

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

MUU RAPORTTI - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SÄHKÖAUTOJEN LATAUSRATKAI- SUN SUUNNITTELU KIINTEISTÖ- YHTIÖÖN

TEKIJÄ Benjamin Luukkonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Benjamin Luukkonen	
Työn nimi Sähköautojen latausratkaisun suunnittelu kiinteistöyhtiöön	
Päiväys 11.05.2022	Sivumäärä/Liitteet 29
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Petterinkulma Oy	
Tiivistelmä <p>Työn tavoitteena oli selvittää sopiva laajuus ja kustannustaso sähköautojen latausasemien rakentamiselle kerrostalon parkkipaikalle. Kohteeksi valittiin toimeksiantaja Petterinkulma Oy:n Paloisvuorentie 24 ABC kiinteistö. Työssä käsitellään sähköautojen lataukseen liittyviä keskeisiä standardeja ja vaatimuksia, sekä lataustapoja ja -pistokkeita. Tarkoituksena oli suunnitella latausjärjestelmä tulevaisuuden tarpeet ja laajenusvara huomioon ottaen.</p> <p>Työssä selvitettiin Paloisvuorentien kerrostalon sähköliittymän, pääkeskuksen ja muun sähköjärjestelmän soveltuvuus sähköautojen lataukseen. Kuormitustietojen perusteella tuli selvittää sähköliittymän ja pääkeskuksen riittävyys ja mahdolliset päivitystarpeet.</p> <p>Työn tuloksena suunniteltiin kolme ratkaisua sähköautojen latausta varten kohteen pysäköintipaikalle. Suunnitelmissa otettiin huomioon tarvittavat laitteistot, kaapeloinnit sekä kaapelireitit. Myös tehoreserviä tilanteen mukaan hyödyntävä kuormanhallinta käsiteltiin työssä. Vaihtoehdot eroavat toisistaan latausasemien mallin ja määrän, työn kustannuksien ja muutostöiden laajuuden osalta. Vaihtoehtojen perusteella Petterinkulma voi päättää jatkotoimenpiteistä hankkeen toteuttamisen suhteen.</p>	
Avainsanat Sähköajoneuvo, sähköauto, latausasema	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Benjamin Luukkonen	
Title of Thesis Design of Electric Car Charging Solution for Property Company	
Date May 11, 2022	Pages/Appendices 29
Client Organisation /Partners Petterinkulma Oy	
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to determine an appropriate scope and cost level for electric vehicle charging stations in the parking lot of an apartment building. Petterinkulma Oy's Paloisvuorentie 24 ABC property was chosen as the target. The purpose was to design the charging system considering future needs and future extension.</p> <p>Relevant literature on main standards and requirements related to the charging of electric cars, as well as charging methods and plugs were studied. The suitability of the electricity connection, the main distribution board, and other electrical systems of the Paloisvuorentie apartment building for charging electric cars were investigated. Based on the load data, the adequacy of the electricity connection and the main distribution board and possible upgrade needs were determined.</p> <p>As a result of this thesis, three solutions were designed for charging electric cars in the site's parking lot. The plans covered the necessary equipment, cabling, and cable routes. Load management utilizing the power reserve according to the situation was also discussed. The options differ in terms of the model and number of charging stations, the cost of the work and the extent of the modifications. Based on the alternatives, Petterinkulma can decide on further measures regarding the implementation of the project.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Electric vehicle, charging station</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Määritelmät	6
2	SÄHKÖAUTOT	7
2.1	Ilmastotavoitteet ja sähköautojen yleistyminen	7
3	SÄHKÖAUTOJEN LATAUS	9
3.1	Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (Lataustapa 1)	9
3.2	Hidaslataus (Lataustapa 2)	9
3.3	Peruslataus (Lataustapa 3)	9
3.4	Pikalataus (Lataustapa 4)	10
3.5	Sähköautojen latauspistokkeet.....	10
4	SÄHKÖAUTOJEN LATAUSINFRA-AVUSTUS JA VELVOITUKSET	12
4.1	Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä	12
5	LATAUSVERKON SUUNNITTELU JA VAATIMUKSET	14
5.1	Latausjärjestelmän suunnittelu	14
5.2	Latausverkon mitoitus	15
6	NYKYISEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN TILANNE.....	17
6.1	Sähköliittymä.....	17
6.2	Sähköpääkeskus	18
6.3	Autonlämmitys.....	19
7	LATAUSJÄRJESTELMÄN TOTEUTUSEHDOTUS	20
7.1	Toteutustapa 1, Hidaslatausasemat ja syöttö pääkeskukselta.....	20
7.1.1	Kaapelien mitoitus	20
7.1.2	Oikosulkuvirtojen tarkastelu	21
7.2	Toteutustapa 2, 11 kW peruslataus ja syöttö pääkeskukselta	21
7.2.1	Kaapelien mitoitus	22
7.2.2	Oikosulkuvirtojen tarkastelu	22
7.3	Toteutustapa 3, Latausjärjestelmälle oma liittymä	22
7.3.1	Kaapelien mitoitus	22
7.4	Kaapelireitit	22
7.5	Automaattinen laskutusjärjestelmä ja kuormanhallinta	25
7.6	Kustannusarvio	26

8 YHTEENVETO..... 27

1 JOHDANTO

Sähköautot yleistyvät kovaa tahtia, niiden akkukapasiteetti kasvaa ja lataustekniikat kehittyvät. Sähköautojen käyttöä tukemaan tarvitaan kasvavissa määrin myös latausmahdollisuuksia. Paremmat latausmahdollisuudet lisäävät sähköautojen houkuttelevuutta ja näin nopeuttaa niiden yleistymistä. Sähköautojen käyttäjien kannalta on tärkeää, että autoa voi ladata paikassa, jossa se on pidempiä aikoja käyttämättömänä, eli oman asunnon lähellä.

Työn tarkoituksena on selvittää sopiva laajuus ja kustannustaso sähköautojen latausasemien rakentamiselle. Työnkuvaan sisältyy, missä määrin asemia kannattaa asentaa ja minkälaisia ominaisuuksia asemilta vaaditaan. Latausjärjestelmän ja latauspisteiden asentamisesta tehdään myös kustannusarvio Petterinkulmaa varten. Työssä selvitetään, missä määrin Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskukselta on mahdollista saada tukea hankkeeseen.

Työn toimeksiantaja Petterinkulma Oy on kiinteistöyhtiö, jonka Iisalmen kaupunki perusti vuonna 1965. Asuntoja Petterinkulma omistaa lähes 1400 ja asukkaita niissä asuu noin 2100.

Vanhemmissa kerrostaloissa sähköjärjestelmä on usein suunniteltu riittämään rakennushetkellä olleisiin tarpeisiin, eikä laajennusvaraa sähköautojen latausasemia varten välttämättä ole. Vanhoissa rakennuksissa auton latauksen aiheuttama lisäkuorma voi riittää laukaisemaan pääsulakkeen. Kartoitettavaa on valittujen kerrostalojen nykyisen sähköjärjestelmän riittävyys latausasemia varten. Täähän sisältyy sähköliittymän, pääkeskuksen ja olemassa olevien autonlämmitystolppien sulakkeiden mitoitus.

Olemassa olevan autonlämmitysjärjestelmän kartoitusta tehdään, jotta tiedetään, riittäisikö se latausasemia varten ja kannattaako sitä päivittää samalla kun latausasemille kaivetaan maakaapelia. Myös yhteinen kaapelointi latausasemille ja lämmitystolpille on mahdollinen ratkaisu, jolloin kaapelin poikkipinta-ala voidaan myös mitoittaa tulevaisuuden tarpeita ja mahdollista laajentamista ajatellen.

Uudemmissa kohteissa kerrostalon sähköjärjestelmä voi olla mitoitettu niin, että pelivaraa on myös laajennusta varten. Parhaassa tapauksessa pienitehoiset latausasemat voidaan asentaa suoraan olemassa olevaan autojen lämmitystä varten rakennettuun piiriin, jolloin kustannukset jäävät alhaisiksi.

1.1 Määritelmät

EV – Sähkökäyttöinen ajoneuvo

BEV – Battery electric vehicle, täyssähköauto

HEV – Hybrid electric vehicle, hybridauto

PHEV – Plug-in hybrid electric vehicle, ladattava hybridi

AC – Alternating current, vaihtovirta

DC – Direct current, tasavirta

2 SÄHKÖAUTOT

Sähköauto (EV) on vähintään yhdellä sähkömoottorilla varustettu auto. Liikkumiseen tarvittavaa energiaa sähkömoottori saa akustosta, jota ladataan ulkoisesta energialähteestä. Sähköauto voi olla lataushybridi (PHEV), jota voidaan ladata latauspisteestä tai ei ladattava hybridi, jonka akustoa ladataan yleensä vain auton sisäisen polttomoottorin voimalla. Sekä lataushybridi, että ei ladattava hybridauto sisältävät sähkömoottorin lisäksi toisen voimanlähteen, esimerkiksi polttomoottorin. Täyssähköauton (BEV) ainoa voimanlähde on yksi tai useampi sähkömoottori, joka saa tarvittavan energian ladattavasta akustosta. (SESKO, 2021)

2.1 Ilmastotavoitteet ja sähköautojen yleistyminen

Euroopan unionin ilmastopoliitiikan tavoitteena on pyrkiä hillitsemään ilmastonmuutosta ohjaamalla jäsenmaiden toimia. Eurooppalaisen ilmastolain tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuoden 1990 tasoon verrattuna vähintään 55 % vuoteen 2030 mennessä. Kyseinen ilmastolaki on jäsenmaitaan laillisesti sitova. (Ympäristöministeriö, ei pvm)

Suomen hallituksen tavoite on EU:n tavoitteita tiukempi ja vuoden 2019 hallitusohjelman tavoitteena on Suomen hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä (Ympäristöministeriö, ei pvm). Tieliikenteen päästöjen vähennystavoitetta käsitellään fossiilittoman liikenteen tiekartassa. Tavoitteena on kotimaan liikenteen kasvihuonekaasujen puolittaminen vuoteen 2030 ja päästöttömyys vuoteen 2045 mennessä. Verrokkina toimii vuoden 2005 päästöt. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2021)

Fossiilittoman liikenteen tiekartan mukaiset velvoitteet, kannustimet, hankintatuet ja avustukset ohjaavat tieliikennettä fossiilittomia muotoja, kuten sähköajoneuvoja kohti. Esimerkiksi jakeluinfra-asetus velvoittaa sijoittamaan sähkölatauspisteitä tietyn välimatkan välein Euroopan laajuiseen TEN-T ydinverkkoon. Täyssähköautojen hankintatuki kannustaa kuluttajaa ostamaan täyssähköauton polttomoottorikäyttöisen auton sijaan. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2021)

Fossiilittoman liikenteen tiekartan suunnitelma näkyy jo sähköautojen yleistymisen muodossa. Manner Suomessa täyssähköautoja oli liikennekäytössä 169 kappaletta vuoden 2013 lopussa, kun vuoden 2021 lopussa niitä oli jo lähes 22 921. Kun tähän lasketaan ladattavat hybridautot (76 989), oli liikennekäytössä vuoden 2021 lopussa lähes 100 000 sähköautoa. (Traficom, 2022) Sähköautojen määrän kehitys vuosittain on ollut nopeaa ja sen perusteella yleistyminen tulee vielä kiihtymään (Kuva 1.)



Kuva 1 Liikennekäytössä olevat sähkökäyttöiset henkilöautot. (Traficom, 2022)

3 SÄHKÖAUTOJEN LATAUS

Ladattavien sähköautojen energiavaraston eli akuston turvallista lataamista varten on kehitetty standardeja, määräyksiä ja lakeja. Eri valmistajien sähköautot ovat varustettu erilaisilla latauspistokkeilla (latausliittimillä) ja ne tukevat erilaisia lataustapoja. Sähköajoneuvojen lataamisessa käytetään neljää erilaista kansainvälisessä IEC 61851-1 standardissa määriteltyä lataustapaa.

3.1 Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (Lataustapa 1)

Lataustapa 1 on käytössä pääasiassa kevyissä sähköajoneuvoissa, kuten sähköpyörissä ja -skoottereissa. Lataustavassa 1 sähköajoneuvo liitetään verkkovirtaan kytkemällä se tavalliseen 230 V sukopistorasiaan. Pistorasian tulee olla hyväkuntoinen ja suojattu 30 mA vikavirtasuojalla. (SESKO, 2021) Lataustavassa 1 pistorasian nimellisvirta saa olla maksimissaan 16 A. Lataustavassa 1 ei käytetä ajoneuvon ulkopuolista latauslaitteistoa, vaan laitteisto sisältyy ladattavaan ajoneuvoon. (Electrical Installation Wiki, 2021)

3.2 Hidaslataus (Lataustapa 2)

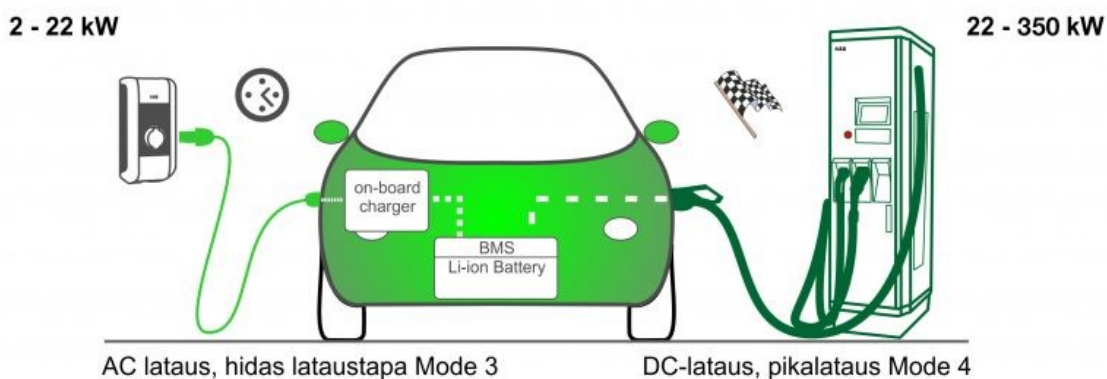
Lataustavassa 2, eli hidaslatauksessa sähköajoneuvo liitetään kotitalouspistorasiaan (sukopistorasiaan) tai kolmivaiheiseen teollisuuspistorasiaan. Hidaslatauksessa käytetään latausjohtoon standardin SFS-EN 62752 mukaisesti integroitua suojalaiteyksikköä. Pitkään käytössä olleet kotitalouspistorasiat eivät kestä täyttä 16 A nimellisvirtaa rajattomia aikoja. Standardin SFS-EN 62752 mukaan pitkäaikainen kotitalouspistorasiasta otettu latausvirta tulee rajoittaa 8 ampeeriin. Sen sijaan CEE teollisuuspistorasia on suunniteltu kestävämmän nimellisvirralla kuormittamisen pitkiä aikoja. Teollisuuspistorasiaksi lasketaan SFS-EN 60309 mukainen kolmivaiheinen voimavirtapistorasia tai yksivaiheinen karavaanaripistorasia. (SESKO, 2021) Lisäksi on valmisteilla uusi IEC 60884-1 standardi, joka käsittelee vahvennettua "Super-suko" kotitalouspistorasiaa. Vahvennettu pistorasia on suunniteltu niin, että sitä voidaan kuormittaa jatkuvasti täydellä 16 ampeerin virralla toisin kuin tavallista pistorasiaa. IEC 60884-1 standardia ei ole vielä kirjoittamishetkellä julkaistu. (Sähkötieto ry, 2021)

3.3 Peruslataus (Lataustapa 3)

Lataustapa 3, eli peruslataus on sähköauton pääasiallinen lataustapa. Peruslatauksessa kiinteästä latauslaitteesta syötetään sähköajoneuvossa olevaa laturia (Kuva 2). (SLO, ei pvm) Euroopassa julkinen vaihtosähkölatausasema tulee olla varustettu joko kiinteällä SFS-EN 62196-2 -standardin mukaisella type 2 pistorasialla tai type 2 ajoneuvopistokkeella. (SESKO, 2021)

Latausteho vaihtelee yleensä 3,7 kW ja 22 kW välillä (Electrical Installation Wiki, 2021). Latauskaapelissa kulkeva tiedonsiirtoväylä mahdollistaa tiedonsiirron laitteiden välillä. Väylän avulla voidaan varmistaa asianmukainen kytkentä laitteen ja auton välillä, sekä lataustehoa voidaan säätää tilanteeseen sopivaksi. (SESKO, 2021)

Suojauksessa on normaalisti käytettävä B tyyppin vikavirtasuojaa, joka tunnistaa tasasähkövikavirtavuodon. A tyyppin vikavirtasuojaa on hyväksytty sellaisissa tilanteissa, joissa tasasähkövikavirtasuojaus on integroitu latauslaitteeseen. Poiskytkennän tulee toimia tasasähkövikavirran ylittäessä 6 mA. (SESKO, 2021)



Kuva 2 AC-lataus laturin avulla ja DC-lataus suoraan akustoon (SLO, ei pvm)

3.4 Pikalataus (Lataustapa 4)

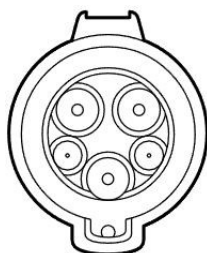
Lataustapaa 4 kutsutaan pikalataukseksi sen tarjoaman suuren lataustehon ja latausnopeuden takia. Sähköauton akuston syöttö tapahtuu ulkopuolisen tasasähkölaturin avulla, joka syöttää virtaa suoraan akkuun (Kuva 2). Pikalataus mahdollistaa lataustehon 50 kW:sta jopa 350 kW asti. (Electrical Installation Wiki, 2021) Latausasema on varustettu kiinteällä latausjohdolla, joka varustettu standardin SFS-EN 62196-3 mukaisella CCS ajoneuvopistokkeella tai CHAdeMO -pistokkeella. (SESKO, 2021)

3.5 Sähköautojen latauspistokkeet

Latauspistoke tai latausliitin on latausjohdon osa, joka kytkemällä sähköajoneuvoon on sähkönsyöttö latauspisteestä ajoneuvoon mahdollista (SESKO, 2021). Latauspistokkeita on monen tyyppisiä ja ne sopivat eri autoihin. Standardissa IEC 62196-2 määritellään vaatimuksia AC pistokkeille. Vastaavasti IEC 62196-3 standardi käsittelee DC pistokkeiden vaatimuksia. Electrical Installation Wiki käsittelee seuraavat neljä yleistä liittintyyppiä perustuen kansainvälisten IEC standardien vaatimuksiin.

Type 1

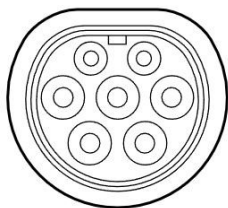
Type 1 on yksivaiheinen pistoke, joka tarjoaa 32 A maksimivirralla lataustehoa 3–7,4 kW välillä. Liittimessä on lukitus, joka estää liittimen irrottamisen, kun lataus on kesken. Tämä liitin on yleisempi USA:ssa ja Japanissa, kuin Euroopassa. (Electrical Installation Wiki, 2021)



Kuva 3 Type 1 latausliitin (Electrical Installation Wiki, 2021)

Type 2

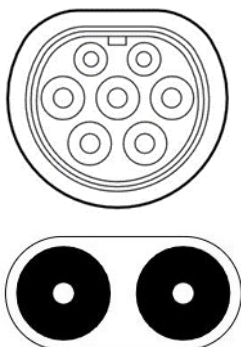
Type 2 on Euroopassa virallinen standardipistoke vaihtosähkölatausasemiin. Se tukee yksivaiheisena 16 A ja kolmivaiheisena 63 A latausvirtaa. (Electrical Installation Wiki, 2021)



Kuva 4 Type 2 latausliitin (Electrical Installation Wiki, 2021)

CCS

CCS (Combo 2) latausliitin perustuu Type 2 latausliittimeen, johon on lisätty alapuolelle kaksi DC-kosketinta latausta varten. Se tukee sekä AC, että DC latausta. Korkeimmillaan DC latausteho voi olla jopa 350 kW. (Electrical Installation Wiki, 2021) Ajoneuvon maadoitus ja latauksen ohjaus hoidetaan Type 2 koskettimien kautta. Euroopassa julkisten pikalatausasemien tulee sisältää standardin SFS-EN 62196-3 mukainen CCS pistoke. (SESKO, 2021)



Kuva 5 CCS latausliitin (Electrical Installation Wiki, 2021)

CHAdeMO

CHAdeMO DC latausliitin, jota käytetään yleisimmin japanilaisissa automerkeissä. Alkuperäinen CHAdeMO liitin tukee lataustehoa 62,5 kW asti, kun taas uudemmalla CHAdeMO 2.0 liittimellä maksimi-teho voi olla jopa 400 kW.



Kuva 6 CHAdeMO latausliitin (Electrical Installation Wiki, 2021)

4 SÄHKÖAUTOJEN LATAUSINFRA-AVUSTUS JA VELVOITUKSET

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) tehtävä on vastata valtion asuntopolitiikan toimenpanosta. ARA voi myöntää hakijoille asumiseen ja rakentamiseen liittyviä avustuksia, tukia ja takauksia. ARA:n tavoitteena on edistää ekologisesti kestävää, kohtuuhintaista ja laadukasta asumista. (ARA, 2020)

Asuinrakennuksen omistavat yhteisöt voivat hakea ARA:lta avustuksia sähköautojen latausinfraan rakentamiseen. Avustuksen tarkoitus on edistää sähköautokannan kasvua kehittämällä sähköautojen kotilatausmahdollisuuksia. Tällä pyritään täyttämään kansallisen ilmastostrategian tavoitteet. (ARA, 2020)

Sähköautojen latausinfra-avustusta myönnetään kiinteistöjen sähköjärjestelmiin kohdistuviin muutoksiin, joita sähköautojen latausvalmiuden toteuttaminen vaatii. Asuinrakennuksen omistavat yhteisöt voivat hakea latausinfra-avustusta. Avustuksen saamiselle edellytyksenä on, että rakennetaan valmius vähintään viidelle latauspisteelle. Valmiudeksi voidaan katsoa se, että latauslaitteen edellyttämä sähkönsyöttö on saatavissa käyttöön yksinkertaisin toimin autopaikalta. (ARA, 2020)

Avustettavia toimenpiteitä ovat latauspisteiden asentamismahdollisuuksien ja sijoitusten kartoitus, sekä hankesuunnitelma, jos hanke toteutuu. Rakennuksen sähköjärjestelmään kohdistuvat muutostyöt ja tavanomaiset maanrakennustyöt kuuluvat avustuksen piiriin. Hyväksyttäviä muutostöitä ovat liittymään, pääkeskukseen, nousuihin, sekä putkitukseen ja kaapelointiin kohdistuvat työt. ARA avustaa myös latauslaitteiden kustannuksissa tietyin perustein. Latauslaitteet tulee olla varustettu SFS-EN 62196-2 -standardin mukaisella Type 2 pistokkeella. Jokaisen latausvalmiuden kaapeloinnin tulee olla suunniteltu 11 kW latausteholle kolmivaiheisena. Latauskuorman ohjaus on suositeltua toteuttaa. (ARA, 2020)

Avustuksen määrä on enintään 35 % toteutuneista kustannuksista, kuitenkin enintään 90 000 € hakijaa kohden. Yhtä latausvalmiutta kohden kustannuksia huomioidaan enintään 4000 euroa, mikä tarkoittaa 1400 euroa avustusta. (ARA, 2020)

4.1 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä

Vuoden 2021 maaliskuussa astui voimaan uusi laki sähköajoneuvojen latauspisteiden asentamisesta kiinteistöihin. Käytännössä laki velvoittaa laajamittaisen korjaustyön yhteydessä asentamaan jokaiseen autopaikkaan latauspistevalmius. Laki koskee taloyhtiöiden asuinrakennuksia, joiden yhteydessä on enemmän kuin neljä pysäköintipaikkaa, kuten myös opinnäytetyön kohdekiinteistöä. (Helen, 2021)

Latauspistevalmiudella tarkoitetaan pysäköintipaikan putkitusta tai muita johtoteitä, joihin on mahdollista asentaa myöhemmin kaapelointi latauspisteitä varten. Pysäköintipaikkaan voidaan näin asentaa latauspiste myöhemmin. (Helen, 2021)

”Laajamittaisella korjauksella tarkoitetaan korjausta, jossa rakennuksen vaippaan tai rakennuksen teknisiin järjestelmiin liittyvien korjausten jälleenrakentamiskustannuksiin perustuvat kokonaiskustannukset ovat yli 25 prosenttia rakennuksen arvosta, rakennusmaan arvo pois lukien.” (Helen, 2021)

5 LATAUSVERKON SUUNNITTELU JA VAATIMUKSET

SESKO ry on kansallinen standardointijärjestö, joka vastaa sähkötekniikan alan standardeista. Standardissa SFS 6000-7-722 esitetään sähköautojen lataukseen käytettävien asennuksien koskevia erityisvaatimuksia. Näitä vaatimuksia ovat esimerkiksi ryhmäjohtojen kuormitusta ja tasausta, asennusten ryhmittelyä, syötön automaattista poiskytkentää, ylivirtasuojauksia, pistorasioita ja pistokkeita ja sähköautojen latausasemia koskevat määräykset. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2017)

Standardisarjassa SFS 6000 esitetään pienjänniteasennuksille perusvaatimuksia. Näitä perusvaatimuksia tulee noudattaa sähköautojen lataukseen käytettävissä sähköverkoissa ja niiden suunnittelussa.

Latausjärjestelmän yleiset turvallisuusvaatimukset esitetään kansainvälisessä IEC 61851-1 standardissa ja SFS-EN 61851-1 standardissa. Tasasähkölatausasemaa koskevia vaatimuksia käsitellään IEC 61851-23 ja SFS-EN 61851-23 standardeissa ja latauskeskuksia koskevia vaatimuksia IEC 61439-7 standardissa.

5.1 Latausjärjestelmän suunnittelu

SESKO:n sähköauton lataussuosituksessa ohjeistetaan lataustavan 3 latausjärjestelmän suunnitteluun seuraavin ohjein. Selvitettävä on seuraavat asiat:

- Syöttävän sähköjärjestelmän nykyinen kuormitustilanne, sekä onko sähköjärjestelmään mahdollista liittää uutta kulutusta ilman sähköliittymän muutostöitä. Huomioon otettavia seikkoja ovat esimerkiksi liittymisjohtojen ja pääsulakkeiden koko, liittymisjohtojen ja keskuksen kunto, sekä keskuksen mitoitusvirta.
- Sähköjärjestelmän kunto mittauksin. Keskuksen lämpökuvaaminen suositeltavaa.

Latauspisteiden valinnassa otettava huomioon niiden soveltuvuus käyttötarkoitukseen ja ympäristöön. Latauspisteiden lukumäärä ja sijoittelu on suunniteltava niin, että normaalin mittainen latausjohto ylittää ajoneuvoon. Kaapeloinnissa huomioitava häiriönsuojauksen vaatimukset tietoliikennekaapeloinnin ja muun kaapeloinnin osalta. Kuormanhallinta, mittauksen järjestäminen ja etähallinta on otettava huomioon syöttöjen suunnittelussa. (SESKO, 2021)

5.2 Latausverkon mitoitus

Asuinrakennuksen liittymän koon mitoituksessa käytetään kiinteistön huipputehoa. Huipputehon määrittämiseen esitetään kokemusperäiset laskentamallit ST-kortissa ST 13.31, joilla laskettuna huipputehon ylitystodennäköisyys on noin 1 %. ST-kortin ST 13.31 mukaan huipputeho P_h kerros- ja rivitaloille ilman kiukaita lasketaan kaavan 1 mukaisesti. (Sähkötieto ry, 2021)

$$P_h = B + 17 \cdot \frac{A}{1000} \quad 1$$

jossa A kerrosala, sekä $B = 65 \text{ kW}$ tai kohteissa, joissa alle 15 asuntoa tai kerrosala alle 2500 m^2 korvataan B arvolla B_x , joka lasketaan ST-kortin ohjeiden mukaisesti. (Sähkötieto ry, 2021)

Uudessa asuinrakennuksessa latausjärjestelmän vaikutus huipputehohon voidaan laskea ST 13.31 laskentamallin avulla. Paikoitusalueet sähköajoneuvojen vähimmäisvarauksella $P_{paikoitus}$ lasketaan kaavan 2 mukaisesti. (Sähkötieto ry, 2021)

$$P_{paikoitus} = 10 \text{ kW} + 2 \text{ kW} \cdot n_{auto} \quad 2$$

jossa n_{auto} on sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärä.

Jos järjestelmässä ei käytetä kuormanhallintaa, tulee mitoitus tehdä tasauskertoimella 1. Pienempää kerrointa voidaan käyttää, jos käytetään kuormanhallintaa. ST 51.90 kortin mukaan tasauskertoimen laskemiseen ei ole vakiintunutta käytäntöä, vaan sen määrittäminen on tapauskohtaista. Kortin mukaan apuna voidaan käyttää esimerkiksi tietoja kuten latausasemien tyyppi ja määrä, käyttöpaikka ja käyttäjäprofiili, muu kuorma, liittymän ja keskusten koko, sekä SFS-EN 61851 mukainen minimilatausvirta 6 A/latausasema .

Latausverkon huipputehomitoituksen vähimmäistehona on suositeltavaa käyttää vähintään arvoa 2 kW/latauspiste , kun järjestelmässä käytetään älykästä kuormanhallintaa. Tällä mitoituksen arvolla varmistetaan latauksen käynnistyminen ja järkevä nopeus myös kylmällä säällä, sillä energiaa tarvitaan myös akuston lämmitykseen. Ohje perustuu standardin SFS-EN 61851 mukaisten latausjärjestelmien vaatimaan vähimmäistoimintavirtaan (6 A) ja tehohäviöihin. Ilman kuormanhallintaa mitoitustehona tulee käyttää vähintään arvoa 4 kW/latauspiste . (Sähkötieto ry, 2021)

Huipputehon määrittämisessä voidaan käyttää myös mitattuja keskituntitehotietoja. Keskituntiteho tarkoittaa tunnin keskimääräistä tehoa, eli hetkellisesti kuormitus voi olla suurempikin. Tästä syystä tulee mitoituksessa käyttää varmuuskerrointa 1,2, jolla voidaan varmistaa, ettei hetkellinen teho piikki kuormita järjestelmää liikaa (Berg, 2022).

Sulakekoon mahdollistama kolmivaiheinen teho voidaan laskea kaavan 3 mukaisesti. Hetkellisesti sulake kestää myös suurempia tehoja, mutta jatkuva ylitys vaikuttaa sulakkeen kestoon sekä lyhyellä, että pidemmällä aikavälillä riippuen ylityksen suuruudesta ja kestosta.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad 3$$

missä U on pääjännite, I sulakkeen nimellisvirta ja $\cos \varphi$ tehokerroin. Tehokertoimena voidaan asuinrakennuksessa käyttää arvoa $0,96$ (Sähkötieto ry, 2021).

Oikosulkuvirtojen riittävyys suojalaitteiden toimintaa varten on hyvä selvittää jo suunnitteluvaiheessa. Yhden virtapiirin oikosulkuvirta voidaan määrittää suojalaitteesta kaukaisimmassa pisteessä, jolloin oikosulkuvirta on riittävän suuri myös muissa pisteissä. (STUL ry, 2018)

Yksivaiheinen oikosulkuvirta I_k voidaan tietyssä pisteessä laskea kaavan 4 mukaisesti, kun tiedetään virtapiirin impedanssi Z (STUL ry, 2018). Vastaavasti kaavaa voidaan käyttää virtapiirin impedanssin laskemiseen, kun tiedetään oikosulkuvirta halutussa pisteessä.

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad 4$$

missä U on pääjännite, c jännitteenaleneman huomioiva kerroin 0,95 ja Z virtapiirin impedanssi.

6 NYKYISEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN TILANNE

Nykyisen sähköjärjestelmän tilanne oli tarpeellista selvittää. Selvityksellä pyrittiin ottamaan selvää, miten nykyistä sähköjärjestelmää voidaan hyödyntää ja kuinka laajalle muutostyölle on tarve. Paloisvuorentie 24 ABC kerrostalo on rakennettu vuonna 1974, minkä jälkeen sähkötekniset määräykset ja mitoitusperusteet ovat muuttuneet.

6.1 Sähköliittymä

Sähköliittymän koko Paloisvuorentie 24 ABC kerrostalossa on 3x160 A. Liittymiskaapeli on Savon Voiman mukaan AMCMK 3x120+41 ja kaapelipituus talon päätyyn sijoitettuun jakokaappiin (Kuva 7) 38 metriä. Nousukuvan liittymiskaapelitiedot täsmäävät Savon Voiman tietojen kanssa. Liittymässä on käyttöpaikkoja 27 asunnolle + kiinteistö, eli yhteensä 28 käyttöpaikkaa.



Kuva 7 Jakokaappi sijaitsee kohdekerrostalon päädyssä (Luukkonen, 2022)

Tiedot liittymän tehonkulutuksesta saatiin Savon Voimalta Excel taulukon muodossa. Taulukossa kuvataan liittymän keskituntiteho jokaista tuntia kohden vuoden 2020 aikana. Suurin teholumema mitattiin perjantaina 31.1.2020 16:00, jolloin keskituntiteho oli noin 26,2 kW, josta voidaan laskea varmuuskertoimen 1,2 avulla mitoituksessa käytettävä arvo seuraavan kaavan mukaisesti

$$26,2 \text{ kW} \cdot 1,2 = 31,4 \text{ kW}$$

Sähköliittymän 3x160 A pääsulake mahdollistaa n. 106,4 kW maksimitehon, joka voidaan laskea kaavan 3 avulla. Maksimiteho on lähellä Savon Voiman 160 A sulakepohjaiselle liittymälle antamaa karkeaa 107 kW arviota ja eroaa siitä turvallisempaan suuntaan.

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 160 \text{ A} \cdot 0,96 = 106,4 \text{ kW}$$

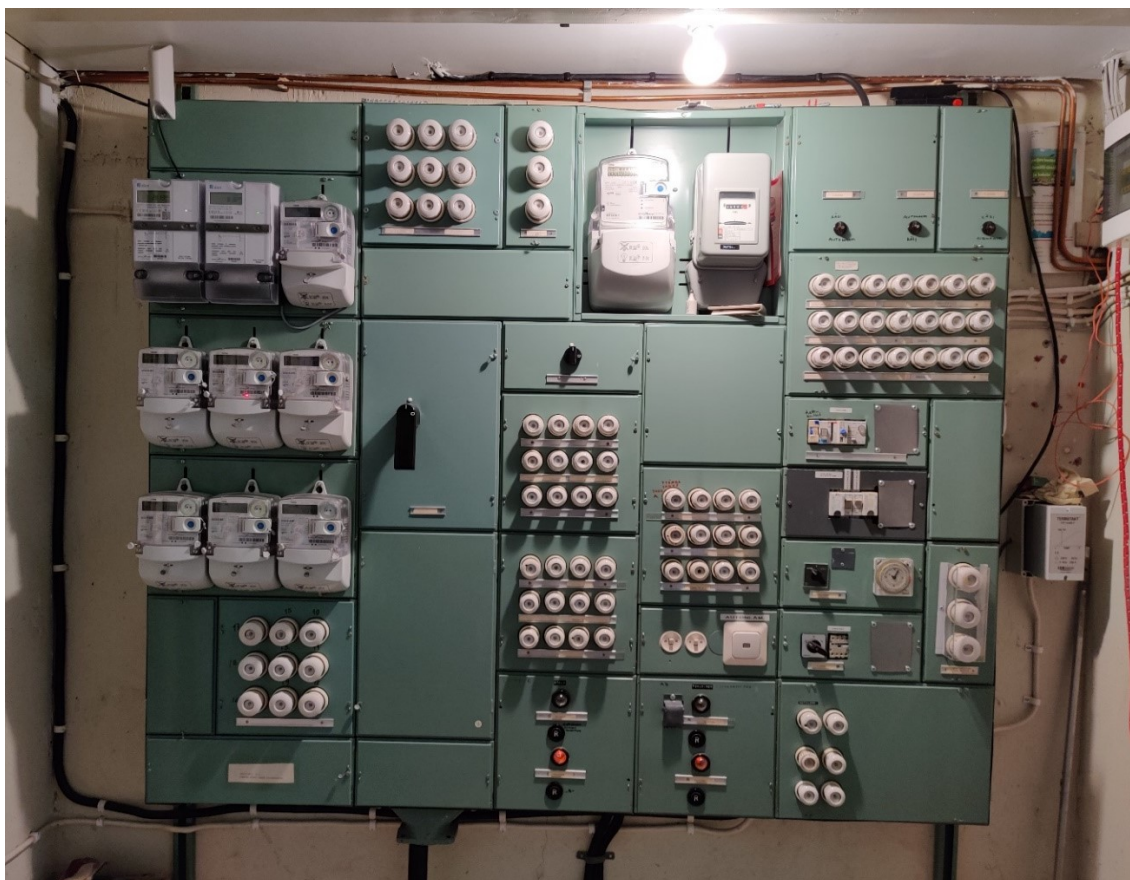
Kun tästä vähennetään 26,2 kW keskituntiteholla laskettu varmuusvara 31,4 kW, jää n. 75 kW (106,4 kW - 31,4 kW = 75,0 kW) tehovaraa vapaaksi sähköauton lataamista varten. 1,8 kW paikka-kohtaisella teholla 36 paikkaa tarkoittaa yhteensä noin 65,2 kW tehoa. Sähköliittymän koko voidaan katsoa riittäväksi nykyisten lämmityspaikkojen muuttamiseen hidaslataus paikoiksi. Tarvittaessa lämmitettyjä paikkoja voidaan myös lisätä, sillä vanhan autonlämmitys ryhmän poistaminen todennäköisesti laskee huipputehoa.

6.2 Sähköpääkeskus

Kiinteistön sähköpääkeskus sisältää yhden rapun, eli yhdeksän asunnon käyttöpaikat, sekä lähdöt rappujen MK1 ja MK2 mittauskeskuksille. Lisäksi pääkeskuksessa on kiinteistön käyttöpaikka. Kiinteistön käyttöpaikan pääsulake on kooltaan 3x63 A ja mahdollistaa 41,9 kW maksimitehon, joka lasketaan kaavan 3 mukaisesti.

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 63 \text{ A} \cdot 0,96 = 41,9 \text{ kW}$$

Savon Voimalta saatujen tietojen mukaan korkein mitattu keskituntiteho vuonna 2020 oli n. 17,2 kW perjantaina 31.1.2020 16:00. Varmuuskertoimella 1,2 saadaan tehoksi 17,2 kW * 1,2 = 20,6 kW. Sähköauton lataamista varten tehoa olisi käytettävissä vain n. 21,3 kW, mikä ei riitä edes kahdelle 11 kW latauspisteelle täydellä teholla. Etenkään tulevaisuutta ajatellen ei syöttö kiinteistön käyttöpaikasta ole järkevää.



Kuva 8 Kiinteistön pääkeskus (Luukkonen, 2022)

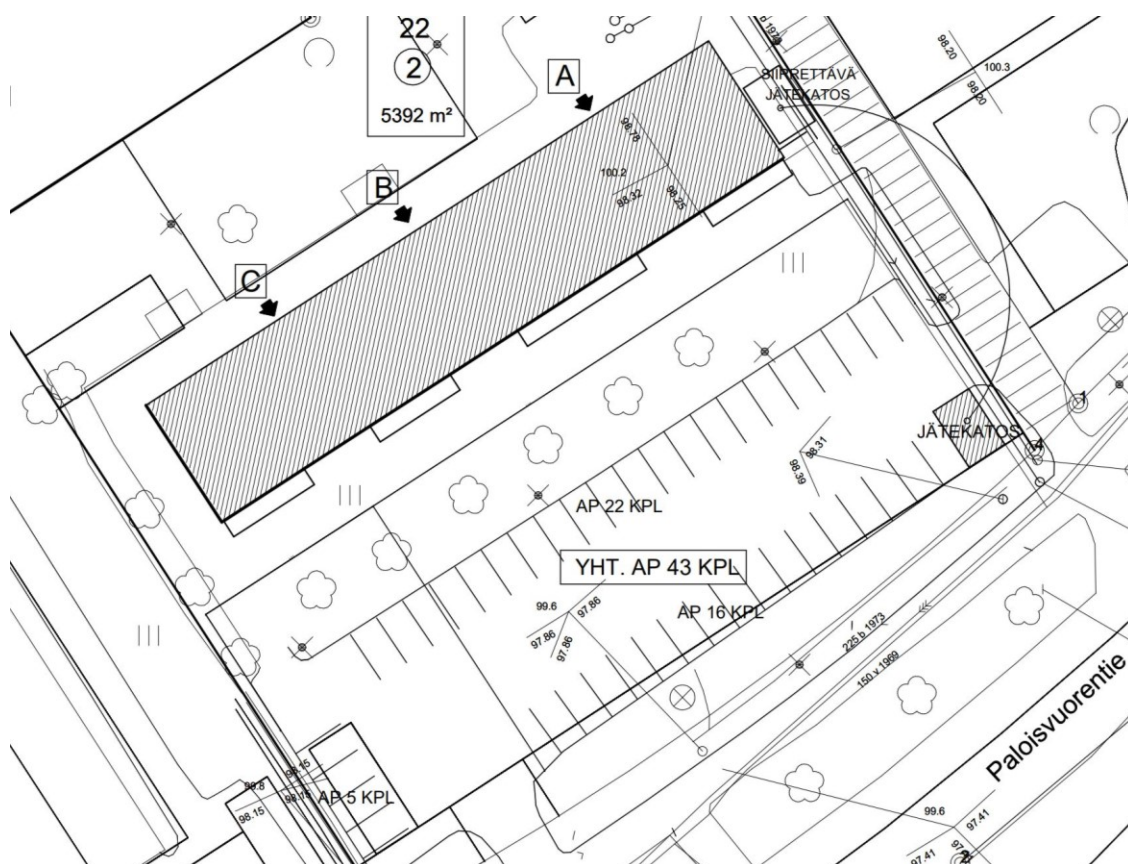
6.3 Autonlämmitys

Autojen lämmitystä varten kerrostaloon on rakennettu ensin mittarilla varustettu lähtö. Kaapelina MCMK 3x6+6 ja suojauksena 3x20 A gG sulake. Nousukaavion merkinnöistä päätellen autonlämmityspaikkoja on myöhemmin rakennettu lisää ja keskukseen on lisätty MCMK 3x10+10 kaapeli ja sille suojauksena 3x25 A gG sulake.

Latauspisteille tulee asentaa asianmukainen kaapelointi, joka sisältää erilliset nolla- ja maadoitusjohdot TN-S järjestelmän mukaisesti. Kohteessa käytetty TN-C järjestelmän mukainen MCMK kaapeli sisältää yhdistetyn nolla- ja maadoitusjohtimen, eikä se tästä syystä sovellu käytettäväksi sähköauton latauspisteiden syötössä.

Lämmitysjärjestelmää varten varattu 3x20 A sulake mahdollistaa noin 13,6 kW tehon ja 3x25 A sulake 17 kW tehon. Nämä kaksi lähtöä tarjoavat noin 30 kW tehoa autojen lämmitystä varten. Yhtä aikaa kuormitettuna sulakkeet kestävät kaikkien 36 lämmityspaikan kuormittamisen noin 850 W teholla. Todellisuudessa kaikki lämmityspaikat eivät ole samaan aikaan kuormitettuna.

Asemakuvassa (Kuva 9) nähdään pysäköintipaikan sijoittuminen kerrostaloon Paloisvuorentie 24 ABC nähdessä, sekä autopaikkojen sijoittelu. Lämmitetyt paikat sijaitsevat pysäköintialueen kahdella pitkällä sivulla. Alueen vasemmassa reunassa sijaitsevaan viiteen autopaikkaan ei kohdistu muutoksia opinnäytetyössä.



Kuva 9 Kohteen asemakuva

7 LATAUSJÄRJESTELMÄN TOTEUTUSEHDOTUS

Latausjärjestelmän toteuttamiseen suunniteltiin kolme eri tapaa ja niistä kustannusarviot, joiden perusteella Petterinkulma voi tehdä valinnan jatkotoimenpiteistä. Ehdotuksia voidaan tarvittaessa muokata tarpeiden mukaan.

Latausasemiksi ehdotetaan hidas-, sekä peruslatausasemia. Hidaslatausasema kykenee 1,8 kW yksivaiheiseen tehoon ja peruslatausasema 11 kW kolmivaiheiseen tehoon. Yksi hidaslatausasema sisältää kaksi sukopistorasiaa ja sopii myös polttomoottorikäyttöisen auton lämmitykseen. Hidaslatauksen etuna on latausaseman edullinen hinta, mikä mahdollistaa latausasemien asentamisen kaikille autopaikoille.

Toinen vaihtoehto on asentaa vanhan autonlämmitysjärjestelmän lisäksi muutamia peruslatauspisteitä lämmittämättömille autopaikoille. Roskakatoksen vieressä sijaitsee neljä lämmittämätöntä autopaikkaa. Nämä neljä paikkaa, sekä viereiset kaksi lämmitettyä paikkaa voitaisiin valita sähköautojen latauskäyttöön. Katoksen viereen ehdotetaan kuuden 11 kW kolmivaiheisen peruslatausaseman asennusta lataustavan 3 mukaisella laturilla ja Type 2 latauspistokkeella varustettuna.

Kaapelointi sekä hidas-, että peruslatausasemille toteutetaan ARA:n avustuksen ehtojen mukaisesti mitoitettuna 11 kW kolmivaiheiselle teholle, mikä tarkoittaa viisijohtimista ja PVC-eristeistä MCMK 4x2,5+2,5 kuparikaapelia. Kaapelointi mahdollistaa tarvittaessa myöhemmin suurempitehoisen latausaseman asentamisen hidaslatausasemien tilalle. 11 kW peruslatausasemien hankintaan voi saada ARA:n avustusta, jota ei ehtojen mukaan hidaslatausasemiin myönnetä.

Pysäköintialueella talon puoleisella sivulla on 11 autonlämmityskotelo, eli 22 lämmitettyä autopaikkaa. Vastakkaisella sivulla 14 lämmitettyä paikkaa, eli lämmitettyjä paikkoja on yhteensä 36 kappaletta. Pysäköintipaikan päädyssä olevat viisi autopaikkaa ovat lämmittämättömiä, eikä niitä tarvitse muuttaa lämmitetyiksi.

Ehdotuksessa mitoitetaan latauskeskusta syöttävät sulakkeet, sekä kaapelit ja lasketaan niille oikosulkuvirtojen riittävyys. Oikosulkuvirtojen tarkastelu tulee tehdä myös latausasemia syöttäville johdoille, sekä mitoituksessa huomioida jännitteenalenema, jos hanke päätetään toteuttaa.

7.1 Toteutustapa 1, Hidaslatausasemat ja syöttö pääkeskukselta

Toteutustavassa 1 sähkönsyöttö latauskeskusta varten otetaan pääkeskuksen liittymispisteeltä. Nykyiseen sähköliittymään tilataan Savon Voimalta uusi käyttöpaikka, joka sisältää mittauksen ja se sijoitetaan pääkeskukseen. Kaapelointi pääkeskukselta latauskeskukselle mitoitetaan samalla tulevaisuuden laajennustarpeet huomioiden. Latauskeskus sijoitetaan parkkipaikan läheisyyteen, mistä kaapelointi latausasemille on yksinkertaisin toteuttaa ja kaapelipituudet minimoidaan.

7.1.1 Kaapelien mitoitus

Kaapelien mitoitusta lähdetään suunnittelemaan latausasemien teoreettisesta maksimitehosta lasketun virran perusteella. Yhteenlaskettu 36:n hidaslatausaseman teho 65,2 kW tarkoittaa maksimivir-

taa 98 A ja sulakkeeksi voidaan valita 3x100 A gG tyyppinen sulake. SFS käsikirjan 600-1-1 taulukosta Y.52.1 nähdään, että 100 A gG sulakkeen vaatima johtimen kuormitettavuuden minimiarvo on 110 A (SESKO ry, 2017).

PVC eristeisten johtojen kuormitettavuudet eri asennustavoilla nähdään SFS 600-1-1 taulukosta B.52.4. Kohteessa käytetään referenssiasennustapoja C ja D, eli pinta-, sekä maa-asennusta. Mitoitustulee tehdä kuormitettavuuksista heikoimman mukaan, joka on tässä tapauksessa asennustapa D. Riittävä poikkipinta on taulukon mukaan CU 50mm² (116 A) tai AL 70mm² (112 A). Kuparikaapelina voidaan käyttää MCMK 4x50+25 ja alumiinikaapelina AMCMK 4x70+21 PVC-eristeistä maakaapelia. Huomionarvoista on, että alumiinikaapeli on suhteessa huomattavasti kuparikaapelia edullisempää. Toisaalta kuparikaapelin taivutussäde on vastaavaa alumiinikaapelia pienempi, mikä mahdollistaa asentamisen joustavammin esimerkiksi ahtaissa tiloissa.

7.1.2 Oikosulkuvirtojen tarkastelu

Oikosulkuvirtojen laskentaa varten pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta I_k saatiin Savon Voimalta. Laskennallinen yksivaiheinen oikosulkuvirta kohteessa on n. 3000 A ja 3x160 A liittymälle Savon Voima takaa vähintään 950 A oikosulkuvirran. Koska laskennalliset arvot voivat muuttua pienemmiksi esimerkiksi verkostosaneerauksen yhteydessä, on suositeltavaa käyttää pienempää 950 A arvoa, jolla voidaan varmistaa oikosulkuvirran riittävyys myös edellä mainitussa tilanteessa.

Lasketaan kaavan 4 mukaisesti verkon impedanssi pääsulakkeilla ja oikosulkuvirta latauskeskuksella kaapelina 23 metriä AMCMK 4x70+21. Impedanssina suojajohtimelle käytetään 16 mm² johtimen arvoa, sillä 21 mm² johtimelle ei arvoa löytynyt. Virhe on kuitenkin turvallisempaan suuntaan ja oikosulkuvirran riittävyys voidaan tällä menettelyllä varmistaa.

$$Z_v = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 950 \text{ A}} = 0,231 \Omega$$

$$Z_{v1} = 0,231 \Omega + 0,023 \text{ km} \cdot (0,557 + 1,418) \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,276 \Omega$$

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,276 \Omega} = 794,5 \text{ A}$$

Pienin oikosulkuvirta johdon loppupäässä on 794,5 A, joka on suurempi kuin 100 A gG sulakkeen 5 sekunnin laukaisuajalla vaatima 580 A eli oikosulkuvirta on riittävä.

7.2 Toteutustapa 2, 11 kW peruslataus ja syöttö pääkeskukselta

Toteutustapa on samankaltainen tavan 1 kanssa latauskeskuksen syötön ja kaapelireitin alun osalta. Tässä toteutustavassa hidaslatausasemien sijaan pysäköintipaikalle asennetaan 11 kW peruslatausasemia. Latausasemat sijoitetaan jätekatoksen läheisyyteen, jossa autopaikat eivät ole lämmitettyjä, koska lämmitettyihin autopaikkoihin ei tehdä muutoksia.

7.2.1 Kaapelien mitoitus

Kaapelien mitoitus toteutetaan toteutustavan 1 mukaisesti, sillä asennustavat ovat molemmissa tapauksissa samat ja latausasemien yhteenlaskettu teho hyvin lähellä toisiaan. Kuuden 11 kW latausaseman yhteenlaskettu teho on 66 kW, mikä tarkoittaa 99 A virtaa. Sulakkeeksi valitaan 3x100 A gG sulake, joka on sama kuin toteutustavassa 1. Kaapeliksi valitaan AMCMK 4x70+21 maakaapeli.

7.2.2 Oikosulkuvirtojen tarkastelu

Lasketaan kaavan 4 mukaisesti verkon impedanssi pääsulakkeilla ja oikosulkuvirta latauskeskuksella kaapelina 72 metriä AMCMK 4x70+21. Impedanssina suojajohtimelle käytetään 16 mm² johtimen arvoa, sillä 21 mm² johtimelle ei arvoa löytynyt. Virhe on kuitenkin turvallisempaan suuntaan ja oikosulkuvirran riittävyys voidaan varmistaa.

$$Z_v = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 950 \text{ A}} = 0,231 \Omega$$

$$Z_{v1} = 0,231 \Omega + 0,072 \text{ km} \cdot (0,557 + 1,418) \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,372 \Omega$$

$$I_k = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,372 \Omega} = 589,1 \text{ A}$$

Pienin oikosulkuvirta johdon loppupäässä on 589,1 A, joka on suurempi kuin 100 A gG sulakkeen vaatima 580 A eli oikosulkuvirta on riittävä.

7.3 Toteutustapa 3, Latausjärjestelmälle oma liittymä

Edellisiä vaihtoehtoja kustannuksiltaan suurempi tapa on hankkia Savon Voimalta kokonaan oma liittymä sähköautojen latauskeskusta varten. Liittymiskaapeli alkaisi talon päädyssä sijaitsevasta jakokaapista ja päättyisi latauskeskukseen, jonka voi sijoittaa pysäköintipaikan läheisyyteen. Tämä vaihtoehto on suositeltava vain sellaisessa tilanteessa, jossa uusi, erillinen sähköliittymä latausjärjestelmää varten on erityisestä syystä tarpeen. Käytännössä uuden liittymän suurten kustannusten takia ei vaihtoehto yleensä ole kannattava.

7.3.1 Kaapelien mitoitus

Liittymiskaapelin mitoitus on järkevää tehdä niin, ettei tässä vaiheessa tehty säästö kostaudu myöhemmin ja kaapelia jouduta päivittämään suurempaan. Tästä syystä liittymiskaapeliksi voidaan valita esimerkiksi AMCMK 4x120+41, joka mahdollistaa liittymän koon korottamisen 3x160 A asti ilman, että liittymiskaapelia tarvitsee vaihtaa. Oikosulkuvirtojen laskentaa ei tätä toteutustapaa varten tehdä, sillä toteutustapa 3 on pääasiassa kustannuksien vertailua varten ja toteuttaminen tässä juuri kohteessa on epätodennäköistä.

7.4 Kaapelireitit

Kaapelireitit kohteessa ovat suhteellisen yksinkertaiset toteuttaa. Läpivientejä tarvitaan pääkeskushuoneesta poistumiseen (Kuva 10 ja Kuva 11) ja ulkoseinään (Kuva 12), joista molemmissa on jo entuudestaan kaapelien läpiviennit. Pääkeskuksen etäisyys ulkoseinästä noin 6 metriä ja kaapeli voidaan kuljettaa hyvin pitkälti samaa reittiä seinällä kaapelien rinnalla (Kuva 12), kuitenkin riittävää kaapelien välistä etäisyyttä noudattaen. Risteävät vesiputket ohitetaan sopivan kaapelihyllyn avulla.



Kuva 10 Kaapelin läpivienti keskushuoneesta 1/2 (Luukkonen, 2022)



Kuva 11 Kaapelin läpivienti keskushuoneesta 2/2 (Luukkonen, 2022)



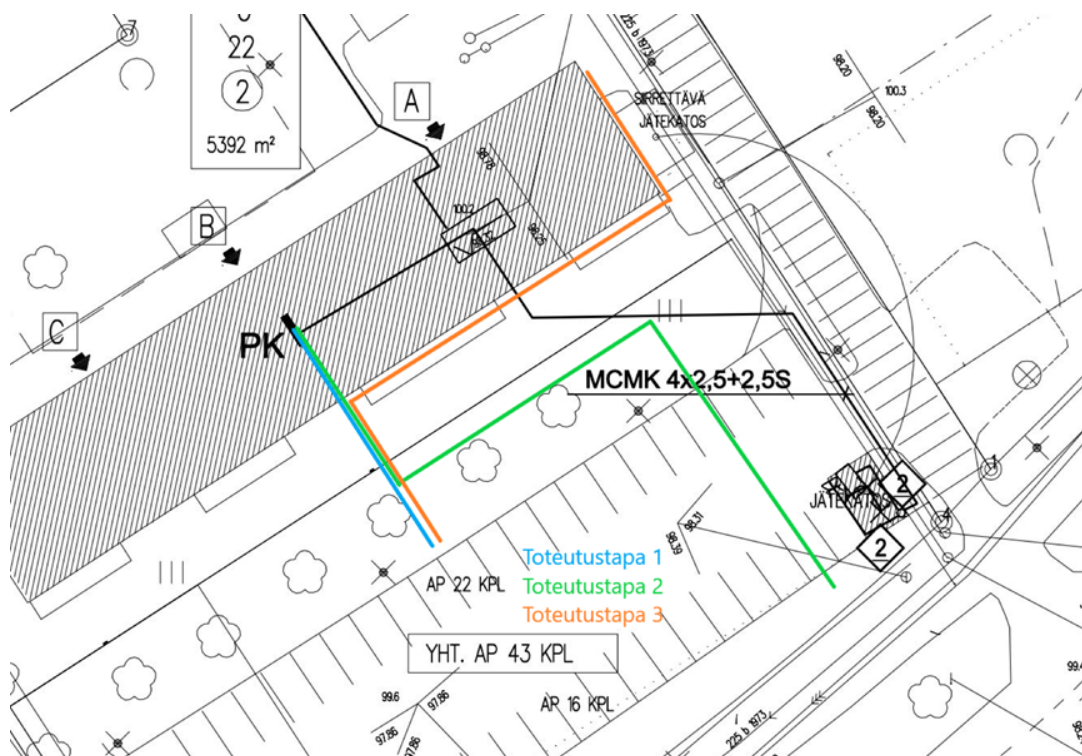
Kuva 12 Kaapelireitti sisällä (Luukkonen, 2022)



Kuva 13 Kaapelin läpivienti ulos (Luukkonen, 2022)

Kaapeli asennetaan talon ulkoseinään pinta-asennuksena, josta se lasketaan maan alle. Ulkoseinän pinnalla kaapeli tulee suojata määräysten mukaisesti. Ulkona kaapeli asennetaan maahan, jossa on ulkoisilta tekijöiltä suojattuna latauskeskukselle asti. Ehdotus kaapelireiteistä toteutustavoilla 1, 2

ja 3 esitetään alla (Kuva 14). Toteutustapa 3 vaatii asfaltoinnin purkamista pysäköintipaikan ylittävältä osalta ja reitti on tästä syystä suunniteltu suoraviivaiseksi ja haitoiltaan mahdollisimman pieneksi. Myös toteutustapa 1 vaatii asfaltoinnin poistamista pysäköintialueen toisen puolen latausase-
mia syöttävän kaapeloinnin osalta.



Kuva 14 Latausaseman kaapelointi toteutustavoilla 1–3

7.5 Automaattinen laskutusjärjestelmä ja kuormanhallinta

Käyttöoikeuksien hallinta on maksullinen palvelu, jonka avulla kustannukset sähköajoneuvon lataamisesta voidaan kohdistaa oikealle henkilölle. Lataaminen voidaan sallia vain ennalta määrätylle joukolle, jolla on lupa käyttää latausasemaa.

Sähköajoneuvojen latauksessa voi tulla tarpeen käyttää kuormanhallintaa rajoittamaan ajoneuvojen lataustehoa tilanteessa, jossa liittymän tai latausjärjestelmän sulakkeet voisivat ylikuormittaa lataus-
asemien yhtäaikaisen käytön seurauksena. Kuormanhallinta voidaan jakaa tavalliseen ja dynaamiseen kuormanhallintaan.

Tavallinen kuormanhallinta rajoittaa latauksen tehon kuormittavimman tilanteen mukaisesti lataus-
asemien kesken riippumatta siitä, ovatko kaikki asemat sillä hetkellä käytössä. Käytännössä lataus-
teho on rajoitettu samaan arvoon riippumatta ladattavien autojen määrästä sillä hetkellä. Sen sijaan
dynaaminen kuormanhallinta huomioi lataajien lukumäärän ja nostaa lataustehoa, jos lataajia on
vähän ja tehoa käytettävissä myös kiinteistön muun energiankulutuksen osalta. (Ensto, 2021) Dy-
naaminen kuormanhallinta voi mahdollistaa huomattavia säästöjä latausverkon kustannuksissa ra-
joittamalla maksimitehoa, jolloin runkojohdon mitoitus voidaan tehdä pienemmälle teholle.

Kohteessa maksimitehon rajoittaminen mahdollistaa myös useamman latauspisteen asentamisen. Kuuden 11 kW latauspisteen sijasta latauspisteitä voitaisiin hankkia esimerkiksi kahdeksan, jolloin

dynaaminen kuormanhallinta tarvittaessa rajoittaisi lataustehoa. Toinen vaihtoehto voisi olla lataustehon rajoittaminen pienemmälle sulakekoolle ja runkojohdolle sopivaksi. Valittujen 3x100 A sulakkeiden sijaan voitaisiin valita 3x80 A sulakkeet, jolloin 67 kW:n mitoitus-tehon sijaan voidaan käyttää 42 kW:n mitoitus-tehoa. Ratkaisu laskee tällöin myös liittymän kuormitusta.

7.6 Kustannusarvio

Kustannusarviosta tehtiin Excel-taulukko, josta selviää tuotteiden ja töiden määrät, sekä hinnat. ARA:n latausinfra-avustuksen osuus kustannuksista arvioitiin ja otettiin huomioon. Kustannusarviossa huomioitavaa on, että kyse on nimenomaan arviosta ja toteutuneet kustannukset, sekä myönnetty ARA:n avustus voivat ja todennäköisesti eroavat arviosta.

Taulukko 1 Kustannusarvio toteutustavoille 1, 2 ja 3, hinnat ALV 0

Tuote	Tapa 1/Hidaslataus		Tapa 2/11 kW lataus		Tapa 3/Uusi liittymä	
	Määrä, kpl	Yhteensä	Määrä, kpl	Yhteensä	Määrä, kpl	Yhteensä
Nousukaapeli latauskeskukseen	23	327 €	72	1 022 €	60	1 470 €
Ryhmäkaapeli latausasemalle	440	1 430 €	50	163 €	50	163 €
Latauskeskus	1	2 500 €	1	2 500 €	1	2 500 €
Latausasemat	18	10 260 €	6	7 200 €	6	7 200 €
Uusi 3x100 A liittymä	-	-	-	-	1	8 700 €
Asennus- ja kaivuutyö / muut		22 000 €		10 000 €		8 500 €
Yhteensä		36 517 €		20 885 €		28 533 €

Arvio ARA:n tuesta		5 340 €		6 610 €		6 346 €
Kustannukset ARA:n tuki huomioiden		31 177 €		14 275 €		22 186 €

Latausasemien, latauskeskuksen ja työn osuuden hintojen selvitykseen saatiin apua energiapalveluyhtiö Väre Oy:ltä, joka tarjoaa myös sähköautojen latauspalveluita. Kaapelien hinnat tarkastettiin sähkötukku Finnparttia Oy:n nettisivuilta.

Hankintakustannuksien lisäksi on odotettavissa kuukausiperusteisia maksuja. Toteutustavassa 3 uuden liittymän kuukausimaksu on 48 euroa. Tapoihin 1 ja 2 on lisäksi odotettavissa latauspiste perusteinen operointimaksu, jonka suuruus on toteutustavassa 1 yhteensä 180 €/kk (36·5 €) ja toteutustavassa 2 36 €/kk (6·6 €).

Hidaslatauksen kustannukset ovat yli kaksinkertaiset verrattuna 11 kW lataukseen, mikä johtuu pääasiassa suuremmasta kaivu- ja asennustyön osuudesta. Hidaslatausasemiin tai -laitteistoon ei myönnetä latausinfra-avustusta, mutta esimerkiksi kaapelointiin sitä on mahdollista saada tietyin ehdoin. 11 kW latausasemiin avustusta myönnetään, mikä laskee edullisimman vaihtoehdon kustannuksia. Uusi liittymä sijoittuu kustannuksien osalta vaihtoehtojen keskelle uuden liittymän korkeista kustannuksista huolimatta.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutustuttiin työn tilaajan kiinteistöön Paloisvuorentie 24 ja sen sähköjärjestelmään. Tavoitteena oli selvittää sopiva laajuus ja kustannustaso sähköautojen latausasemien rakentamiselle, sillä sähköajoneuvot yleistyvät Suomessa nopeasti ja niiden käyttöä tukemaan tarvitaan latausverkko. Työssä tutustuttiin ARA:n latausinfra-avustukseen ja latauspisteiden asentamiseen velvoittavaan lakiin, sekä standardeja ja ohjeita latausverkon mitoittamiseen. Läpi käytiin myös sähköautojen lataustavat ja -pistokkeet.

Työssä selvitettiin, millainen sähköautojen latausjärjestelmä kiinteistöön olisi mahdollista toteuttaa ja tuloksena saatiin kolme erilaista toteutusehdotusta. Ehdotukset sisältävät kolme erilaista suunnitelmaa, joissa mitoitetaan latauskeskuksia syöttävät sulakkeet ja kaapelointi, esitetään kaapelireitit ja latauspisteiden sijoittelu pysäköintipaikalla. Lisäksi työssä tehtiin oikosulkuvirtojen riittävyyden tarkastelua latauskeskusta syöttävän johdon osalta. Ehdotuksista tehtiin lopuksi kustannusarvio, josta selviää kustannuksien suuruusluokka, erot toteutustapojen välillä, sekä arvio mahdollisesta latausinfra-avustuksesta.

Latausratkaisun ehdotuksista toteutustavan 1 hyvä puoli on se, että samalla päivittyy myös autonlämmitysjärjestelmä nykyaikaisempaan. Tapa 2 tarjoaa suuremman 11 kW lataustehon ja on arvioituilta kustannuksiltaan edullisin vaihtoehdoista, mutta autonlämmitysjärjestelmään ei kohdistu muutoksia. Uuden liittymän etuna on päivitettävyyden, eli liittymiskaapeli voidaan mitoittaa niin, että liittymän kokoa voidaan myöhemmin suurentaa. Tällöin latausasemia on mahdollista hankkia lisää tai ne voivat olla teholtaan suurempia. Uusi liittäminen ei myöskään lisää kiinteistön sähköjärjestelmän kuormitusta.

Jos suunnitelma päätetään toteuttaa, on suositeltavaa selvittää tehon jakautuminen vaiheiden välille kiinteistössä ja varmistaa vaiheiden tasainen kuormitus. Lisäksi vanhassa kohteessa on suositeltavaa suorittaa pääkeskuksen lämpökamerakuvaus, kuten SESKOn ohjeissa mainitaan.

Jatkotoimenpiteenä voin suositella selvitystä siitä, mikä on todellinen tarve sähköauton latauspisteille ja missä tarve on suurin. Korkeiden hankintakustannuksien takia latauspisteitä kannattaa hankkia aluksi sinne, missä niitä todennäköisimmin tarvitaan.

Työssä kohdattiin myös haasteita. Aihepiiriin liittyviä standardeja uudistetaan jatkuvasti ja ajantasaista tietoa etsiessä tulee olla tarkkana. Mitoittamiseen liittyvissä asioissa on paljon huomioon otettavaa, sekä eri tapoja toimia. Kaikkein ei välttämättä löydy vakiintunutta käytäntöä, jolla tehtävästä saataisiin yksinkertaista.

Työ onnistui mielestäni hyvin ja tuloksena saatiin tavoitteita vastaava tuotos. Tehtävää oli kuitenkin paljon, eikä ihan kaikkea ehditty toteuttaa. Kaikkiaan työstä jäi positiivinen kokemus ja opin paljon uutta. Työstä saatua osaamista ja taitoja voin hyödyntää jatkossa esimerkiksi kiinteistösähköpuolella työskennellessä.

LÄHTEET

- ARA. (19. 8. 2020). *Avustus sähköautojen latausinfraan rakentamiseen*. Haettu 22. 2. 2022 osoitteesta ARA: https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Sahkoautojen_latausinfraavustus
- Berg, S. (17. 3. 2022). Teams Palaveri. *Väre, Sähköautojen latausratkaisun suunnittelun läpikäynti*. (B. Luukkonen, Haastattelija)
- Electrical Installation Wiki. (2021). *Electric Vehicle and EV charging fundamentals*, 18.1.2021. Haettu 22. 2. 2022 osoitteesta Electrical Installation Wiki: https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals
- Ensto. (2021). *Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa 2021*. Haettu 26. 4. 2022 osoitteesta <https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>
- Helen. (1. 3. 2021). *Laki sähköautojen latauspisteistä – mitä se tarkoittaa taloyhtiöille?* (M. Virolainen, Toimittaja) Haettu 3. 8. 2022 osoitteesta Helen: <https://www.helen.fi/taloyhtiot/sahkoauton-lataus-taloyhtiolle/artikkeleita-s%c3%a4hk%c3%b6autojen-latauksesta/laki-sahkoautojen-latauspisteista>
- Liikenne- ja viestintäministeriö. (17. 9. 2021). *Fossiilittoman liikenteen tiekartta ja raideliikenne*. Haettu 27. 3. 2022 osoitteesta https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Fossiilittoman%20liikenteen%20tiekartta%20%26%20raideliikenne_Saara%20J%C3%A4skelainen.pdf
- Luukkonen, B. (2022). Haettu 4. 2022
- SESKO. (2021). *Sähköauton lataussuositus 5. painos*, Päivitetty 17.2.2021. Haettu 18. 2. 2022 osoitteesta sesko: <https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/>
- SESKO ry. (2017). *SFS-käsikirja 600-1-1:2017*. Haettu 6. 4. 2022
- SLO. (ei pvm). *Täyssähkö- ja hybridautojen latausperiaatteet*. Haettu 27. 3. 2022 osoitteesta <https://ideat.slo.fi/tayssahko-ja-hybridiautojen-latausperiaatteet/>
- STUL ry. (2018). *D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista (27. painos p.)*. (E. Tiainen, Toim.) Sähköinfo Oy. Haettu 25. 4. 2022
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (22. 8. 2017). SFS 6000-7-722:2017 . *Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset*. Haettu 17. 1 2022
- Sähkötieto ry. (17. 11. 2021). *ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen*. Sähkötieto ry. Haettu 30. 3. 2022
- Sähkötieto ry. (4. 5. 2021). *ST 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus*. Sähkötieto ry. Haettu 30. 3. 2022
- Traficom. (2022). *Tilastotietokanta / Liikennekäytössä olevat ajoneuvot*. Haettu 16. 2. 2022 osoitteesta Traficom: https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Liikennekaytossa_olevat_ajoneuvot/030_kanta_tau_103.px/

Ympäristöministeriö. (ei pvm). *Euroopan unionin ilmastopolitiikka*. Haettu 27. 3. 2022 osoitteesta ym:
<https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

Ympäristöministeriö. (ei pvm). *Hiilineutraali Suomi 2035*. Haettu 27. 3. 2022 osoitteesta ym:
<https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>