen lisäksi sähköä tarvitaan yhä enemmän digitalisaation takia. Datakeskukset ovat merkittävä mahdollinen ajuri tulevaisuuden sähkökulutuksen kasvulle. Datakeskusten sähkökulutuspotentiaalin arviointi on erityisen hankalaa, sillä toimialalla teknologinen muutosnopeus on suurempi kuin perinteisissä teollisissa energia-hankkeissa. Epävarmuuksia liittyy niin globaalin datakeskuskapasiteetin tarpeeseen (kasvaa, mutta kuinka paljon), Pohjoismaiden houkuttelevuuteen datakeskusten sijaintipaikaksi (kuinka suuren osuuden maailman datakeskuskapasiteetista Pohjoismaiden puhdas sähkö, kylmä ilmasto ja vakaa infrastruktuuri houkuttelevat) sekä datakeskusteknologian ominaisenergiankulutukseen, jota mahdolliset uudet teknologiat voivat jossain vaiheessa merkittävästi pudottaa. (Fingrid 2019, 11.)

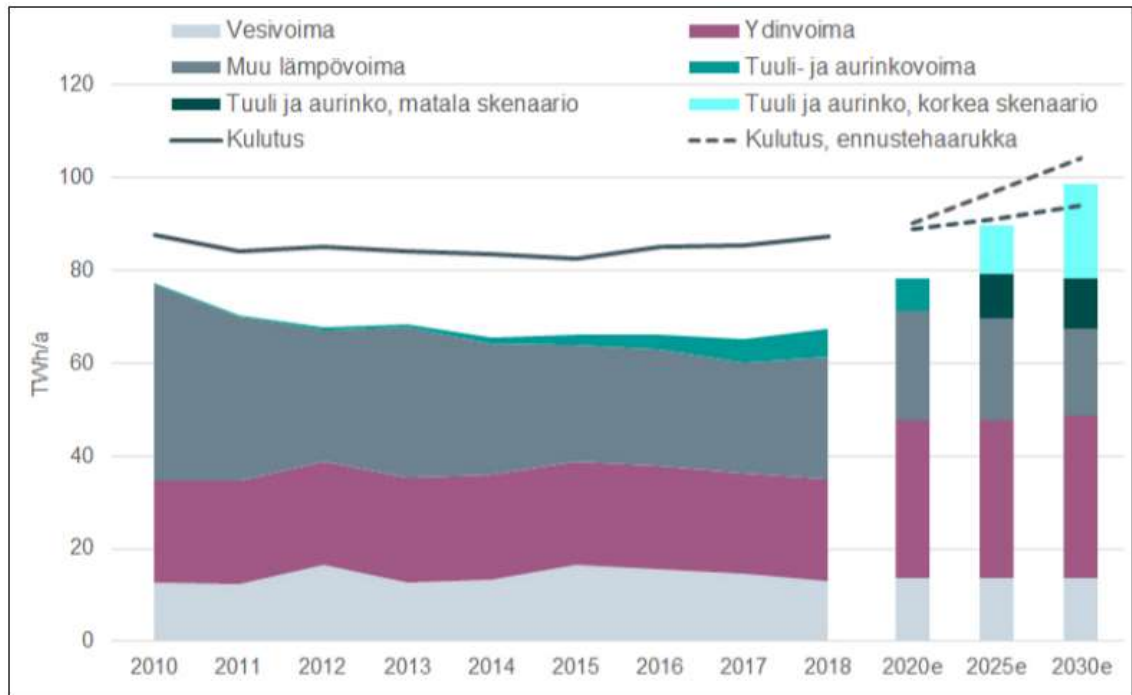
Suomen sähkön kokonaiskulutus on jaoteltu kuviossa 6. Kuvio on vuodelta 2009, mutta sitä voidaan käyttää edelleen pohjana, kun arvioidaan sähköautolatauksien sijoittuminen kokonaiskulutukseen nähden. Lataukset sijoittuvat vahvasti yksityispuolelle asuinpakoilla latauksien myötä, mutta yleisten latauspaikkojen ja etenkin pikalataus mahdollisuuksien myötä kulutus jakautuu myös palvelu -ryhmään.



Kuvio 6. Sähkön kulutuksen jakautuminen. (Lakervi & Partanen 2009, 55.)



Kuviossa 7 on kuvattu Suomen sähköntuotanto ja -kulutus vuosina 2010-2018, sekä ennustettu kehitys vuosille 2020-2030. Fingridin ennusteesta nähdään, että sähköntuotannon energianlähteet tulevat olemaan lisääntyvissä määrin tuuli- ja aurinkovoima sekä ydinvoima.



Kuvio 7. Sähköntuotanto ja -kulutus, sekä tulevan kymmenen vuoden ennuste kehitykselle. (Fingrid 2019, 15.)

Käynnissä oleva sähkön tuotantorakenteen murros on yksi keskeisistä kehitysajureista Fingridin verkon kehittämiseksi. Keskeisimmät trendit ovat sääriippuvan tuotannon lisääntyminen, uudet suuret ydinvoimalaitosyksiköt, säätökykyisen tuotannon määrän väheneminen sekä uuden tuotannon maantieteellinen sijoittuminen kantaverkossa. (Fingrid 2019, 13.)

Tuulivoiman määrä kasvaa tällä hetkellä erittäin voimakkaasti kaikkialla Pohjoismaissa. Erityisesti Ruotsissa kasvu on huimaa: tuulivoimakapasiteetin arvioidaan lähes kaksinkertaistuvan 14 gigawattiin vuoden 2022 loppuun mennessä, ja kasvu kohdistuu etenkin pohjoisille tarjousalueille. Myös Norjassa merkittävä osa tuulivoimahankkeista sijoittuu Keski- ja Pohjois-Norjaan. Pohjois-eteläsuuntainen siirto on siten merkittävä ajuri verkon kehittämiseksi kaikkialla Pohjoismaissa. (Fingrid 2019, 13.)

### 3.4 Kiinteistöjen varautuminen sähköautojen tuloon

Sähköautojen tulemiseen varautuminen on otettava huomioon sähköverkon lisäksi myös kiinteistöissä. Sähköautojen yleistyessä on lokakuussa 2020 säädetty laki: ”Rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä”. Laki koskee sähköautojen myötä mm. sähköajoneuvojen latauspisteitä ja latauspistevalmiuksia rakennuksissa, sekä rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmiä.

Laissa määritetään uuden ja vanhan asuinrakennuksen yhteyteen asennettavista latauspisteistä:

Asuinrakennuksen yhteyteen, jossa on enemmän kuin neljä pysäköintipaikkaa, on asennettava latauspistevalmius siten, että jokaiseen pysäköintipaikkaan voidaan myöhemmin asentaa latauspiste.

Muun kuin asuinrakennuksen yhteyteen, jossa on yli 10 pysäköintipaikkaa, on asennettava yksi suuritehoinen latauspiste tai vaihtoehtoisesti:

- vähintään yksi normaalitehoinen latauspiste, jos pysäköintipaikkoja on 11-50
- vähintään kaksi normaalitehoista latauspistettä, jos pysäköintipaikkoja on 51-100
- vähintään kolme normaalitehoista latauspistettä, jos pysäköintipaikkoja on yli 100. (Latauspiste- ja automaatiolaki 733/2020 2:5 § ja 2:6 §)

Sen lisäksi, mitä 3 momentissa säädetään, sellaisen uuden muun rakennuksen kuin asuinrakennuksen yhteyteen, jossa on 11–30 pysäköintipaikkaa, on asennettava latauspistevalmius vähintään 50 prosenttiin pysäköintipaikoista. Jos pysäköintipaikkoja on yli 30, latauspistevalmius on asennettava vähintään 20 prosenttiin pysäköintipaikoista kuitenkin niin, että latauspistevalmius on vähintään 15 pysäköintipaikassa. Jos pysäköintipaikkaan asennetaan latauspiste, se täyttää pysäköintipaikan latauspistevalmiutta koskevan vaatimuksen. (Latauspiste- ja automaatiolaki 733/2020 2:5.4 §.)

Taloyhtiöiden lisäksi suurta keskustelua herättää myös työpaikkojen parkkialueiden latauspisteiden järjestely. Lain edellä mainituissa kohdissa käytetään ”muu, kuin asuinrakennus” -käsitettä. Työpaikalle määritettävät latauspisteet noudattavat näitä laissa määrättyjä kohtia.

## 4 ESIMERKKIKOHTTEEN SUUNNITTELU

### 4.1 Latauspisteiden suunnittelu

Sähköautojen latauspisteiden suunnittelu on aina tapauskohtaista. Vaikka kahdella eri parkkialueella olisi molemmissa saman verran latauspaikkoja, voivat tehon tarpeet erota huomattavastikin. Tällaisia toisistaan poikkeavia pysäköintialueita voisi olla työpaikalla, jossa työntekijöiden vuororytmit ovat samat ja taloyhtiössä, jossa ihmiset liikkuvat eri aikoina.

Sähköautojen joukkoyleistymisen alkuvaiheessa ja latauspisteitä suunnitellessa, on vaarana sähkön riittämättömyyden lisäksi myös sähkön ylimitoitus, kuin pelkästään saatavilla olevan sähkön riittävyys. Todennäköisyyteen, että tullaan toimeen pienemmällä maksimiteholla kuin latauslaitteiden yhteenlasketuilla täystehoilla, voivat vaikuttaa seuraavat asiat:

- Jokainen ladattava auto ei voi hyödyntää latauslaitteen maksimitehoa.
- Käyttäjillä on käytössään hybridautoja, joiden latausteho on selkeästi pienempi.
- Sähköautoilijoita ei vain ole vielä niin paljon, kuin on paikkoja.
- Käytössä on älykäs kuormanhallinta.

Suunniteltaessa ja rakennettaessa latausjärjestelmää on kokonaisuudessa aina otettava huomioon laajenemisen mahdollisuus, toteutettiinpa ne sitten miten tahansa.

Kun kartoitetaan tulevan latausalueen tarpeita, voidaan käyttää suunnittelun teholaskelman apuna ST 51.90 kortin Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus -mukaisia tietoja:

- latausasemien tyyppi
- latausasemien määrä
- käyttöpaikka ja käyttäjäprofiili
  - keskimääräinen latausaika
  - keskimääräinen latausenergia
- muu kuorma
- rajoitukset
  - liittymän koko
  - pää- ja ryhmäkeskusten koko
  - minimilatausvirta latausasemille. (6A / latausasema SFS-EN 61851:n mukaan) (ST 51.90 2018, 5.)

#### 4.2 Standardit

Sähköautoilun voimakkaan kasvun myötä on jouduttu päivittämään ja tekemään runsaasti asiaa sääteleviä lakeja, standardeja, asetuksia, määräyksiä ja ohjeita.

ST 51.90 kortin mukaan listatut aiheeseen liittyvät säädökset ovat:

- SFS 6000 -standardisarja ja erityisesti osat:
  - SFS 6000-4-4. Suojaus sähköiskulta
  - SFS 6000-7-722. Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset, sähköajoneuvojen syöttö

- SFS 6000-8-813. Täydentävät vaatimukset. Pistokytkimien valinta ja asentaminen
- SFS-EN 61439 -standardisarja. Pienjännitekeskukset
- SFS-EN 61851 -standardisarja. Electric vehicle conductive charging system
- SFS-EN 62196 -standardisarja. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles
- Open Charge Point Protocol. OCPP
- SESKO lataussuositus SK69 (ST-kortisto 51.90 2018, 1.)

### 4.3 Kuormanhallinta

Kuormanhallinta on keskeinen osa verkosta otettavan tehon optimoinnissa latauspisteistä puhuttaessa. Kuormanhallinta laitteita voi olla monen tasoisia. Pääsääntöisesti kuormanhallinta on laite, joka rajoittaa latausvirran niin, että se pysyy säädelyissä rajoissa.

Kuorman ohjaus perustuu latausaseman antaman ohjaussignaalin muokkaukseen: latausasema kertoo ajoneuvolle ohjaussignaalin avulla, kuinka paljon siitä on saatavilla virtaa, ja sähköajoneuvon latausjärjestelmä säätyy tämän mukaan tai ottaa sen verran, mitä pystyy. (ST-käsikirja 41 2019, 53.)

#### 4.3.1 Tavallinen kuormanhallinta

Tavallisen latauslaitteen tavallinen kuormanhallinta rajoittaa kuorman kaikille autoille kuormittavimman tilanteen mukaan, riippumatta lataavien autojen todellisesta määrästä. Näin ollen jokainen auto saa ainakin vähän energiaa ladattavakseen. Tavallinen kuormanhallinta tulee tyypillisimmin kyseeseen, kun olemassa olevia kaapelointeja ja liittymän pääsulakkeen kokoa ei uusita. Tällöin tehoa on

rajoitettava olemassa olevasta infrastruktuurista johtuen. Tässä kuormanhallinta-tapauksessa varataan siis turhaan kapasiteettia myös niille latureille, joissa autoa ei ole.

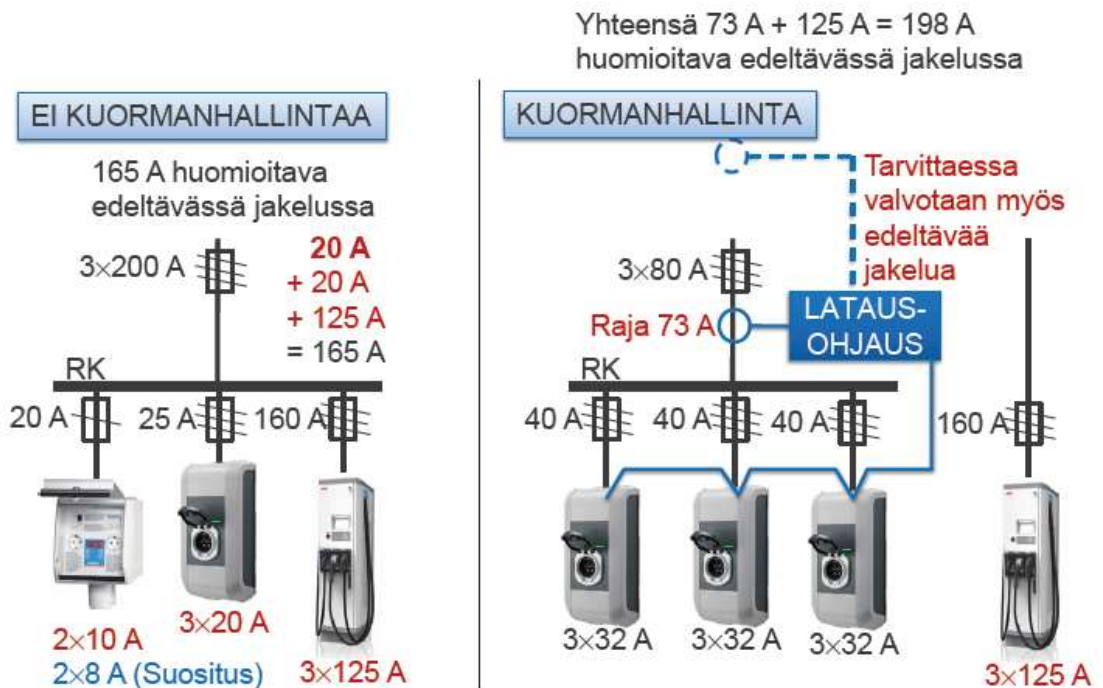
Myöskään tässä tapauksessa ei pystytä helposti rajoittamaan sähköautojen latauksen kuormaa kiinteistön muiden kuormien kytkeytyessä päälle kuten dynaamisessa kuormanhallinnassa pystytään tekemään. (Ensto n.d.)

#### 4.3.2 Dynaaminen kuormanhallinta

Dynaaminen kuormanhallinta voidaan toteuttaa joko yksitasoisena tai monitasoisena. Yksitasoisessa dynaamisessa kuormanhallinnassa latausjärjestelmälle annetaan yksi maksimiteho, jonka latauslaitteet jakavat keskenään lataajien mukaan. Yksitasoinen dynaaminen kuormanhallinta saa nimityksensä siitä, että virranmittauspisteitä on yksi, eli latausjärjestelmän ottama virta.

Monitasoisessa dynaamisen kuormanhallinnan toteutuksessa mittauspisteitä voidaan antaa useampia, tai ne voidaan sijoittaa kiinteistön sähköjakelun eri osiin, eikä pelkästään latausjärjestelmää syöttäviin kaapeleihin. Lisäksi monitasoisessa toteutuksessa järjestelmälle ei määritetä vain yhtä maksimitehoa, jota se jakaa lataajien kesken. Monitasoisessa kuormanhallinnassa mitataan yleisimmin koko kiinteistön pääsähköliittymää ja järjestelmän seurattavaksi tehoksi määritetään koko liittymän maksimiteho. Tällä ratkaisulla saavutetaan se, että latausjärjestelmä pystyy käyttämään kiinteistön koko sähköjakelun vapaana olevan kapasiteetin hyödykseen lataajien kesken jokaisena ajanhetkenä. (Plugit 2021a)

Kuvio 8 yksinkertaistaa ajatusta kuormanhallinnasta. Ei kuormanhallintaa -osassa huomataan, että latauslaitteet voivat ottaa verkosta täyden yhteenlaske-  
tun virran. Kuormanhallinta -osassa määritetään virta, jonka latauslaitteet jakavat eri tilanteissa ladattavina oleville ajoneuvoille.



Kuvio 8. Kuormanhallinnan vaikutus mitoitukseen. (ST-käsikirja 41 2019, 41.)

#### 4.3.3 Plugit-kuormanhallintaesimerkki

Plugitin monitasoisella kuormanhallintaratkaisulla voidaan erikseen ottaa huomioon virranmittauksessa paitsi myös kiinteistön pääsähkön syöttö, mutta myös pienempiä osia, jotka ajoittain kuormittavat kiinteistön koko sähköjärjestelmää.

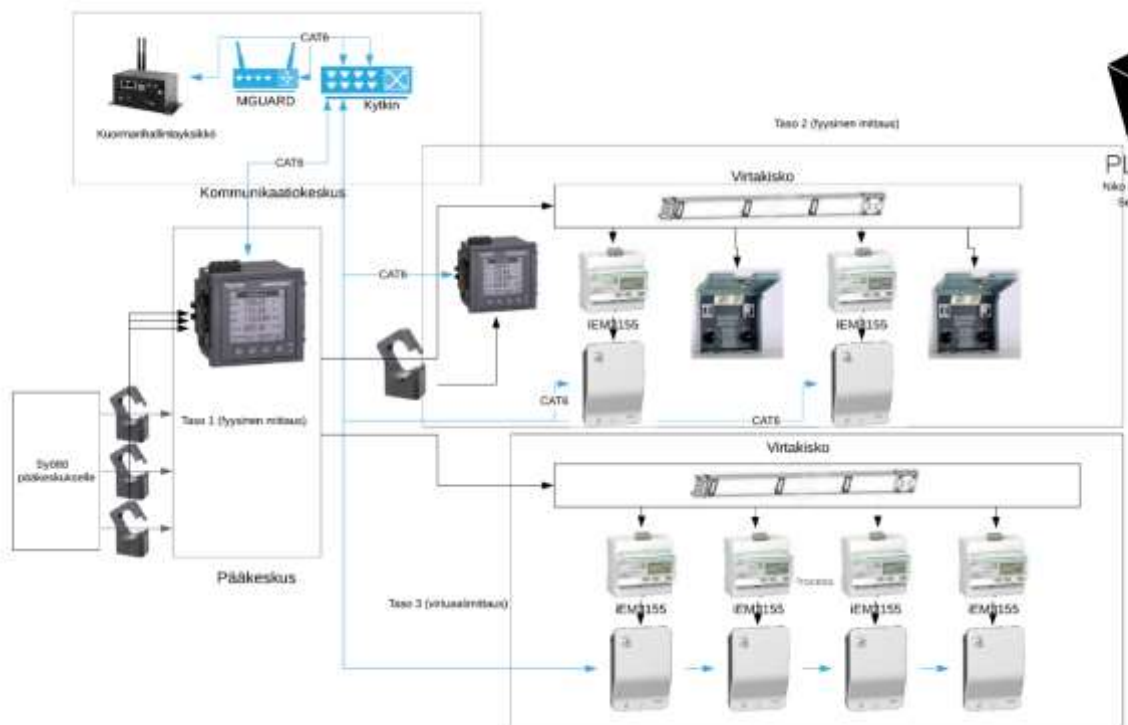
Kuviossa 9 on esitetty Plugitin kuormanhallintaesimerkki. Tämä esimerkki sopii esimerkiksi taloyhtiökohteisiin, jossa on latureiden lisäksi lämmitystolppia kuormittamassa järjestelmää.

Toisessa kiskossa kuormana on pelkkiä latureita, jolloin kuormanhallintayksikkö pystyy hallitsemaan tämän tason kuormaa ilman erillistä mittaria, koska se saa mittaritiedot suoraan latureilta. Toisessa kiskossa mukana on lisäksi lämmitystolppia, joten tämän kiskon syöttö tarvitsee erillisen mittarin, jotta kuormanhallintayksikkö saa tiedon koko tason kuormasta. Lisäksi mittaroidaan pääkeskusta, jotta kiinteistön kokonaiskapasiteetti ei ylitä. (Plugit 2019, 3.)



Kuormanhallinta voidaan toteuttaa eri kokoisina. Kuvion 9 mukaista ratkaisua voidaan käyttää keskikoisissa tai suurissa toteutuksissa. Tässä ratkaisussa latauslaitteiden ja kuormanhallinnan keskinäinen kommunikaatio tapahtuu Ethernet-verkossa (kuviossa sinisellä piirretty). Ethernet verkko yhdistetään kytkimellä, josta on yhteys kuormanhallintaan. Latauslaitteiden käyttämä virta mitataan virtuaalisesti latauslaitteilla.

Kuormanhallinta säättää edellä mainittuun tapaan yhteen kytkettyjen laitteiden tehoja. Kuten aikaisemmin on mainittu, voidaan monitasoisessa kuormanhallinnassa lisätä fyysisiä virranmittauksia kiinteistön sähköjärjestelmän eri osiin. Kuvion 9 esimerkissä fyysisiä mittauksia on kiinteistön pääsähkön syötössä, sekä myös autolämmityskoteloita sisältävässä virtakiskon syötössä. Fyysiset mittaus tiedot kerätään energiamittarilla, jonka rajapinta on yhdistettävissä myöskin samaan Ethernet-verkkoon latauslaitteiden kanssa. Nyt kuormanhallinta pystyy käsittelemään virrankulutuksia suoraan latauslaitteilta sekä kiinteistön muilta osilta. Näin saadaan kaikkina vuorokauden aikoina sähköautoille suurin latausteho vaarantamatta muun sähkön riittävyttä kiinteistössä.



Kuvio 9. Monitasoisen kuormanhallinnan periaatekaavio. (Plugit 2019, 3.)

#### 4.4 Mitoitus ja laskenta

Kuten luvussa 4.3.2 todettiin, päästään monitasoisella dynaamisella kuormanhallinnalla toteutettuna koko kiinteistön sähkönjakelun sekä sähköautolatauksien suhteen tehokkaimpaan ratkaisuun.

Oikeiden toteutus- ja mitoitusmallien käyttäminen on tärkeää, kun kartoitetaan sähköntarvetta ja vaikutuksia verkkoon isommassa kuvassa, parkkipaikoista kaupunginosiin ja kaupungeista koko maan sähkönjakelun kapasiteetin tulevaisuuden tarpeeseen.

Ilman kuormanhallintaa toteutettavien latauspisteiden mitoituksessa käytetään ST 51.90 kortin ohjeistusta: ”Latauspistettä suoraan syöttävien ryhmäjohtojen mitoituksessa tulee käyttää tasauskerrointa 1. Sitä tulee käyttää myös keskuksen syötön mitoituksessa latauspisteiden osalta, jos ei käytetä älykkään latausjärjestelmän kuormanhallintaa.” (ST-käsikirja 41 2019, 4.)

Jakokeskusten ja kaapeleiden mitoitukset tehdään aina laitteiden maksimitehojen mukaan. Käytettäessä kuormanhallintaa pystytään latausjärjestelmän pääsulakekokoa pienentämään tai vaikuttaa siihen, että liittymää ei välttämättä tarvitse isontaa. Mitoituksien jälkeen tarkastellaan kuormanhallinnan tuomia ratkaisuja kiinteistön sähköverkkoon.

Esimerkkikohteen lähtötiedot:

- Latauspisteitä on 4kpl.
- Latauslaitteiden teho on 2x22 kw (22 kw / latauspiste).
- Toteutus tehdään lataustavalla 3.
- Latausjärjestelmää varten asennetaan uusi jakokeskus.
- Jakokeskusta syöttävän kiinteistön pääkeskuksen oikosulkuvirta 2300 A.
- Syöttävän keskuksen kaapeli pituus latauslaitteiden jakokeskukselle on 47m.
- Jakokeskukselta latauslaitteille kaapeli pituudet ovat 13m ja 20m.
- Syöttökaapelit kaivetaan maahan ja suojataan muoviputkilla.
- Kohteen latauspaikkojen lisäsmahdollisuus, eli laajennusvara on 60 %.
- Kiinteistön pääsulakkeet 3 x 160 A.

Latausasemien toimittajia on nykyisin kattavasti. Esimerkkikohteen 2x22 kw latausasema voisi olla vaikka kuvan 4 tyyppinen Schneiderin EVlink latausasema.



Kuva 4. Schneider EVlink latausasema.

ST-käsikirjan kortissa 41 on yhtenäistetty latauspisteiden tehojen määrittämistä. Yksittäisen latauspisteen tehoa määriteltäessä voidaan käyttää pääsääntöisesti keskiarvoista sähköauton kulutuksen arvoa 20 kWh/100km. Laskentaa varten tulisi tietää, mikä on tarvittava toimintasäde ja mikä on haluttu latausaika tälle toimintasäteelle. Laskennan jälkeen tulisi latauspisteeksi valita vähintään tähän tehoon kykenevä laite, jos edeltävä jakelu kykenee tätä palvelemaan. Edeltävässä jakelussa on huomioitava latausaseman ottama suurin teho, jota yleensä voidaan asetella, eli tarvittaessa latausaseman teho on aseteltavissa asennusvaiheessa. (ST-käsikirja 41 2019, 61.)

Latauspisteen mitoitustehon määrittäminen keskimääräisesti kaavan 1 mukaan:

$$P_{\text{latauspiste}} = \frac{0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} * S_{\text{toimintasäde}}}{t_{\text{latausaika}}} \quad (1)$$

missä:

$P_{\text{latauspiste}}$  on latauspisteen mitoitusteho

$S_{\text{toimintasäde}}$  on haluttu toimintasäde latauksen aikana (km)

$t_{\text{latausaika}}$  on keskimääräinen latausaika (h)

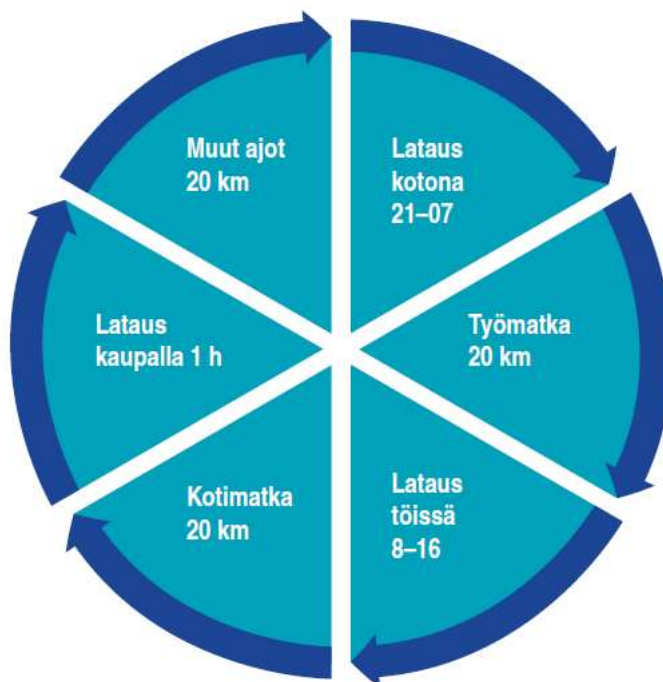
Mitä paremmin latauspaikkojen käyttäjäprofiilia pystytään määrittämään, sitä tehokkaampaan suunnitteluun ja lopputulokseen voidaan päästä kokonaisuudessa. Käyttäjäprofiilin tarkka määrittäminen on usein hankalaa, jolloin on käytettävä esimerkiksi aiemmin esitettyä kaavaa 1.

Kerrostalon taloyhtiön tai työpaikan parkkialuetta pystytään kuitenkin profiloimaan joissain tapauksissa melko hyvinkin. Ajoneuvojen yleistyessä voidaan kapasiteettia lisätä käyttäjien mukaan, kunhan tulevaisuuden laajenemismahdollisuuksiin varaudutaan suunnittelu- ja toteutusvaiheessa.

Latauspisteiden käytön voisi profiloida esimerkiksi näin:

- Käyttäjällä A on hybridauto, jonka latausteho on 2kw. Auto on latauksessa aikana 18-08.
- Käyttäjällä B on täyssähköauto, jonka latausteho on 6,6kw. Auto on latauksessa aikana 16-06. Latauksen alkaessa autossa on akkuvarausta jäljellä 60%.
- Käyttäjällä C on täyssähköauto, jonka latausteho on 7,4kw. Auto on latauksessa aikana 23-09. Latauksen alkaessa autossa on akkuvarausta jäljellä 10%.
- Käyttäjällä D on täyssähköauto, jonka latausteho on 20kw. Auto on latauksessa aikana 18-05. Latauksen alkaessa autossa on akkuvarausta jäljellä 30%

Käyttäjäprofiilien keskimääräisen lataustarpeen hahmottamiseen voidaan käyttää apuna myös kuvion 10 mukaista mallia.



Kuvio 10. Latauspisteiden käyttäjäprofilointiesimerkki. (ST-käsikirja 41 2019, 57.)

Latausjärjestelmä mitoitetaan latauslaitteiden kokonaistehon mukaan. Profiloinin perusteella voidaan arvioida latauspisteiden todellista kokonaistehoa, joka otetaan huomioon kuormanhallinnan valvonta-arvojen säätelyssä sekä järjestelmän pääsulakkeiden valinnassa.

Määritetään järjestelmän kokonaisteho kaavalla 2, jonka pohjalta jakokeskus voidaan suunnitella.

$$P_{tot} = \frac{P}{latauslaite} * m = 22kw * 4 = 88 kw \quad (2)$$

missä:

$P_{tot}$	on	latauslaitteiden kokonaisteho
$P / latauslaite$	on	latauspisteiden yksittäisteho
$m$	on	latauslaitteiden määrä

Kokonaisteho on tässä kohtaa pätötehoa. Virta-arvojen laskentaa varten tarvitaan näennäisteho, joka lasketaan kaavalla 3:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{88kw}{0,95} = 92,63 \approx 93 kVa \quad (3)$$

missä:

$S$	on	näennäisteho
$P$	on	pätöteho
$\cos \varphi$	on	tehokerroin

Näennäistehosta lasketaan kokonaisvirta kaavalla 4:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{93 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 134,23 \approx 134 \text{ A} \quad (4)$$

missä:

$I$  on kokonaisvirta

$U_N$  on pääjännite

Neljän latauslaitteen kokonaisvirraksi saatiin 134 A.

Laskettuun mitoitusvirtaan otetaan huomioon laajennusvara. Laajennusvara ja sen huomiointi arvioidaan tapauskohtaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että latausjärjestelmän rakennusvaiheessa päätetään, kuinka pitkälle valmiudet viedään tulevaisuuden laajenemisen helpottamiseksi lisättäessä latauspisteitä.

Laajennusmahdollisuuksia voidaan huomioida esimerkiksi seuraavasti:

- 1) Kokonaisvirtaan lasketaan laajenemisvara, jonka mukaan mitoitetaan latauslaitteiden jakokeskus ja sitä syöttävät kaapelit heti alkuvaiheessa. Tämän mukaisesti syöttökaapeleihin varautuminen heti alkuvaiheessa voi nostaa kokonaiskustannuksia merkittävästikin, ottaen huomioon alussa latauspisteiden tarpeiden maltillisen kokonaismäärän

Kokonaisvirtaan lasketaan laajenemisvara, jonka mukaan mitoitetaan vain latauslaitteiden jakokeskus. Keskusta syöttävä kaapeli mitoitetaan hankinnan alkuvaiheessa tulevien latauspisteiden kokonaisvirran mukaan. Jakokeskusta syöttävä kaapeli asennetaan suojaputkeen ja maahan varataan toinen tyhjä putki tulevaisuuden laajenemisen varalle. Näin ollen kaapelinvaihdos tai lisäys on mahdollista. Latauslaitteiden yleistyessä eri kiinteistöissä voi olla vaikea sanoa, että kauanko alkuvaiheessa asennettavien laitteiden määrä riittää. Tämän esimerkin mukaisesti voidaan säästää kustannuksissa hankinnan alkuvaiheessa varautuen kuitenkin laajenemisen mahdollisuuteen.

Valitaan laajennusmahdollisuuksien huomioimiseksi aikaisemmista esimerkin 2 mukainen ratkaisu. Päätökseen vaikuttaa myös järjestelmän kokonaismitoitusvirran huomiointi laajennusmahdollisuuden kanssa kiinteistön pääsulake kokoon nähden, joka on 3x160 A.

Laajennusmahdollisuus on lähtötietojen mukaan 60 %.

Lasketaan laajennusvara kaavalla 5 aikaisemmin lasketun kokonaisvirran päälle, jolloin tulokseksi saadaan todellinen mitoitusvirta:

$$I_N = I_{tot} * 60\% = 134A * 1,6 = 214 A \quad (5)$$

Näin ollen:

Latausjärjestelmän jakokeskusta syöttävä kaapeli mitoitetaan aikaisemman mitoitusvirran 134 A mukaisesti.

Jakokeskus mitoitetaan laajennusvara huomioiden 214 A mukaisesti.

Sopiva mitoitusvirta  $I_N$  valitaan sulakekokojen mukaan lasketusta mitoitusvirrasta seuraavaa kokoa isommaksi. Taulukosta 1 nähdään gG-sulakkeiden mitoitusvirrat. Syöttökaapelin mitoitusvirran 134 A nimellisvirraksi valitaan 160 A ja jakokeskuksen nimellisvirraksi laajennusmahdollisuuden kanssa valitaan 250 A.

Samasta taulukosta nähdään gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat, joita tarvitaan mitoituksien tulevissa kohdissa.



Taulukko 1. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat. (D1-2017, 94.)

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaadittu mitatut arvot				
Nimellisvirta	gG-sulake	Vaadittu mitattu	gG-sulake	Vaadittu mitattu
A	0,4 s	arvo	5,0 s	arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

Aikaisemmin listattujen lähtötietojen mukaan, latauslaitteiden jakokeskusta syöttävän keskuksen oikosulkuvirta on riittävä, 2300A.

Oikosulkuvirta on tässä tapauksessa riittävä, kun se on taulukon 1, nimellisvirralta 160A:n mukaisen gG-sulakkeiden 5,0s sarakkeen mukaista 950A arvoa suurempi.

Lasketaan syöttävän keskuksen impedanssi kaavalla 6:

$$I_k = 2300 \text{ A}$$

$$Z_V = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} = \frac{0,95 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 2300 \text{ A}} = 0,095 \Omega \quad (6)$$

missä:

$Z_V$  on impedanssi ennen suojalaitteita

$I_k$  on oikosulkuvirta

$c$  on kerroin 0,95








$U$  on pääjännite (V)

Syöttävän keskuksen oikosulkuvirran ja impedanssin määrittämisen jälkeen voidaan todentaa jakokeskusta syöttävän syöttökaapelin valinta riittäväksi.

Kaapelin kuormitettavuuteen vaikuttavat asennustavat, kaapelipituus, ympäristöolosuhteet sekä mahdollinen tasoituskerroin.

Taulukon 2 asennustavan ja suunnitellun virran perusteella kaapeliksi valitaan AMCMK 4x120/41. Kaapelivalintaan vaikuttaa myös mitoitusvirta, joka on tässä 160 A. Taulukon D1 -sarake kuvaa kaapelin asennustapaa upotettuna maahan suojaputkessa.

Taulukko 2. Kaapeleiden kuormitettavuus eri asennustavoille. (ST-käsikirja 30 2020, 46.)

Johtimen nimellis- poikkipinta	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
mm <sup>2</sup>							
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Kupari</b>							
1,5	14,5	14	17,5	16,5	19,5	22	22
2,5	19,5	18,5	24	23	27	29	28
4	26	25	32	30	36	37	38
6	34	32	41	38	46	46	48
10	46	43	57	52	63	60	64
16	61	57	76	69	85	78	83
25	80	75	101	90	112	99	110
35	99	92	125	111	138	119	132
50	119	110	151	133	168	140	156
70	151	139	192	168	213	173	192
95	182	167	232	201	258	204	230
120	210	192	269	232	299	231	261
150	240	219	300	258	344	261	293
185	273	248	341	294	392	292	331
240	321	291	400	344	461	336	382
300	367	334	458	394	530	379	427
<b>Alumiini</b>							
2,5	15	14,5	18,5	17,5	21	22	
4	20	19,5	25	24	28	29	
6	26	25	32	30	36	36	
10	36	33	44	41	49	47	63
16	48	44	60	54	66	61	82
25	63	58	79	71	83	77	98
35	77	71	97	86	103	93	
50	93	86	118	104	125	109	117
70	118	108	150	131	160	135	145
95	142	130	181	157	195	159	173
120	164	150	210	181	226	180	200
150	189	172	234	201	261	204	224
185	215	195	266	230	298	228	255
240	252	229	312	269	352	262	298
300	289	263	358	308	406	296	336

HUOM. Sarakkeissa 3, 5, 6, 7 ja 8 oletetaan johtimien olevan pyöreitä poikkipintaan 16 mm<sup>2</sup> saakka. Suuremmilla poikkipinnoilla arvot viittaavat muun muotoisiin johtimiin ja niitä voi turvallisesti käyttää pyöreisiin johtimiin.

Huomioidaan, että standardin SFS 6000-5-52:2017 luvun 433 mukaan ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen ominaisuuksien on täytettävät kaavojen 7 ja 8 ehdot:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (7)$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z \quad (8)$$

missä:

$I_B$  on virtapiirin suunniteltu virta (Tässä 134 A)

$I_Z$  on johtimen jatkuva kuormitettavuus (Tässä 180 A)

$I_n$  on suojalaitteen mitoitusvirta (Tässä 160 A)

$I_2$  on virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa.

Virran  $I_2$  arvo, jolla suojalaite toimii tehokkaasti, on annettu laitestandardissa tai se saadaan valmistajalta.

Tarkistetaan laskennallisesti kaapelivalinnan riittävyys esimerkin johtopituudella. Suurin sallittu johtopituus lasketaan kaavalla 9. Kaavassa vaadittu oikosulkuvirta  $I_k$  valitaan taulukon 1 laskettavan kaapelin nimellisvirran mukaan.

$$l = \frac{\frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} - Z_V}{2 \cdot z} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400V}{\sqrt{3} \cdot 950} - 0,095}{2 \cdot 0,326 \Omega} = 208m \quad (9)$$

missä:

$l$  on maksimi johtopituus

$c$  on kerroin 0,95

U	on	pääjännite (V)
I <sub>k</sub>	on	vaadittu oikosulkuvirta
Z <sub>V</sub>	on	impedanssi ennen suojalaitetta
z	on	suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km)

Tuloksesta huomataan, että kaapelivalinta on riittävä!

Lasketaan jakokeskuksella oleva impedanssi ja oikosulkuvirta. Impedanssi lasketaan kaavalla 10:

$$Z_{V1} = Z_V + 2 * \frac{z}{km} * l = 0,095\Omega + 2 * \frac{0,326\Omega}{km} * 0,047 = 0,13 \Omega \quad (10)$$

Kun impedanssi arvo on selvillä, voidaan laskea oikosulkuvirta kaavalla 11:

$$I_{k1} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 0,13\Omega} = 1687 A \quad (11)$$

missä:

Z <sub>V</sub>	on	impedanssi pääkeskuksella
Z <sub>V1</sub>	on	Impedanssi jakokeskuksella
z	on	suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km)
l	on	johtopituus
I <sub>k1</sub>	on	oikosulkuvirta jakokeskuksella

Määritetään kaapelit jakokeskukselta latauslaitteille. Latauslaitteet ovat kaksi osaisia (2x22 kw), joten yhden laitteen kokonaisvirta saadaan jakamalla aikaisempi kokonaisvirta kahdella, eli 67A.

Seuraava sulake koko 67:stä on 80A, jonka gG-sulakkeen pienin sallittu toimintavirta (oikosulkuvirta) 5.0s ajalla taulukon 1 mukaan on 425 A.

Edellisen määrittelyn mukaan oikosulkuvirta on riittävä.

Taulukosta 2 valitaan kaapeli asennustavan mukaan, joka on myös latauspisteille ”asennettuna maahan suojaputkessa”. Valitaan 16mm<sup>2</sup> johdin poikkipinnalla oleva kuparikaapeli. Kaapelin kuormitettavuus on tällöin 78A. Kaapelin tyyppi on MCMK 4x16/16.

Lasketaan impedanssit ja oikosulkuvirrat myös latauslaitteilla kaavojen 12-15 mukaan:

$$Z_{V2} = Z_{V1} + 2 * \frac{z}{km} * l = 0,13\Omega + 2 * \frac{1,418\Omega}{km} * 0,013 = 0,17\Omega \quad (12)$$

$$I_{k2} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 0,17\Omega} = 1290A \quad (13)$$

$$Z_{V3} = Z_{V1} + 2 * \frac{z}{km} * l = 0,13\Omega + 2 * \frac{1,418\Omega}{km} * 0,020 = 0,19\Omega \quad (14)$$

$$I_{k3} = \frac{0,95 * 400V}{\sqrt{3} * 0,19\Omega} = 1155 A \quad (15)$$

missä:

$Z_{V1}$  on impedanssi jakokeskuksella

$Z_{V2}$  on impedanssi latauslaitteella 1

$Z_{V3}$  on impedanssi latauslaitteella 2

$z$  on suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega/km$ )

$l$	on	johtopituus
$l_{k2}$	on	oikosulkuvirta latauslaitteella 1
$l_{k3}$	on	oikosulkuvirta latauslaitteella 2

Määritetään suurin sallittu johtopituus jakokeskukselta, kun käytetään  $16\text{mm}^2$  kuparista johdin poikkipinta-alaa.

Vaikka tässä kohdassa latauslaitteiden oikosulkuvirrat ovat riittävät, mitoitetaan suurin sallittu johtopituus valmiiksi ja merkitään se tulevaan jakokeskuksen pääkaavioon. Näin ollen suunnitelmissa on jo valmiina tieto, että kuinka pitkälle latauspisteitä voidaan tulevaisuudessa laajentaa, käyttäen samaa kaapeli tyyppiä.

Lasketaan suurin johtopituus kaavalla 16:

$$l_2 = \frac{\frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} - Z_V}{2 \cdot z} = \frac{\frac{0,95 \cdot 400\text{V}}{\sqrt{3} \cdot 425} - 0,13}{2 \cdot 1,418\Omega} = 136\text{m} \quad (16)$$

missä:

$l_2$	on	maksimi johtopituus
$c$	on	kerroin 0,95
$U$	on	pääjännite (V)
$I_k$	on	vaadittu oikosulkuvirta
$Z_V$	on	impedanssi ennen suojalaitetta
$z$	on	suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )

Tässä kohteessa ongelmaa ei tulisi kaapelipituuksien kanssa, sillä oikosulkuvirrat ovat kiitettävän korkeat.

Latauspisteitä varten tehdyistä mitoituksista voidaan tehdä seuraavanlainen yhteenveto:

- Mitoituksessa todettiin tulevan järjestelmän kokonaisteho – 88kw.
- Kokonaistehosta laskettiin kokonaisvirta – 134A. Järjestelmän pääsulake ja nimellisvirta valittiin taulukon 1 mukaan kokonaisvirrasta seuraava koko - 160 A.
- Kokonaisvirran päälle laskettiin parkkialueen laajenemismahdollisuus 60%.
- Kokonaisvirran ja laajenemismahdollisuuden mukaan valittiin järjestelmän jakokeskuksen mitoitusvirta ( $I_n$ ) – 250A.
- Kiinteistön pääkeskuksen oikosulkuvirran mukaan mitoitettiin syöttökaapeli jakokeskukselle – AMCMK 4x120/41.
- Jakokeskuksen syöttökaapelin perusteella laskettiin jakokeskuksen oikosulkuvirta – 1,7kA.
- Jakokeskukselta latauslaitteille valittiin kaapelit – MCMK 4x16/16.
- Latauslaitteiden syöttökaapeleiden perusteella laskettiin oikosulkuvirrat laitteilla – Laturi 1, 1,3kA ja laturi 2, 1,2kA.

Mitoituksien jälkeen tehdään piha-alueen sähkösuunnitelma, sekä jakokeskuksen pääkaavio.

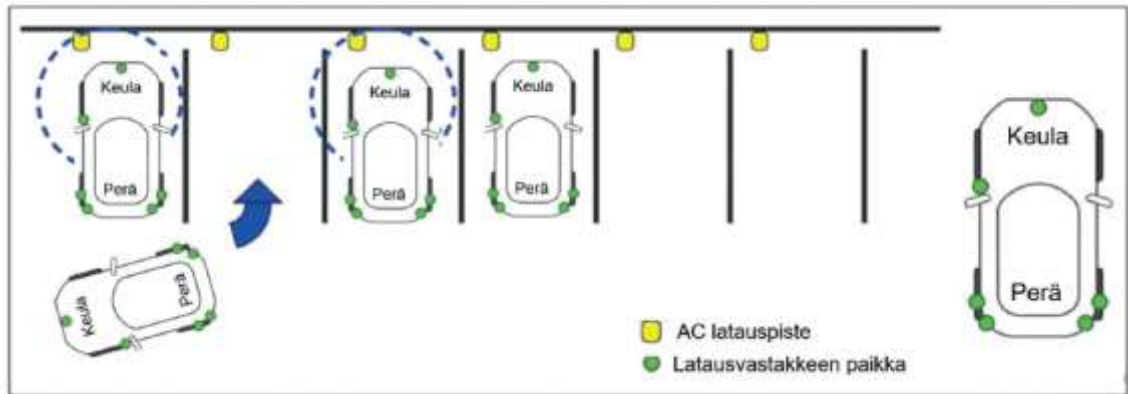
#### 4.5 Pysäköintialueen sähkösuunnittelu

Sähköisten mitoitusien jälkeen suunnitellaan sähköautojen pysäköintialueen sähköistys.

Latauspisteiden sijoittelusta on tehty suositus autojen vaihtelevan pistokeliitännän takia. Seuraavassa on esitelty ST-kortiston 51.90 mukaiset suositukset latauspisteiden sijoitteluille.

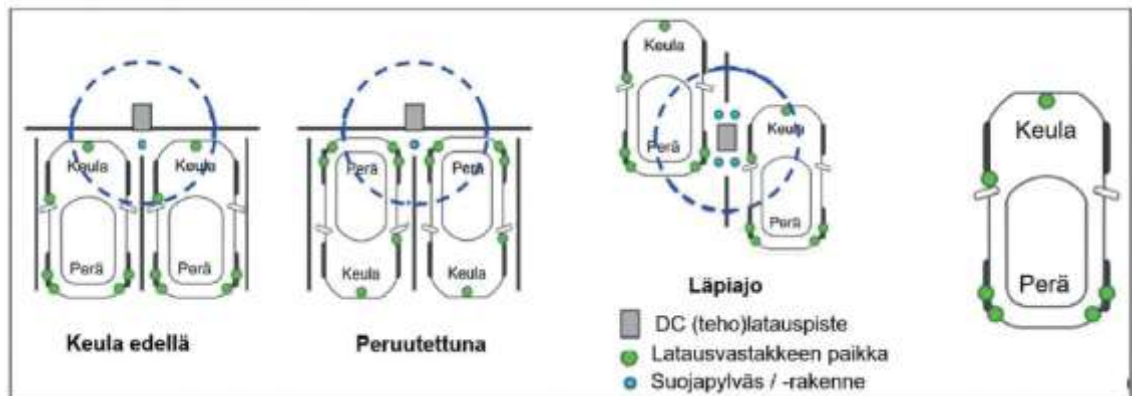
AC-latureiden latauspisteiden sijoittelu suositukset näkyvät kuviossa 11.





Kuvio 11. Latauspisteiden sijoittelu suositus AC-latureille. (ST-kortisto 51.90 2018, 21.)

Kuviossa 12 on latauspisteiden sijoittelu suositus DC-latureille.



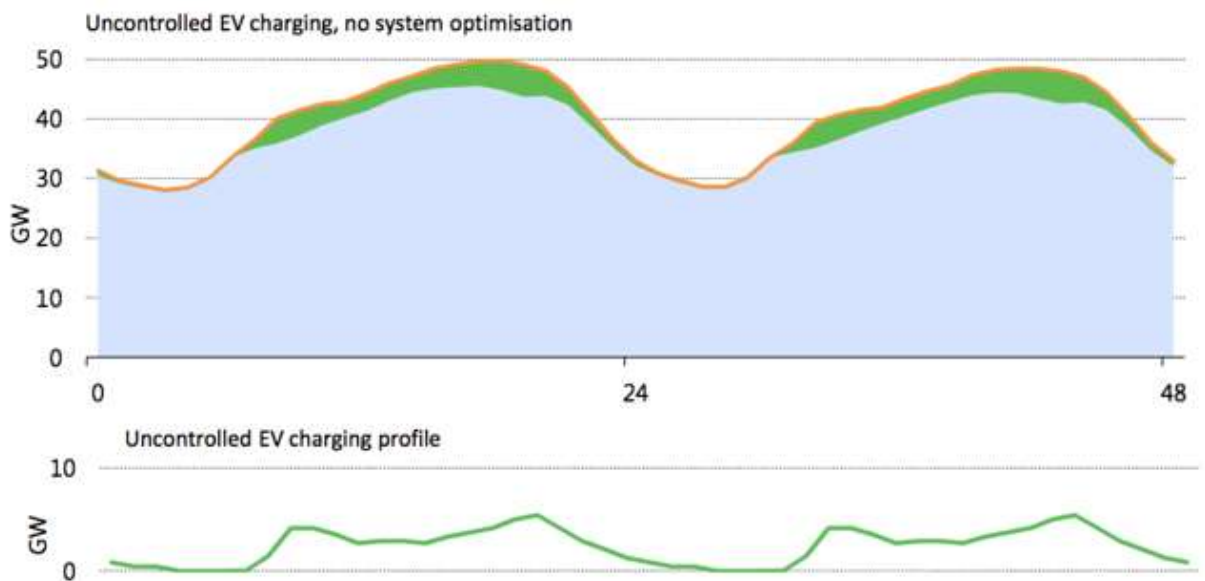
Kuvio 12. Latauspisteiden sijoittelu suositus DC-latureille. (ST-kortisto 51.90 2018, 21.)

Liitteessä 1 on esitetty parkkialueen suunnittelu ja kaapeloinnit. Suunnitelmaan on merkitty keskukset, maakaapeloinnit, sekä latauslaitteiden paikat.

Jakokeskuksen pääkaavion suunnitelma on liitteessä 2. Keskus on suunniteltu aikaisemmin määritetyn 250A nimellisvirran mukaan. Latauslaitteiden varokelähtönä on kahvarokelähtö (jonovaroike), joissa on 80A kokoiset kahvasulakkeet. Kuormanhallinta käyttää keskuksen kokonaisvirranmittauksesta saamaa tietoa latauslaitteiden virran säätelyyn. Huomioon otetut laajennusvaraukset näkyvät myös jakokeskuksen pääkaaviossa liitteessä 2.

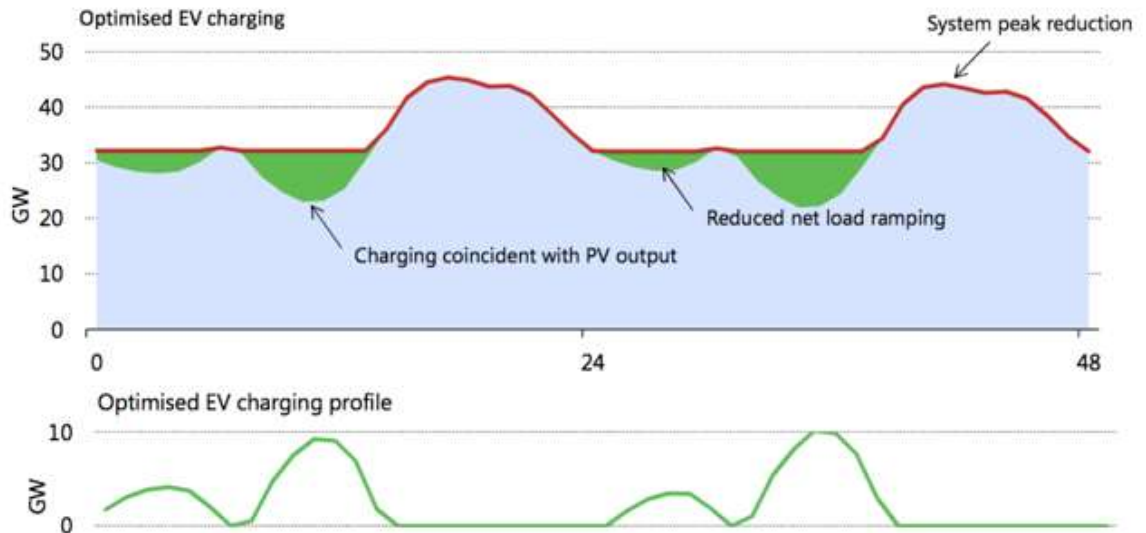
#### 4.6 Kuormanhallinnan tuomat ratkaisut

Tarkastellaan kuormanhallinnan tuomia ratkaisuja sähköjaketelussa. Kuviossa 13 on esimerkki verkosta otetusta tehosta ilman kuormanhallintaa. Vihreällä merkattu osuus on latauksen tuomaa lisäkuormaa kiinteistön muun kulutuksen päälle. Käytännössä tämä voisi tarkoittaa sitä, että kiinteistön pääsulake kokoa pitäisi suurentaa.



Kuvio 13. Suoralla latauksella latauskuorma lisää kiinteistön kulutushuippua. (Liikennevirta 2021.)

Kuviossa 14 on käytössä älykäs kuormanhallinta. Kuviosta huomataan latauksien vihreällä merkittyä osuutta katsomalla, että kuormanhallinnalla optimoituina kiinteistön kokonaiskulutuksen ei tarvitse parhaimmillaan nousta ollenkaan. Autot latautuvat aikana, jolloin kulutus on pientä – eli parhaimmillaan yöaikaan.



Kuvio 14. Kuorman tasainen jakautuminen käytettäessä kuormanhallintaa. (Liikennevirta 2021.)

Sähköautojen latauksista verkkoon kohdistuva kuormitus ei ole aina negatiivinen asia. Liikennevirta Oy kertoo mahdollisuudesta tasaiseen kuormitukseen verkossa älylatauksen avulla.

Sähköautot ovat usein kytkettynä lataukseen pidempiä aikoja kuin olisi tarpeen: Autoilijan kannalta helpointa on kytkeä auto pistokkeeseen kotiin saapuessa, ja irrottaa pistoke vasta aamulla töihin lähtiessä. Älylatauksesta on hyötyä sekä autoilijalle, että sähköverkolle: auto voi olla kytkettynä, mutta lataus tapahtuu sähköverkon ja tehokkuuden kannalta optimaalisimpaan aikaan. Lataaminen alhaisen kysynnän hetkillä on järkevää sekä taloudellisesti että sähköverkon kannalta. (Liikennevirta 2021.)

Keskimäärin taloyhtiöiden sähköliittymän koko, eli pääsulake on 3x160A tai 3x250A. Kun mietitään taloyhtiöiden koko kiinteistön keskimääräistä sähköjärjestelmän kokoa ja aikaisemmassa mitoituksessa selvitettyä latausjärjestelmän kokoa, voidaan äkkiä luulla, ettei sähkö voi riittää sähköautoilun yleistyessä. Mitoituksessa huomattiin, että vain neljän latauslaitteen muodostama järjestelmä vaatii laskennallisesti jo 3x160A:n virran.

Liittymien kuormitushuiput sattuvat yleisesti vuorokaudessa aikavälille 16-19. Sähköautojen latauksien käyttöön saadaan suurin mahdollinen teho aikaisemman kuvion 14 mukaan yöaikaan, kun sähkön muu käyttö kiinteistöissä on vähäistä. Älykkäällä kuormanhallinnalla kiinteistön sähkö voidaan siis saada riittämään sähköautojen yleistyessä.

Pientaloasujalla voi olla käytössään sähköliittymänsä rajoihin mitoitettu suoran sähkön latauslaite. Aina kuitenkin puhuttaessa useamman laitteen muodostamasta järjestelmästä, on kuormanhallinta todennäköinen osa sitä.

#### 4.7 Yhteenveto

Esimerkkikohteen suunnittelussa käytiin läpi kohtia, mistä latauspisteiden suunnittelu koostuu. Kuormanhallinnasta kerrottiin omana osanaan, sillä se on latausmäärien kasvaessa sähkönjakelun riittävyyteen ratkaisevan tärkeässä osassa. Mitoitus- ja laskentavaiheessa esiteltiin perusteita, minkä mukaan latauspisteiden mitoitus tehdään. Sähköteknisesti laskenta olisi mahdollista tehdä paljon syvällisemminkin, mutta käytännön suunnittelun tarvittavaan lopputulokseen pääsemiseen käytettiin olennaisia kaavoja.

Laskennan pohjalta tehtiin asemakaavan mukainen suunnitelma parkkialueen kaapeloinneista. Latauslaitteita varten asennettavaan jakokeskukseen tehtiin pääkaavio. Lopuksi demonstroitiin kuormanhallinnan tuomia ratkaisuja kulutusikäriiden avulla, joissa näkyi latauksista verkkoon kohdistuva lisäkuorma.

## 5 POHDINTA

Tämä insinöörityön aihe oli latauslaitteiden sähkönjakelun suunnittelu ja kuormanhallinnan tuomat ratkaisut sähköautojen latauksissa. Tutkimustyön tarkastelussa saatiin tuloksia, joiden pohjalta pystytään ymmärtämään nykyisen sähköverkon riittävyys latauksille vielä pitkään, kun latauksien tehoja ohjataan kuormanhallinnalla. Opinnäytetyössä onnistuttiin pitämään asiaan kuuluva tietopaketti sopivan kokoisena. Työn esimerkissä pystyttiin ymmärrettävästi tuomaan ilmi, että mitä tehdään ja ratkaistaan, sekä keinot ja ratkaisut lopputulokseen pääsemiseksi.

Sähköautojen myötä muuttuva liikennekulttuuri muokkaa myös autoilijoiden ajattelutapoja. Lataamisten yleistyessä tulee häilymään myös aikaisempi polttomootori tankkauksien periksiantamaton asenne: ”Tankki täyteen ja heti.” Latausratkaisuissa ei päästä hetkeen vielä tilanteeseen, jossa lataaminen olisi yhtä nopeaa kuin perinteinen tankkaaminen. Kuitenkin energian lataamisen ajoitus yhdessä pidemmälle suunniteltujen kulkemistarpeiden kanssa mahdollistaisi autolla liikkumisen totuttuun tapaan varmistuen samalla lataussähkön riittävyyden. Jotta tämä olisi mahdollista, on autojen ja älylaitteiden keskeisen integraation syvennyttävä niin, että päivärytmiin tarvittavan auton energiavarasto on täynnä, kun sitä tarvitaan. Toisin sanoen, ihmisten mukana kulkeva puhelin ja käytössä oleva auto, voisi muodostaa latauslaitteelle henkilöstä profiilin, jonka pohjalta latauksien taustajärjestelmä ja kuormanhallinta pitäisi huolta, että akut ovat täynnä silloin kun pitääkin. Toki laitteelta pitää pystyä saamaan poikkeus tilanteissa latausvirtaa niin paljon, kun se on kyseisellä ajanhetkellä mahdollista.

Tulevaisuuden lataussähkön laskutusmalli voisikin olla jopa palkitseva ajotarpeensa hyvin suunnittelevalle – jos virtaa tarvitaan paljon ja heti, on siinä valmis maksamaan hieman enemmän.

Sähköautoilussa riittää tulevaisuudelle vielä reilusti tutkittavaa. Esimerkiksi akkuteknologia on yksi eniten kilpailtu osa-alue koko lajissa. Autojen akkujen ja latauslaitteiden välille mahtuu monia komponentteja ja ratkaisuja, joissa riittää taakulla tutkittavaa ja kehitettävää. Tämän opinnäytetyön kaltaisesta näkökulmasta

voisi sähköautojen laajemman yleistymisen myötä tehdä tulevaisuudessa jatkotutkimuksen, jossa verrataan tämän hetken arvioidun verkkokapasiteetin lisätarvetta ja tulevaisuuden todellisia verkkoon kohdistuvia kuormituksia latauksista. Jatkotutkimus voisi poiketa oleellisestikin tämän hetken arvioista. Mielenkiintoisia tuloksia voitaisiin saada siitäkin, että onko kuormanhallinta latauslaitteissa aina ratkaisevassa osassa vai onko pienemmät lataustehot yhdessä pidempien latausaikojen kanssa yleisempi malli.

## LÄHTEET

Endesax 2021. Mennekes: The 21st century socket. Viitattu 4.5.2021. <https://www.endesax.com/en/resources/stories/cirve-iberian-fast-charging-corridors11>.

Ensto n.d. Suunnittelijan opas. Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Viitattu 15.4.2021. <https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>.

Fingrid 2019. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2019-2030. Viitattu 4.5.2021. [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon\\_kehittamissuunnitelma-2019-2030.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon_kehittamissuunnitelma-2019-2030.pdf).

Käsikirja D1-2017 2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Helsinki: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.

Lakervi E. & Partanen J. 2009. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto.

Latauspiste- ja automaatiolaki 11.11.2020/773.

Liikennevirta 2021. Sähköautot osana energiajärjestelmää. Viitattu 26.4.2021. <https://www.virta.global/fi/blogi/sahkoautot-osana-energiajarjestelmaa>.

Multicom 2021. EV Connect Schuko to Mennekes Type. Viitattu 4.5.2021. <https://www.multicom.no/ev-connect-schuko-to-mennekes-type/cat-p/c/p10395389>

Plugincaras 2012. Viitattu 4.5.2021. <https://www.plugincars.com/sae-unveils-combined-charger-system-121119.html>.

Plugit 2019. Monitasoiset kuormanhallintajärjestelmät. Plugit materiaali.

Plugit 2021a. Autolataus-dynaaminen kuormanhallinta. Viitattu 15.4.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=I9iH4KdMR0s>.

Plugit 2021b. Yritys. Viitattu 4.5.2021. <https://plugit.fi/yritys/>.

ST 51.90 2018. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Espoo: Sähkötieto ry.

ST-Käsikirja 30 2020. Sähkötekniisiä taulukoita. Espoo: Sähkötieto ry.

ST-Käsikirja 41 2019. Sähköautot ja latausjärjestelmät. Espoo: Sähkötieto ry.

Storås, N. 2021. Kestääkö sähköverkko? HS Visio 12.3.2021. Viitattu 1.4.2021. <https://www.hs.fi/teknologia/art-2000007852046.html>.

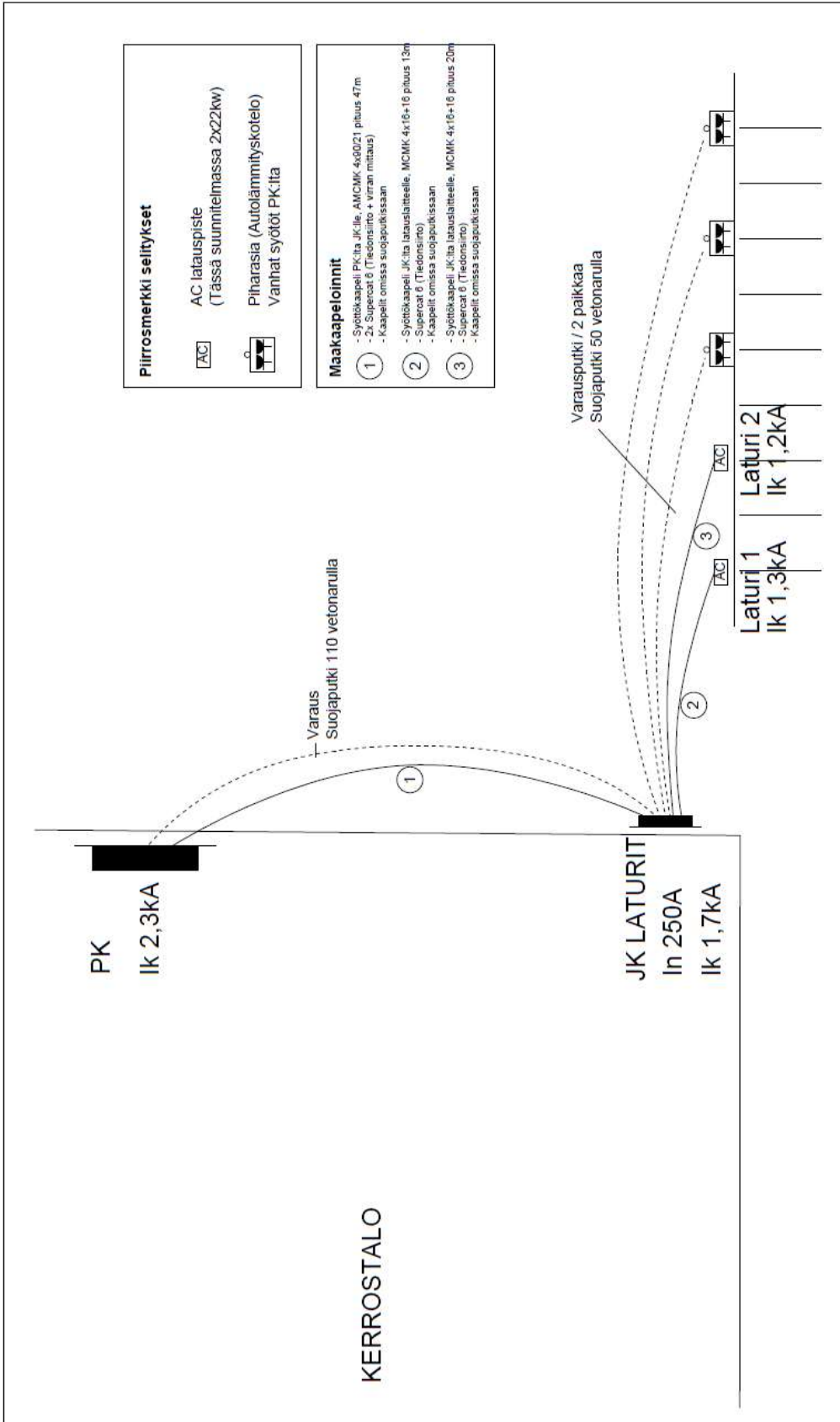
Wikman, T. 2021. Plugit Finland Oy. Sähkötöiden johtajan haastattelu 2.2.2021.



## LIITTEET

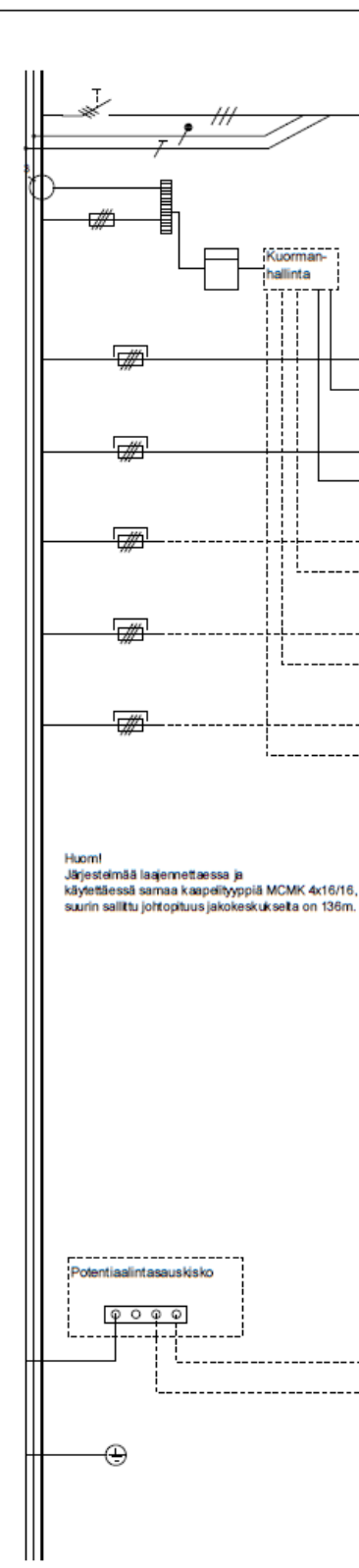
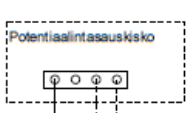
- Liite 1. Pysäköintialueen sähkösuunnitelma
- Liite 2. Jakokeskuksen pääkaavio

## Liite 1. Pysäköintialueen sähkösuunnitelma



K.osa/Kyysä	Kortti/IT/ta	Tontti/Nro	Viranomaisien merkintöjä varten	
Toimenpide			Piirustus/ai	Juoks. nro
Rakennuskohde			Asemakaava	Mitakaava
Otto Pieska			Piirustuksen sisältö	
Opinmäärityö			Sähkösuunnitelma	
esimerkiksi kohde			Vanhavirtakaapelioinnit	
			Autolaitaus	Muutos
			Päiväys	Koodi
			26.4.2021	
			Työnnumero	Piirustus nro
			0121	SAH 0121-02

## Liite 2. Jakokeskuksen pääkaavio.

		Kaavio	Nimitys	Teho [kW]	Varoke/ Pohja [A]	Johto [mm <sup>2</sup> ]
Keskusnumero: Sähkösähkönumero:	JK Autolataus		Syöttö kiinteistön PK:ita		160/1	AMCMK 4X120/41
			Virtamuuntajat 250/5, Tarkkuus 0,2 S			
E	Mittarit: Maadoitus: Mitat:		Mittauksen etusulakkeet		10/25	
			kWh mittaus / verkkoanalysointilaite + Kuormanhallinta			
Sijainti: Rakennus: Nimi: Merkintä:	AMCMK-4x120/41		Sähköautonlatauspiste 1		80/00	MCMK 4x16/16
			Kuormanhallinnan kommunikointikaapeli			Supercat 6
			Sähköautonlatauspiste 2		80/00	MCMK 4x16/16
			Kuormanhallinnan kommunikointikaapeli			Supercat 6
			Sähköautonlatauspiste 3 (Varaus)		80/00	MCMK 4x16/16
IP 44 Kotelo: Asennustapa: Käyttö:			Kuormanhallinnan kommunikointikaapeli			Supercat 6
			Sähköautonlatauspiste 4 (Varaus)		80/00	MCMK 4x16/16
			Kuormanhallinnan kommunikointikaapeli			Supercat 6
			Sähköautonlatauspiste 5 (Varaus)		80/00	MCMK 4x16/16
			Kuormanhallinnan kommunikointikaapeli			Supercat 6
Huomi!		Järjestelmää laajennettaessa ja käytettäessä samaa kaapeliyyppiä MCMK 4x16/16, suurin sallittu johtopituus jakokeskuksesta on 136m.				
Nimellisjännite: Nimellisvirta: Lämpötila: Huipputeho:	400 V 250 A		Potentiaalintasauskisko			
			Maadoitusjohdin, kaapeloja			HK 16
			Maadoitusjohdin, kaapeloja			HK 16
Keskuksen maadoitus						
Otto Pleskå Opinnäytetyö, esimerkki kohde		Päiväys Suunnittelija Tarkistaja Hyväksyjä	22.4.2021 Opi	Selitys JK Autolataus Pääkaavio Opinnäytetyö, esimerkki kohde	Työnnumero 0121 Päiväysnumero 0121-02	Muutos Sivu / Sivuja 1 / 1