



Patrick Puuppo

Sähköauton latauspisteiden lisääminen taloyhtiöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

20.1.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Patrick Puuppo
Otsikko: Sähköauton latauspisteiden lisääminen taloyhtiöön
Sivumäärä: 32 sivua + 4 liitettä
Aika: 20.1.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Lehtori Vesa Sippola
Toimitusjohtaja Matti Rajamäki

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Blucon Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa avaimet käteen-periaatteella älykkäät sekä etäkäyttöiset sähköauton latauspisteet taloyhtiön parkkipaikoille. Työhön kuului taloyhtiön hallituksen ja isännöitsijän kanssa kokoustaminen sekä asukkaiden tiedotus. Työ suunniteltiin tilaajan toivomalla tavalla ja standardien mukaisesti. Teoriaosuudessa käytettiin lähteenä alan kirjallisuutta.

Opinnäytetyössä käydään läpi vaihe vaiheelta sähköautojen latauspisteiden suunnittelu sekä sähköauton latauspisteiden asennuksen toteutus. Taloyhtiön sähköliittymää ei uusittu, jonka johdosta työssä tehdään huipputeholaskelmat kuormanhallintaa varten. Lisäksi opinnäytetyössä tutustutaan yleisesti sähköautoihin, niiden toimintaan ja lisääntymiseen Suomessa sekä perehdytään sähköauton latauspisteiden erilaisiin lataustapoihin ja niissä käytettäviin pistokkeisiin.

Sähköauton latauspisteiden lisäksi opinnäytetyössä lisättiin latausvalmius sähköauton latauspisteille taloyhtiön autokatokseen. Latausvalmius sisältää sähkönsyötöt ja tietoliikennekaapeloinnin autopaikoille. Suunnittelussa varauduttiin tulevaisuuden mahdollisiin sähköauton latauspisteiden lisäyksiin ja/tai latauspisteiden vaihdot tehokkaampiin latureihin.

Opinnäytetyön tuloksena taloyhtiö sai esteettiset ja toimivat sähköauton latauspisteet parkkialueelleen. Sähköauton latauspisteiden lisäksi taloyhtiön autokatokseen lisättiin latausvarauksia varten helppokäyttöinen virranjakelukisko, josta mahdolliset sähköauton latauspisteiden lisäykset on helppo sähköistää.

Avainsanat: sähköauto, latauspiste, taloyhtiö, suunnittelu

Abstract

Author: Patrick Puuppo
Title: Adding Electric Car Charging Stations into a Condominium
Number of Pages: 32 pages + 4 appendices
Date: 20 January 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Power Engineering
Supervisors: Vesa Sippola, Senior Lecturer
Matti Rajamäki, Chief Executive Officer

The thesis work was carried out in collaboration with Blucon Oy. The purpose of this work was to design and install smart and remote electric car chargers as a turnkey project for the condominium parking lot. The work included meeting with the housing association's board and property manager and informing residents. The work was designed according to customer's wishes and in accordance with the standards. The literature of the field was used as a source in the theoretical part.

The thesis goes through the design of electric car charging stations step by step and the implementation of the installation of electric car charging stations. Because the housing condominium's electricity connection was not renewed, peak power calculations were made for load management. In addition, the thesis introduces electric cars, their operation and increase of the number of electric cars in Finland in general and introduces the different charging methods of charging styles and the plugs used in them.

In addition to the charging stations, the thesis added the charging readiness for electric car charging stations to the carport of the housing association. Charging readiness includes power supplies and data cabling for parking spaces. The design prepared for possible future additions of charging stations and/or replacement of charging stations for more efficient chargers.

As a result of the thesis work, the condominium got aesthetic and functional electric car charging points in its parking area. In addition to the electric car charging stations, an easy-to-use power distribution rail was added to the carport for the charging readiness, from which any additions of charging stations can easily be electrified.

Keywords: electric car, charging station, condominium, designing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Yleistä sähköautoista	2
2.1	Ladattavat sähköajoneuvot	4
2.2	Sähköautojen lataustavat	5
3	Sähköauton latauspisteiden suunnittelu	7
3.1	Latauslaitteet	8
3.2	Huipputeholaskelmat	13
3.3	Jakelukiskojärjestelmä	18
3.4	Kaapelointi	19
3.5	Keskuksen suunnittelu	22
4	Käyttöönottomittaukset	24
5	ARA-avustukset	28
6	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1: Virranjakelukiskon kustannuslaskenta

Liite 2: Kaapelin mitoituksessa käytetyt taulukot

Liite 3: Keskuksen suunnitelmat

Liite 4: Käyttöönottomittauspöytäkirja

Lyhenteet

AC: Vaihtovirta.

Cos φ : Tehokerroin.

DC: Tasavirta.

I: Sähkövirta, yksikkö ampeeri (A).

kWh: Kilowattitunti.

P: Pätöteho, yksikkö watti (W).

U: Jännite, yksikkö voltti (V).

1 Johdanto

Sähköautojen lisääntyessä myös kysyntä sähköauton latauspisteiden lisäämiselle taloyhtiöön lisääntyy. Opinnäytetyössä käydään läpi sähköautojen latauspisteiden suunnittelu sekä toteutus taloyhtiöön. Opinnäytetyöhön kuului suunnittelun ja toteutuksen lisäksi asukkaiden tiedottaminen sekä urakan hoito isännöitsijän sekä taloyhtiön hallituksen kanssa.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Blucon Onen kanssa. Blucon One on osa Blucon Oy:tä, ja se on eriytetty omaksi liiketoiminta osa-alueeksi. Blucon One keskittyy sähköautojen latausjärjestelmien asennuksiin, sähkösuunnitteluun ja latausjärjestelmien huoltoon.

Sähköauton latauspisteiden suunnittelu ja toteutus tapahtui avaimet käteen-periaatteella tilaajan toiveiden mukaisesti standardeja noudattaen. Urakassa tilattiin latauspisteiden lisäksi latausvalmius autopaikoille, joihin latauslaitetta ei asennettu. Opinnäytetyössä vertaillaan ja valitaan toimiva ratkaisu sähköauton latauspisteiden varauksille.

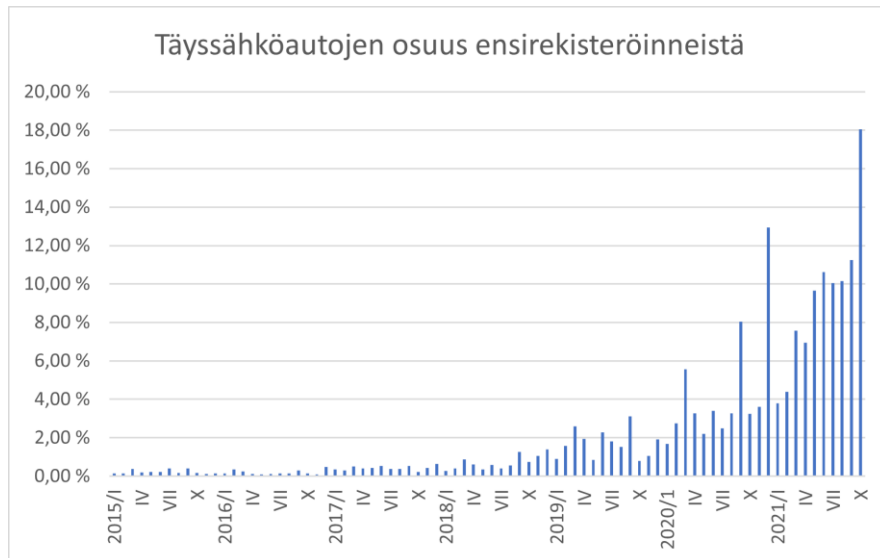
Opinnäytetyössä perehdytään yleisesti sähköautoihin sekä sähköautojen lisääntymiseen Suomessa. Opinnäytetyössä tutustutaan eri lataustapoihin sekä niissä käytettäviin pistokkeisiin. Työssä käydään läpi ARA-avustukset sähköauton latauspisteiden rakentamiseen.

2 Yleistä sähköautoista

Sähköauto on auto, joka käyttää voimanlähteenään sähkömoottoria ja jonka akut toimivat energiavarastona. Sähköauton erot polttomoottoriautoon ovat energiavarastossa ja moottorissa. Polttomoottoriautot varastoivat energian polttoainetankkeihin, kun taas sähköautoissa energia varastoidaan akkujen suljetuihin kennoihin, jotka ladataan ulkopuolisesta lähteestä saatavalla sähköenergialla. Ulkopuolisen latauksen lisäksi sähköauto lataa energiavarastojaan niin sanotussa moottorijarrutuksessa moottorin toimiessa generaattorina. (1.)

Sähkömoottoreita on hyvin monia eri malleja ja kokoja. Sähköautossa voi olla yhden suuren moottorin sijasta useampia pieniä moottoreita. Sähköautot ovat useimmiten automaattivaihteisia. Sähkömoottorit ovat ekologisia ja hiljaisia. Energiat ehokkuudeltaan sähköautot ovat polttomoottoriautoja parempia, mutta toimintasäteilään polttomoottoriautot ovat vielä sähköautoja edellä. Sähköautojen toimintasäde riippuu siitä, minkä kokoinen akku autossa on, 20–30 kWh akun toimintasäde on noin 150–250 km, suurien 75–90 kWh akkujen toimintasäde on yli 500 km. (1.)

Sähköautojen suosio kasvaa Suomessa jatkuvasti, 2021 lokakuussa täyssähköhenkilöautojen osuus kaikkien henkilöautojen ensirekisteröinneistä oli 18,05 %. Kuvassa 1 on esitetty täyssähköautojen kasvu henkilöautojen ensirekisteröinnissä. (2.)



Kuva 1. Täyssähköautojen osuus ensirekisteröinneistä (3).

Kun tarkastelee taulukkoa 1, joka esittää syyskuussa 2021 eniten ensirekisteröityjä automalleja, täyssähköautot Tesla Model Y ja Tesla Model 3 sijoittuvat markkinoiden toiseksi ja neljänneksi. Taulukko 1 esittää Suomessa 10 eniten ensirekisteröityä automallia. (3.)

Taulukko 1. Henkilöautojen ensirekisteröinnit (3).

ENSIREKISTERÖINNIT			
09/2021			
10 Eniten rekisteröityä henkilöautomallia 09/2021			
			Markkina-
Mallisarja	09/2021		osuus (%)
1. TOYOTA COROLLA	385		6
2. TESLA MOTORS MODEL Y	219		3,4
3. KIA STONIC	200		3,1
4. TESLA MOTORS MODEL 3	186		2,9
5. TOYOTA RAV4	172		2,7
6. NISSAN QASHQAI	169		2,6
7. TOYOTA YARIS	168		2,6
8. KIA CEED	160		2,5
8. KIA RIO	160		2,5
9. SKODA OCTAVIA	154		2,4
10. FORD KUGA	144		2,3
YHTEENSÄ	2117		33,1
MUUT	4282		66,9
KAIKKI YHTEENSÄ	6399		100
MATKAILUAUTOT	135		
Henkilöautot yhteensä	6534		

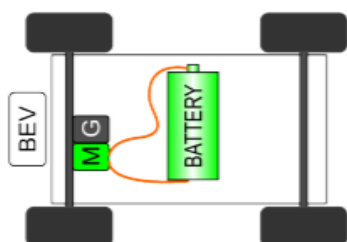
2.1 Ladattavat sähköajoneuvot

Ladattavat sähköajoneuvot ovat ajoneuvoja, jotka käyttävät sähkömoottoria ja joita voi ladata verkkovirralla. Ladattavat sähköajoneuvot voidaan jakaa kahteen luokkaan, täyssähköautoihin (BEV) ja ladattaviin hybridautoihin (PHEV). (4.)

Täyssähköauto

Täyssähköauto käyttää voimanlähteenään pelkästään sähkömoottoria ja energi-
anlähteenään akustoa. Täyssähköautoa ladataan ulkoisilla sähköauton lataus-
pisteillä. Sähköauto käyttää auton lämmitykseen akkujen energiavarastoja, joka
lyhentää auton toimintamatkaa. Täyssähköautossa on AC- ja DC-lataus. Akus-
ton koko > 20 kWh. Auton toimintasäde on 50–500 km. Kuva 2 esittää täyssäh-
köauton toimintaperiaatetta. (4, s. 6; 6.)

Täyssähköauto (BEV)



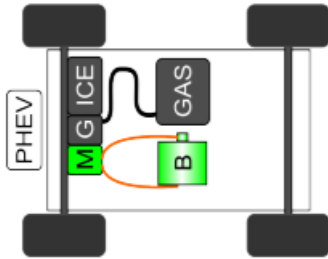
Kuva 2. Täyssähköauton toimintaperiaate (5, s. 7).

Ladattava hybridauto

Ladattavassa hybridautossa on vähintään kaksi voimanlähdettä, esimerkiksi
sähkömoottori ja polttomoottori. Tavallisesta hybridautosta ladattava hybridi-
auto eroaa siten, että sitä voi ladata verkkosähköllä. Kun ladattu sähkö on kulu-
tettu akustosta loppuun, auto käyttää liikkumiseen polttomoottoria. Auto lataa
akustoa moottorijarrutuksissa ja polttomoottorilla kevyissä ajotilanteissa. Ladat-
tavaa hybridautoa ladataan vain AC-latauksella. Akuston koko on < 12 kWh.

Toimintasäde pelkästään sähkömoottoria käyttäessä 10–50 km. Kuva 3 esittää ladattavan hybridauton toimintaperiaatetta. (4, s. 6; 7.)

Ladattava hybridi (PHEV)



Kuva 3. Ladattavan hybridauton toimintaperiaate (5, s. 7).

Kevyet sähkökäyttöiset ajoneuvot

Kevyitä sähkökäyttöisiä ajoneuvoja ovat liikkumisvälineet, jotka käyttävät voimanlähteenään sähkömoottoria. Kevyitä sähkökäyttöisiä ajoneuvoja ovat esimerkiksi sähkömopot, sähköpyörät, kevyet nelipyörät ja sähkökäyttöiset liikkumisvälineet. (8.)

2.2 Sähköautojen lataustavat

Sähköajoneuvojen lataustavat on jaettu neljään eri lataustapaan. Lataustavat määräytyvät virran ja jännitteen sekä käytetyn lataustekniikan mukaan. Sähköautojen lataukseen käytetyt lataustavat on määritelty standardissa EN 61851-1.

Lataustavoissa 1 ja 2 voidaan käyttää standardin SFS-EN 60309-2 mukaista teollisuuspistorasiaa tai standardin SFS 5610 mukaista maadoitettua kotitalouspistorasiaa edellyttäen, että ajoneuvon ottama pitkäaikainen latausvirta on rajoitettu riittävän pieneksi.

Lataustavassa 3 käytetään yleisimmin standardin SFS-EN 62196-2 mukaista pistoketyyppiä 2, ”Mennekes”. Muita pistoketyyppejä lataustavalle 3 ovat tyypin 1 ”Yazaki” sekä tyypin 3 ”Scame” pistoketyypit, mutta nämä pistoketyypit eivät ole yleisiä Euroopan markkinoilla.

Lataustavassa 4 käytetään CCS-standardin mukaista pistoketyyppiä FF "CCS2 (Combo 2)" tai standardin SFS-EN 62196-3 mukaista pistoketyyppiä 4 "CHAdeMO". Yleensä pikalatauspisteet voidaan varustaa molemmilla pistoketyypeillä. (9, s. 4–5.)

Lataustapa 1

Lataustavassa 1 sähköajoneuvo liitetään vaihtosähkösyöttöön käyttäen korkeintaan 16 A:n ja 250 V:n yksivaiheista tai 480 V:n kolmivaiheista standardisoitua pistorasiaa sekä suojamaadoitusjohtimia ja johtimia. Pistorasiana käytetään schuko-pistorasiaa tai normaalia 3-vaiheista pistorasiaa. (4; 9, s. 4.)

Lataustapa 2

Lataustapa 2 on niin kutsuttu hidaslataustapa. Vaihtosähkösyöttö otetaan tavallisesta maadoitetusta pistorasiasta tai kolmivaiheisesta voimapistorasiasta liitäntäjohdolla, jossa on tarvittavat ohjaus ja suojalaitteet, sekä vikavirtasuojan sisältävä yksikkö. Latausvirta on rajoitettava 8 A:iin pitkäaikaisessa käytössä.

Lataustavalla 2 ohjaukset toteutetaan katkomalla koko latauksen syöttöä. Suunniteltaessa tällaista järjestelmää, täytyy varmistaa kuormanhallinnan toiminta ja autojen yhteensopivuus ohjaukseen. (4; 9, s. 4.)

Lataustapa 3

Lataustapa 3 on sähköauton peruslataustapa. Lataustavassa sähköauto liitetään vaihtosähköverkkoon erityistä sähköautonpistorasiaa käyttäen. Latausvirta voi olla 6 A–63 A, jolloin latausteho on 1,4 kW–43 kW. Pistorasiana käytetään standardin EN 62196-2 mukaista sähköauton lataukseen tarkoitettua pistorasiaa. Latausjärjestelmään tiedonsiirtoväylää käyttäen varmistetaan ajoneuvon oikea kytkeytyminen latauspisteeseen sekä ohjataan sen tehoa ja lataustapah-
tumaa. (4; 9, s. 4–5.)

Lataustapa 4

Lataustapa 4 on niin kutsuttu sähköauton pikalataus. Lataustavassa sähköajoneuvoa ladataan tasasähköä käyttäen. Latauspisteissä on kiinteä latausjohto. Tällä lataustavalla päästään maksimissaan 200 A:n latausvirtaan ja 22–50 kW:n tehoon. Latausjärjestelmän tiedonsiirtoväylän avulla varmistetaan ajoneuvon oikea kytkeytyminen latauspisteeseen sekä ohjataan sen tehoa ja lataustapahtumaa. (4; 9, s. 4–5.)

3 Sähköauton latauspisteiden suunnittelu

Sähköauton latauspisteiden suunnittelun kohteena oli Kirkkonummella neljän rivitalon parkkialueen sähköauton latauspisteiden lisääminen. Parkkialueella on 18 autokatospaikkaa, 11 ulkopaikkaa ja 2 vieraspaikkaa. Kohteen asunnot olivat käytössä koko urakan ajan. Urakka tehtiin niin sanotusti avaimet käteen-periaatteella. Kuvassa 4 näkyy kohteen ilmakuva. Kuvan yläreunassa näkyy taloyhtiön parkkialue sekä autokatos.



Kuva 4. Ilmakuva kohteen kiinteistöstä (10).

Taloyhtiö tilasi lataustavan 3 mukaisia latauspisteitä 7 kpl, joista 6 kpl asennettiin ulkopaikoille ja 1 kpl autokatokseen. Lataustavan 2 mukaisia latauspisteitä tilattiin 5 kpl, joista kaikki asennettiin ulkopaikoille. Autokatokseen tilattiin latausvalmius 17 autopaikalle. Latausvalmius oli toteutettava siten, että jokainen paikka on oma kokonaisuutensa ja osakkaat voivat hankkia haluamansa latauspisteen urakan jälkeen.

Latauspisteille asennetaan tiedonsiirtoväylä, joilla ohjataan laitausten tapahtumia etäkäytöllä ja tehoa kuormanhallinnalla. Tiedonsiirtoväylä toteutettiin asentamalla autokatokseen modeemi, jolla luodaan verkkoyhteys latauspisteisiin. Modeemiin asennetaan ethernet-kaapeli kiinteistön talojakamolta. Yhdellä modeemilla palvellaan kaikkia latauspisteitä.

3.1 Latauslaitteet

Latauslaitteet päätettiin jo ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista. Tilaaja halusi etäkäyttöiset ja älykkäät latauspisteet, ja niiden on tuettava OCPP 1.6-protokollaa. Latauslaitteita voi ohjata langatonta tai kiinteää verkkoyhteyttä käyttäen. OCPP 1.6-protokolla vaatii kuitenkin toimiakseen kiinteän verkkoyhteyden verkkokaapelia käyttäen, jonka takia lataustavan 3 mukaisten pisteiden ohjaus toteutetaan kiinteällä verkkoyhteydellä. Lataustavan 2 mukaisia asemia ohjataan langattomasti, sillä ne eivät tue OCPP 1.6-protokollaa. Autokatoksen varauksille vedetään verkkokaapelit, sillä osakkaiden hankkimat laitteet voivat vaatia kiinteän verkkoyhteyden.

Latauspisteet käyttävät latauksen ohjaukseen eTolppa-järjestelmää. eTolppa on älykäs paikallisesti tai etänä ohjattava sähköautojen lataukseen ja auton lämmittämiseen tarkoitettu järjestelmä. Järjestelmä mittaa jokaisen pistokkeen sähkönkulutuksen ja rekisteröi sen käyttäjäkohtaisesti. Latauspisteiden ohjaukseen ja ajastukseen käytetään eTolpan eParking-palvelua. eParking-palvelulla hoidetaan lataustapahtumien lisäksi latauspisteiden laskutus asukkailta. (11, s. 3.)

OCPP-latausasema A1636-AA-011

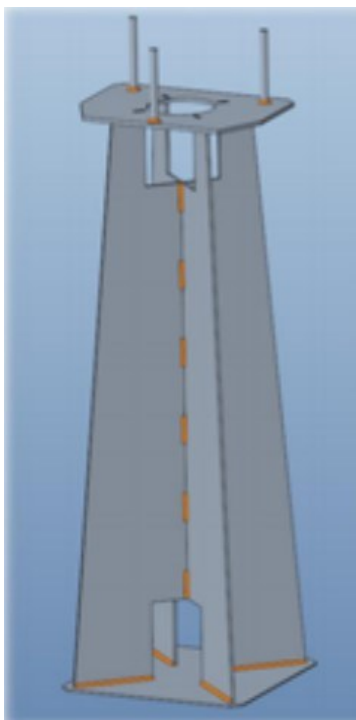
Lataustavan 3 mukaisten sähköauton latauspisteiden latauslaitteeksi valittiin OCPP-latausasema A1636-AA-011. Latauspisteessä on 2 kpl 22 kW:n Type 2-pistoketta latauspisteen vasemmalla ja oikealla. Type 2-pistokkeiden lisäksi latauspisteessä on auton lämmitystä varten 2 kpl schuko-pistorasioita. Latauspiste sisältää 2 kpl kWh-mittaria, latauksen tilan indikoivan RGB-ledin sekä ohjausta varten etäohjattavan digikellon. Laitteen vikavirtasuojana on A-tyyppiä/6 mA DC detektointi. Latauspistettä ei voi ohjata paikallisesti, ohjaus tapahtuu etäkäytöllä. Kuvassa 5 on esitetty OCPP-latausasema A1636-AA-011 edestä ja molemmilta sivuilta. (12.)



Kuva 5. OCPP-latausasema A1636-AA-011 (12).

Ulkopaikoilla latauspiste asennetaan metallijalustaan, joka upotetaan maahan. Latauspiste kiinnitetään jalustassa oleviin kierretankoihin. Jalusta upotetaan niin syväälle, että siitä jää näkyviin vain kierretangot. Kaapelit tuodaan latauspisteeseen jalustan kierretankojen välissä olevasta läpiviennistä. Autokatokseen tuleva latauspiste kiinnitetään seinään. Kaapelit tuodaan pintana autokatoksen seinää pitkin, latauspisteen alaosassa olevasta läpiviennistä latauspisteen

sisään. Kuvassa 6 näkyy latauspisteen maajalusta, jossa näkyy kaapelin tuonti-reitti sekä latauspisteeseen kiinnittävät kierretangot.



Kuva 6. OCPP-latausaseman maajalusta (12).

OCPP 1.6-protokolla

OCPP 1.6-protokolla on latauspisteiden ja -järjestelmien äly, jonka avulla laitetta valvotaan ja hallitaan ja joka mahdollistaa kuormitusten valvonnan ja hallinnan. OCPP:n toimintaperiaate on luoda yhtenäinen ja avoin kommunikointi latauspisteen ja taustajärjestelmän välillä. Protokollaa käyttämällä latauspisteet voi yhdistää toimittajasta riippumatta mihin tahansa ja minkä tahansa operaattorin käyttöjärjestelmään, jolloin eri valmistajien latausjärjestelmiä pystytään hallitsemaan esimerkiksi yhden operaattorin keskitetystä ohjausjärjestelmästä.

Latausjärjestelmä on mahdollista toteuttaa niin, että yksittäinen lataustapahtuma voidaan yksilöidä ja laskuttaa lataajalta. Tällöin latausjärjestelmän tulee sisältää käyttäjätunnistus-, energiamittaus sekä tausta-/ohjausjärjestelmät. (13.)

eTolppa-asema A2813-44-000

Lataustavan 2 mukaisten sähköauton latauspisteiden latauslaitteeksi valittiin eTolppa-asema A2813-44-000. Latauspisteessä on 2 kpl 16A superschukoa, jotka kestävät jatkuvaa 16 A latausta. eTolppa-asema sisältää kaksi maadoitettua pistorasiaa, yhden etähallittavan eTolppa-kellon. eTolppa-järjestelmä on uuden sukupolven etäohjattava lämmitys- ja ajoneuvonlatauspiste. Järjestelmä mittaa eri tietoja muun muassa sähkönkulutusta ja siinä on lämpötila-anturi, joka säättää energiaa sopeuttamalla lämmitysajan ulkolämpötilaan. Latauspisteitä voi ohjata paikallisesti tai etänä. Kuvassa 7 on esitetty eTolppa-asema A2813-44-000 edestä ja molemmilta sivuilta. (14.)



Kuva 7. eTolppa-asema A2813-44-000 (14).

Latauspiste asennetaan perinteiseen 150 mm:n metallipylväeseen, joka kiinnitetään maahan upotettuun betonijalustaan. Kaapelit nousevat maasta metallitolpan sisällä latauspisteeseen. Kuvassa 8. esitetään eTolppa-asema A2813-44-000:n asentamiseen käytetyt osat.



Kuva 8. eTolppa-aseman asennus (15).

Kuvassa 9 on esitetty lataustavan 2 ja 3 mukaiset sähköauton latauspisteet asennettuna ulkopaikoille.

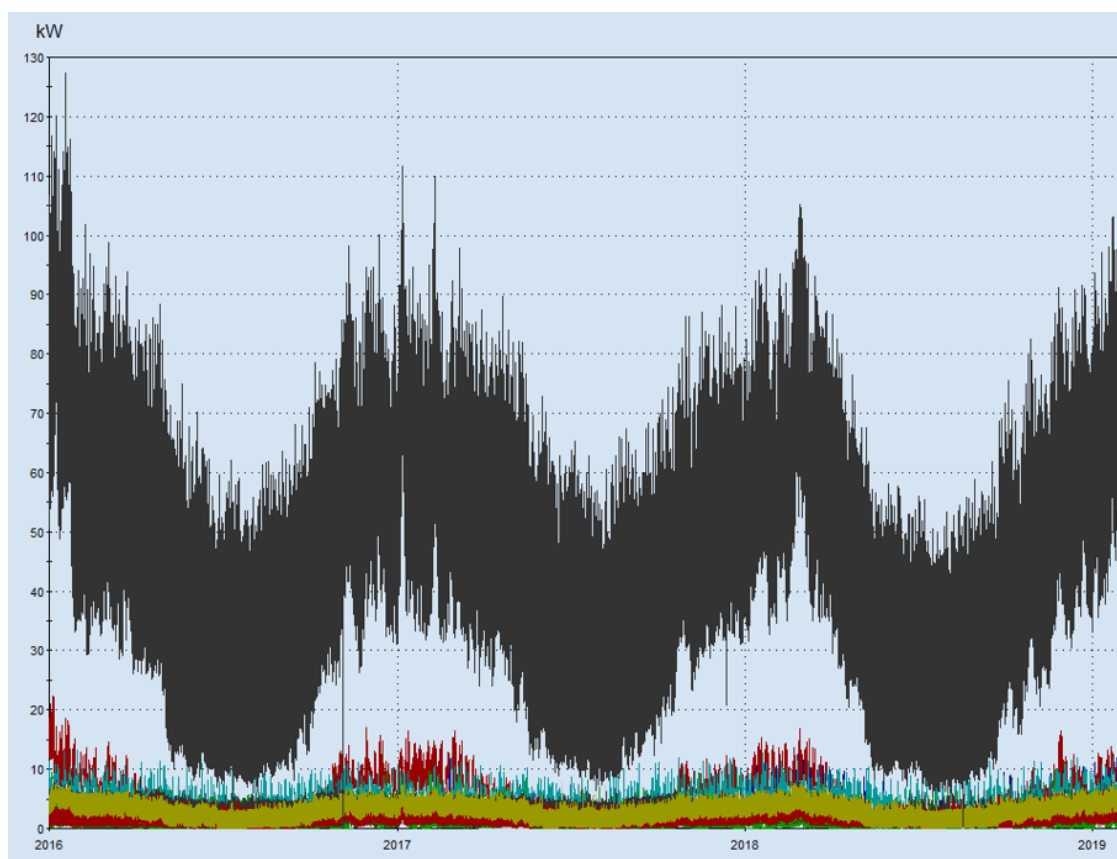


Kuva 9. Sähköauton latauspisteet maahan asennettuna.

3.2 Huipputeholaskelmat

Perinteisesti huipputeholaskelmat tehdään pääsähkönjakelujärjestelmän mitoittamiseen eli pää-, kiinteistö- ja jakokeskusten sekä niiden nousujohtojen mitoittamiseen. Kiinteistön liittymäkoon pysyessä samana, on laskettava, kuinka paljon liittymässä on kapasiteettia jäljellä. Kaikki ylijäämä virta käytetään sähköauton latauspisteisiin. Kiinteistö on sähkölämmitteinen, joten kiinteistön kulutus eri vuodenaikoina vaihtelee runsaasti. Huipputeholaskelmia varten sain paikalliselta sähköjakeluyritykseltä kiinteistön sähköliittymän keskituntitehot ja tehopiikit.

Kiinteistön ollessa sähkölämmitteinen, kiinteistön maksimiteho on vuoden kylmimpinä aikoina, ja minimiteho taas vuoden lämpimimpinä aikoina. Kiinteistön keskituntiteho-kaavioista kuvasta 10 näkee helposti, että kiinteistön teho on ollut suurimmillaan 128 kW, ja pyörii normaalisti vuosittaista 110–50 kW sykliä.



Kuva 10. Kiinteistön huipputehokaavio (16).

Kiinteistön huipputeho vaihtelee rajusti eri vuodenaikoina. Jotta liittymän kapasiteetista saadaan mahdollisimman paljon käytettyä, on laskettava liittymän huipputeho erikseen kylmille ja lämpimille vuodenaajoille, tällä tavoin lämpiminä kuukausina sähköauton latauspisteille voidaan ohjata lisää virtaa.

Huipputeholaskelmia varten tarkastelin keskituntitehoja neljältä vuodelta. Laskelmia varten valitsin neljän vuoden ajalta kiinteistön maksimitehon joka kuukaudelle. Kiinteistön kuukausittaiset maksimitehot on esitetty taulukossa 2. Kiinteistön maksimitehoon lisättiin 10 % virhemarginaali, koska lämpötilat voivat vaihdella vuosittain. Kuukausittaista keskituntikaaviosta näkee helposti, että kiinteistön sähkönkulutus kuormittaa liittymää eniten tammikuun ja huhtikuun, sekä lokakuun ja joulukuun välisinä aikoina. Kylmille kuukausille lasketaan kiinteistön kapasiteetti 128 kW:n huipputeholla, ja lämpimille kuukausille 80 kW:n huipputeholla.

Taulukko 2. Kiinteistön tehotiedot kuukausittain (16).

Kuukausi	Teho (kW)
Tammikuu	127,39
Helmikuu	101,89
Maaliskuu	98,72
Huhtikuu	88,4
Toukokuu	74,87
Kesäkuu	70,21
Heinäkuu	62,13
Elokuu	61,82
Syyskuu	71,01
Lokakuu	79,04
Marraskuu	98,16
Joulukuu	100,14

Jotta saadaan laskettua kiinteistön liittymän kapasiteetti, on muutettava kiinteistön huipputeho maksimivirta-arvoksi.

Kiinteistön pääsulakkeiden ollessa 2x3x160 A kiinteistön huippuvirta I_h on 320 A.

Kiinteistön maksimivirta I_{max} lasketaan kaavalla 1:

$$I_{max} = \frac{P_h}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi} \quad (1)$$

P_h on huipputeho (W)

U on pääjännite (V)

$\cos \varphi$ on tehokerroin

Tehokertoimena on käytetty ST-kortti 13.31 sähköliittymän mitoittamiseen annettua arvoa.

Kiinteistön kapasiteetti saadaan vähentämällä kiinteistön maksimivirta I_{max} kiinteistön huippuvirrasta I_h . Kiinteistön maksimivirta lasketaan erikseen vuoden lämpimille sekä kylmille kuukausille.

Kiinteistön kylmien kuukausien tehokapasiteetti P_{kk} lasketaan kaavalla 2:

$$P_{kk} = (I_h - I_{maxk}) * \sqrt{3} \times 400 V \times 0,96 \quad (2)$$

Kiinteistön kylmien kuukausien kapasiteetiksi saadaan:

$$P_{kk} = \left(320 A - \left(\frac{140\,800 W}{\sqrt{3} \times 400 V \times 0,96} \right) \right) * \sqrt{3} \times 400 V \times 0,96 = 72\,500 W$$

Kiinteistön lämpimien kuukausien kapasiteetti lasketaan kaavalla (2).

$$P_{kl} = (I_h - I_{maxl}) * \sqrt{3} \times 400 V \times 0,96 \quad (2)$$

Kiinteistön lämpimien kuukausien kapasiteetiksi saadaan:

$$P_{kl} = \left(320 A - \left(\frac{88\,000}{\sqrt{3} \times 400 V \times 0,96} \right) \right) * \sqrt{3} \times 400 V \times 0,96 = 125\,000 W$$

Kuormanhallinta

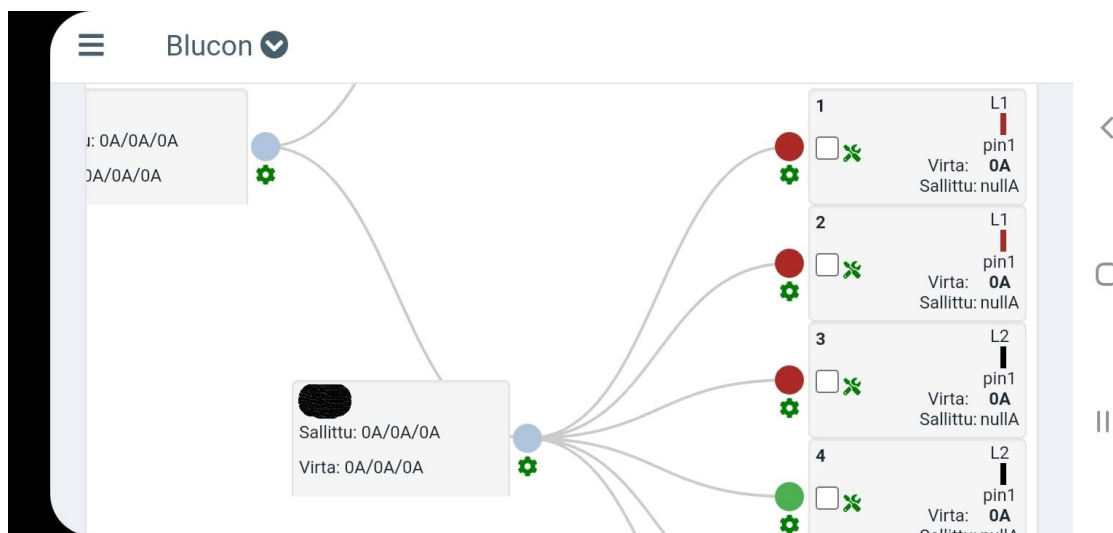
Kiinteistön liittymän pysyessä samana latauspisteitä ei voi samanaikaisesti kuormittaa täydellä teholla. Tähän löytyy ratkaisuksi kuormanhallinta. Kuormanhallintaa on kahta eri tyyppiä: tavallinen kuormanhallinta ja dynaaminen kuormanhallinta.

Tavallinen kuormanhallinta rajoittaa kuorman kaikille autoille kuormittavimman tilanteen mukaan, riippumatta lataavien autojen todellisesta määrästä. Näin jokainen auto saa ainakin vähän energiaa ladattavakseen. Tavallista kuormanhallintaa käytetään tyypillisesti, kun nykyisiä kaapelointeja ja/tai liittymää ei uusita ja siitä syystä tehoa on rajoitettava. Tavallisessa kuormanhallinnassa varataan siis turhaan kapasiteettia myös latureille, joissa ei ole autoa. Tässä kuormanhallintatyyppissä ei pystytä helposti rajoittamaan sähköautojen latauksen kuormaa muiden kiinteistön kuormien kytkeytyessä päälle. (17.)

Älykkään latauslaitteen dynaaminen kuormanhallinta tasaa sallittua maksimia kuormaa automaattisesti kaikkien latauspisteissä olevien autojen kesken. Dynaamisen kuormanhallinnan avulla pystytään siis tarjoamaan useampi tehokas latauspiste pysyessä liittymän asettamissa rajoissa. Paras hyöty dynaamisesta kuormanhallinnasta saadaan, kun kaapeloidaan jokainen latauspiste sen salliman maksimitehon mukaan. Kuormanhallintaa voidaan tehdä joko paikallisesti tai pilvipalvelupohjaisesti. Dynaamiseen kuormanhallintaan on saatavilla kulutusmittari, joka mittaa rakennuksen kulutusta, ja antaa rakennuksen huipputehon mukaan mahdollisimman paljon tehoa latauslaitteille. (17.)

Kohteen kuormanhallintatyyppiksi valittiin älykkään latauslaitteen dynaaminen kuormanhallinta. Dynaamista kuormanhallintaa käyttäen latauspisteistä saadaan ulos paras hyöty. Kuormanhallintaan käytettiin eParking-palvelun kuormanhallintaa. Kuormanhallinta toimii siten, että sähkökeskuksen, -keskuksen, -ryhmän tai lataustolpan maksimirajat syötetään järjestelmään käyttöönoton yhteydessä. Järjestelmä valvoo, että näitä arvoja ei ylitetä. Käyntijaksoja kierrätetään eri asemien pistokkeiden välillä erilaisilla konfiguroitavissa olevilla

algoritmeilla. Kuvassa 11 on esitetty urakassa käytetyn järjestelmän kuormanhallinnan periaate.



Kuva 11. Järjestelmän kuormanhallinta (18).

Kylminä kuukausina kiinteistön kapasiteetti on 72,5 kW. Mikäli kaikki sähköauton latauspisteet ovat yhtäaikaisesti päällä, voidaan lataustavan 2 mukaisia asemia kuormittaa kylminä kuukausina täydellä teholla, ja lataustavan 3 mukaisia asemia voidaan kuormittaa 7,7 kW:n teholla. Jos autokatokseen lisätään tulevaisuudessa latauspisteet jokaiselle paikalle, voidaan kaikki asemia kuormittaa yhtäaikaisesti vain 2,5 kW per piste.

Lämpiminä kuukausina kiinteistön kapasiteetti on 125 kW. Tällöin voidaan kuormittaa yhtäaikaisesti lataustavan 2 mukaisia asemia täydellä teholla, ja lataustavan 3 mukaisia asemia 15,2 kW. Jos autokatokseen lisätään tulevaisuudessa latauspisteet jokaiselle paikalle, voidaan kaikkia asemia kuormittaa yhtäaikaisesti 4,3 kW per piste.

Koko parkkialueen maksimirajaksi valittiin kylminä kuukausina 72,5 kW ja lämpiminä kuukausina 125 kW. Jokaiselle latauspisteelle asetettiin maksimirajaksi latauspisteiden maksimiteho. Kuormanhallinta valvoo, että rajoja ei ylitetä, ja jakaa tehoa pisteiden välillä kapasiteetin rajoissa. Jos esimerkiksi vain yksi 22 kW latauspiste on käytössä, latauspistettä voi kuormittaa sen maksimiteholla. Jos

esimerkiksi kaikki parkkialueen latauspisteet ovat käytössä, jakautuu parkkialueen maksimiraja tasaisesti latauspisteiden välillä.

3.3 Jakelukiskojärjestelmä

Autokatoksen 18 parkkipaikalle paikalle pohdittiin perinteisen kaapeloinnin vaihtoehtoiseksi ratkaisuksi sähkönjakelukiskojärjestelmää esteettisyyden, helppokäyttöisyyden sekä muokattavuuden vuoksi. Kiskojärjestelmä ei vaadi myöskään omaa keskusta.

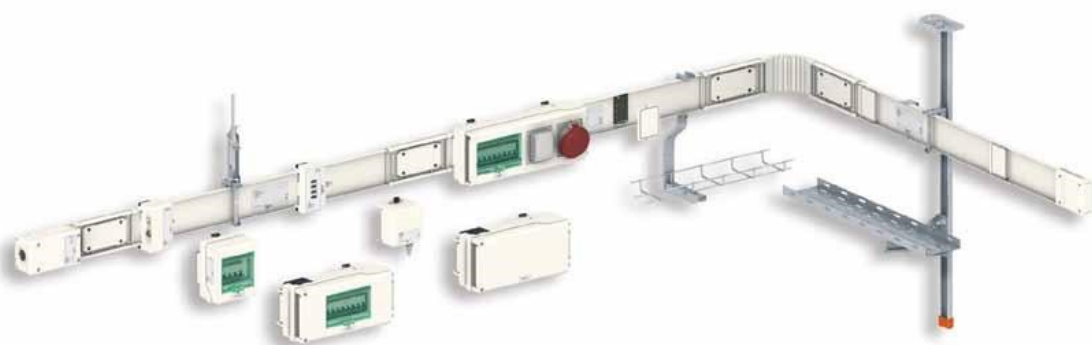
Liitteessä 1 esitetyn perinteisen kaapeloinnin ja virtakiskon välisen kustannuslaskelman jälkeen autokatoksen sähköistyksen ratkaisuksi valittiin Schneiderin Canalis KNA-virtakisko. Kiskon valintaan päädyttiin kustannuksien, helppokäyttöisyyden sekä muokattavuuden takia. Virtakisko on myös ympäristöystävällinen, halogeenivapaa, siinä on pieni magneettinen säteily ja pieni palokuorma.

Canalis-virtakisko muodostuu neljästä osakokonaisuudesta: Jakelukiskosta sekä osista suunnanmuutoksiin, syöttö- ja pääteosista, kiinnikkeistä sekä virranottimista. Canalis-virtakiskon osakokonaisuudet on esitetty kuvassa 12. Jakelukiskossa on virranottimille paikkoja 500 mm:n välein, joihin virranottimet kiinnitetään.

Virranottimet mahdollistavat helpon johdonsuojakatkaisijoiden vaihdon oikean kokoisiksi riippuen siitä, millaisen sähköauton latauspisteen osakkaat päättävät hankkia. Virranottiin saa helposti lisättyä MID kWh-mittarin jälkikäteen, mikäli sellainen osakkaan hankkimasta latauspisteestä puuttuu. Virtakiskon kuormien poisto/lisäys ei vaadi jännitteen poiskytkentää, joten osakkaat voivat tehdä muutoksia oman latauspisteen lähtöön vaikuttamatta muihin latauspisteisiin. Virranottimen kytkentä ja irrottaminen virtakiskoon tulee kuitenkin suorittaa ilman kuormaa. (19.)

Virtakisko kiinnitettiin kattoon koko matkalle autokatokseen. Virtakiskoa ei voi lyhentää, ja yhden virtakiskon pituus oli kolme metriä. Virtakiskot yhdistyvät

toisiinsa helposti, sillä niissä on vakiona uros ja naaraspäät. Päät yhdistetään toisiinsa ja jatko lukitaan ruuveilla. Virtakiskoon kytkettiin virranottimet autopaikkojen väliin niin, että kahdella autopaikalla on yhteinen virranotin. Latauspisteet kaapeloidaan pintavetona virranottimille. Virtakiskon suunnanmuutokset toteutettiin taipuisilla jatkoilla. Virtakiskon syöttö tulee kiinteistökeskuksesta, ja se kytkettiin virtakiskon päähän syöttökaapelia varten tarkoitettuun osaan. Virtakiskon toiseen päähän asennettiin päätepala.



Kuva 12. Canalis-jakelukiskojärjestelmä (19).

3.4 Kaapelointi

Kaapelointireitit suunniteltiin yhdessä tilaajan kanssa. Kaapelointireiteissä yritettiin varoa mahdollisimman paljon asfaltin rikkomista, sekä pihan pensaiden tuhoamista maankaivuutöiden seurauksena. Erityistä huomioita piti kiinnittää parkkialueen kaapelointireitteihin, jotta yhteys parkkialueelle ei katkea, sillä parkkialue oli koko urakan ajan taloyhtiön asukkaiden käytössä. Kaapelit kaivettiin maahan 0,7 metrin syvyyteen ja asennettiin suojaputkiin. Nurmialueella putken lujuusluokaksi valittiin C-tyyppin suojaputki. Parkkialueen ajoväylän alitukseen käytettiin A-lujuusluokan putkea.

Latauspisteiden jakokeskus sekä autokatoksen virtakisko kytkettiin 100 A:n sulakkeiden taakse kiinteistökeskukseen, mutta kaapeleiden mitoituksessa oli huomioitava tulevaisuudessa sulakekokojen mahdollinen korotus 160 A:iin. Kaapelit mitoitettiin SFS6000-5-52:2017 mukaan.

Kaapelin pienin kuormitettavuus käyttäessä 160 A:n sulaketta on 177 A. SFS6000-5-52:2017 taulukon B.52.1 mukaisesti mitoittamalla, PEX-eristeistä 120 mm²:n poikkipinnan omaavaa alumiinijohdinta voi kuormittaa 197 A suoraan maahan asennettuna. Keskukselle vedettiin tilaajan pyynnöstä varalle toinen 160 A:n kuormitusta kestävä kaapeli.

Latauspisteiden jakelukeskuksen syötöksi valittiin 2xAXCMK 4x120/71-kaapelit. Autokatoksen virranjakelukiskon syötöksi valittiin AXCMK 4x120/71-kaapeli.

Lataustavan 3 mukaiset pisteet kytkettiin 63 A:n gG-sulakkeisiin. 63 A:n gG-sulakkeella kaapelin pienin sallittu kuormitettavuus on 70 A. SFS6000-5-52:2017 taulukon B.52.1 mukaisesti mitoittamalla, PEX eristeistä 16 mm²:n poikkipinnan omaavaa kuparijohdinta voi kuormittaa 84 A, kun sen asentaa suoraan maahan.

Lataustavan 3 mukaisten latauspisteiden syötöiksi valittiin MCMK 4x16+16 PEX eristeinen kaapeli.

Lataustavan 2 mukaiset pisteet kytkettiin 16 A:n gG-sulakkeisiin. 16 A:n gG-sulakkeella kaapelin pienin sallittu kuormitettavuus on 19 A. Taulukon B.52.1 mukaisesti mitoittamalla, PVC eristeistä 2.5 mm²:n poikkipinnan omaavaa kuparijohdinta voi kuormittaa 24 A, kun sen asentaa suoraan maahan.

Lataustavan 2 mukaisten latauspisteiden syötöiksi valittiin MCMK 4x2.5+2.5 PVC eristeinen kaapeli.

Tiedonsiirtoväylää varten talojakamolta vedettiin Supercat 6-tietoverkkokaapeli autokatoksen modeemille. Lataustavan 3 mukaisten pisteiden ja modeemin välille, sekä autokatoksen varauspisteiden ja modeemin välille vedettiin Supercat 6-tietoverkkokaapelit.

Kiinteistökeskuksen muutostyöt

Kiinteistökeskuksen sulakekoko kasvatettiin nykyisestä 63 A:sta 125 A:iin. Kiinteistökeskuksen vanhan sulakekoon ollessa 63 A mittaus oli toteutettu suoralla mittauksella. Suoraa mittausta käytetään, kun mitattavan piirin nimellisvirta on enintään 63 A. Epäsuoraa mittausta käytetään, pääsulakkeiden ollessa suuremmat kuin 63 A. Sulakekoon noustessa 125 A:iin, mittaus on muutettava epäsuoraksi. (20.)

Epäsuorassa mittauksessa on virtamuuntajaliitäntäinen mittaus. Virtamuuntajat asennetaan kaikkiin vaiheisiin erilleen muista johtimista. Virtamuuntajien muutosuhde määräytyy mitattavan lähdön etusulakkeiden mukaan. Virtamuuntajia määrittäessä on aina tarkastettava paikallisen sähkönjakeluyrityksen sivuilta vaatimukset virtamuuntajien valintaan. Virtamuuntajat tulisi asentaa siten, että arvokilvet voidaan helposti lukea.

Kohteen sähkönjakelua hoitavan yrityksen vaatimukset virtamuuntajien valintaan olivat seuraavat:

- Virtamuuntajien tarkkuusluokan pitää olla 0,2S ja toisio sovitus 5 A. Virtamuuntajia valittaessa täytyy huomioida mittauspiirien taakkaan nähden sopiva nimellisteho (VA).
- Mittarin käyttöjännite otetaan ennen pääkytkintä, pääsulakkeen jälkeen 10 A oikosulkusuojan kautta.
- Mitattavan virran pitää olla 0,2–1,0 kertaa virtamuuntajien nimellinen toisiovirta.
- Pääkytkimen läheisyydessä pitää olla kilpi ”Pääkytkin ei katkaise jännitettä mittarilta”. (16, s.16.)

Virtamuuntajiksi valittiin 150/5A 0,2S 2,5 VA Ik 0,5. Virtamuuntajat kiinnitettiin pääkeskuksen takaseinään, kiinteistökeskuksen syötön riviliittimien alapuolelle.

Kiinteistökeskuksen mittarin ja kiinteistökeskuksen lähdön väliset johtimet irrotettiin mittarista, ja asennettiin virtamuuntajien läpi riviliittimille, joihin kiinteistökeskuksen syöttökaapeli oli kytketty. Virtamuuntajat kytkettiin mittariin 2,5mm² ML johtimilla. ML-johtimien pituus määräytyi sähkönjakeluyrityksen sivuilta saatavan taulukon mukaan. Virtamuuntajien nimellistehon ollessa 2,5 VA toisiojohdotuksen pituuden on oltava 3,5–14,0 metriä. Taulukossa 3. on esitetty toisiojohdotuksen pituudet virtamuuntajan nimellistehon mukaan. (21.)

Taulukko 3. Toisiojohdotuksen kokonaispituus (21).

Virtamuuntajan nimellisteho (VA)	Toisiosovitus (A)	Sallittu toisiojohdotuksen kokonaispituus (S1+S2) 2,5mm ² johtimella
1	5A	1,4–5,6 m
1,5	5A	2,1–8,4 m
2	5A	2,8–11,2 m
2,5	5A	3,5–14,0 m
3	5A	4,2–16,8 m
4	5A	5,6–22,4 m
5	5A	7,+–28,0 m

Kiinteistökeskuksen nimellisvirraksi oli ilmoitettu 125 A, mutta keskuksen pääkytkimen nimellisvirta oli 63 A. Pääkytkin oli vaihdettava 125 A kestävään pääkytkimeen. Keskuksen vanhan pääkytkimen ollessa 63 A oli myös tarkastettava keskuksen sisäisen kaapeloinnin sopivuus 125 A:n kuormitukseen.

Sähköauton latauspisteiden keskuksen, ja autokatoksen virranjakelukiskon syötöt kytkettiin entisten autonlämmitystolppien kahvasulakelähtöihin, jotka olivat kokoa 35/125 A. Kaapeleiden ylitoituksen takia johtimet eivät mahtuneet lähdön liittimiin, tämän johdosta keskukseseen oli lisättävä adapterit johtimille.

3.5 Keskuksen suunnittelu

Sähköauton latauspisteiden keskus asennettiin autokatoksen kylkeen ulkoseinälle. Keskus toimii jakokeskuksena parkkialueen latauspisteille ja

latauspisteiden modeemille. Keskus tilattiin keskusvalmistajalta, joka valmisti keskuksen sähkösuunnitelmien mukaan. Keskusvalmistajalle toimitettiin sähkösuunnitelmien mukainen liitteessä 3 esitetty kansilehti ja pääkaavio keskuksen valmistusta varten. Keskuksen syöttö tulee kiinteistökeskuksesta. Kuvassa 13 näkyy sähköauton latauspisteiden keskus kiinnitettynä autokatoksen kylkeen.



Kuva 13. Sähköauton latauspisteiden keskus.

Sähköautojen latauspisteiden syöttökaapelit eivät tarvitse vikavirtasuojaa, sillä laitteissa on itsessään vikavirtasuojat. Keskuksen suunniteltiin varokelähdöt sähköauton latauspisteille ja johdonsuojakatkaisijalähtö sähköauton

latauspisteiden modeemille. Keskukseen suunniteltiin lisäksi varokelähtöjä ja johdonsuojakatkaisijalähtöjä varaukseksi.

Lataustavan 3 mukaisille latauspisteille valittiin 3 x 63 A:n varokelähdöt. Yksi 3 x 63 A:n varokelähtö sähköistää yhden latauslaitteen, joka toimii kahden parkki-paikan latauspisteenä.

Lataustavan 2 mukaisille latauspisteille valittiin 3 x 16 A:n varokelähdöt. Yksi 3 x 16 A:n varokelähtö sähköistää kaksi latauslaitetta, jotka toimivat kolmen parkki-paikan latauspisteenä.

Keskuksen pääsulakkeiksi valittiin 100/160 A. Keskukseen lisättiin rinnakkaiset 100/160 A pääsulakkeet rinnakkaiselle AXCMK 4x120/71-kaapelille.

Koska keskus sijaitsee ulkona, keskukselle teetettiin sadelippa, ja sen IP-luokaksi valittiin IP54. Keskuksen sadelippa näkyy kuvassa 13.

4 Käyttöönottomittaukset

Ennen sähköasennuksien käyttöönottoa asennuksille pitää tehdä käyttöönotto-tarkastus ja käyttöönottotarkastuksesta tehdään pöytäkirja. Käyttöönottotarkastuksen tekijän on oltava sähköalan ammattihenkilö. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutetaan mittausten jälkeen sähkötyön tilaajalle.

Käyttöönottotarkastukseen kuuluu silmämääräinen tarkastus ja erilaisia testauksia ja mittauksia. Asennustyön yhteydessä on suoritettava aistinvaraista tarkastusta, jotta varmistutaan asennusten asianmukaisuudesta ja turvallisuudesta myös rakenteiden sisään piiloon jääneiltä osilta.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjalle ei ole säädetty ulkomuotoa, mutta pöytäkirjasta on käytävä ilmi seuraavat asiat:

- kohteen yksilöintitiedot, missä ja mitä on tehty
- sähkötöiden johtajan ja sähkölaitteiston rakentajan yhteystiedot ja nimi
- selvitys sähkölaitteiston määräysten ja säännöstenmukaisuudesta
- sovelletut standardit
- yleiskuvaus tarkastusmenetelmistä
- testausten ja tarkastusten tulokset
- tarkastuksen suorittavan henkilön allekirjoitus.

Sähköautojen latauspisteet ovat sähkölaitteita, joita koskevat laitestandardit. Sähköturvallisuuslaki edellyttää käyttöönottotarkastuksen kiinteille asennuksille.

Latauslaitteen toimintatarkastus on toteutettava laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Latauspisteen syöttökaapelille on kuitenkin tehtävä käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksessa mitataan suojamaadoitusjohtimen jatkuvuus, mitataan eristysresistanssi, todetaan vikasuojauksen toimivuus ja tarkastetaan vikavirtasuoja.

Vikavirtasuoja voi myös olla osa latauslaitetta. Tällöin latauspisteen vikavirtasuoja täytyy mitata ja tarkistaa latauslaitteen valmistajan ohjeiden mukaan. Vaikka latauslaitteessa olisi B-tyyppin vikavirtasuoja, sen toiminnan tarkastaminen sinimuotoisella vikavirralla riittää. (22.)

Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimen jatkuvuuden testauksessa selvitetään, että suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia. Testaus tehdään jännitteettömänä, mittaamalla jännitteelle alltiiden osien sekä niitä lähinnä olevan pääpotentialintasaukseen liitetyn pisteen välistä suojajohtimen resistanssia.

Hyväksyttävälle mittaustulokselle ei ole raja-arvoa. Mitattua arvoa tulee verrata mitattavan johtimen pituuden ja poikkipinnan perusteella arvioitavissa olevaan arvoon. Jos arvot poikkeavat toisistaan oleellisesti tulee selvittää poikkeaman syy. Resistanssiarvo saa olla enintään noin 1 ohmia, jos suojajohdin on pitkä arvo voi olla suurempi.

Testaus voidaan suorittaa aloittamalla laitteiston pääpotentiaalitasauskiskosta ja siirtymällä säteittäin keskuskohtaiseen testaukseen. Mitattaessa on varmistettava, että mitattava johdin on varmasti suojajohdin. Tämän voi tehdä irrottamalla nollajohdinten suojapiiristä mittauksen ajaksi. Nollajohdin on kiinnitettävä takaisin suojapiiriin mittauksen jälkeen. (23, s. 350.)

Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssin mittauksessa varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävästi eristettyjä maasta. Mittaus tehdään eristysresistanssimittarilla ennen laitteiston käyttöönottoa jännitteettömässä asennuksessa. Kalustuskojeiden ei tarvitse olla mittauksen aikana kytkettyinä verkkoon. (23, s. 352.)

Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattisen poiskytkennän mittaus tehdään vikasuojauksen toimivuuden varmistamiseksi. Mittaus tehdään mittaamalla pienin oikosulkuvirta vaiheen ja suojajohdinten välisessä viassa. Mittaus on suoritettava ryhmän kauimmaisessa kohdassa. Mittausten jälkeen on varmistettava oikosulkuvirran riittävyys suojalaitteen laukaisuun nopeasti. (23, s. 356.)

Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Vikavirtasuojan toiminta on varmistettava testaamalla se ensin testipainikkeella. Tämän jälkeen testataan, ettei vikavirtasuojan toimintavirta ylitä laitteen nimellistoimintavirtaa. Mittaustapoja on useita, mutta suositeltavin tapa on mitata vikavirtasuojan todellinen toimintavirta nousevalla vikavirralla. Testauksen voi suorittaa myös vikavirtasuojan nimellistoimintavirran suuruusella testivirralla.

Vikavirtasuojan toiminta-aika suositellaan mitattavaksi. Koska joissain tapauksissa tämä on vaatimus, kannattaa toiminta-aika mitata kaikissa tapauksissa. (23, s. 357.)

Käyttöönottomittausten toteutus

Käyttöönottomittaukset suoritettiin Amprobe Telaris Proinstall 100-asennustesterillä. Asennustesterillä pystyy tekemään eristysvastus-, suojajohtimen jatkuvuus-, oikosulkuvirran- ja silmukkaimpedanssin mittaukset sekä testaamaan vikavirtasuojat. Käyttöönottomittaukset suoritetaan yhdistämällä asennustesteri sähkölaitteeseen mittausjohdoilla tai suko-testijohdolla. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaukset suoritettiin käyttämällä 50 metrin mittajohtoa. Suojajohtimen jatkuvuus mitattiin sähköauton latauspisteiden ja sähköauton latauspisteiden keskuksen väliltä.

Lataustavan 2 mukaisten sähköauton latauspisteiden oikosulkuvirtojen mittaukset ja vikavirtasuojien testaukset suoritettiin liittämällä suko-testijohdoilla sähköauton latauspisteen pistorasiaan. Käyttöönottomittauksien tulokset liitteessä 4.

Lataustavan 3 mukaisissa latauspisteissä mittaukset suoritettiin Type 2-pistorasioista sekä suko-pistorasioista. Suko-pistorasioiden käyttöönottomittaukset suoritettiin kuten lataustavan 2 mukaisten sähköauton latauspisteiden käyttöönottomittaukset. Type 2-pistorasioiden käyttöönottomittauksiin tarvitsee asennustesterin lisäksi testiadapterin. Testiadapterina käytettiin Amprobe AMP-EV-520-D-testiadapterisarjaa. Testiadapteri liitetään sähköauton latauspisteen ja asennustesterin väliin. Adapteri kiinnitetään asennustesteriin mittajohdoilla, ja sähköauton latauspisteeseen Type 2-pistokkeella. Testiadapteri simuloi sähköautoa, ja adapteria voi säätää simuloimaan sähköauton erilaisia lataustiloja ja latauskaapeleiden virtaominaisuuksia. Käyttöönottomittauksien tulokset liitteessä 4.

5 ARA-avustukset

ARA eli asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus on ympäristöministeriön tulosohjaama virasto. ARA:n toimintaa ohjaa valtioneuvoston valtioneuvoston asettama johtokunta. ARA myöntää rakentamiseen ja asumiseen liittyviä tukia, takauksia ja avustuksia. Avustusta voivat hakea taloyhtiöt, asuinrakennuksen omistavat henkilöt sekä ARA-yhteisöt. ARA suosittelee avustuksen hakemista verkkoasiointipalvelun kautta. (24.)

ARA myöntää avustuksia asuinrakennuksille sähköautojen latauspisteiden edellyttämiin sähköjärjestelmien muutoksiin. Avustusta voivat hakea taloyhtiöt, asuinrakennuksen omistavat henkilöt sekä niiden omistamat pysäköintiyhtiöt. Avustusten suuruus on 35 % toteutuneista kustannuksista, kuitenkin enintään 90 000 euroa. Avustuksen edellytyksenä on, että taloyhtiö rakentaa valmiuden vähintään viidelle latauspisteelle. Avustusta voi myös saada latauslaitteiden hankintaan, latausvalmistuskohtainen yläraja on 4000 euroa. (25.)

Vuosille 2022 ja 2023 on varattu vuosittain avustusmäärärahaa 8,5 miljoonaa euroa, jonka rahoittaa EU:n elpymis- ja palautumistukiväline. Avustuskelpoisuusvaatimuksissa huomioidaan jatkossa EU:n sähkömarkkinadirektiivin (EU) 2019/944 vaatimukset sähköautojen latausjärjestelmiä koskien.

Vuoden 2022 määrärahasta avustusta myönnetään kaikille hankkeille 35 % kustannuksista, jotka on hyväksytty avustettavaksi. Avustettaville kustannuksille tulee latausvalmiuskohtainen 4000 euron yläraja, jonka ylittävät kustannukset eivät vaikuta avustuksen määrään.

Jatkossa vain 11 kW:n tehoa tukevat tyyppin 2-koskettimella varustetut latauspisteet ovat avustuskelpoisia. Alle viiden autopaikan taloyhtiöt voivat saada jatkossa avustusta, jos ne toteuttavat kerralla latausvalmiuden jokaiselle autopaikalleen. (26.)

Urakan tilaaja haki ARA:n latausinfra-avustusta sähköauton latauspisteiden rakentamiseen sekä latauslaitteiden hankintaan.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Blucon Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa älykkäät etäohjattavat sähköauton latauspisteet taloyhtiön parkkialueelle, sekä latausvalmius paikoille, joihin latauspisteitä ei tilattu. Suunnittelutyöt ja asennustyöt sujuivat jouhevasti. Tavoitteisiin päästiin ja tilaaja oli tyytyväinen latauspisteisiin sekä pisteiden käyttämään käyttöjärjestelmään. Taloyhtiön osakkaat olivat tyytyväisiä autokatoksen virranjakelukiskoon, johon osakkaiden on helppo lisätä haluamansa kokoiset johdonsuojakatkaisijat ja kaapeloida haluamansa latauspisteet.

Sähköautojen määrän kasvu Suomen autokannassa lisää myös latauspisteiden kysyntää taloyhtiöiden parkkipaikoille. Vastaavia kohteista on varmasti tulossa lisää, ja opinnäytetyö toi hyvää harjoitusta sekä ohjeita tulevaisuuden kohteille, joissa lisätään sähköauton latauspisteet kiinteistöön, jossa liittymäkoko ei kasvateta. Opinnäytetyössä varauduttiin taloyhtiön pyynnöstä sähköauton latauspisteiden kehitykseen ylimitoittamalla kaapelit, ja vetämällä parkkialueelle ylimääräinen syöttökaapeli. Latauspisteiden kehittyessä ja pikalatureiden lisääntyessä sähköauton latauspisteet tulevat kuormittamaan kiinteistön liittymää entistä enemmän, jolloin isomman liittymän tilaaminen vaikuttaa väistämättömältä. Opinnäytetyössä tutustuttiin myös ARA-avustukseen, joka on iso kannustin taloyhtiöille sähköauton latausinfraan rakentamiseen. Mielestäni taloyhtiöiden kiinnostus sähköauton latauspisteisiin jatkuu, mikäli valtio jatkaa sähköautojen latausinfraan tukemista ja sähkönhinnan nousu pysyy kohtuullisena.

Kustannuslaskelmia olisin voinut viedä pidemmälle tutkimalla sähköauton latauksesta aiheutuvat sähkönsiirron tehomaksut ja siitä aiheutuvat kustannukset osakkaille.

Lähteet

1. Sähköautot. 2021. Verkkoaineisto. Motiva <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot> Luettu 17.11.2021.
2. Ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimatilastot 2021. Verkkoaineisto. Autoalan tiedotuskeskus. <https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kayttovoimittain/henkiloautojen_kayttovoimatilastot> Luettu 17.11.2021.
3. Henkilöautojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain. 2021. Excel-tiedosto. Autoalan tiedotuskeskus. <https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kayttovoimittain/henkiloautojen_kayttovoimatilastot> Luettu 17.11.2021.
4. Sähköautojen latausjärjestelmät. 2018. PDF-Dokumentti. Sesko Oy. <https://www.sesko.fi/files/1051/Sahkoautojen_latausjarjestelmat_perusesitys_2018dec.pdf> Ladattu 21.11.2021.
5. Sähköautojen lataus. 2021. Verkkoaineisto. Tukes.fi. <<https://tukes.fi/documents/5470659/8489681/2017+Vesa+s%C3%A4hk%C3%B6autojen+lataus/516307d5-fc96-4117-84e4-aa9534bbe4fe/2017+Vesa+s%C3%A4hk%C3%B6autojen+lataus.pdf>> Luettu 21.11.2021.
6. Täyssähköautot. 2021. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/autotyypit/ayssahkoauto> Luettu 26.11.2021.
7. Ladattava hybridauto. 2021. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/autotyypit/ladattava_hybridiauto> Luettu 26.11.2021.
8. Sähköiset liikkumisvälineet. 2021. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/sahkoiset-liikkumisvalineet>> Luettu 26.11.2021.
9. ST-Kortti 51.90. Sähköautojen lataaminen ja latauspisteiden toteutus. 2021. PDF-dokumentti. <<https://severi-sahkoinfo-fi.ezproxy.metropolia.fi/item/3937?search=ST%2051.90>> Ladattu 26.11.2021
10. Karttapaikka. Google Earth. Verkkopalvelu. <<https://earth.google.com/web/>> Ladattu 4.12.2021.

11. Suunnitteluohje. PDF-dokumentti. eTolppa. <<https://etolppa.fi/pdfs/Suunnitteluohje.pdf>> Ladattu 4.12.2021.
12. Tuotekortti A1636-AA-011_OCPP. PDF-dokumentti. eTolppa <https://etolppa.fi/pdfs/A1636-AA-011_OCPP%20%20x%2022%20kW%20Type%20%20+%20suko.pdf> Ladattu 4.12.2021.
13. Open charge alliance. PDF-dokumentti. OCPP-1.6. <<https://www.openchargealliance.org/downloads/>> Ladattu 4.12.2021.
14. Tuotekortti A2813-44-002. PDF-dokumentti. eTolppa <<https://etolppa.fi/pdfs/A2813-44-002%20High%20Load%20suko%20.pdf>> Ladattu 4.12.2021.
15. PIKE-esite. PDF-dokumentti. Taloon.com. <https://www.taloon.com/media/attachments/pike/pike_pro_pihakeskukset.pdf> Ladattu 4.12.2021.
16. Caruna networks Oy verkkopalvelut, 2021. Sähköposti. 26.11.2021.
17. Suunnittelijan opas. PDF-dokumentti. Ensto Oy. <<https://www.ensto.com/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>> Ladattu 8.12.2021.
18. eParking-sovellus. 2021. Näyttökuva. eParking.
19. Tuotekatalogi. PDF-dokumentti. Schneider Electric Oy. <<https://www.se.com/fi/fi/product-range/1753-canalys-ks/#documents>> Ladattu 8.12.2021.
20. ST-kortti 53.30. Sähköenergiamittauksen toteutus uudiskohteessa, enintään 3 x 63 A mittauskeskuksissa. 2015. PDF-dokumentti. <<https://severisahkoinfo-fi.ezproxy.metropolia.fi/item/3675?search=st%2053.30>> Ladattu 13.12.2021.
21. Yleisohjeet sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille 2022. PDF-dokumentti. Caruna Oy. <https://images.caruna.fi/carunan_yleisohjeet_sahkourakoitsijoille_ja_-suunnittelijoille_2022_web.pdf> Ladattu 13.12.2021.
22. Käyttöönottovaiheen tarkastukset. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttoonottovaiheen-tarkastukset#0af7448f>> Luettu 2.1.2022.
23. Sähköinfo Oy. 2017. D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo.
24. ARAn organisaatio. 2016. Verkkoaineisto. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. <<https://www.ara.fi/fi-FI/ARA/Organisaatio>> Luettu 6.1.2022.

25. Latausinfra-avustus. 2020. Verkkoaineisto. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. <<https://www.ara.fi/latausinfra-avustus>> Luettu 6.1.2022.
26. Ennakkotietoa sähköautojen latausinfra-avustuksesta. 2021. Verkkoaineisto. <[https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset_ja_tiedotteet/Uutiset_ja_tiedotteet_2021/Ennakkotietoa_sahkoautojen_latausinfraav\(61619\)](https://www.ara.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset_ja_tiedotteet/Uutiset_ja_tiedotteet_2021/Ennakkotietoa_sahkoautojen_latausinfraav(61619))> Luettu 6.1.2022

Virranjakelukiskon kustannuslaskenta

Virranjakelukiskon ja perinteisen kaapeloinnin välinen kustannuslaskenta auto-
katoksen sähköistysratkaisuksi.

Kuva 1. Kustannuslaskenta

Perinteinen kaapelointi			
Tuote	Hinta (kpl/m/pkt)	Määrä (kpl/m)	Hinta yht. (€)
Tikashylly 400		50	
Kattokannake 400		50	
Kierretanko M10		10	
Mutteri M10		6	
Aluslevy M10		300	
MCMK 4x16+16		300	
Johdinside 300X4,8		500	
Jakelukeskus		1	
Kaapelointi		Hinta yht	
Virranjakelukisko			
Tuote	Hinta (kpl/m)	Määrä (kpl/m)	Hinta yht. (€)
Virtakisko 160A 3m		15	
Päätysyöttökotelo 160A		1	
Kannatin		50	
Taipuisa jatko 160A		2	
Virranjakelukiskojärjestelmä		Hinta yht.	

Kaapeleiden mitoitukseen käytetyt taulukot

Kaapeleiden mitoitukseen käytetyt taulukot, siinä järjestyksessä missä ne esiintyvät opinnäytetyössä.

Taulukko Y 52.1 Johtimien kuormitettavuudet eri sulakkeiden nimellisvirroilla.

gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A	Johtimen kuormitettavuuden minimiarvo A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

B.52.4 Kuormitettavuus ampeereina taulukon B.52.1 mukaisilla asennustavoilla.
PVC-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet/kolme kuormitettua johdinta.








Taulukko B.52.4 Kuormitettavuus ampeereina taulukon B.52.1 mukaisilla asennustavoilla - PVC-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet/kolme kuormitettua johdinta - Johtimien lämpötila: 70 °C, ympäristön lämpötila: 30 °C ilmassa, 20 °C maassa

Johtimen nimellis- poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18	19
2,5	18	17,5	21	20	24	24	24
4	24	23	28	27	32	30	33
6	31	29	36	34	41	38	41
10	42	39	50	46	57	50	54
16	56	52	68	62	76	64	70
25	73	68	89	80	96	82	92
35	89	83	110	99	119	98	110
50	108	99	134	118	144	116	130
70	136	125	171	149	184	143	162
95	164	150	207	179	223	169	193
120	188	172	239	206	259	192	220
150	216	196	262	225	299	217	246
185	245	223	296	255	341	243	278
240	286	261	346	297	403	280	320
300	328	298	394	339	464	316	359
Alumiini							
2,5	14	13,5	16,5	15,5	18,5	18,5	
4	18,5	17,5	22	21	25	24	
6	24	23	28	27	32	30	
10	32	31	39	36	44	39	
16	43	41	53	48	59	50	53
25	57	53	70	62	73	64	69
35	70	65	86	77	90	77	83
50	84	78	104	92	110	91	99
70	107	98	133	116	140	112	122
95	129	118	161	139	170	132	148
120	149	135	186	160	197	150	169
150	170	155	204	176	227	169	189
185	194	176	230	199	259	190	214
240	227	207	269	232	305	218	250
300	261	237	306	265	351	247	282

HUOM. Sarakkeissa 3, 5, 6, 7 ja 8 oletetaan johtimien olevan pyöreitä poikkipintaan 16 mm² saakka. Suuremmilla poikkipinnoilla arvot viittaavat muun muotoisiin johtimiin ja niitä voi turvallisesti käyttää pyöreisiin johtimiin.

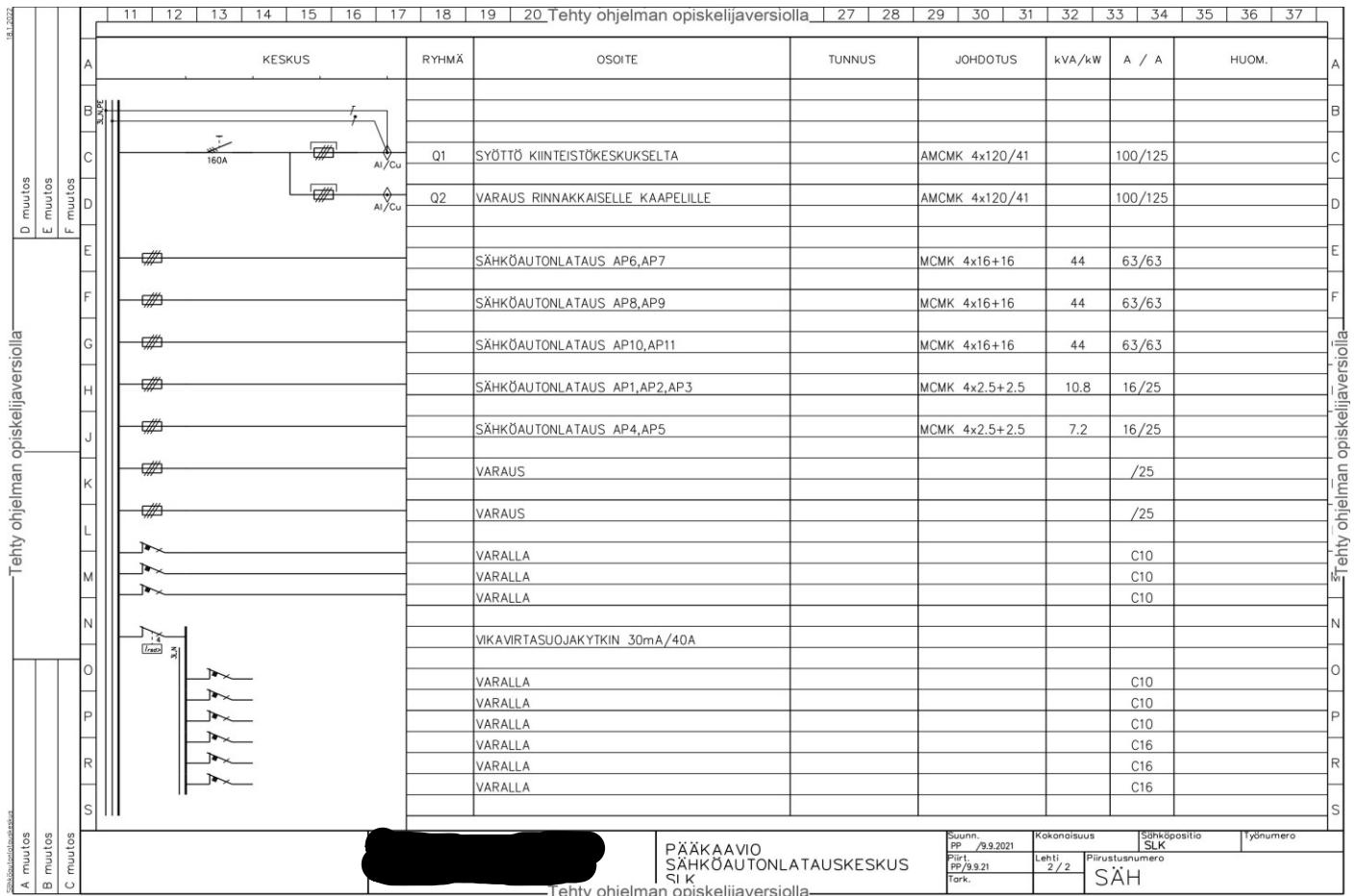
Taulukko B.52.5 kuormitettavuudet ampeereina taulukon B.52.1 mukaisilla asennustavoilla. PEX- tai EPR-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet/kolme kuormitettua johdinta.

**Taulukko B.52.5 Kuormitettavuus ampeereina taulukon B.52.1 mukaisilla asennustavoilla -
PEX- tai EPR-eristeiset kupari- tai alumiinijohtimet/kolme kuormitettua johdinta -
Johtimen lämpötilä: 90 °C, ympäristön lämpötilä: 30 °C ilmassa, 20 °C maassa**

Johtimien nimellispoi- kipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukaiset asennustavat						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419
Alumiini							
2,5	19	18	22	21	24	22	
4	25	24	29	28	32	28	
6	32	31	38	35	41	35	
10	44	41	52	48	57	46	
16	58	55	71	64	76	59	64
25	76	71	93	84	90	75	82
35	94	87	116	103	112	90	98
50	113	104	140	124	136	106	117
70	142	131	179	156	174	130	144
95	171	157	217	188	211	154	172
120	197	180	251	216	245	174	197
150	226	206	267	240	283	197	220
185	256	233	300	272	323	220	250
240	300	273	351	318	382	253	290
300	344	313	402	364	440	286	326

HUOM. Sarakkeissa 3, 5, 6, 7 ja 8 oletetaan johtimien olevan pyöreitä poikkipintaan 16 mm² saakka. Suuremmilla poikkipinnoilla arvot viittaavat muun muotoisiin johtimiin ja niitä voi turvallisesti käyttää pyöreisiin johtimiin.

Kuva 2. Keskuksen keskuskaavio.



PÄÄKAAVIO
SÄHKÖAUTONLATAUSKESKUS
S I K

Suunn. /9.9.2021
Pilt. /9.9.21
Tark.
Kokonaisuus
Lehti 2 / 2
Sähköpositio SLK
Piiustusnumero
Työnumero
SÄH

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Käyttöönottopöytäkirja

Liitteenä käyttöönottopöytäkirjat.

Kuva 1. Käyttöönottopöytäkirjan kansilehti.

SÄHKÖASENNUKSEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA	
1. Työkohde	Asiakas [REDACTED] Osoite [REDACTED]
2. Sähköurakoitsija	Nimi: Blucan Oy Osoite [REDACTED]
3. Jakeluverkon haltija	Caruna
4. Nimellisjännite	230 v
5. Tarkastuksen peruste	<input checked="" type="checkbox"/> Uudisasennus <input type="checkbox"/> Korjaustyö <input type="checkbox"/> Uusintatarkastus <input type="checkbox"/> Muu Työn yksilöinti: kts. Liite 2
6. Silmäääräinen tarkastus	Liittimisjohto <input type="checkbox"/> Johtolaji: Poikkipinta ja materiaali: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Pääte <input type="checkbox"/> Suojaus ML 2x6 <input type="checkbox"/> Läpivienti Pääpotentiaalilin tasaus <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> PE- tai PEN-kisko <input type="checkbox"/> Vesiputkistot <input type="checkbox"/> Antennimaadoitus <input type="checkbox"/> Betoniraudoitus Maadoitusjohdin <input type="checkbox"/> Ilmanvaihtokanavat <input type="checkbox"/> ATK/puhelinmaadoitus <input type="checkbox"/> Ukkossuojaus
Täyttöohje:	
+ jos asia kunnossa	Päikeskus <input type="checkbox"/>
- jos asia ei kunnossa	<input type="checkbox"/> Sijoitus <input type="checkbox"/> Rakenne <input type="checkbox"/> Erotusmahdollisuus <input type="checkbox"/> Asennus <input type="checkbox"/> Merkinnät
0 jos asia ei liity tarkastukseen	Ryhmäkeskukset <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Sijoitus <input type="checkbox"/> Rakenne <input type="checkbox"/> Asennus <input type="checkbox"/> Merkinnät
	Ryhmäjohdot <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Liittäminen keskukseseen <input type="checkbox"/> Poikkipinnat <input type="checkbox"/> Asennus <input type="checkbox"/> Merkinnät
	Pistorasiat <input type="checkbox"/> Sijoitus <input type="checkbox"/> Rakenne <input type="checkbox"/> Johtimien liitokset <input type="checkbox"/> Valaisimet <input type="checkbox"/> Sijoitus <input type="checkbox"/> Rakenne
	Lämmityslaitteiden sijoitus ja asennus <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Lattialämmityskaapelit <input type="checkbox"/> Kiuas <input type="checkbox"/> Sähköpatterit <input type="checkbox"/> Lämmityskelmut
	Muut kojeet <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Liesi <input type="checkbox"/> Dataverkko <input type="checkbox"/> Antenniasennukset <input type="checkbox"/> Muut teleasennukset <input type="checkbox"/>
	Loppupäätökset <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Käyttöohjeet ja käytönopastus <input type="checkbox"/> johdotuskuvat <input type="checkbox"/> Keskuskaaviot
7. Keskuskohtaiset mittaukset	Suoja- ja potentiaalijohtimien jatkuvuus <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Jatkuvuus todettu mittaamalla Suurin arvo RS, ks. Liite 0 Eristystila Koko keskuksen eristysresistanssi RE, ks. liite MQ Erikseen mitattavat ryhmäjohdot Ryhmä nro Eristysresistanssi Ryhmä nro Eristysresistanssi ks. liite Kiertosuunnan mittaustulos <input type="checkbox"/> Kiertosuunta myötäpäivään <input type="checkbox"/> Todettu mittaamalla Syötön automaattisen poiskytkennän toteutuminen <input checked="" type="checkbox"/> Todettu mittaamalla <input type="checkbox"/> Todettu suunnitelmista Keskuksen oikosulkuvirta I _k = 925 A Pienin oikosulkuvirta erikseen mitatuista ryhmistä Ryhmä nro I _k min/A Onko OK ks. liite 585 X Vikavirtasuojajakytkimien toimintavirta- ja aika <input checked="" type="checkbox"/> Vikavirtasuojien testipainikkeet koestettu Ryhmä nro/tunniste Nimellisarvo Mitattu toimintavirta ja -aika IN / IΔN IΔ / t ks. liite 40A/30mA ks. liite A-tyyppi/6mA DC IΔ / t Käytetyt mittalaitteet: Ambrope telaris proinstall 100, Amprobe AMP EV-520-D Laite Tyyppi Asennustesteri
8. Tarkastuksen tulos	SFS 6000:n mukainen turvallisuustaso <input checked="" type="checkbox"/> Saavutettu <input type="checkbox"/> Ei saavutettu (puutteet liitteenä) EMC-suojaus: sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslaina ja valtioneuvoston asetuksen (1466/2007) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset <input checked="" type="checkbox"/>
9. Tarkastuksen tekijä	Nimi Aika ja paikka Allekirjoitus P. Puunno 10.1.22 ESPOO [REDACTED]

Kuva 2. Käyttöönottopöytäkirjan mittaustulokset.

			Kohde:					
			Huoneisto:					
Keskus:	SLK		Työ:					
Ryhmä			Syötön automaattinen poiskytkentä	Vikavirtasuojat			Lattia- lämmitys 1	Lattia- lämmitys 2
nro	kohde	Sulake	Ik / A	t/ms	I _n /mA	painike	Ω/MΩ	Ω/MΩ
12	Sähköauton latauspiste paikka 31	C16	351	35,7	21			
12	Sähköauton latauspiste paikka 30	C16	335	38,7	24			
13	Sähköauton latauspiste paikka 29	C16	342	37,5	24			
13	Sähköauton latauspiste paikka 28	C16	347	38,1	24			
13	Sähköauton latauspiste paikka 27	C16	358	35,7	21			
16	Sähköauton latauspiste paikka 21 Type 2	A32	585	94,5	9			
16	Sähköauton latauspiste paikka 21 suko	A32	646	37,7	21			
16	Sähköauton latauspiste paikka 22 Type 2	A32	609	88,6	10			
16	Sähköauton latauspiste paikka 22 suko	A32	610	48,5	21			
17	Sähköauton latauspiste paikka 23 Type 2	A32	593	92,2	9			
17	Sähköauton latauspiste paikka 23 suko	A32	662	38,1	21			
17	Sähköauton latauspiste paikka 24 Type 2	A32	648	88,6	9			
17	Sähköauton latauspiste paikka 24 suko	A32	648	43,0	18			
18	Sähköauton latauspiste paikka 25 Type 2	A32	645	87,3	10			
18	Sähköauton latauspiste paikka 25 suko	A32	647	38,1	21			
18	Sähköauton latauspiste paikka 26 Type 2	A32	641	85,8	9			
18	Sähköauton latauspiste paikka 26 suko	A32	663	39,8	18			
	RK Eristysresistanssi		> 500 MΩ					
	PE jatkuvuus, suurin arvo		0,23 Ω					
	Palovaroitimen testaus							
	Mittausten tekijä:	P.Puuppo						