

Teemu Iivari

SÄHKÖAJONEUVOJEN LATAUKSEN KUORMANHALLINTA JA KYSYNTÄ- JOUSTO

SÄHKÖAJONEUVOJEN LATAUKSEN KUORMANHALLINTA JA KYSYNTÄ- JOUSTO

Teemu livari
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Teemu Iivari

Opinnäytetyön nimi: Sähköajoneuvojen latauksen kuormanhallinta ja kysyntäjousto

Työn ohjaaja: Ensio Sieppi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 38 + 1 liite

Opinnäytetyössä tarkastellaan sähköajoneuvojen latausjärjestelmiä osana sähköverkkoa ja niiden kuormien hallintaa niin paikallisesti latausjärjestelmässä kuin koko verkon laajuudella. Lisäksi työssä käsitellään sähköajoneuvojen latauksessa käytettäviä lataustapoja ja niiden toteutuksia, voimassa olevaa lainsäädäntöä ja latauspaikkojen suunnitteluohjeita.

Työn viimeisessä luvussa käsitellään latauspisteiden alkukartoitusta paikalliseen asunto-osakeyhtiöön. Alkukartoituksessa esitetään sen aikana tehdyt tutkimustulokset olemassa olevasta sähköjärjestelmästä, sekä esitetään asiakkaalle tarjotut eri toteutusvaihtoehdot.

Opinnäytetyö käsittelee sähköajoneuvojen latauksen nykytilannetta ja latausasemien toteutuksessa olennaisessa osassa olevan muuntojoustavuuden huomioimista tulevaisuuden kehitystä ajatellen. Työssä perehdytään myös kysyntäjoustoosana sähköajoneuvojen latausjärjestelmiä.

Asiasanat: Kysyntäjousto, kuormanhallinta, sähköajoneuvojen lataus, sähköauto

ALKULAUSE

Kiitokset työn mahdollistamisesta Sweco Talotekniikka Oy:lle ja sen henkilöstölle. Haluaisin erityisesti kiittää suunnittelujohtaja Rauno Hälliä hyvistä neuvoista ja työn aikaisesta ohjeistuksesta sekä yliopettaja Ensio Sieppiä opinnäytetyön ohjauksesta.

14.12.2022 Teemu Iivari

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	LAIT JA STANDARDIT	9
3	SÄHKÖAJONEUVOJEN LATAUS	10
3.1	Valtion tuki latauspisteiden rakentamiseen.....	11
3.2	Lataustavat.....	11
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	13
4	LATAUSPISTEEN SUUNNITTELU	15
4.1	Suunnitteluvaiheet.....	15
4.2	Latauksen mitoitus	16
4.3	Latausjärjestelmien suojausvaatimukset	17
4.4	Latauspisteiden kaapelointi ja jakelu	18
4.5	Latauspisteiden sijoittelu	18
4.6	Latauksen hallinta ja laskutus.....	20
4.7	OCPP-protokolla	20
5	KUORMANHALLINTA	22
5.1	Tavallinen kuormanhallinta.....	22
5.2	Dynaaminen kuormanhallinta.....	22
5.3	Kuormanhallinnan toteutus ja hyödyt	23
5.4	Esimerkki dynaamisesta kuormanhallintajärjestelmästä.....	24
6	SÄHKÖAUTOILU OSANA KYSYNTÄJOUSTOA.....	26
6.1	Älykäs sähköverkko.....	26
6.2	Kaksisuuntainen lataus	27
7	ESIMERKKI LATAUSPAIKKOJEN ALKUKARTOITUKSESTA.....	29
7.1	Kartoituksen lähtötiedot.....	29
7.2	Nykyinen sähkönjakelu ja pääkeskus.....	30

7.3	Olemassa olevan sähköjärjestelmän kuntokartoitus.....	30
7.4	Toteutusvaihtoehdot.....	32
7.5	Kartoituksen yhteenveto.....	34
8	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	37

TERMT JA LYHENTEET

CCS	Combined Charging System, Euroopassa ja Yhdysvalloissa käytetty pikalatausliitäntä
CHAdeMO	CHArge de Move, japanilainen pikalatausliitäntä
IK- luokitus	Tuotteen kestävyysluokitus iskuja ja ulkoisia vaikutuksia vastaan
IP- luokitus	Sähkölaitteiden ja laitekoteloiden tiiviyyden määrittelevä luokitus
Latausasema	Sähköajoneuvojen lataamiseen suunniteltu laite
Latausjärjestelmä	Sähköajoneuvoa lataava järjestelmä, joka koostuu yhdestä tai useammasta latausasemasta, kaapeloinnista ja ohjausjärjestelmästä
RFID	Radio Frequency Identification. Radiotaajuinen etätunnistus käyttäen RFID-tunnisteita eli tageja
Schuko- pistorasia	Tavallinen, kotitalouksissa käytettävä pistorasia
V2G	Vehicle to Grid, teknologia, jolla sähköajoneuvosta syötetään sähköä takaisin verkkoon kaksisuuntaisen latausaseman välityksellä.
V2H	Vehicle to Home, teknologia, jolla sähköajoneuvosta syötetään sähköä kotitalouteen
V2X	Vehicle to Everything, yleinen kaksisuuntaisista latausjärjestelmistä käytettävä lyhenne
Vinokuorma	Sähköjärjestelmän vaiheiden epäsymmetrinen kuormitus tilanne

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sweco Talotekniikka Oy, joka tekee taloteknistä suunnittelua niin taloihin, kiinteistöihin kuin julkisille alueille. Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä sähköajoneuvojen latausasemien suunnitteluun, lataustapoihin ja niiden eri toteutusmahdollisuuksiin. Työssä käsitellään myös latausteknologian tulevaisuuden näkymiä, joissa isona mahdollisuutena kaksisuuntaisten latausasemien yleistyessä on sähköajoneuvojen liittäminen sähköverkkoon latauskuormien tasaamiseksi ja verkon tehopiikkien ehkäisemiseksi. Lisäksi tarkastellaan erityyppisiä latauspisteitä ja niiden toteutusta käsitteleviä standardeja ja lakeja, jotka päivittyvät jatkuvasti latausasemien kehittyessä älykkäämmiksi ja tehokkaammiksi.

Latauspisteiden kysyntä on kasvanut räjähdysmäisesti viime vuosina valtion myöntämien latausinfra-avustusten ja fossiilisten polttoaineiden hinnannousun myötä. Todistetusti yhä useampi harkitsee sähköautoiluun siirtymistä. Vakuutusyhtiö If:n toukokuussa 2022 tuottaman kyselyn mukaan noin 45 % suomalaisista valitsisi joko ladattavan hybridin tai täyssähköauton, eivätkä sähköautoon siirtyneet ihmiset ole halukkaita siirtymään takaisin perinteiseen polttomoottoriautoon. Yleisesti sähköautoiluun siirtymistä kuitenkin varjostaa edelleen sähköautojen korkea hankintahinta, latauspisteiden riittämättömyys sekä Suomen maantieverkon pitkät etäisyydet etenkin Pohjois-Suomessa. Kyselyyn vastanneista jopa 53 % kokee hinnan olevan liian suuri este sähköauton ostamista harkittaessa. Sähköautojen ja muiden vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien ajoneuvojen hinnat tulevat kuitenkin laskemaan tulevaisuudessa niiden tekniikan kehittyessä ja yleistyessä. (1.)

2 LAIT JA STANDARDIT

Sähköajoneuvojen yleistyessä niitä koskevaa lainsäädäntöä on paranneltu, mikä näkyy eniten uusien sähköjärjestelmien toteutuksessa. Sähköajoneuvojen latauspisteet ovat yksi uusimmista sähköverkkoon liitettävistä kuormista. Niissä suurimpia haasteita aiheuttavat julkiset pikalatauspisteet sekä latausten ajoittuminen tiettyyn ajankohtaan päivästä. Tässä luvussa käsitellään latauspisteitä koskevia keskeisimpiä ohjeistuksia ja avataan niiden käyttötarkoituksia.

SESKO lataussuositus

SESKO:n lataussuositus SK69 sisältää lyhennelmän eri sähköautoilua koskevista standardeista. Suosituksesta löytää helposti ja vaivattomasti tietoa eri lataustavoista ja niissä käytettävistä latauslaitetyypeistä. Suositus antaa myös ohjeita mm. latausverkon alkukartoitukseen, suunnitteluun sekä latauspisteiden sijoitteluun.

Standardit

SFS-standardit ovat Suomen standardisoimisliiton tekemiä julkaisuja, joihin on kirjattu yhteisesti sovittuja vaatimuksia ja suosituksia. Sähköajoneuvoja ja niiden latausjärjestelmiä koskevat standardit ovat SFS-EN 62196, SFS-EN 61439, SFS-EN 61851 sekä SFS 6000 -sarja, josta latausjärjestelmien näkökulmasta keskeisimpänä on elokuussa 2022 uudistunut SFS 6000-7-722:2022. (2, s. 1.)

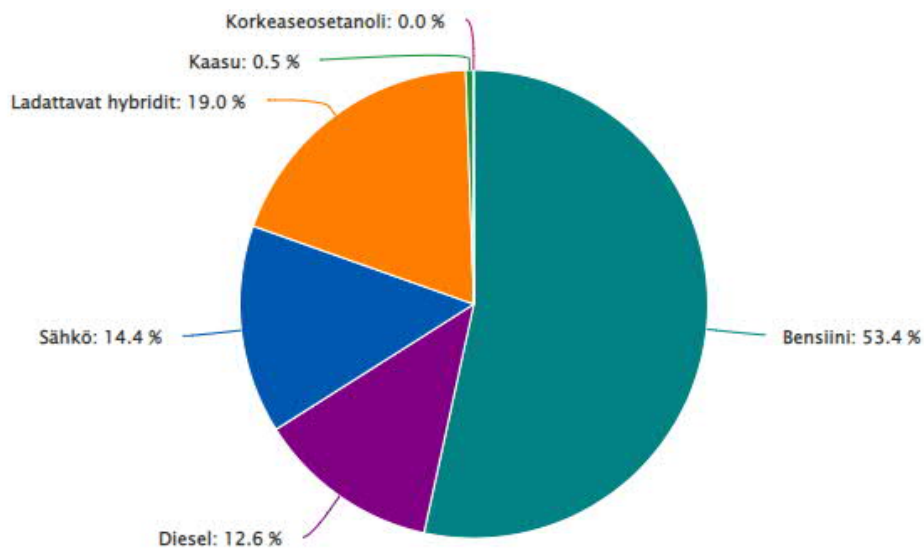
ST-Käsikirjat

ST-Käsikirjoista löytyy ohjeita sähköisen talotekniikan suunnitteluun, urakointiin ja kunnossapitoon. Sähköajoneuvojen latausta koskevat käsikirjat ovat esimerkiksi ST 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus sekä ST 51.92 Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistössä.

3 SÄHKÖAJONEUVOJEN LATAUS

Sähköautoksi määritellään ajoneuvo, joka saa osan tai kaiken energiansa ulkoisesta virtalähteestä. Sähköautot jaetaan ladattaviin hybrideihin ja täyssähköautoihin. Hybridiautoissa auton akusto auttaa polttomoottorin toimintaa vähentäen sen päästöjä ja energiankulutusta perinteiseen polttomoottoriautoon nähden. Täyssähköautot toimivat pelkästään sähkömoottorilla, jota syöttää yleensä ajoneuvon pohjassa sijaitseva ajoakusto. Sähköauton akustoa lataavaa ulkoista virtalähdettä kutsutaan sähköauton latauspisteeksi. Täyssähköautosta voidaan myös käyttää lyhennystä EV (Electric Vehicle) (3, s. 12.)

Sähköajoneuvojen suosio on alkanut kasvaa maailmalla eri maiden ilmastotavoitteiden kiristyessä ja öljyriippuvuuden vähentämisen seurauksena. Vuonna 2022 noin joka kolmas Suomessa ensirekisteröidyistä henkilöautoista käyttää vaihtoehtoisia voimanlähteitä, joista latausasemia tarvitsevia täyssähköautoja on 14,4 %. (Kuva 1). (4.)



KUVA 1. Ensirekisteröidyt henkilöautot käyttövoimittain aikavälillä tammi-elokuu 2022 (4).

3.1 Valtion tuki latauspisteiden rakentamiseen

Ladattavien ajoneuvojen määrän kasvaessa työ- ja elinkeinoministeriö on alkanut myöntää Aarahoitusta latausasemien rakentamiseen ja niistä syntyviin sähköjärjestelmien muutostöihin. Avustuksen piiriin latausasemien lisäksi lasketaan maatyöt, uudet keskuksat, liittymän muutokset sekä latausasemien kaapelointi ja putkitus. Latausavustuksen määrä on 35 % toteutuneista kustannuksista ja sitä voidaan hyödyntää enintään 90 000 euron arvoiseen urakkaan. Avustuksen määrä nousee 50 %:iin, jos vähintään puolessa asennettavista latauspisteistä latausteho on 11 kW tai enemmän. Rahoitusta voi hakea esimerkiksi taloyhtiö, joka harkitsee latauspisteiden rakentamista pysäköintialueelleen. Avustuksen saamiseksi hakijalta edellytetään vähintään viiden latauspisteen valmiuden rakentaminen. Latausvalmiudella ei tarkoiteta varsinaisten latauspisteiden rakentamista, vaan latausasemien syötön ja ohjauksen mahdollistavien kaapelointireittien rakentamista. (5.)

3.2 Lataustavat

Sähköautojen lataustavat määritellään standardissa SFS-EN 61851-1. Lataustapa määrittyy latauksen sähkötehon mukaan. Eri lataustapojen määrittelyt helpottavat latauspisteiden suunnittelussa, koska niiden avulla voidaan rajata halutun latausaseman luonne jo suunnittelun alkumetreillä. Suomessa suositellaan ensisijaisesti käyttämään lataustapoja 3 ja 4. (6, s. 30.)

3.2.1 Lataustapa 1, mode 1

Lataustapaa 1 käytetään kevyiden sähköajoneuvojen lataamiseen. Näitä ovat esimerkiksi sähköpyörät, kevyet nelipyörät tai sähkömopot. Lataus tapahtuu liittämällä ajoneuvo nimellisvirraltaan korkeintaan 16 A:n yksi- tai kolmivaiheiseen kiinteään pistorasiaan. Lataustapaa 1 käyttäessä käyttäjän tulee varmistua latausta syöttävän pistorasian suojauksen toimivuudesta, vaikka latausvirrat ovatkin alhaisia. (6, s. 30.)

3.2.2 Lataustapa 2, mode 2

Lataustapa 2 on tarkoitettu lähtökohtaisesti lyhyen aikavälin lataustapahtumaan, kun varsinaista sähköajoneuvon latauspistettä ei ole saatavilla. Latauksen vaihtosähkösyötön maksiminimellisvirta on kolmivaiheisena korkeintaan 32 A. Lataustavan suositeltava yksivaiheinen latausvirta on 8 A. Lataustapaa 2 käytetään yleensä ladattavien hybridien lataukseen. (6, s. 30.)

Rajoitettua 8 A:n latausvirtaa suositellaan normaalien schuko-pistorasioiden komponenttien kestävyuden takia, sillä niitä ei ole suunniteltu kestävään jatkuvan latauksen aiheuttamaa kuormitusta esimerkiksi 16 A:n virralla. Kirjoitushetkellä markkinoille on kuitenkin tullut päivitetyn IEC-standardin 60884- mukaisia "super-schuko" pistorasioita, jotka on suunniteltu kestävään jatkuvaa 16 A kuormitusta sähköajoneuvon latauksen aikana. Super-schukon voi asentaa normaalin schuko-pistorasian tilalle. Jos latauksessa kuitenkin käytetään normaalia pistorasiaa, sen liitokset ja yleiskunto on hyvä tarkistaa. Lataukseen voi käyttää myös kolmivaihepistorasioita, jolloin latausteho voi olla jopa 22 kW. (6, s. 32.)

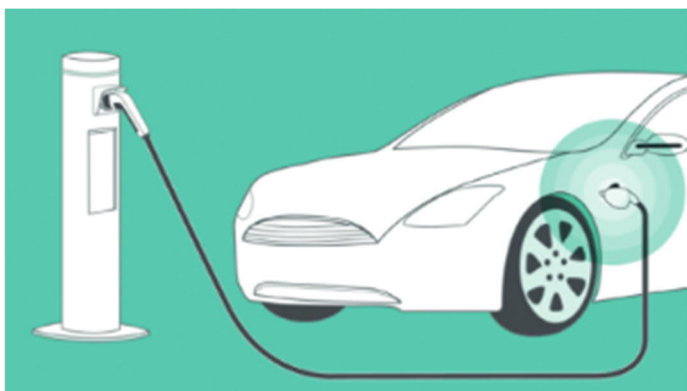
Latauksen aikana on käytettävä erillistä latausjohtoa, jossa on ohjaus- ja suojalaiteyksikkö (kuva 2). Latausjohdon suojalaiteyksikkö valvoo latauksen lämpötilaa ja tarvittaessa vähentää latauksen tehoa tai lopettaa sen kokonaan raja-arvojen ylittyessä. (6, s. 32.)



KUVA 2. Lataustavan 2 latausjohto (6, s. 32).

3.2.3 Lataustapa 3, mode 3

Lataustavalla 3 eli peruslatauksella tarkoitetaan sähköajoneuvon lataamista sille tarkoitettulla latausjärjestelmällä. Järjestelmään rakennetaan usein tiedonsiirtoväylä parikaapelilla, jolla hallitaan latauksen tehoa käyttäjän tarpeiden tai sähköverkon kuormituksen mukaan. Latausvirta vaihtelee 6 A:n ja 63 A:n välillä, jolloin lataustehoa saadaan 1,4 kW - 43 kW. Latauksessa käytetään erityisesti sähköajoneuvon lataukseen tarkoitettua standardin SFS-EN 62196-2 mukaista Type 2 kolmi-vaihepistoketyyppiä. Peruslatauspiste voidaan rakentaa asuinrakennuksen yhteyteen, mutta tämä vaatii aina ammattilaisten tekemän latauskartoituksen sekä asennuksen, jolla varmistetaan järjestelmän toimivuus rakennuksen muun sähköjärjestelmänä kanssa. Kuvassa 3 havainnollistetaan sähköauton peruslataustapahtumaa kiinteällä latausasemalla. (6, s. 33.)



KUVA 3. Lataustapa 3 (6, s. 34).

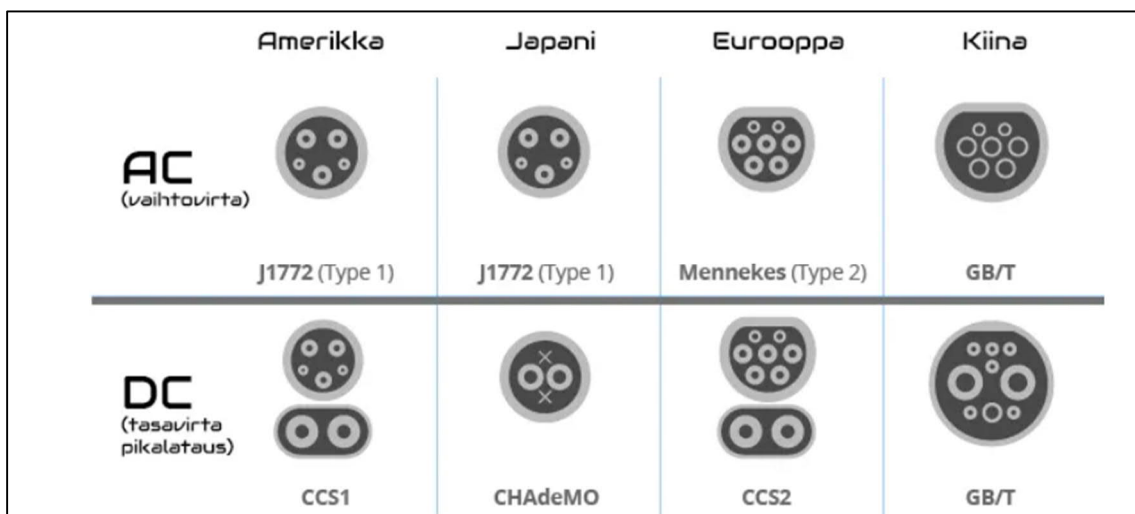
3.2.4 Lataustapa 4, mode 4

Lataustavasta 4 käytetään nimitystä pikalataus. Pikalatausasemia sijoitetaan useimmiten suurten julkisten pysäköintialueiden yhteyteen, jolloin latauksen voi suorittaa esimerkiksi kaupassa käynnin aikana. Lataukseen käytetään sähköajoneuvon lataukseen tarkoitettua latausjärjestelmää, jota ohjataan vaihtosähkösyötöllä. Pikalatausasemien yhteyteen rakennetaan aina tiedonsiirtoväylä, jolla hallitaan ja valvotaan latauksen aikana syntyviä kuormia vikatilanteiden ehkäisemiseksi. Tiedonsiirtoväylä mahdollistaa myös käyttäjän laskutuksen lataustapahtuman mukaan. Latauspiste tasasuuntaa vaihtovirran tasavirraksi, jolloin latausteho voi olla jopa 500 kW. Julkiset pikalatauspisteet

varustetaan standardin SFS-EN 62196-3 mukaisilla CHAdeMO -tai CCS2 -pistoketyypeillä, jotka tukevat pikalatauksen aiheuttamia suuria kuormia. (6, s. 35.)

CCS Combo on Euroopassa ja Yhdysvalloissa valmistetuissa ajoneuvoissa yleisin pikalataukseen soveltuva pistoketyyppi. Pistoke on paranneltu versio Type 2- latauspistokkeesta, johon on lisätty kaksi virtakosketinta pikalatauksen saavuttamiseksi. Pistokytimen malli riippuu siitä, onko auto valmistettu Euroopassa vai Yhdysvalloissa. (7.)

CHAdeMO on Japanissa kehitetty pikalatausstandardi. Pistoketyyppi on yleisin aasialaisvalmisteisissa ajoneuvoissa. Isoin tekninen ero CHAdeMo:lla ja CCS Combolla varustettujen ajoneuvojen välillä on hitaan latauksen liitäntä, jota varten CHAdeMO-lataus tarvitsee erillisen yksivaiheisen liitosjohdon. CHAdeMo- pistokkeista poiketen CCS-Standardin latauspistokkeet tukevat myös hidasta latausta. Kuvassa 4 on esitettyä kaikki autonvalmistajien tällä hetkellä käyttämät latauspistoketyypit (7.)



KUVA 4. Sähköautoissa käytettävät eri pistoketyypit (7).

4 LATAUSPISTEEN SUUNNITTELU

Sähköautojen latauspisteiden suunnittelu ja mitoitus toteutetaan asiakkaan lataustarpeiden mukaan, mutta kuitenkin aina noudattaen nykyisiä standardeja ja lakeja. Suunnittelun ensimmäinen vaihe on alkuselvytys, jossa selvitetään olemassa olevan sähköjärjestelmän nykyinen kunto ja kuormitus. Selvityksen tavoitteena on tarkastella, pystytäänkö nykyiseen järjestelmään lisäämään latauspaikkojen tuottamaa kuormitusta vai onko sähköliittymää muutettava. (1, s. 5.)

Syöttävän sähköjärjestelmän kunto tulee tarkistaa mittauksin. Keskuksen kunto voidaan tarkistaa käyttäen lämpökameraa, jolla nähdään mahdolliset vikatapaukset kuten löysät liitokset ja eristevauriot. Pääsulakkeet, syöttökaapelit ja mitoitusvirrat tulee selvittää asiakkaalta. Latauspaikkojen lisäämistä rajoittavia tekijöitä voivat olla keskuksen nimellisvirta, pääkytkimen koko, fyysinen vapaa tila uusille lähdöille tai keskuksen nykyisen syöttökaapelin vahvuus. (3, s. 29.)

4.1 Suunnitteluvaiheet

Yleissuunnitelma laaditaan latauspistekartoituksen jälkeen. Yleissuunnitelmassa suunnitellaan latausjärjestelmä ja sen toiminta hankkeen tavoitteiden mukaan. Tavoitteet sovitaan suunnittelupalaverissa, joissa ovat osallisena asiakkaan edustajat sekä kyseisen hankkeen suunnittelualojen edustajat. Suunnittelupalaveria pidetään hankkeen edetessä tietyin väliajoin, jotta suunnittelu etenee yhtenäisesti ja aikataulujen mukaisesti. Sähkösuunnitelmaa aletaan työstämään saatujen lähtötietojen mukaan.

Suunnitelmista tulee selvittää järjestelmän huipputeholaskelmat, jotta voidaan laskea ja mitoittaa latausasemille asennettavat kaapelit ja suojajärjestelmät. Laajimmillaan tässä suunnitteluvaiheessa voidaan esittää asemapiirustuksessa näkyvät latausasemien pistesijoittelut sekä kaapelireitit. Latausasemien pistesijoitteluissa tulee käydä ilmi latausaseman tyyppi ja teho. Lisäksi hankkeesta riippuen voi olla tarpeellista laatia erillinen järjestelmäkaavio, jossa esitetään latausaseman ja taustajärjestelmän kaapelointiperiaatteet sekä järjestelmään asennettavat latausasemat ja niitä ohjaavien taustajärjestelmien rakenne. Lopuksi kaikkien suunnittelualojen suunnitelmat sovitetaan yhteen ja lähetetään hyväksyttäväksi. Hyväksyttyä yleissuunnitelmaa seuraa toteutussuunnittelu,

jossa laaditaan lopulliset työn aikana käytettävät suunnitelmat. Näitä ovat mm. asemapiirustus, keskusten pää- ja piirikaaviot, järjestelmäkaaviot ja maadoituskaavio. Lisäksi suunnittelun alkuvaiheessa on hyvä varmistaa, vaatiiko paikallinen rakennusvalvonta rakennusluvan hakemista uusien latauspisteiden rakentamiseen. (9, s. 19.)

4.2 Latauksen mitoitus

Latauspistettä suunniteltaessa asiakkaan energiayhtiöltä tarvitaan lähtötiedot sähköliittymän koosta ja sen maksimikuormasta, jotta järjestelmän mitoitus on mahdollista. Energiayhtiöltä saaduista lähtötiedoista tulee selvittää kiinteistön suurimman kulutuksen ajankohdat, joista nähdään paljonko pysäköintialuetta syöttävässä sähköjärjestelmässä on käyttämätöntä tehoa, ja voidaanko latausjärjestelmä mitoittaa tämän mukaan. Tarvittaessa olemassa olevan sähköjärjestelmän tehoa voidaan kasvattaa tai ottaa latausjärjestelmälle kokonaan oma liittymä. (3, s. 29.)

Sähköajoneuvojen latauspaikkojen alkukartoituksen ja muiden lähtötietojen keräämisen jälkeen selvitetään asiakkaan toiveet ladattavien ajoneuvojen määrän sekä latauksen tehon ja keston osalta. Näiden tietojen pohjalta kaavalla 1 saadaan laskettua latauspisteen maksimiteho, jonka pohjalta suunnittelua lähdetään toteuttamaan. (2, s. 7.)

KAAVA 1. Latauspisteen tehon määrittely. (2, s. 7.)

$$P_{lataus} = \frac{\text{haluttu toimitasäde latauskerralla (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika h}},$$

jossa

haluttu toimitasäde latauskerralla = tilaajan päättämä toimitasädemäärä, joka taataan kaikille latauspisteille yhdellä latauskerralla

20 kWh/100 km = yleinen sähköajoneuvojen taloudellisen ajon keskikulutus

latauskerran aika = aika tunteina, jonka sähköajoneuvo voi keskimäärin olla latauksessa yhdellä latauskerralla

n_{auto} = kyseistä mitoitusta käyttävien ajoneuvojen lukumäärä.

Latauspisteen maksimitehon laskemisen jälkeen lähdetään miettimään sen sopivuutta nykyiseen sähköjärjestelmään. Yleensä sähköajoneuvon latauksen syöttöä ei voi suoraan liittää sitä syöttävään järjestelmään, jolloin tarvitaan kuormanhallintajärjestelmää. (3, s. 29.)

4.3 Latausjärjestelmien suojausvaatimukset

Suunniteltaessa latausjärjestelmää tulee ottaa huomioon muiden mitoituksien lisäksi myös järjestelmän suojaukset. Jokaisen latauspisteen ryhmäjohto on asennettava ylivirtasuojan ja vikavirtasuojan taakse. Latauspisteiden syöttöön voi kytkeä myös ajoneuvon lämmityspisteitä. Latausjärjestelmää, jota ei ole suojattu sähköisellä erotuksella tai suojaerotusmuuntajalla, tulee suojata vähintään 30 mA:n A-typin vikavirtasuojalla. SFS-EN 62196 mukaisessa lataustavan 3 suojaauksessa on käytettävä B-tyypin vikavirtasuojaa tai A-tyypin vikavirtasuojaa yhdistettynä 6 mA:n tassa sähkövirran poiskytkevään laitteeseen. Jos latausasema on varustettu vikavirtasuojalla, sitä ei vaadita asemaa syöttävässä keskuslähdössä. Lisäksi lataustapojen 3 ja 4 latausasemat tulee varustaa sähköisellä tai mekaanisella järjestelmällä, joka estää pistotulpan irrottamisen latauksen aikana. Kaksisuuntaisten latausasemien yhteydessä tulee käyttää SFS-EN 62196:n mukaista pistorasiasiaa tai pistoketta. Muissa tapauksissa latausasemissa tulee olla suojausjärjestelmä, joka estää sähköajoneuvon akustoon varautuneen virran syötön takaisin jännitteettömään verkkoon. (6, s. 42.)

Latauspiste tulee asentaa niin, että sen alin pistorasias on 0,5–1,5 metrin korkeudella. Latausasema asennetaan IP44- luokituksella joko kiinteänä asennuksena seinään tai asennusjalalle. Ulkoisten iskujen aiheuttamien vaurioiden estämiseksi latausasema tulee sijoittaa esimerkiksi tolpan tai muun pysäköintialueella olevan esteen taakse. Jos tämä ei ole mahdollista, latauspisteeseen asennettavan kotelon tulee kestää vähintään SFS-EN-62262:n mukaisen IK07 ulkoisen iskun ja kotelo tulee asentaa iskusuojatusti niin, että ajoneuvon liitäntäpisteelle määritetty suojaus AG2- mukaista keskimääräistä iskua vastaan täyttyy. Julkisille alueille asennettavien latausasemien tulee kestää vähintään IK10- luokan mukainen isku. Myös latausaseman kaapelointi tulee suojata mekaanisilta vaurioilta esimerkiksi alumiinisella suojaputkella. (6, s. 43.)

4.4 Latauspisteiden kaapelointi ja jakelu

Latausasemien kaapeloinnissa tulee ottaa huomioon oikosulkuvirtamitoitus, jännitteenalenemat sekä aseman kuormitettavuus. Muuntojoustavuuden kannalta latauspisteet on syytä kaapeloida kolmivaiheisina, sillä jälkeempään tehdyt muutokset ovat kalliimpia ja vaativat uudelleensuunnittelua. Jakelun helpottamiseksi esimerkiksi pysäköintihalleihin tehtäviin latausjärjestelmiin on saatavilla virtakiskojärjestelmiä, jotka mahdollistavat päärakennusvaiheen jälkeiset muutokset latausasemien asiakkaiden tarpeiden mukaan. (2, s. 6.)

Kaapeloidessa latausasemia pitää muistaa vaihekierto. Moni ajoneuvo käyttää latauksen aikana vain yhtä tai kahta vaihetta, jolloin vaihekierron avulla vältetään vinokuorma monen latauspisteen samanaikaisessa käytössä. Vaihekierto tapahtuu myötäpäivään ja on hyvä vielä tarkistaa uudelleen asennuksen yhteydessä, koska joidenkin ajoneuvojen akut eivät lataudu virheellisellä kierto-suunnalla. (2, s. 6.)

Latauspistettä syöttävien ryhmäjohtojen mitoittamiseen käytetään tasauskerrointa 1. Tasauskerrointa 1 käytetään myös syötön mitoituksessa tilanteissa, joissa latausjärjestelmää ei varustella älykkäällä kuormanhallinnalla. Tällöin latauspiste mitoitetetaan aina sen salliman maksimikuorman mukaan. (2, s. 6.)

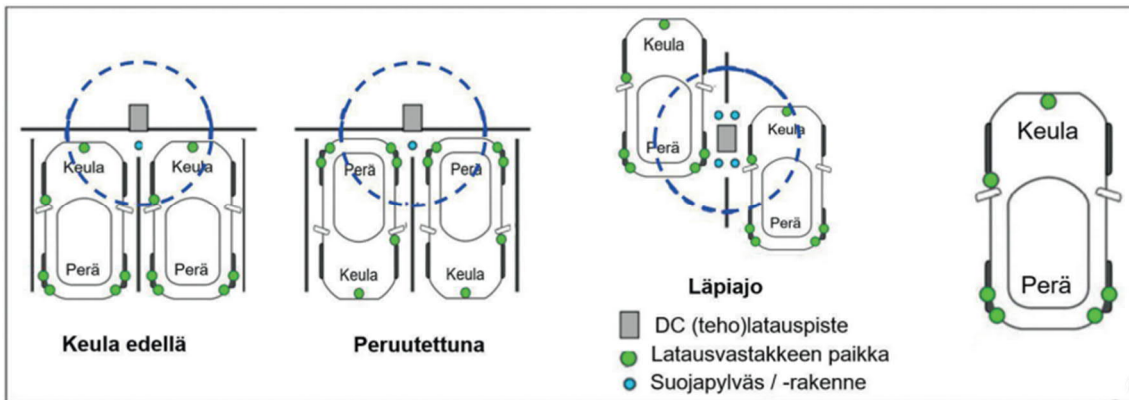
Maurakassa latausta syöttävät kaapelit sekä tiedonsiirtokaapelit asennetaan erillisiin suojaputkiin. Suojaputket mahdollistavat myöhemmissä rakennusvaiheissa tehtävät kaapelien vaihdot sekä suojaavat kaapeleita ulkoisilta vaikutuksilta. Pysäköintialueelle kannattaakin varata muutama ylimääräinen suojaputkivaraos, koska maatoiden uudelleen aloittaminen latausjärjestelmää laajentaessa on kaapelointitöihin suhteutettuna kallista.

4.5 Latauspisteiden sijoittelu

Latauspisteillä varustettujen pysäköintipaikkojen sijoittelussa ja suunnittelussa on huomioitava latauspisteen ja latauskaapelin vaatima tila. Latauspiste tulee sijoittaa niin, että ajoneuvo voidaan ladata pysäköintialueella normaalin mittaisella latauskaapelilla. Sähköautojen latausvastikkeet ovat

yleensä auton takapaneelien alueella, jonka takia vinottaisia pysäköintiruutuja ei suositella latauspisteille. (8, s. 8.)

Vaihtovirralla toimivan latauspisteen kaapeli on yleensä pitkä, mikä mahdollistaa kaapelin kuljettamisen tarvittaessa auton eri puolille. AC- latauspisteen suositeltu sijoituspaikka on pysäköintiruudun vasen yläkulma. Teholatauspisteiden latauskaapeli voi olla verrattavissa polttoainemasinan letkuun, jonka takia pikalatausaseman sijoittelussa on huomioitava latauskaapelin rajallinen ulottuvuus. Latausaseman kaapelin koko rajoittaa sen liikkuvuutta latauspisteellä, joten parhain asennuspaikka on läpiajettavien pysäköintiruutujen keskellä. Usein tähän toteutustapaan ei kuitenkaan ole tarpeeksi tilaa, jolloin DC- latauspiste päädytään asentamaan pysäköintiruutujen taakse. (Kuva 5.) (8, s. 8.)



KUVA 5. Teholatausaseman sijoittelu (3, s. 12).

Julkisilla pysäköintialueilla latauspisteitä ei kannata asentaa pysäköintialueen suosituimmalle paikalle. Jos latauspiste sijoitetaan esimerkiksi liikekeskuksen etuoven läheisyyteen, polttomoottori-auton pysäköimisen mahdollisuus lataukseen tarkoitetulle parkkipaikalle lisääntyy. Latauspaikkojen pysäköinnistä voidaan ilmoittaa parkkipaikan yhteyteen asennettavalla kyltillä, jolla voidaan ilmoittaa pysäköinnin kestosta sekä latauspaikan maksutavasta. (8, s. 9.)

Latausasemien sijoittelussa tulee ottaa huomioon myös paloturvallisuus. Latausasemaa ei tule asentaa liian lähelle alueen kiinteistöjä paloturvallisuusmääräysten täyttämiseksi. Lisäksi latausasemat tulee sijoittaa niin, että hätätilanteen sattuessa asemille on pelastusreitit pelastuslaitoksen

toiminnan takaamiseksi. Pysäköintihalleissa sijoitteluun vaikuttaa myös savunpoisto, jonka mitoitustulee varmistaa sähköautojen palotilanteiden mukaiseksi. (9, s. 16.)

4.6 Latauksen hallinta ja laskutus

Sähköautoa lataava sähköenergia tulee sähköverkosta, jonka käyttäminen on kaikille maksullista. Julkisten latauspaikkojen energiaa toimittavat sähköyhtiöt laskuttavat pysäköintialueen omistajaa, jolloin latauspisteiden käyttäjien energiankulutus ja niistä aiheutuvat kustannukset näkyvät suoraan pysäköintialueen sähkölaskussa. Tämän takia niin julkisille kuin taloyhtiön latauspisteille on saatavilla erilaisia laskutuspalveluja, jotka veloittavat käyttäjää lataukseen käytetyn ajan tai sähköenergian mukaan käyttäjäkohtaisesti. Helpoimmin latauksen laskutus tapahtuu esimerkiksi pysäköintitalossa sijoittamalla latauspisteet puomin taakse ja näin latauspisteiden käytöstä veloitetaan lisämaksua normaalin pysäköinnin lisäksi. Tällä tavoin latauksen laskutus on kuitenkin hyvin rajattua, jonka vuoksi on kehitetty standardoitu taustajärjestelmä, jolla voidaan seurata latauspisteiden kulumista, laskuttaa latauksen käyttäjää lataustapahtuman mukaan sekä hallita latauksen aikana syntyviä kuormia. Taustajärjestelmä auttaa myös latauspisteiden kunnossapidossa, sillä sen kautta voidaan havaita järjestelmän vikatilanteita reaaliaikaisesti ja ennaltaehkäistä latausasemien tai muiden latausjärjestelmän komponenttien rikkoontumisia.

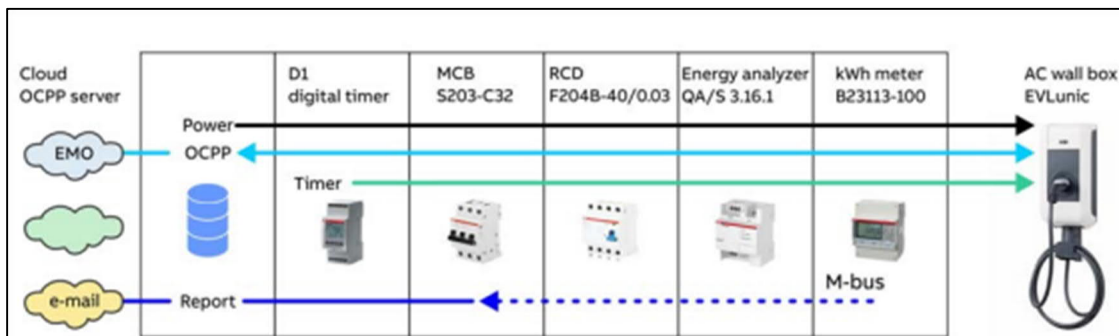
4.7 OCPP-protokolla

Julkisten pysäköintialueiden latausasemien laskutus tapahtuu yleisimmin eri palveluntarjoajien kautta. Latausoperaattoreita voi halutessaan kilpailuttaa, mikä voi johtaa siihen, että saman pysäköintialueen latauspisteet ovat monen eri operaattorin hallinnoimia. Tämän takia on kehitetty OCPP-protokolla (Open Charge Point Protocol), joka yhdistää eri latausoperaattorien palvelut yhteen standardisoituun taustajärjestelmään. OCPP-Protokollan lisääminen latausjärjestelmään aiheuttaa kuitenkin lisäkuluja, koska jokaisen latausaseman tulee olla yhteensopiva SIM-korttipohjaiseen ohjauksen, tiedonsiirtokaapeloinnin tai langattoman yhteyden kanssa. (3, s. 14.)

OCPP-protokollalla voidaan hallinnoida ja valvoa latausasemia. Protokolla muodostaa tiedonsiirtoväylän latausaseman ja taustajärjestelmän välillä, jolloin latausasemia saadaan yksilöityä esimerkiksi taloyhtiön pysäköintialueella sijaitsevassa latausjärjestelmässä, jossa jokaista käyttäjää

laskutetaan erikseen. Protokolla vaatii latausjärjestelmältä energianmittauksen, taustajärjestelmän sekä käyttäjän tunnistuksen. Käytännössä käyttäjä tunnistautuu latauspisteellä esimerkiksi puhelinsovelluksella tai RFID- tagilla, jolloin lataustapahtumaa laskutetaan ja valvotaan käyttäjäkohtaisesti. Valvonta tapahtuu edellä mainittujen latausjärjestelmän energianmittaus- ja taustajärjestelmän komponenttien välityksellä. Samanlaista tunnistautumisjärjestelmää voidaan hyödyntää myös julkisella latauspisteellä, johon tunnistaudutaan useimmiten puhelinsovelluksella. Latausjärjestelmien valmistajat tarjoavat yleensä latauspisteiden yhteydessä myös teknisen tukipalvelun ja etähallinnan, jotka saadaan liitettyä latausjärjestelmään OCPP-protokollalla. Valmistaja voi myös valvoa latausjärjestelmän toimivuutta, jolloin latausaseman elinkaari pitenee. (2, s. 8.)

Kuvassa 6 on esitetty älykkään taustajärjestelmän pääkomponentit. Latausjärjestelmiltä vaadittujen vikavirtasuojakytkinten ja ylikuormitussuojien lisäksi ohjausjärjestelmässä on energiamittarit, energia-analysointilaite, jolla mitataan järjestelmässä olevan sähköenergian laatua, sekä digitaalinen ajastin ja OCPP-protokollalla pilvipalveluun liitetty paikallinen tietokanta, joka kerää lataustapahtumien tiedot lokkeihin. (3, s. 7.)



KUVA 6. Älykäs latausjärjestelmä (7).

5 KUORMANHALLINTA

ST- käsikirjassa 51.92 kuormanhallinta määritellään seuraavasti: "Järjestelmä, jolla hallitaan latausjärjestelmän ottamaa tehoa rajoittamalla autojen ottamaa latausvirtaa tai jaksottamalla latausta". Kuormanhallinnalla valvotaan latauspisteiden syötön kuormaa tai jakelun eri osia ja rajoitetaan tarvittaessa sähköauton latausvirtaa niin, ettei mikään jakelun osa ylikuormitu. Kuormanhallintaratkaisut jaetaan kahteen tyyppiin järjestelmän ominaisuuksien mukaan. (8, s. 2.)

5.1 Tavallinen kuormanhallinta

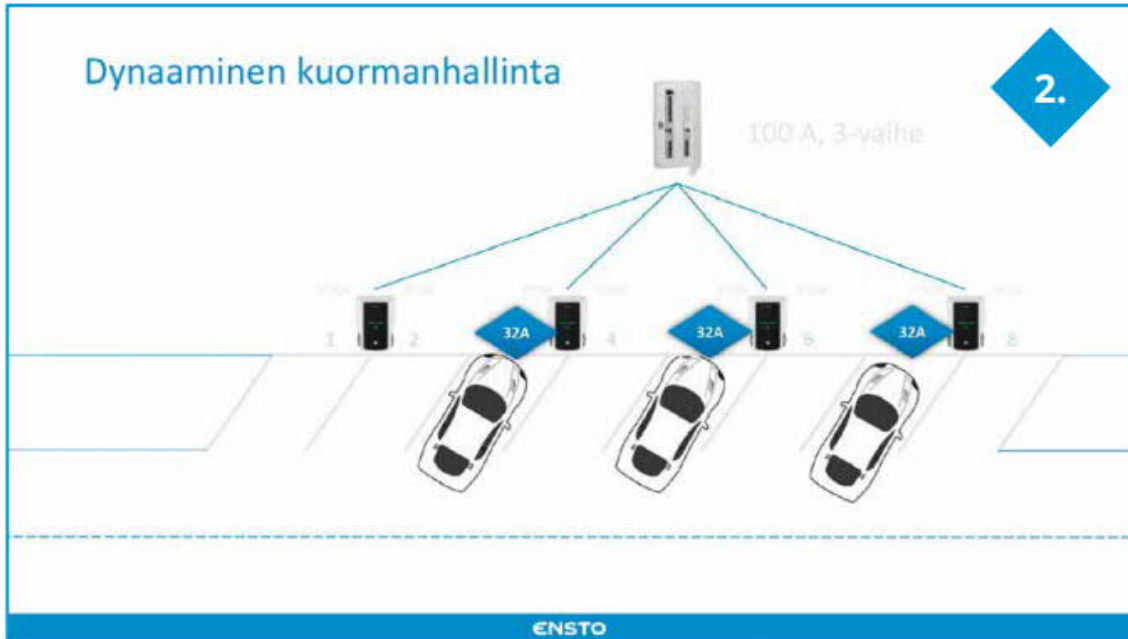
Tavallista kuormanhallintaa voidaan käyttää rajaamaan latausteho samaksi kaikkien pysäköintialueen latauspisteiden välillä huomioimatta ladattavien autojen lukumäärää. Tällä tavalla jokainen ajoneuvo saa ainakin jonkin verran latausvirtaa. Tavallista kuormanhallintaa käytetään yleensä silloin, kun olemassa olevan pysäköintialueen kaapelointia tai sulakkeiden kokoa ei kasvateta. Tavallista kuormanhallintaa käyttäessä kuitenkin varataan turhaan kapasiteettia tyhjiille latauspaikoille, eikä kuorman hallitseminen ole tarkkaa kiinteistön muun kuorman kanssa. Ratkaisua kuitenkin käytetään esimerkiksi yksittäisten asuintalojen yhteyteen asennettavissa latauspisteissä, joissa latauksen aikana kiinteistön muuta kuormaa voidaan rajoittaa esimerkiksi lämmityksen vuorottelulla sähkökeskuksessa. (9, s. 7.)

5.2 Dynaaminen kuormanhallinta

Dynaaminen kuormanhallinta toteutetaan latausjärjestelmään rakennettavalla taustajärjestelmällä, joka valvoo latauksen aikana syntyviä kuormia, jakaa ne optimaalisesti aktiivisten latauspisteiden välille, ja liittää sähköajoneuvon latauksen osaksi kiinteistön tai pysäköintialueen muuta sähköjärjestelmää. (9, s. 7.)

Dynaamisen kuormanhallinnan toteutus vaatii ohjauskaapeloinnin, energiamittarin sekä keskusyksikön valvomaan lataustapahtumia. Järjestelmästä saadaan paras hyöty kaapeloimalla kukin latauspiste sen salliman maksimitehon mukaan. Kuvassa 7 havainnollistetaan dynaamisen kuormanhallinnan toimintaa. Vain osa latauspaikoista on käytössä, jolloin ajoneuvoja ladataan jakamalla

latausjärjestelmän maksimiteho 100 A kolmelle latausasemalle. Jos kaikki autopaikat olisivat käytössä, kuormanhallintajärjestelmä rajoittaisi latausvirran pienemmäksi, esimerkiksi 25 A: iin latauspaikkaa kohden riippuen sähköjärjestelmän senhetkisestä kuormitustilanteesta. (9, s. 7.)



KUVA 7. Latauspisteitä syötetään 32A:n virralla, kun vain osa latauspisteistä on käytössä (9. s. 7).

Dynaaminen kuormanhallinta voidaan toteuttaa joko reaaliaikaisella energiamittauksella tai kuvan 7 mukaisesti asettamalla järjestelmään maksimitehoarvo, joka jaetaan latausasemille niiden käytön mukaan. Tarkempi ohjaus saadaan kuitenkin energiamittareilla, koska säätö tapahtuu muun sähköjärjestelmän kuormitustilanteen mukaan. (9, s. 7.) Kuormanhallintajärjestelmiä on myös mahdollista ohjata sähkön pörssihinnan mukaan, jolloin saadaan taloudellisia hyötyjä energiansäästön lisäksi. Esimerkiksi Virta Globalin tarjoama älykäs latauksen ohjausjärjestelmä ottaa huomioon tunnikohtaisen sähkön pörssihinnan Nordpool SPOT- markkinoilta, yhdistää tämän sähköajoneuvon lataustarpeeseen ja optimoi lataustapahtuman vuorokauden edullisimmille tunneille. (10.)

5.3 Kuormanhallinnan toteutus ja hyödyt

Kun latausjärjestelmän toteutukseen valitaan kuormanhallintajärjestelmä, tulee latausjärjestelmä mitoittaa kuormanhallinnalle suunnitellun huipputehon mukaan. Sähköjärjestelmän muut kriittiset osat, kuten turvajärjestelmät tulee huomioida mitoituksessa niin, ettei niiden toimivuus ole sidottuna

kuormanhallintajärjestelmän toimivuuteen. Sähkönjakelu tulee turvata myös mahdollisessa tiedonsiirtoväylän häiriössä, etteivät jakelun osat ylikuormitu kuormanhallinnan katketessa. Tämä on kuitenkin hyvin harvinaista, sillä latausjärjestelmät lopettavat yleensä toiminnan ohjausvian sattuessa. (2, s. 8.)

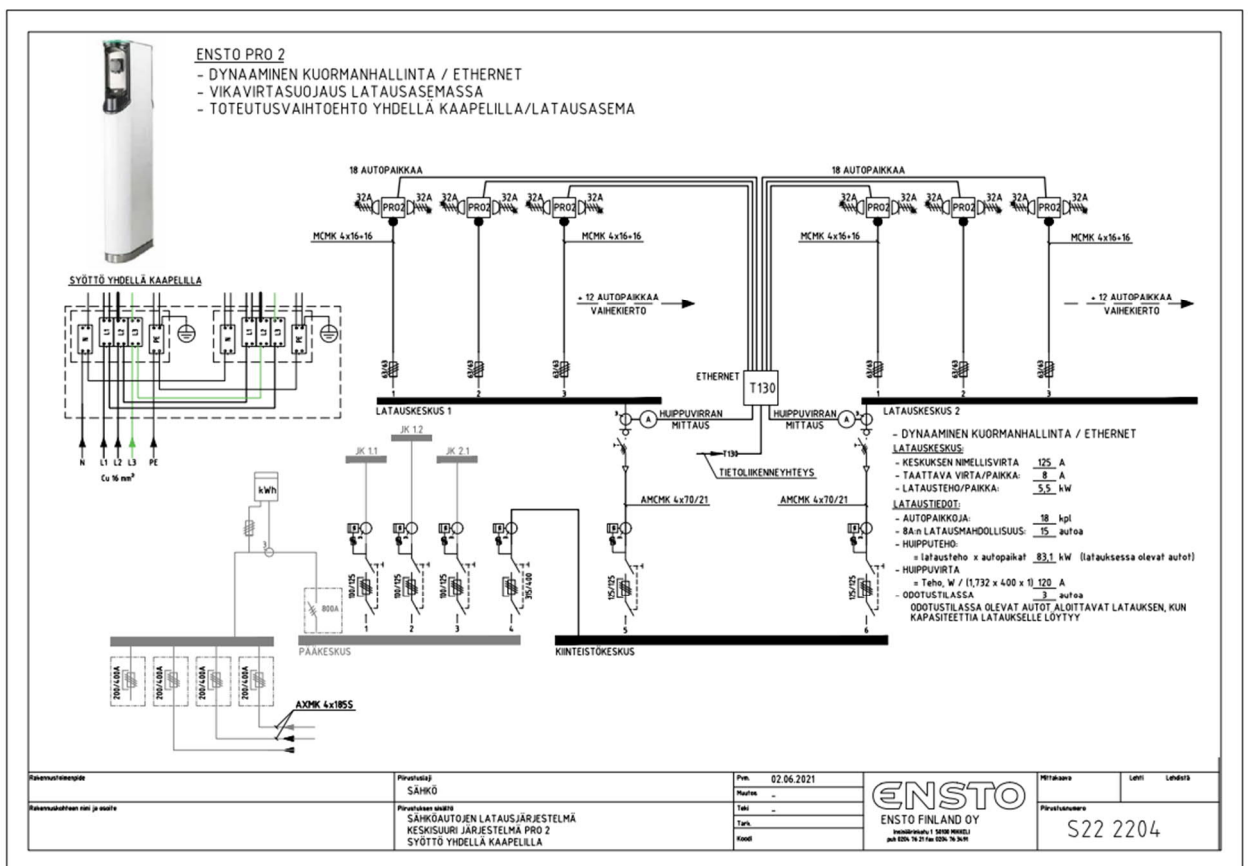
Kuormanhallintajärjestelmällä hyödynnetään tehokkaammin nykyisiä sähköjärjestelmiä. Koska latausasemaa säädellään sähköjärjestelmän muun kuorman mukaan, vältetään ylikuormitusta ja vikatilanteita. Kuormanhallinnalla optimoidaan latausjärjestelmän toimintaa ja näin säästetään järjestelmän kokonaiskustannuksia. Esimerkiksi pelkkä sähköliittymän koon kasvattaminen voi maksaa taloyhtiölle tuhansia euroja, johon lisätään vielä mahdolliset maatyöt ja muut liittymän kasvattamiseen tarvittavat asennustyöt. Säästöjä saadaan myös sähköenergiassa, sillä latausjärjestelmä voidaan ohjelmoida lataamaan vain tiettyyn kellonaikaan, esimerkiksi yöllä, verkon muun kuorman ollessa alhaista.

5.4 Esimerkki dynaamisesta kuormanhallintajärjestelmästä

Kuvassa 8 on esitetty Enston latausasema Pro 2:lla toteutettava latausjärjestelmä, jossa dynaaminen kuormanhallinta toteutetaan asentamalla virtamittarit latauskeskuksia syöttäviin lähtöihin. Mittaustieto lähetetään fyysistä tiedonsiirtoväylää pitkin kuormanhallintajärjestelmälle, joka on esitetty kuvassa T130- automaatiokeskuksena osana yleiskaapelointijärjestelmää. Keskus valvoo latauskeskusten kokonaiskuormia, sekä yksittäisiä lataustapahtumia tiedonsiirtoväylää pitkin. Yksittäisten latausasemien valvontaa varten asemissa on omat energiamittarit. Latausasemissa on omat DIP-kytkimensä, joilla voidaan rajoittaa kunkin latausaseman maksimitehoa niiden asennusvaiheessa. Kuormanhallintajärjestelmälle mitoitettu huipputeho 83,1 kW on esitetty kaaviossa oikealla. Tässä esimerkissä latausasemien lataustehoksi on rajoitettu 5,5 kW ja virraksi 8 A. Pysäköintialueella on yhteensä 18 pysäköintipaikkaa, jolloin 8 A:n latausvirralla voidaan ladata 15 autoa samanaikaisesti. Tässä maksimikuormitustilanteessa kolme autoa jää odottamaan latausta, ja aloittavat latauksen, kun järjestelmässä vapautuu tarpeeksi kapasiteettia odotustilassa olevien asemien käyttöön. (9, s. 20.)

Kuormanhallintajärjestelmän toimivuutta parantaa myös kaaviossa vasemmalla puolen esitetty vaihekierto, jonka avulla kolmivaiheisen syötön jokaista vaihetta kuormitetaan tasaisemmin latauspisteillä. Vaihekierto pitää syöttävän sähköjärjestelmän paremmin tasapainossa. Suuremmilla lataustehoilla latauspisteitä voidaan syöttää kahdella erillisellä keskuslähdöllä. (9, s. 20.)

Samanlainen kuormanhallintajärjestelmä on saatavilla myös langattomana, jolloin fyysistä tiedonsiirtoväylää ei tarvita. Yleensä kuitenkin suositellaan tiedonsiirtoväylän rakentamista langattomien yhteyksien heikon kuuluvuuden vuoksi esimerkiksi ulkoalueella sijaitsevilla latausjärjestelmissä. Latausjärjestelmän toimintakaavio on esitetty sen oikeassa koossa liitteessä 1. (9, s. 20.)



KUVA 8. Ensto Pro 2- latausjärjestelmän toimintakaavio (9, s. 20).

6 SÄHKÖAUTOILU OSANA KYSYNTÄJOUSTOA

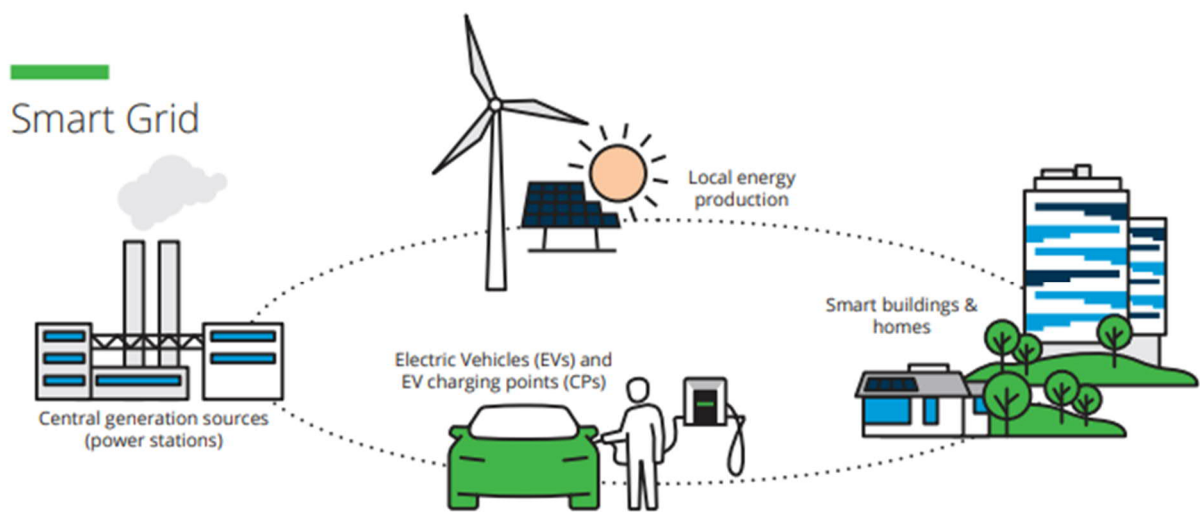
Kysyntäjoustolla tarkoitetaan sähkökäytön hetkellistä vähentämistä tai lisäämistä sähkön tuotantotilanteen mukaisesti. Kysyntäjousto on noussut enemmän esille sähkön hintojen nousun johdosta, ja ihmiset ovatkin alkaneet ajoittaa sähkön käyttöönsä korkean sähköntuotannon tunneille, jolloin sähkö on halvempaa. Sähkön pörssihinta määräytyy kulutuksen ja tuotannon perusteella osto- ja myyntitarjousten mukaan, joten kysynnän pienentyessä sähkön hinta laskee kaikilla asiakkailla, ei vain kulutustaan pienentävillä. (11.)

Kuluttaja voi hallita asuintalonsa sähkönkulutusta helposti kotiautomaatiojärjestelmän avulla. Kotiautomaatiojärjestelmillä voidaan toteuttaa energiaa säästäviä kokonaisuuksia, jolloin voidaan esimerkiksi ohjata rakennuksen lämmitystä lämpötilan, sääennusteen tai sähköhinnan mukaan. Automaatiojärjestelmän voi myös ohjelmoida alentamaan huoneiston lämpötilaa poissaolon ajaksi tai vaikka ajoittaa lataamaan sähköautoa korkean sähköntuotannon ajankohtina. Samoja ratkaisuja voidaan hyödyntää myös laajemmissa kokonaisuuksissa, kuten sairaaloissa ja tehtaissa, jolloin sähkön käyttöä hallitsemalla saadaan aikaan tuntuvia säästöjä niin rahallisesti kuin energiankulutuksen vähentämisen kannalta. Tulevaisuudessa kysyntäjousto on sähköverkon toimivuuden kannalta avainasemassa, sillä se ennaltaehkäisee raskaiden kulutuspiikkien syntymistä ja vikatilanteita. (11.)

6.1 Älykäs sähköverkko

Riippuvuus sähköenergiasta kasvaa koko ajan, joten sähkön riittävyyden ja laadun takaamiseksi sähköverkkoa muokataan koko ajan älykkäämmäksi. Älykkäässä sähköverkossa yhdistetään sähkövoimatekniikan ja automaatio- ja viestintäteknologioiden ratkaisuja. Perinteisessä sähköverkossa energiaa syötetään pääsääntöisesti yhteen suuntaan, mutta älykäs sähköverkko mahdollistaa sähköverkon paremman ja tarkemman hallinnan pientuotetulla sähköllä ja energiavarastoilla, jolloin sähköä syötetään myös takaisin verkkoon esimerkiksi sähkövarastoista, joita on ladattu yli-tuotannon aikana. (12, s. 2.)

Älykäs sähköverkko mahdollistaa erilaisten sähkön pientuottajien, kuten esimerkiksi suurempien julkisten rakennusten aurinkopaneelijärjestelmien, liittämisen valtakunnan verkkoon. Sähkön kulu-
tusta pystytään seuraamaan entistä tarkemmin, älyllä pystytään tasaamaan verkon tilaa ja uusiu-
tuvan energian hyödyntäminen on helpompaa ja taloudellisesti kannattavampaa. Kotitalouksissa
älykäs sähköverkko näkyy jo energiaa säästävillä ohjausjärjestelmillä, mutta tulevaisuudessa säh-
köverkon älykäs hallinta näkyy kuluttajan arjessa myös sähköajoneuvon latauspisteillä kaksisuun-
taisilla latausasemilla. Kuvassa 9 on esitettyä älykkään sähköverkon rakenne, josta nähdään
kaikki suurimmat sähköverkkoa ja sen kuormitusta tasoittavat komponentit. Sähköajoneuvojen li-
säntyessä myös niiden positiivinen vaikutus sähköverkkoon lisääntyy. (12, s. 4.)



KUVA 9. Älykkään sähköverkon pääkomponentit (12, s. 4).

6.2 Kaksisuuntainen lataus

Kaksisuuntaisella latauksella varustettuja sähköajoneuvoja ladataan normaalisti latauspisteestä, mutta erona normaaliin sähköajoneuvoon on, että akkuihin varastoitua energiaa voidaan myöhemmin syöttää takaisin verkkoon sen tasapainottamiseksi (12, s. 2). Tällaista latausteknologiaa tukevia sähköajoneuvoja ei ole vielä montaa markkinoilla, mutta esimerkiksi Nissan Leafin on kerrottu tukevan Vehicle to Grid (V2G) -teknologiaa ja yhtiön on kerrottu laajentavan kaksisuuntaista latausteknologiaa yhtiön muihinkin täyssähköautomalleihin. Käytännössä kaksisuuntaisella lataustekno-

logialla varustettua ajoneuvoa voidaan käyttää normaalin ajamisen lisäksi oman asuintalon kodinkoneiden ja laitteiden sähkösyöttöön jopa kokonaisen päivän ajan ja siten laskea kotitalouden energiankulutusta. Tällöin puhutaan Vehicle to Home (V2H) -latauksesta. (13.)

Latausteknologian älykäs hyödyntäminen tulevaisuudessa tuo siis säästöä sähkönkulutukseen ja tasapainottaa sähköverkkoa. Esimerkkinä voi ajatella yrityksen, jonka suurimmalla osalla työntekijöistä on sähköauto. Työntekijät jättävät aamulla töihin saapuessaan autonsa kaksisuuntaisille latausasemille, jolloin ajoneuvot ovat yhdistettynä pysäköintialuetta syöttävään verkkoon. Ajoneuvot alkavat latautumaan normaalisti. Sähköverkossa syntyy työpäivän aikana yllättävä kuormitus, kun yhteen alueen verkkoa syöttävistä sähkövoimaloista syntyy vikatilanne. Tehoa vähennetään latausasemilta ja osilla asemista energiaa aletaan syöttämään sähköautosta verkkoon päin. Vikatilanteen ratketessa sähkön syöttö normalisoituu ja sähköajoneuvoja voidaan alkaa lataamaan normaalisti. Vaikkei tässä esimerkissä sähkölaitoksen vikatilanne näkyisikään sähkön loppukäyttäjällä, on kuitenkin huomioitava sähkön hinnan nousu ja sähkön laadun laskeminen sähköverkon häiriön aikana, joita saatiin tasattua syöttämällä ajoneuvoihin varattua ylimääräistä energiaa kiinteistön sähköverkkoon.

7 ESIMERKKI LATAUSPAIKKOJEN ALKUKARTOITUKSESTA

Tässä luvussa tarkastellaan Oulussa sijaitsevan asunto-osakeyhtiön valmiutta sähköautojen latauspisteisiin. Selvityksen on tehnyt Sweco Talotekniikka Oy keväällä 2022. Alkukartoitus ei ole lopullinen suunnitelma, vaan selvitys latausjärjestelmän toteutettavuudesta. Ennen latauspisteiden rakentamista tulee laatia lopullinen toteutussuunnitelma, joista käy ilmi latausjärjestelmän toteutustapa ja sähköteknilliset laskelmat.

7.1 Kartoituksen lähtötiedot

Asunto-osakeyhtiössä on yhteensä 40 asuinhuoneistoa ja yksi liikehuoneisto. Autohallissa on yhteensä 43 autopaikkaa. Kartoituksen tavoitteena on mahdollistaa jokaiselle osakkaalle liittyminen rakennettavaan latausverkkoon Mode 3:n mukaisella 3,7 kW:n peruslatausasemalla. Ladattavan auton laturi määrittää, kuinka suurella teholla akkuja ladataan. Ladattavissa hybrideissä tyypillinen latausteho on 3,7 kW.

Latauksen oletetaan olevan pääsääntöisesti yön yli tapahtuvaa, yksijaksoista latausta, jolloin latausajaksi oletetaan noin 10 tuntia. Latauspaikalta saadaan tällöin yön aikana noin 180 km toimintamatkaa, kun sähköajoneuvon kulutus on 0,20 kWh/km.

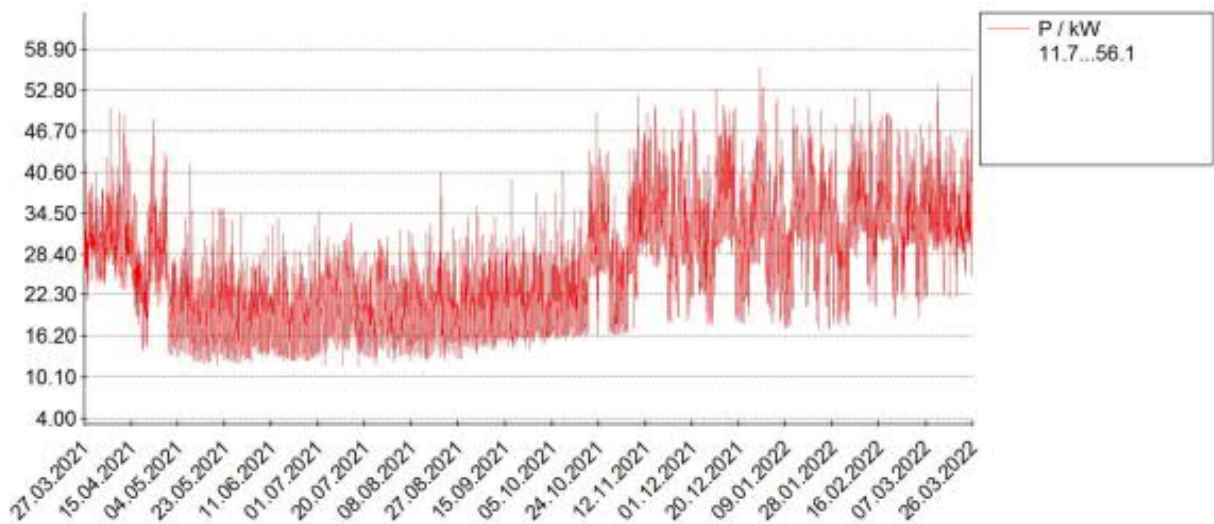
Edellä mainittujen lähtökohtien pohjalta saadaan laskettua lataukseen tarvittava kokonaissähköteho 155 kW kaavalla 1:

$$P_{lataus} = \frac{180 \text{ km} \times \frac{0,20 \text{ kWh}}{\text{km}} \times 43}{10 \text{ h}} = 154,8 \text{ kW}$$

7.2 Nykyinen sähköjakelu ja pääkeskus

Pääkeskus on kiinteistön rakennusvuodelta 2005 ja sen nimellisvirta on 400 A. Keskuksen liittymiskaapelit ovat 2 x AXMK 4 x 185. Pääkytkimen nimellisvirta on 3 x 400 A ja liittymän päävarokkeet ovat 3 x 315 A. Keskuksen kiinteistöosan pääsulakkeet ovat 3 x 125 A.

Oulun Energia Sähköverkko Oy:ltä saadusta tehokuvaajasta (kuva 10) voidaan lukea viimeisen 12 kuukauden kuormitustiedot, josta nähdään kiinteistöosan keskituntitehohuipun olleen 56 kW ja vaihteluvälin 11,7 kW - 56,1 kW. Kiinteistön liittymässä ei ole erillistä mittausta, joten sen osalta mitattua tietoa ei ole saatavilla. Kiinteistön liittymän kokonaiskuormitus tuleekin selvittää mittauksin tarkemman toteutussuunnittelun yhteydessä.



KUVA 10. Tehokuvaaja 12 kk:n ajalta.

7.3 Olemassa olevan sähköjärjestelmän kuntokartoitus

Kohteen kuntokartoituksessa tutkitaan nykyisen sähköjärjestelmän kunto, selvitetään kohteen korjaushistoriaa sekä tarkistetaan olemassa olevien dokumenttien ajantasaisuus. Määräysten mukaan tehtävässä kuntokartoituksessa huomioidaan koko kiinteistön sähköjärjestelmän toiminta, mutta tässä luvussa käsitellään vain muutamia huomioita sähköjärjestelmästä kartoituksen idean avaamiseksi.

Kiinteistön keskukset on asennettu rakennusvuotena. Niiden lähdöt on suojattu tulppavarokkeilla ja ne on varustettu rakennusajankohdan määräyksien mukaan vikavirtasuojakytkimillä. Pääkeskus on kotelokeskus, jonka nimellisvirta on 400 A. Keskusten yleiskunto on hyvä, mutta niiden dokumentointi on osittain puutteellinen ja osasta johtimista puuttuu merkintöjä. (Kuva 11.)



KUVA 11. Sähköpääkeskuksesta lähteviä nousukaapeleita. Kaapelit ovat merkitsemättä.

Kaapelihyllyt ovat alkuperäisiä. Hyllyt sijaitsevat autohallissa, teknisissä tiloissa ja porraskäyttävillä sekä pystykuiluissa. Hyllyt on asennettu alakattojen yläpuolelle porraskäytävissä, ja ne ovat näkyvissä autohallissa ja teknisissä tiloissa sekä nousukuiluissa. Hyllyt ovat riittävät nykyisen sähköjärjestelmän kaapeloinnille, mutta mahdollisten laajennusten aikana hyllyjä on asennettava lisää.

Kaapelien läpiviennit on jätetty näkyviin ja osasta läpivienneistä löydettiin puutteellisia tiivistyksiä, ja paloläpivienneistä ei löytynyt asianmukaisia merkintöjä. Läpiviennit tulee tarkistaa ja tiivistää uudelleen viiden vuoden kuluessa. (Kuva 12.)



KUVA 12. Kaapeliasennuksia varastotiloissa. Kaapelihylly on täynnä ja läpivienti on tiivistämättä.

Sähköjärjestelmän yleiskunto on hyvä. Se on rakennettu vuonna 2005, joten järjestelmällä on vielä yli puolet sen elinkaaresta jäljellä nykyisellä kuormituksella. Kuntokartoituksen pohjalta nykyistä sähköjärjestelmää voidaan tarvittaessa suurentaa latausasemien asennuksen yhteydessä, kunhan sen yleiskunnosta huolehditaan jatkossakin.

7.4 Toteutusvaihtoehdot

Tässä luvussa tarkastellaan eri toteutusvaihtoehtoja latausjärjestelmän toteuttamiseksi. Latausjärjestelmälle ei ole vain yhtä toteutustapaa, vaan yleensä asiakkaalle tarjotaan monia eri vaihtoehtoja, joiden kustannus vaihtelee toteutuksen mukaan. Jokainen vaihtoehto esitetään toimivana ratkaisuna, joiden eri toteutustavat ovat kuvattuna vaihtoehdon esittelyssä. Vaihtoehdon 1 toteutustavat on esitetty käyttäen nykyistä sähköliittymää ja pääkeskusta.

Vaihtoehto 1.1

Keskuksen nykyisen kiinteistöosan huipputeho on ollut 56 kW ja pääsulakkeet 3 x 125 A. Jatkuva sähköteho saadaan laskettua kaavalla 2

KAAVA 2. Sähkötehon laskeminen.

$$P = \sqrt{3} \times (\sqrt{3} \times U_p \times I_p) \times \cos\varphi,$$

jossa

U_p = vaihejännite

I_p = vaihevirta

$\cos\varphi$ = sähköjärjestelmän tehokerroin, tässä tapauksessa määritelty 0,95

$$P = \sqrt{3} \times (\sqrt{3} \times 230V \times 125A) \times 0,95 = 81,93 \text{ kW}$$

Sähkötehoksi saadaan n. 82 kW, eli reserviä huipputehoon verrattuna on n. 26 kW. Tällä reservillä pystytään syöttämään 7 autopaikan latausasemat 3,7 kW:n teholla, jolloin alussa mainitut tavoitteet eivät täyty. Keskuksessa on tarvittava määrä varalähtöjä tämän vaihtoehdon toteuttamiseen.

Vaihtoehto 1.2

Jos vaihtoehto 1.1 ei ole tyydyttävä, kiinteistöosan liittymän kokoa voidaan kasvattaa 3 x 125 A:sta 3 x 160 A:iin, jolla pystytään välittämään jatkuvaa sähkötehoa n. 105 kW. Tällöin reserviin jää n. 49 kW, jolla saadaan syötettyä n. 13 autopaikan latausasemat. Keskuksesta löytyy riittävästi varalähtöjä tähän tilanteeseen, kun latausasemia syöttävät ryhmät jaotellaan useampaan eri ryhmään. Keskuksen virtamuuntaja on myös vaihdettava suurempaan ja koko kiinteistön pääsulakkeet 3 x 315 A:sta maksimiin 3 x 400 A:iin. Tämä näyttäisi alustavasti riittävän tilanteen kokonaiskuormitukseen, mutta asia tulee tarkistaa mittauksin ennen toteutusta. Latauspisteiden syötön lisäksi joudutaan mahdollisesti rakentamaan dynaaminen kuormanhallintajärjestelmä, jolla voidaan varmistaa,

ettei liittymä ylikuormitu missään kuormitustilanteessa. Tässä vaihtoehdossa kuluja tulee latausaseman verkoston rakentamisen lisäksi liittymien suurentamisesta, virtamuuntajan vaihdosta sekä mahdollisesta dynaamisesta kuormanhallintajärjestelmästä.

Vaihtoehto 1.3

Mikäli myöskään vaihtoehto 1.2 ei ole tyydyttävä, kiinteistösosan liittymän kokoa voidaan myös kasvattaa 3 x 125 A:sta sen maksimiin 3 x 250 A:iin, jolla pystytään välittämään jatkuvaa sähkötehoa n. 164 kW. Reserviä syntyy tällöin n. 108 kW. Tällöin pystyttäisiin syöttämään n. 29 autopaikan latausasemat. Tämä vaihtoehto toteutettaisiin vastaavasti kuin vaihtoehto 1.2, eli keskuksen kiinteistösosan sulakkeet korotettaisiin 3 x 400 A:iin, virtamuuntajan kokoa suurennettaisiin ja varaudutaisiin kuormanhallintajärjestelmään. Kuluja tulee vastaavasti latausjärjestelmän rakentamisen lisäksi liittymän korottamisesta, virtamuuntajan suurentamisesta ja kuormanhallintajärjestelmästä.

Vaihtoehto 2: Tekninen toteutus uuden sähköliittymän kautta

Vaihtoehto 1:n selvityksen pohjalta ainoa tapa täyttää täysin asetettu tavoite on ottaa sähköautojen lataukselle oma sähköliittymä ja rakentaa tälle oma pääkeskuksensa, josta latauspisteet sähköistetään.

Tarvittava uusi liittymäkokoo on 3 x 250 A. Uuden pääkeskuksen ja liittymiskaapeleiden mitoittamista suositellaan 3 x 400 A:iin, jolloin liittymän suurentaminen tulevaisuudessa olisi mahdollista lataus-tehon tarpeen kasvaessa. Uudelle pääkeskukselle tulee löytää sopiva sijoituspaikka, sillä nykyisessä pääkeskushuoneessa sille ei ole riittävästi tilaa.

7.5 Kartoituksen yhteenveto

Kartoituksen perusteella voidaan todeta, että latauspaikkojen suunniteltuja lähtökohtia kaikkien autopaiikkojen sähköistämisestä ei voida saavuttaa ilman uuden liittymän ja pääkeskuksen rakentamista. Nykyisen sähköjärjestelmän tehoa kasvattamalla pystytään toteuttamaan yli puolet halutuista paikoista dynaamisella kuormanhallinnalla. Taloyhtiön pohdittavaksi jää, mikä edellä kuvatuista vaihtoehdoista olisi hyväksyttävä jatkosuunnittelun pohjaksi.

8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli tutustua sähköajoneuvojen latausjärjestelmien tulevaisuudennäkymiin ja niiden vaikutukseen sähköverkon kysyntäjousto. Työ on ajankohtainen, sillä työtä kirjoittaessa maailmantilanteesta johtuen kärsitään osittain energiapulasta. Tämä korostaa sähköverkon kysyntäjouston tärkeyttä, sillä sähköverkkoon voi syntyä suuriakin tehoiikkejä tulevan talven aikana. Mahdollista sähkötuotannon alijäämää tulee siis paikata vaihtoehtoisilla energianlähteillä, ja sähköverkon tasapainottamista tulevat helpottamaan myös sähköiset ajoneuvot, jotka toimivat eräänlaisina liikkuvina energiavarastoina. Käynnissä on myös fossiilisista polttoaineista irtautuminen, joka nopeuttaa liikenteen siirtymistä vaihtoehtoisten voimanlähteiden käyttöön. Tällä hetkellä suosituin vaihtoehto polttomootoriautolle onkin sähköauto, mikä edistää latausasemien kehitystä.

Tulevaisuudessa latausasemien ja sähköajoneuvojen valmistajat tulevat keskittymään yhä enemmän kaksisuuntaisiin latausjärjestelmiin, joten on mielenkiintoista nähdä, millä tavoin uusi teknologia vaikuttaa latausjärjestelmien toteutuksiin, miten se vaikuttaa olemassa olevaan sähköverkkoon ja kuinka V2X-teknologiaan suhtaudutaan. Teknologia on vielä kehitysasteella, mutta tulevaisuudessa siitä saadaan hyötyä niin kotitalouksissa kuin julkisillakin alueilla.

Työssä keskitytään myös latausjärjestelmien suunnitteluun. Latausjärjestelmiä suunniteltaessa on hyvä ymmärtää sähköautoilun ja eri lataustapojen ominaisuuksia ja toteutustapoja, sillä oikean latausratkaisun valinta säästää kustannuksia ja takaa latausjärjestelmän toimivuuden. Hyvin toteutetulla kuormanhallintajärjestelmällä säästetään latausaseman komponentteja ja latausjärjestelmää syöttävää sähköjärjestelmää. Oikean tyyppisellä latausasemalla taas taataan paras lopputulos käyttäjän näkökulmasta. Suunniteltaessa latausjärjestelmiä on myös hyvä ottaa selvää nykyisestä lainsäädännöistä ja ohjeista, sillä niitä päivitetään koko ajan sähköautoilun kehittyessä ja yleistyessä. On myös hyvä perehtyä järjestelmällä ladattavien ajoneuvojen määrään ja tyyppiin, sillä esimerkiksi ladattavan hybridin latausasemalla on huomattavasti pienempi tehontarve kuin täyssähköautoille tarkoitetuilla julkisilla pikalatausasemilla. Suunnittelun kannalta on hyvä muistaa myös tulevaisuuden tarpeet. Lataustehojen kasvaessa nykyisten olemassa olevien sähköjärjestelmien kapasiteetti ei välttämättä riitä esimerkiksi pääsulakkeiden tai kaapeloinnin osalta, jolloin on

hyvä pohtia sähköliittymän kasvattamista ja sen aiheuttamia toimenpiteitä jo pysäköintialueen ensimmäisiä latausasemia asennettaessa.

Työn lopputuloksena on tutkielma sähköisen liikenteen nykytilanteesta, sähköajoneuvojen latauksen toteutusvaihtoehdoista ja tulevaisuuden teknologioista. Opinnäytetyö antaa katsauksen myös latauksen käyttäjän kannalta tärkeisiin asioihin, kuten latauksen laskutukseen, hallintaan ja latauspisteiden sijoitteluun. Viimeisessä luvussa on esimerkki taloyhtiöön tehdystä latauspaikkojen alkukartoituksesta, jossa esitetään kartoituksen menetelmiä ja asiakkaalle tarjottuja ratkaisuvaihtoehtoja. Opinnäytetyötä voidaan käyttää esimerkiksi perehdytysmateriaalina tulevilla latausase-maprojekteissa.

LÄHTEET

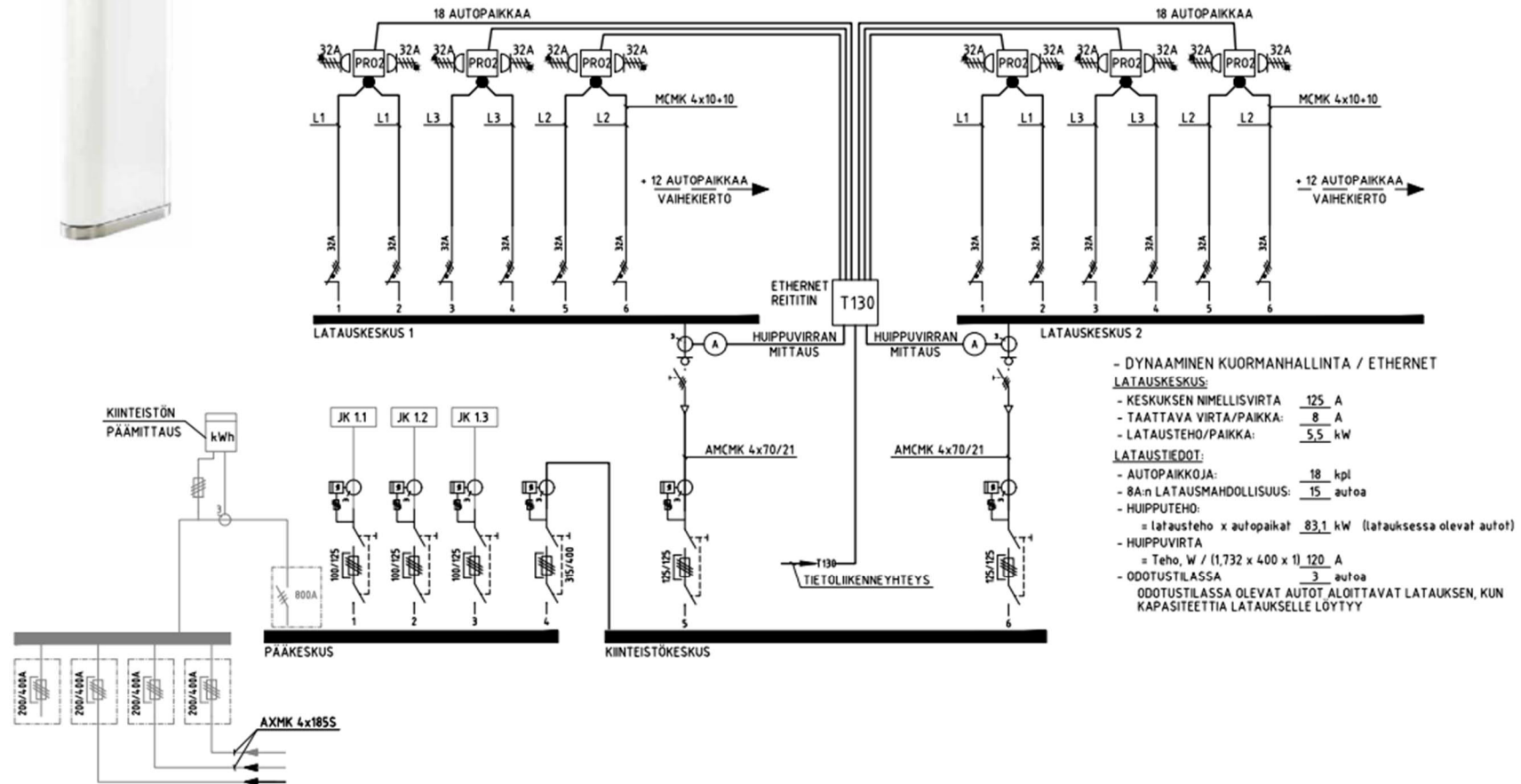
1. Vakuutusyhtiö If 2022. Sähköauto, hybridi vai pysyttely bensassa? Hakupäivä 8.11.2022. <https://www.if.fi/henkiloasiakkaat/vakuutukset/autovakuutus/auton-vaihto/auton-osto-2020-luvulla>
2. ST Käsikirja 51.90 2021. Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus. Hakupäivä 28.9.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/3937> Vaatii lisenssin.
3. Electromobility 2019. Sähkö liikenteen käyttövoimana osana energiamurrosta. EV-latausjärjestelmän suunnittelijan opas. Suunnittelu – toteutus – ylläpito.
4. Traficom 2022. Vaihtoehtoisten käyttövoimien osuus tieliikenteen ajoneuvoista. Hakupäivä 21.9.2022 <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/vaihtoehtoisten-kayttovoimien-osuus-tieliikenteen-ajoneuvoista>
5. Ara 2022. Hakuohje 2022. Sähköautojen latausinfra-avustus. Hakupäivä 19.10.2022. <https://www.ara.fi/latausinfra-avustus>
6. ST Käsikirja 41 2019. Sähköautot ja latausjärjestelmät. Hakupäivä 21.9.2022. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/7385> Vaatii lisenssin.
7. Nordic Plug 2022 Sähköautot ja sähköautojen lataus - Pikaopas. Hakupäivä 30.11.2022. <https://nordicplug.fi/pages/sahkoautojen-lataus-pikaopas>
8. ST Käsikirja 51.92 2022. Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistössä. Hakupäivä 3.10.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/8384> Vaatii lisenssin.
9. Ensto 2021. Suunnittelijan Opas. Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa 2021. Hakupäivä 30.9.2022. <https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>
10. Virta Global 2019. Maailman älykkäin sähköautojen kotilatauspalvelu. Hakupäivä 10.12.2022. <https://www.virta.global/fi/blogi/maailman-%C3%A4lykk%C3%A4ins%C3%A4hk%C3%B6autojen-kotilatauspalvelu>
11. Motiva 2022. Sähkön kulutusjousto – Joustavaa ja älykästä sähkönkäyttöä. Hakupäivä 19.10.2022. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/sahkon_kulutusjousto
12. Ensto 2016. V2G and V2H. The smart future of vehicle-to-grid and vehicle-to-home. Hakupäivä 20.10.2022. https://www.ensto.com/globalassets/brochures/brochures/ev-charging/ensto_ev_v2g_article.pdf

13. Nissan 2022. Nissan approves first bi-directional charger for use with Nissan LEAF in the U.S. Hakupäivä 20.10.2022. <https://usa.nissannews.com/en-US/releases/nissan-approves-first-bi-directional-charger-for-use-with-nissan-leaf-in-the-us#>



ENSTO PRO 2 = 2 x 22kW

- DYNAAMINEN KUORMANHALLINTA / ETHERNET
- VIKAVIRTASUOJAUS LATAUSASEMASSA
- TOTEUTUSVAIHTOEHTO KAHDILLA KAAPELILLA/LATAUSASEMA



- DYNAAMINEN KUORMANHALLINTA / ETHERNET
- LATAUSKESKUS:**
 - KESKUKSEN NIMELLISVIRTA: 125 A
 - TAATTAVA VIRTA/PAIKKA: 8 A
 - LATAUSTEHO/PAIKKA: 5,5 kW
- LATAUSTIEDOT:**
 - AUTOPAIKKOJA: 18 kpl
 - 8A:n LATAUSMAHDOLLISUUS: 15 autoa
 - HUIPPUTEHO:
 - = latausteho x autopaikat 83,1 kW (latauksessa olevat autot)
 - HUIPPUVIRTA
 - = Teho, W / (1,732 x 400 x 1) 120 A
 - ODOTUSTILASSA
 - 3 autoa
 - ODOTUSTILASSA OLEVAT AUTOT ALOITTAVAT LATAUKSEN, KUN KAPASITEETTIA LATAUKSELLE LOYTTY

Rakennusvaihe	Piirustaja SÄHKÖ	Pvm. 02.06.2021	<p>ENSTO FINLAND OY Insinöörikatu 1 06100 MIKKELI puh 0204 76 21 fax 0204 76 3491</p>	Mittakaava	Lehti	Lehdistä
Rakennuskohteen nimi ja osoite	Piirustuksen sisältö SÄHKÖAUTOJEN LATAUSJÄRJESTELMÄ KESKISUURI JÄRJESTELMÄ PRO 2	Muutos -		Piirustusnumero	S22 2203	
		Teki -				
		Tark. -				
		Koodi -				