



Teemu Tiitinen

Suunnitteluohje sähköautojen latausjärjestelmille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

07.11.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Teemu Tiitinen
Otsikko: Suunnitteluohje sähköautojen latausjärjestelmille
Sivumäärä: 40 sivua + 0 liitettä
Aika: 07.11.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Jonne Järvinen, Toimitusjohtaja
Jarno Nurmio, Lehtori

Insinööriyön tavoitteena oli tehdä suunnitteluohje sähköautojen latausjärjestelmistä Stacon Oy:lle. Työssä käydään läpi sähköauton lataustapoja, kuormanhallintaa ja selostetaan niiden toimintaperiaatteet. Työn tulee selkeyttää sähköautojen latausjärjestelmien suunnittelua ja parantaa niiden laatua. Lisäksi ohje yhtenäistää latausjärjestelmien suunnittelua yrityksen sisällä.

Insinööriyössä selostetaan sähköautojen latausjärjestelmään kuuluvat järjestelmät. Niihin kuuluvat latausasema ja niiden eri tyypit, sekä latauksenhallintajärjestelmät, johon lukeutuvat kuormanhallinta, laskutus ja hallinnointijärjestelmät.

Tämän jälkeen tehtiin suunnitteluohje, jossa tutkitaan, mitä tulee suunniteltaessa ottaa huomioon. Näitä ovat jakelu, mitoitus ja sijoitus, lait, sekä tunnistus ja laskutusjärjestelmät. Ohjeen tueksi tehtiin suunnitelmaesimerkki, jossa käytetään kohteena asuinrakennusta. Tästä tehtiin myös kaksi vaihtoehtoista ratkaisumallia. Ensimmäinen on lataustavan 3 kuormanhallinnalla ja laskutuksella varustettu ratkaisu, josta ehdotetaan eri toteutusvaihtoehtoja ja niiden budjetteja. Sen lisäksi toisena ratkaisuvaihtoehtona tehtiin lämmitystolppien muuntaminen latauspisteiksi, väliaikaisratkaisuna.

Loppupuolella tutkitaan myös latauslaitteiden tulevaisuutta ja mitä tulee ottaa huomioon tulevaisuudessa. Sähköautojen määrä tulee kasvamaan, mikä lisää kysyntää latauslaitteille, mikä tulee pitää mielessä, kun suunnitellaan latauspaikkavarauksia toteutettaviin kohteisiin.

Lopuksi yhteenvedossa todetaan, mitkä toimintatavat ovat oleellisia suunnittelussa ja suurimmat erot ratkaisuvaihtoehtojen välillä. Todetaan, että suurimmat taloudelliset erot tulevat latauslaitteiden omistajuussuhteesta ja siitä, joudutaanko suurentamaan kohteen sähköliittymää. Tämän ohjeen avulla voidaan tehdä sähköautojen latausjärjestelmien suunnittelu selkeämmäksi ja yhtenäisemmäksi yrityksen sisällä.

Avainsanat: sähköauto, sähköauton lataus, suunnitteluohje, latausasema, kuormanhallinta

Abstract

Author: Teemu Tiitinen
Title: Engineering guide for EV charging
Number of Pages: 40 pages + 0 appendices
Date: 7. December 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electronical Power Engineering
Supervisors: Jonne Järvinen, CEO
Jarno Nurmio, Senior Lecturer

The objective of this thesis was to produce an engineering guide for EV charging systems for Stacon Oy. This thesis reviews different kinds of EV charging modes, load management and explaining the operating principles and differences of these systems. Thesis should achieve clarifying and improving the quality of engineering EV charging systems. Also, the engineering guide should harmonize the engineering withing the company.

Thesis begins by explaining the systems that comprise the EV charging system. These are charging stations with differing charging modes and charge management systems that includes load management, billing, and administration.

This is followed by the engineering guide. We examine things that should be considered when engineering EC charging systems. These include energy distribution, sizing and placement, laws, and identification and billing systems. Also, an example case study was made to support the guide. In the case study, two alternative solutions were found. First solution was a mode 3 charging station, with billing and load management. For this solution, there were 4 different proposed options with different budgets. The second solution was to convert heating poles into charging points, as a temporary solution.

After this, the future of EV charging is examined. It's found that the number of EVs will increase in great numbers in the future which in turn draws more demand for EV charging. This should be taken into consideration and so when engineering charging systems, reservations for future charging stations should be kept in mind.

Finally, we have identified what approaches are relevant and what are the biggest differences between solutions. The biggest economic difference comes from the ownership model of the chargers and whether the main electric connection must be expanded. With this guide, engineering EV charging systems can be made more consistent and clearer within the company.

Keywords: Electric car, EV, EV charging, Electric vehicle charging, charging station, load management, engineering guide

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköautojen lataustavat	1
2.1	Lataustapa 1	2
2.2	Lataustapa 2	2
2.3	Lataustapa 3	3
2.4	Lataustapa 4	5
2.5	Kuormanhallinta	6
2.5.1	Tavallinen kuormanhallinta	7
2.5.2	Dynaaminen kuormanhallinta	8
2.6	Kahdensuuntainen lataus	12
3	Sähköautojen latausasemien suunnittelu	13
3.1	Lait ja määräykset	15
3.2	Latausjärjestelmän mitoitus	16
3.2.1	Jakelu ja kaapelin mitoitus	20
3.3	Latauspisteen sijoitus	24
3.4	Laskutus ja tunnistuspalvelut	25
3.4.1	Erilaiset laskutuspalvelut	25
3.4.2	Taustajärjestelmä	27
4	Suunnittelun esimerkkilaskelma ja budjettiarvio	29
5	Latauslaitteiden tulevaisuus	34
6	Yhteenveto	35
	Lähteet	38

Käsitteet ja lyhenteet

AC *Alternating current.* Vaihtovirta

DC *Direct current.* Tasavirta

IPxx *Internal protection.* IP-luokitusjärjestelmä sähkölaitteiden koteloinnille, esim. IP41

OCPP *Open Charge Point Protocol.* Latausasemien hallintajärjestelmissä käytettävä protokolla

LAN *Local Area Network.* Lähiverkko

Latausasema

Sähköauton lataamiseen tarkoitettu laite, jossa on yksi tai useampi latauspiste, sekä suojaus-, ohjaus-, ja tietoliikenne- ja mittauslaitteet.

Latauspiste

Piste, johon sähköauto on liitetty. Latauspiste voi olla pistoke tai pistorasia. Pistoke on kaapelin päässä, joka kiinnitetään autoon ladattaessa. Jos latausasemassa on pistorasia, niin autossa tulee olla mukana latauskaapeli.

Taustajärjestelmä

Latausjärjestelmän hallinnointiohjelmisto, johon voidaan integroida latauslaitteiden hallinta, maksujärjestelmä, kuormanhallinta, tapahtumahistoria ja kommunikointi muiden järjestelmien kanssa. Voidaan toteuttaa pilvipalvelulla tai paikallisesti. (2.)

RFID *Radio Frequency Identification.* Radiotaajuinen etätunnistus

V2G

Vehicle-To-Grid. Kahdensuuntainen lataus.

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on tehdä Insinööritoimisto Stacon Oy:lle suunnitteluohje sähköautojen latausasemille. Tarkoituksena on kertoa suunnittelun kannalta oleelliset asiat sähköauton latauksesta. Tähän kuuluu tekninen mitoitus, laitteiden valinta, budjettilaskelma, sekä laitteiden sijoittelu ja kaapelointi.

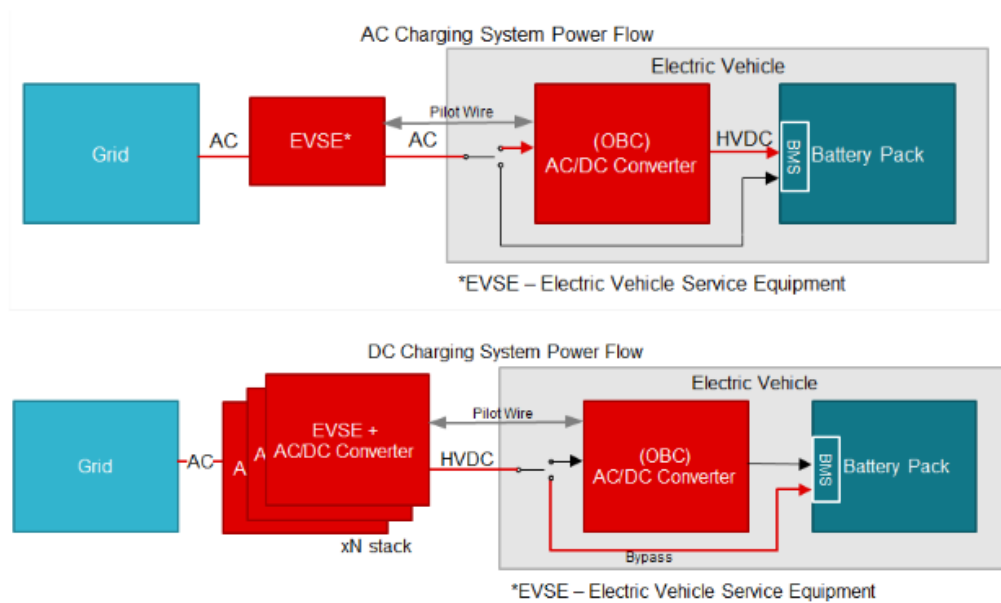
Suunnitteluohjetta pohjustetaan kertomalla latauslaitteista ja niiden toimintaperiaatteista. Lisäksi selostetaan kuormanhallinnasta, sekä sen eri sovelluksista, mahdollisuuksista ja hyödyistä.

Tämän lisäksi tarkastellaan sähköautojen latauksen tulevaisuutta ja mitä asioita olisi hyvä ottaa huomioon tulevaisuudessa.

Suunnitteluohje pyritään esittämään mahdollisimman systemaattisesti ja havainnollistavasti, jotta se on helppo ottaa tukemaan suunnittelutyötä. Työssä ei käsitellä sähköautoja ja asiat, kuten täyssähkö- ja hybridauton ero, oletetaan olevan lukijan tiedossa.

2 Sähköautojen lataustavat

Sähköautojen lataus on mahdollista toteuttaa eri lataustavoin, joita esitellään seuraavaksi. Latauslaitteita on erikseen vaihtovirrälle ja tasavirrälle. Suurimmat erot ovat näiden kahden tyyppin välillä. Kuvassa 1 lataustavat 1–3 ovat ylemmän periaatekuvan mukaisia ja lataustapa 4, alemman kuvan mukainen. Kuvasta ilmenee latauksen periaate, eli sähköverkko (GRID) syöttää latausasemaa (EVSE), joka taas syöttää auton latauslaitetta (OBC), joka muuntaa sähkönsä tasavirraksi ja syöttää sen auton akkuun (Battery Pack). Ero on siinä, että lataustavassa 4, latausasema syöttää auton akkua suoraan, sillä sähköä ei tarvitse muuttaa tasasähköksi.



Kuva 1. AC-latauksessa virta menee sähköautossa olevaan muuntajaan, joka syöttää auton akkuun DC -virtaa. DC-latauksessa virta syötetään suoraan auton akkuun. (1.)

2.1 Lataustapa 1

Lataustapa 1 tarkoittaa normaaliin sähköverkkoon liitettävää latauskaapelia. Maksimivirta on 16 A, 1- tai 3- vaiheisena, jolloin maksimiteho on 3,7 kW ja 11 kW. Latauskaapeli kytketään tavanomaiseen schuko -pistorasiaan, joka on 30 mA:n vikavirtasuojan takana. Lataus sopii pientä energiaa vaativiin latauksiin, kuten sähkömopoille, -polkupyörille, -potkulaudoille jne. (2.)

2.2 Lataustapa 2

Lataustapa 2 tarkoittaa latausta standardipistorasiasta, ilman että välillä on latausasemaa. Latauskaapelissa kuitenkin tulee olla latauksen ohjauslaitteet. Lataus tapahtuu korkeintaan 32 A:n virralla, jolloin latausteho on enintään 1-vaiheisena 7,4 kW ja 3-vaiheisena 22 kW. Pistorasioita voivat olla tavalliset kotipistorasiat tai 3-vaiheiseen lataukseen teollisuuspistorasiat. Auton latauskaapeli sisältää ohjausyksikön ja vikavirtasuojan. (2.)

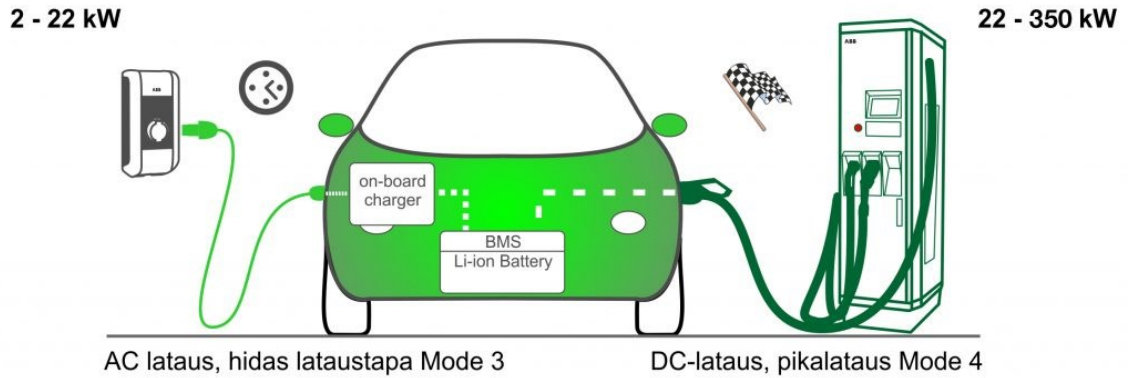
Suosittelavaa on käyttää teollisuuspistorasiaa, jolloin voidaan ladata 32 A virralla, kuten kuvassa 2 oleva latauskaapeli. Tavallisella schuko -kotitalouspistorasiassa maksimivirta on rajoitettu vain 8 A. Tämä johtuu siitä, että kotitalouspistorasiat eivät sovellu pitkäikäiseen käyttöön ja voivat kuumentuessaan aiheuttaa tulipalon, etenkin asennettuna puuseinään. Saatavilla on myös latauskaapeleita, joilla voidaan ladata suuremmalla virralla, mutta tällöin kotitalouspistorasian kunto tulee tarkastaa, mitä vakuutusyhtiöt usein myös vaativat. Lataustapa 2 kutsutaan myös tilapäiseksi lataustavaksi. (2; 3; 4;)



Kuva 2. 3-vaihevoimapistorasiaan kytkettävä lataustavan 2 kaapeli, jossa Type 2 -pistoke, sekä johdossa kiinteästi oleva hallinta- ja suojalaite. (5.)

2.3 Lataustapa 3

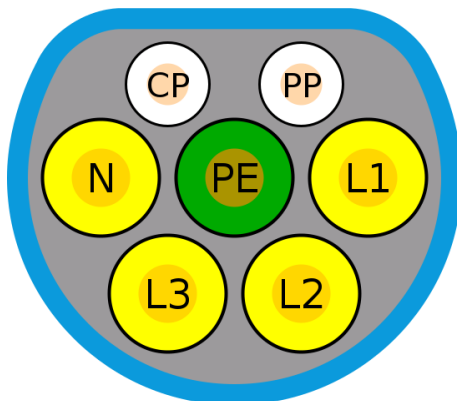
Lataustapa 3 tarkoittaa latausta, joka tehdään kiinteästä latauslaitteesta. Tämä on yleisin lataustapa, jota kutsutaan myös peruslataukseksi. Latausvirta on 6-63 A ja latausteho on 1,4–43 kW. Kuvassa 3 on havainnollistettu lataustapojen 3 ja 4 toiminnan eroja sähkönsyötön ja latauslaitteiden koon osalta.



Kuva 3.AC- ja DC-latauksen ero. Lataustapa 3 lataa auton laturin kautta akkua ja lataustapa 4 lataa suoraan auton akkua. (6.)

Pistorasiana käytetään SFS EN 62196-2 mukaista 3-vaihiesta pistorasiaa, yleisimmin Type 2 -pistorasiaa, joka on esitetty kuvassa 4. Type 2 mahdollistaa myös 1- vaiheisen latauksen. Latauspistorasiassa tulee olla tiedonsiirtoväylä, joka mahdollistaa auton kommunikaation latausaseman kanssa. Latausasema varmistaa auton oikean kiinnittymisen tiedonsiirtoväylän avulla, jolloin pistoke vasta tulee jännitteiseksi. (2.)

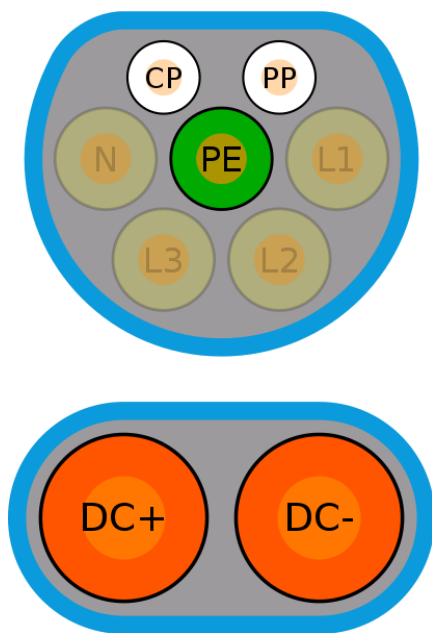
Tiedonsiirtoväylä kertoo latausasemalle auton akun varaustiedon, mikä on hyödyllistä kuormanhallinnassa, koska tällöin voidaan priorisoida autoja halutulla tavalla. Lataustapa 3 on yleisin latausjärjestelmä, joka sopii useimpiin kohteisiin. (2; 3.)



Kuva 4. AC-lataukseen tarkoitettu Type 2 -latauspistoke sisältää 7 johdinta. N, eli nollajohdin, PE, eli maadoitusjohdin, L1-L3, PP (Proximity Pilot) ja CP (Connector Pilot) ovat tiedonsiirtoväylän johtimet. Kuva. (7.)

2.4 Lataustapa 4

Lataustapa 4 tunnetaan myös teholatauksena. Syöttö tapahtuu tasavirralla ja tehot ovat satoja ampeereja, jolloin lataustehokin on 50–350 kW välillä, asemasta riippuen. Latausasema on rakenteeltaan hyvin jyrkettä verrattuna muiden lataustapojen asemiin ja sisältää oman muuntajan, syöttäen tasavirtaa suoraan auton akkuun, ohittaen auton oman muuntajan. Lataustapa soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa tarvitaan nopea lataus, esim. kuljetusala tai huoltoasemat suurten teiden varsilla. Kuvassa 5 on lataustavan 4 latauspistoke. (2.)



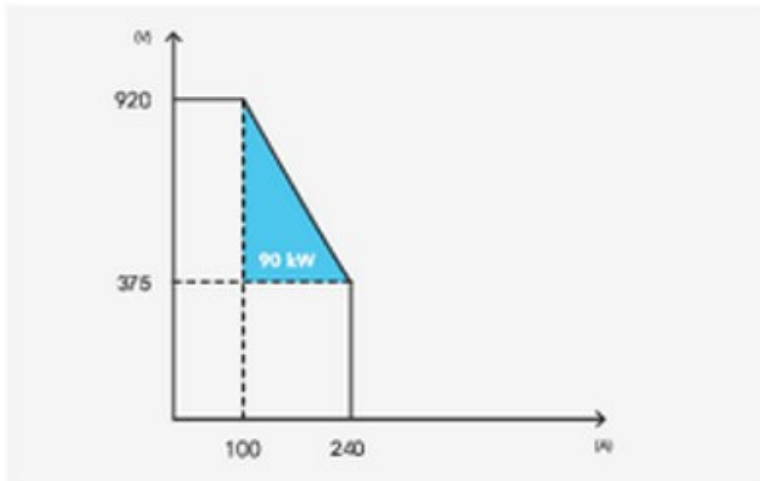
Kuva 5. Pikalataukseen tarkoitettu CCS-latauspistoke. Latauspistoke on kuin Type 2 -latauspistoke, mutta sen alla on kaksi tasavirtakaapelia (DC+ ja DC-). Kuva. (20.)

Latausnopeus on myös kytköksissä auton akun jännitteeseen. Jos halutaan esimerkiksi 90 kW:n latausteho ja auton akun jännite on 375 V, niin tarvitaan 240 A:n virta, mutta jos jännite akussa on 920 V, niin tarvitaan 100 A: virta. Kuvassa 6 esitellään tätä suhdetta. (8.)

DC-pistoke: CCS2

Maks. 90 kW | 100 A @ 920 V

Maks. 90 kW | 240 A @ 375 V



Kuva 6. Auton akun jännitteen ja syötettävän virran suhde haluttuun lataustehoon. (8.)

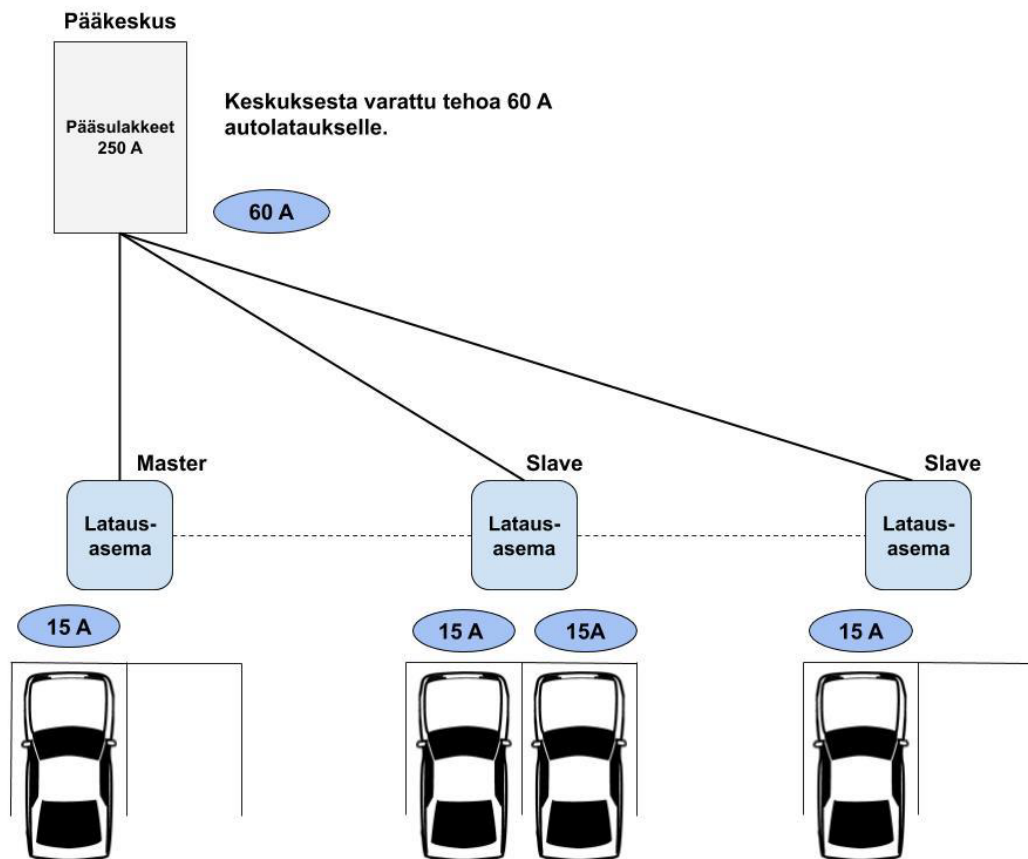
2.5 Kuormanhallinta

Kuormanhallinnan perusperiaate on, että latausasema kertoo ladattavalle ajoneuvolle, kuinka paljon lataustehoa on saatavilla ja ladattava auto ottaa sen verran kuin pystyy tai tarvitsee.

Kuormanhallinta on järkevä ratkaisu useampien autojen latausjärjestelmissä, koska ei ole taloudellisesti järkevää suunnitella latauspaikkaa siten, että jokainen latauspaikka kykenee lataamaan täydellä tehollaan samanaikaisesti. Tällöin tulisi latausjärjestelmä mitoittaa niin, että jokainen latausasema kykenee toimimaan nimellisteholla samanaikaisesti. Tämä ei kuitenkaan ole yleinen tilanne, jolloin järjestelmästä tulisi turhan kallis. Usein se myös vaatisi muutoskohteissa liityntäkaapeleiden uusimista. (2.)

2.5.1 Tavallinen kuormanhallinta

Tavallinen kuormanhallinta toimii siten, että latausjärjestelmällä on tietty teho käytössä, jonka se jakaa latausasemien kesken, tarpeen mukaan. Järjestelmä vaatii latausjärjestelmän, joka kykenee vaihtamaan tietoa ladattavan auton kanssa, jolloin käytettävä teho voidaan jakaa halutulla tavalla. Kuvassa 7 jokaisen auton latausteho on yhtä suuri, joko autojen akun varauksen tai järjestelmän parametrien vuoksi. Tällöin latausvirta jaetaan tasan autojen kesken, mutta mikäli lataavia autoja olisi neljän sijaan kaksi, molemmat saisivat 30 A latausvirran käyttöönsä. (9.)

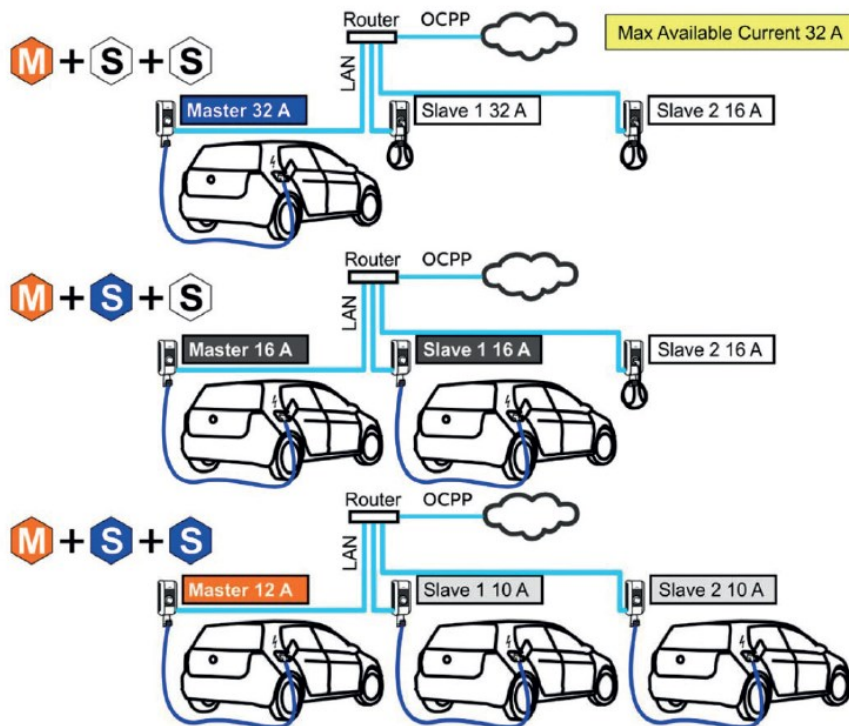


Kuva 7. Master keskus säätelee kaikkien latausasemien tehoa sen mukaan, kuinka monta autoa on latauksessa ja mikä niiden tehontarve on. (10.)

Tähän on saatavilla ohjelmistoja, jotka voidaan ohjelmoida muuttamaan kuormaa haluttujen parametrien mukaan. Esimerkiksi tiettyinä kellonaikoina voidaan vähentää kokonaislataustehoa. Myös säätiedot, esimerkiksi hellerajan ylitys voidaan asettaa parametriksi. Tällä pyritään ottamaan huomioon kiinteistön muu sähkönkulutus, kuitenkin ilman, että asennetaan dynaamisen kuormanhallinnan vaatimia mittalaitteita. Tavallinen kuormanhallinta sopii yleensä muutamalle autolle, koska dynaamisella kuormanhallinnalla saavutettavat edut tulevat pian latausasemien määrän kasvaessa kannattaviksi sijoittaa. Lisäksi dynaamisella kuormanhallinnalla yösähkön hyödyntäminen, sähkön alhaisen hinnan vuoksi, maksaa pian suuremmat investointikulut takaisin. (11; 12.).

2.5.2 Dynaaminen kuormanhallinta

Eroaa tavallisesta kuormanhallinnasta siten, että se kykenee huomioimaan rakennuksen sähkönkulutuksen, jolloin latausjärjestelmän käytettävissä oleva teho muuttuu rakennuksen muun sähkölaitteiden mukaan. Kuvassa 8 esitellään tätä toimintaa. Suurena etuna on se, ettei tarvitse mitoittaa niin suuria kaapeleita rakennuksen syöttöön. Tämä johtuu siitä, että, kun rakennus käyttää vähemmän tehoa, esimerkiksi yöllä, voidaan tällöin vapaa teho ohjata autonlatauksen käyttöön.



Kuva 8. Dynaamisen kuormanhallinnan virran jako autojen kesken, kun autoja on latauksessa eri määrä. Master -latausasema (M) hallinnoi lähiverkossa olevien Slave -latausasemien (S) latausvirtaa, virrantarpeen ja tarjonnan mukaan. (2.)

Vaikka useassa tilanteessa latauslaitteet eivät kykene hyödyntämään täyttä kapasiteettia, tulee kaapelit niihin mitoittaa maksimikapasiteetille, jotta se voidaan hyödyntää, kun mahdollista.

Dynaaminen kuormanhallinta vaatii pääkeskukseen asennettavan kulutusmittarin, joka seuraa jatkuvasti kiinteistön kokonaiskulutusta. Kiinteistön pääkeskukseen kapasiteetti voi esimerkiksi olla 350 A. Klo 14 käytössä on 315 A ja lataukseen jää 45 A. Klo 2.00 taas käytössä on 245 A ja autolataukseen jää tällöin 105 A. Mittari huomioi myös kulutuspiikit, joten latauskapasiteettiä voidaan säätää sen mukaisesti. (10.)

Mittari jakaa nämä kuormitustiedot hallintajärjestelmälle verkkokaapelilla tai langattomalla yhteydellä. Hallintajärjestelmä voi olla pilvipohjainen tai kiinteistön omassa verkossa oleva hallintalaite. Pilvipohjainen hallinta toteutetaan

useimmiten OCPP-protokollalla, jota useimmat palveluntarjoajat tarjoavat. Maksujärjestelmä mahdollistaa useita erilaisia sovelluksia, kuten mahdollisuuden maksaa lisämaksun korkeammasta lataustehosta, kun kysyntä on suuri. (9; 6.)

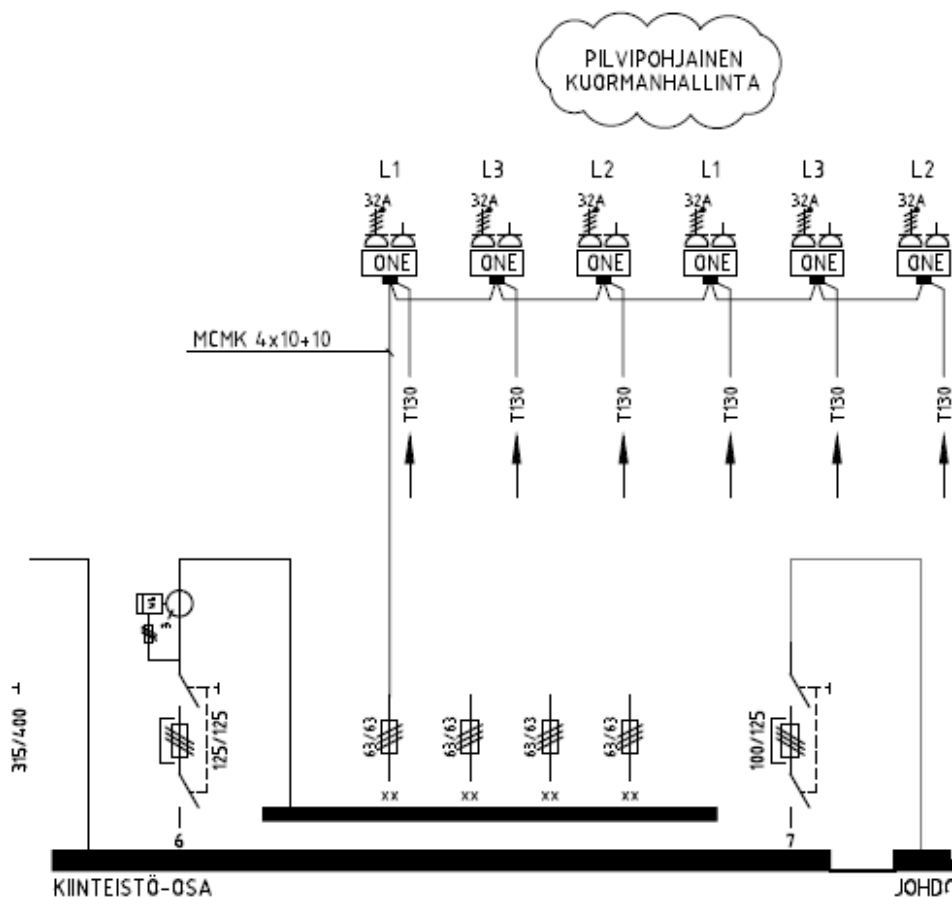
Hallintalaite ohjaa käytössä olevan kapasiteetin jakamisen autoille. Latauskapasiteetin jako voidaan tehdä usein eri perustein, kuten aiemmin mainittu mahdollisuus maksaa lisäkapasiteetista. Lataustehoa voidaan myös muuttaa aikaperusteisesti, eli ladata silloin kun vapaata kapasiteettia on paljon verkossa ja sähkön hinta on halpaa. Taulukossa 1 esitellään laadittua tietoa Suomen sähkön hinnasta eri kellon aikoina.

Taulukko 1. Sähkön hinta eri aikoina suomen sähköverkossa. (28.)

Pvm.	Hinta (€/MWh)			
	yö 2:00	töihin lähtö 8:00	kotiintulo 18:00	ilta 22:00
19.10.2021	15,00	109,00	150,00	95,00
20.10.2021	5,70	78,50	85,00	16,60
21.10.2021	11,10	96,00	84,10	70,10
22.10.2021	13,90	86,70	82,70	18,30
23.10.2021	12,20	88,10	132,70	123,20
24.10.2021	29,30	21,10	67,90	15,80
25.10.2021	14,50	102,80	121,90	59,80
Keskiarvo	14,53	83,17	103,47	56,97

Taulukosta nähdään, että sähkönhinnan keskiarvo klo 2.00 yöllä on moninkertaisesti edullisempi verrattuna päiväsaikaan, kun on enemmän toimintaa. On taloudellisesti järkevää ladata auton akkuja yöllä sekä harkita investointia suurempaan lataustehoon, jotta voidaan maksimaalisesti hyödyntää yösähkön tuoma säästö.

Kuormanhallinta voidaan toteuttaa siten, että kuorman säätö tapahtuu latauslaitteella tai niin, että latauksen jakokeskuksessa rajoitetaan kuorman suuruutta. Kuvassa 9 latausasemien syöttö on ketjutettu ja jokainen asema on yhdistetty internetiin. Latausasemat lähettävät mittaustiedot pilveen, josta tulee tietoa latausasemille, kuinka suurella latausteholla ne voivat ladata. (9.)



Kuva 9. 22kW latausasemia ketjutettuna pilvipohjaisella kuormanhallinnalla. (9.)

Hyödyt ja haitat

Dynaaminen kuormanhallinta on toimiva vaihtoehto muutoskohteeseen, sillä latausasemat voidaan todennäköisesti asentaa ilman muutoksia rakennuksen liittytäkapeleihin, tai ainakin pienemmällä muutoksilla. Kuormanhallinnan mahdollistama joustavuus on myös hyödyllinen uudiskohteisiin.

Käytännön hyötyjä ovat latauksen ajoitus, sähkön hinnan mukaan, lataamalla silloin, kun sähkön hinta on alimmillaan. Joskus sähkön hinta voi olla myös negatiivinen, kuten yöllä 5.4.2021 (13.). Lisäksi dynaaminen kuormanhallinta auttaa tasapainottamaan sähköverkkoa, etenkin kun tulevaisuudessa siirrytään enemmän tuuli ja aurinkoenergiaan, joiden energiantuotanto voi vaihdella voimakkaasti. (2.)

Dynaamisen kuormanhallinnan negatiiviset puolet ovat lähinnä laitteiden korkeampi hinta. Kalliimpien laitteiden lisäksi, se vaatii ohjelmiston sen käyttöön, mikä lisää kustannuksia pitkällä aikavälillä. Suoraan lataukseen verrattuna kuormanhallinta ei ole käyttäjälle yhtä ennustettava, koska ei ole mahdollista luottaa, milloin saat täyden lataustehon. Tämän vaikutus on erittäin suuri lyhytkestoisessa latauksessa. Tämän vuoksi kuormanhallinta sopii parhaiten kohteisiin, joissa autot ovat pidempään latauksessa kerrallaan, eikä esimerkiksi pikalataus- asemille. (2.)

2.6 Kahdensuuntainen lataus

Kahdensuuntainen lataus tai ns. vehicle-to-grid-lataus mahdollistaa sähköauton akun käytön energian varastointiin ja sen syöttöön takaisin verkkoon. Tämä on hyödyllistä siksi, että auton akkuun voi ladata sähköä yöllä, jolloin se on halpaa ja syöttää sitä verkkoon, kun sähkön hinta on ylhäällä, mikä luo taloudellisen kannustimen yösähkön varastointiin auton akkuun. Autot kuitenkin seisovat 95 % niiden elinkaaresta, joten ne voivat myös toimia akkuina sähköverkolle. (14.)

Kahdensuuntainen lataus on myös tulevaisuudessa tärkeässä roolissa, kun pyritään päästöttömään energiantuotantoon. Tuuli- ja aurinkovoiman lisääntyessä, verkon tasapainossa pitäminen tulee haasteellisemmaksi, mikä luo kysyntää energian varastointiin. (15.)

Kahdensuuntaisen latauksen mahdollistavat autot ovat hintansa puolesta kilpailukykyisiä. Niitä tarjoaa vuonna 2021 Nissan, Renault ja Mitsubishi. Valtaosa

valmistajista on tuomassa kahdensuuntaista latausta omiin automalleihinsa lähitulevaisuudessa. Yhden hintavertailun mukaan verrannollisista täyssähköautoista kahdensuuntaisella latauksella varustettu maksaa noin 850 € enemmän. (1.)

Merkittävä ero kahdensuuntaiseen lataukseen kykenevillä autoilla tavanomaisiin sähköautoihin verrattuna on akuston hallintalaitteiston monimutkaisuuden lisääminen. Autoon tulee uusia turvallisuusriskejä, jotka vaativat lisää sensoreita. (1.)

Akkujen kuluminen on toinen suuri haaste. Kun akkua ladataan ja tyhjenetään, sen kapasiteetin koko pienenee näiden syklien aikana. Akun kapasiteetin pienemiseen vaikuttaa kuitenkin useat asiat, kuten kuinka suureen tai pieneen varaukseen sen annetaan mennä. Pysymällä tiettyjen varausmäärien, esim. 20 % ja 80 % välillä, pystytään akun elinikää pidentämään. Myös lataus ja syöttötehon suuruus vaikuttaa akun elinikään. (16.)

Yhden tutkimuksen mukaan, se voi myös pidentää akun elinikää. Simulaatioissa on huomattu, että mikäli auton akun energiasta käytetään 21–38 % ajossa, sen jälkeen, kun syöttää vielä 6–40 % akun energiasta pois akusta, voidaan akun energiakapasiteetin pienenemistä hidastaa 6 % 3kk aikana. (16.)

3 Sähköautojen latausasemien suunnittelu

Suunnittelussa on otettava useita asioita huomioon. Aluksi on selvitettävä lähtötiedot: millainen kohde on kyseessä, sähköautolatauksen kapasiteetin tarve ja haluttu latausteho ja -tapa. Tässä on huomioitava, mitä autoja tullaan käyttämään.

Mikä on nykyisen järjestelmän kapasiteetti ja onko se riittävän iso lataukselle? Otettava myös huomioon liittymisjohtojen kunto. Autojen maksimilatausteho vaihtelee suuresti latausmallien mukaan taulukossa 2 esitetysti, mikä otettava huomioon miettiessä suurinta lataustehoa. On toki

muistettava, että autot vaihtuvat ajan myötä ja uudemmissa autoissa on suurempi mahdollinen latausteho. (12.)

Taulukko 2. Eri sähköautomallien suurimpia lataustehoja (29.)

Sähköautomalli	Sähköauton suurin AC-latausteho	Lisättyjen kilometrien määrä per la-
Nissan LEAF	3,3 kW / 6,6 kW	18 km / 35 km
BMW i3	7,4 kW	40 km
Volkswagen e-Golf	3,6 kW / 7,2 kW	19 km / 39 km
Tesla Model S	10 kW / 20 kW	47 km / 93 km
Tesla Model X	10 kW / 20 kW	47 km / 93 km
Kia Soul EV	6,6 kW	35 km
Mitsubishi i-MiEV	3,3 kW	18 km

Lataustyyppien lisäksi latausasemia on neljä perusominaisuuksiltaan erilaista vaihtoehtoa, jotka tulee valita kohteen käyttötarkoituksen ja koon mukaan. Näitä havainnollistetaan taulukossa 3.

Taulukko 3. Latausjärjestelmän perusratkaisut

Vaihtoehto	Kuormanhallinta	Käyttäjätunnistautuminen
1		
2	x	
3		x
4	x	x

3.1 Lait ja määräykset

Suomessa SFS 6000 -standardisarja on velvoittava kaikille pienjännitesähköasennuksille, ja sähköautojen lataukselle on oma standardi SFS 6000-7-722. (17.)

Lisäksi Suomessa on ”Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla, sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä”. (18.) Huomionarvoista suunnittelun kannalta on, että parkkipaikoille asennetaan lainmukainen minimimäärä kaapeleita mahdollisia tulevia latauspaikkoja varten. Minimimäärä riippuu parkkipaikan koosta, mikä tulee tarkistaa laista.

Laista tulee myös tarkistaa määritelmät, jotta ymmärtää annetut määräykset sen tarkoittamalla tavalla. Esimerkiksi asuinrakennus on määritelty laissa hyvin tarkasti, seuraavalla tavalla. Asuinrakennuksella tarkoitetaan: ”...asumiskäyttöön tarkoitettua rakennusta, jonka kerrosalasta vähintään puolet on asumiskäytössä”. (18.)

Asuinrakennukset, joihin tulee yli neljä pysäköintipaikkaa, tulee asentaa latauspistevalmius jokaiselle pysäköintipaikalle. Latauspistevalmius tarkoittaa: ”...putkitusta tai muita johtoteitä, joihin voidaan myöhemmin asentaa tarvittava kaapelointi sähköajoneuvojen latauspisteitä varten, sekä kaapelointia sähköajoneuvojen latauspisteitä varten”. Taulukoissa 4 ja 5 esitetään vaadittavien autopaikkojen määrä. Tarkemmat tiedot löytyvät laista. (18.)

Taulukko 4. Vaadittavien latauslaitteiden määrän muiden kuin uudisasuinrakennusten autopaikkojen mukaan.

Autopaikkojen määrä	Latauslaite
11–50	1 normaali tai 1 suurteho
51–100	2 normaali tai 1 suurteho
100	3 normaali tai 1 suurteho

Taulukko 5. kertoo vaadittujen latauspistevalmiuksien määrän autopaikkojen mukaan, muille kuin uudisasuinrakennuksille.

Autopaikkojen määrä	Latauspistevalmius määrä
11–30	50 %
yli 30	20 %, mutta vähintään 15 paikkaa

Kaikissa nykyisissä rakennuksissa, paitsi asuinrakennuksissa, on omistajan huolehdittava, että kiinteistöllä on vähintään yksi latauspiste viimeistään 31.12.2024.

Standardi myös määrittää, että latauspisteiden suojaus tulee toteuttaa vähintään 30 mA:n A-typin vikavirtasuojalla ja 6 mA tasasähkövikavirran tunnistavalla katkaisulaitteella tai B-typin vikavirtasuojalla. (17.)

3.2 Latausjärjestelmän mitoitus

Latausjärjestelmän mitoituksessa tulee aluksi arvioida tarvittava latauskapasiteetin määrä, minkä jälkeen tulee arvioida sähkönjakelun kapasiteetin riittävyys. Kapasiteetin riittävyyden voi selvittää ST 13.31 -kortin mukaisesti. Nykyinen kapasiteetti voidaan myös selvittää kysymällä jakeluyhtiöltä kiinteistön huipputehoarvoja. Niihin ei voi silti täysin luottaa, sillä jakeluverkkoyhtiöt ilmoittavat jokaisen tunnin keskiarvon, hetkellisen huipputehon sijaan. Latauksen syöttökaapeleiden mitoituksessa käytetään tasauskerrointa 1, mikäli ei valita kuormanhallintaa. Taulukossa 6 asuinrakennuksen ja taulukossa 7 toimistorakennuksen mitoituskaavat, joita voidaan hyödyntää, kun mitoitetaan kapasiteettiä latausasemille.

Taulukko 6. Asuinrakennuksen mitoituskaavat (19.)

Asuinrakennus	Huipputeho (kW)	Huomatuksia
Kerros- ja rivitalos		A on kerrosala (m ²)
- ilman kiukaita	$B = 65 \text{ Kw}$ $P_h = B + 17 * A \frac{A}{1000}$	Yhtälöt soveltuvat kohteisiin, joissa vähintään 15 asuntioa ja kerrosala väh 2500m ² . Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla $B_x = (A_{tod} / 2500) * B \geq 30$
- huoneistokohtaiset sähkökiukaat	$B = 95 \text{ Kw}$ $P_h = B + 24 * A \frac{A}{1000}$	
Pienet rivitalot		A on lämmitetty pinta-ala (m ²)
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 30 + 26 * A \frac{A}{1000}$	
- suora sähkölämmitys, kiuas	$P_h = 30 + 64 * A \frac{A}{1000}$	- käyttöveden lämmitys jatkuvasti ja yöllä
- suora sähkölämmitys	$P_h = 30 + 49 * A \frac{A}{1000}$	- käyttöveden lämmitys yöllä
Omakotitalot		A on lämmitetty pinta-ala (m ²)
- ei sähkölämmitystä, mutta sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 26 * A \frac{A}{1000}$	
- suora sähkölämmitys ja sähkökiuas	$P_h = 7,5 + 49 * A \frac{A}{1000}$	- käyttöveden lämmitys jatkuvasti ja yöllä
- suora sähkölämmitys	$P_h = 7,5 + 49 * A \frac{A}{1000}$	- käyttöveden lämmitys yöllä

Mitoitus toimistorakennuksissa eroaa asuinrakennuksesta, siten että kaikki järjestelmät lasketaan erikseen. Järjestelmät, joiden tehontarpeessa on suurta vaihtelua, lasketaan aina erikseen. Sellaiset järjestelmät, kuten valaistus ja pistorasiat, joissa ei ole niin suurta vaihtelua tehontarpeessa yksittäisten asennusten välillä, niin voidaan laskea pinta-alan mukaan. (19.)

Taulukko 7. Esimerkki toimistorakennuksen mitoittamisesta. (19).

Esimerkki 5000 m² toimistorakennuksen pienjänniteliittymän mitoittamisesta

Laiteryhmä	Laiteryhmän nimellisteho, kW	Laiteryhmän nimellistehon tasauskerroin (K11)	Laiteryhmien keskinäinen tasauskerroin huipputehon mitoitusshetkellä (K12)	Mitoittava teho, PM, kW	Huomiot
Valaistus	29	0,7	0,2	4,0	Valaistuksen kokonaisteho on laskettu neliötehojen mukaan seuraavasti: Kellari 500 m ² × 4 W/m ² = 2 kW sekä kerrokset 1 ja 2, 4500 m ² × 6 W/m ² = 27 kW.
Ilmanvaihtopuhaltimet	60,0	0,8	1,0	48,0	SFP = 2,0 kW/m ³ /s, ilmamäärä 30 m ³ /s
Lämmitys	50,0	0,8	0,0	0,0	LVI-kojeluettelon mukaan
Koneellinen jäähdytys	70,0	0,8	1,0	56,0	LVI-kojeluettelon mukaan
Muut LVI-laitteet	8,0	0,9	0,0	0,0	Oviverhokojeet, 4 kpl
Pistorasiakuormat, tietotekniikka	14,0	0,8	1,0	11,2	Huonekorttien mukaisesti
Pistorasiakuormat, muut	17,5	0,3	0,2	1,1	Huonekorttien mukaisesti
Keittölaitteet	122,0	0,5	0,3	18,3	Henkilöstöravintolassa 200 annosta/päivä, 0,61 kWh/annos
Sähkölämmitykset	4,3	0,9	0,0	0,0	Rännien sulanapito, 120 m, 36 W/m
Aluesähköistyksen kuormat	2,1	1,0	0,0	0,0	Pihan ja julkisivun valaistukset
Hissi	2,5	1,0	0,5	1,25	
Autolämmityspaikat	40,0	0,8	0	0,0	20 paikkaa, 2000 W/paikka
Sähköautojen latauspaikat	66,7	1,0	1,0	66,7	10 "älykästä" latauspaikkaa, 200 km toimintasäde kuuden (6) tunnin kerralatauksella, 200 km 0,20 kWh/km × 10 / 6 h = 66,7 kW
YHTEENSÄ	498,6			206,6	41 W/m²
Mitoittava sähköteho				227	Huomioidaan laajennusvaraus (tässä kohteessa 10 %) kohdassa 4.4 esitetyllä mitoittavan sähkötehon kaavalla. 1,1 × 206,60 kW = 227 kW

Laiteryhmän sisäinen tasauskerroin (K11) avulla ilmaistaan, kuinka paljon laityeryhmän laitteista on enimmillään käytössä samanaikaisesti. Esimerkiksi kaikki valaistukset ovat harvoin käytössä samanaikaisesti täydellä tehollaan.

Laiteryhmien keskinäisen tasauskerroin (K12) avulla ilmaistaan laityeryhmien väliset vuorovaikutussuhteet huipputehon mitoitusshetkellä. Tasauskerroin K12 arviointiperusteita esimerkissä:

Huipputehon ajankohta saadaan jäähdytyksen ja sähkölämmityksen huipputehoja vertailemalla. Sähkölämmityksen mitoituksessa huomioidaan tehoarvoltaan suurempi.

Esimerkin tapauksessa huipputeho saavutetaan kesäaikaan iltapäivällä, jolloin

- jäähdytystehot ovat suurimmillaan ja lämmitykset pienimmillään
- keittiön käyttöaste on aamupäivää pienempi
- valaistustarve on talviaikaa vähäisempi (talvella 0,7, kesällä 0,2)
- autoja ei lämmitetä, mutta sähköautoja ladataan.

HUOM. Suunnittelijan on tasauskerroimia määrittäessään tunnistettava, miten eri laitteet toimivat ja millaisia niiden käyttösyklit ovat.

ST kortissa 13.31 on lisäksi useimmille rakennustyypeille, erityyppisille huoneille ja tiloille, kuten vessat, kahvilat, aulat jne. neliömetrilliset tehoarviot. Lisäksi kaikki keittiö ja kodinhoitolaiteet on luokiteltu maidonannostelijasta taikina-koneeseen ja kuivausrumpuun. (19.)

Kuormanhallinnan kanssa mitoitus on monimutkaisempaa. Tällöin tasauskerointa voidaan pienentää oman arvioinnin mukaan, sekä käyttää kokemusperäistä tietoa ja kaavoja apuna. Kuormanhallinnan kanssa tulee tietää, kuinka paljon jokaisen latauslaitteen kapasiteetin tulee olla, kun kaikki asemat ovat yhtä aikaa käytössä ja mihin kellonaikoihin tämä tilanne oletetaan. Muina aikoina, kun kapasiteettia on vapaana, saadaan yhdestä asemasta suurempi latausteho. (2.)

Kaikkien latausasemien välillä ei ole mahdollista tehdä kuormanhallintaa, mutta esim. saman tehoisten latauslaitteiden välillä se on järkevää. Esim. kuusi kappaletta 3,6 kW lataustavan 2 latauspistettä on kuormanhallinnassa keskenään ja 12 kpl 22 kW lataustavan 3 latauspistettä on keskenään. Tämä sen vuoksi, että niiden tehon syöttö on niin erisuuruista.

Kaavalla 1 (2.), voidaan laskea vaadittava teho käytettäessä kuormanhallintaa.

$$P = \frac{n \cdot 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \cdot s}{t} \quad (1)$$

P on latausjärjestelmälle varattava kokonaisteho

n on kyseisen mitoituksen automäärä (kpl)

s on haluttu toimintasäde latauksen aikana (km)

t on keskimääräinen latausaika (h)

Kaavassa 1 oleva vakio 0,2 kWh/km perustuu oletamaan, että keskiverto sähköautoilija tarvitsee 20 kWh verran energiaa ajaakseen 100 km. Alla olevissa taulukossa 7 on laskettu tulevat neljällä eri automäärällä, käyttäen kaavaa 1, kun haluttu toimintasäde latausaikana on 200 km ja latausaika on 10 h.

Taulukko 7. Kokonaislatausteho eri automäärillä, laskettuna kaavalla 1.

Automäärä (kpl)	8	16	32	64
Kokonaisteho (kW)	32	64	128	256

Kaavalla saadaan vähimmäislatauskapasiteetti. Tätä tulee tarkastella suhteessa kiinteistön huipputehohon, jotta selviää, kyetäänkö vähimmäislatauskapasiteetti saavuttamaan kaikkina aikoina. Huiput yleensä ajoittuvat talven pakkasiin ja kesän helteisiin. Mikäli vähimmäislatauskapasiteetti ei täyty huipputehon aikana, joudutaan kiinteistön huipputehoa kasvattamaan. Huomioitavaa on myös, että lataustehon tulisi olla pistettä kohti vähintään 2 kW, vaikka latauspistekohtainen teho vaatimus kaavan mukaan olisi sen alle. Tämä sen vuoksi, että osa autoista ei lataa pienemmällä teholla. (11; 2.)

Kaavaa käytettäessä haluttu toimintasäde tulee selvittää käytön mukaiseksi. Apuna voi käyttää tutkittua tietoa, esimerkiksi Traficomin liikennetutkimuksia keskiarvoisista ajomääristä alueittain Suomessa. (2.)

Kohteessa voidaan käyttää kuormanhallinnan ohella myös suoria latauksia, joiden teho tulee lisätä huipputehohon. Tämä voi olla järkevää esimerkiksi, jos kohteeseen tulee esim. lataustavan 3 asemia useita ja niiden lisäksi halutaan lataustavan 4 pikalatausasema. Pikalatausasema voidaan ajatella prioriteetiksi, jolloin sille täytyy olla aina täysi kapasiteetti ja hitaammat latausasemat laskevat kuormiansa tarvittaessa. (2.)

Mikäli nykyinen kapasiteetti ei riitä, voidaan joutua kasvattamaan liittymää. Kuormanhallinta on toki hyvä keino selvittää ilman liittymän kasvattamista, mutta jossain vaiheessa senkin raja tulee vastaan. Helenillä esimerkiksi 300 A:n liittymän hinta on jo 13500 euroa (alv 0 %). Täten joissain tapauksissa on järkevää alimitoittaa latauslaitteet, mikäli ei ole näkyvässä tulevaisuudessa paikkojen lisäystä. Tämä tulee sopia tapauskohtaisesti, mutta etenkin taloyhtiöissä asukkaiden yhdenvertaisuus olennaista, joten tärkeä huomioida 2 kW:n vähimmäisteho vaatimus, että kaikki vähintään pystyvät lataamaan autojansa. (20.)

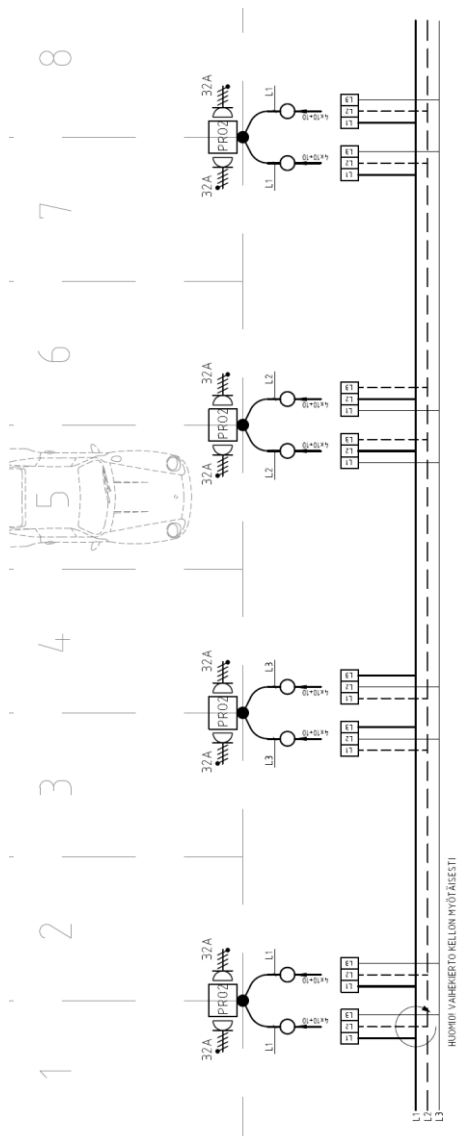
3.2.1 Jakelu ja kaapelin mitoitus

Jakelu tapahtuu yksinkertaisesti syöttökaapeleilla, mikäli ei ole kuormanhallintaa tai maksujärjestelmiä, jotka vaativat lisäksi datayhteyden. Markkinoilla on

myös virtakiskoja, jotka voivat tuoda muokattavuutta kaapelointiin. Lattakaapeli voi olla myös vaihtoehto muutoskohteeseen, kun tehdään pinta-asennuksia.

(21.)

Latausasemia suunniteltaessa on huomioitava vaihekierto. Eli, vuorotellaan kaikkien kolmen vaiheen välillä latausasemien syötoissä, jotta vältetään vino-kuorman mahdollisuus. Tämä myös 3-vaihelatureissa, kuten kuvan 10 sähköpiirustuksessa, sillä osa autoista on kykeneviä lataamaan vain 1-vaiheisena. Muuten autot voisivat kuormittaa yhtä vaihetta liikaa aiheuttaen vinokuorman.

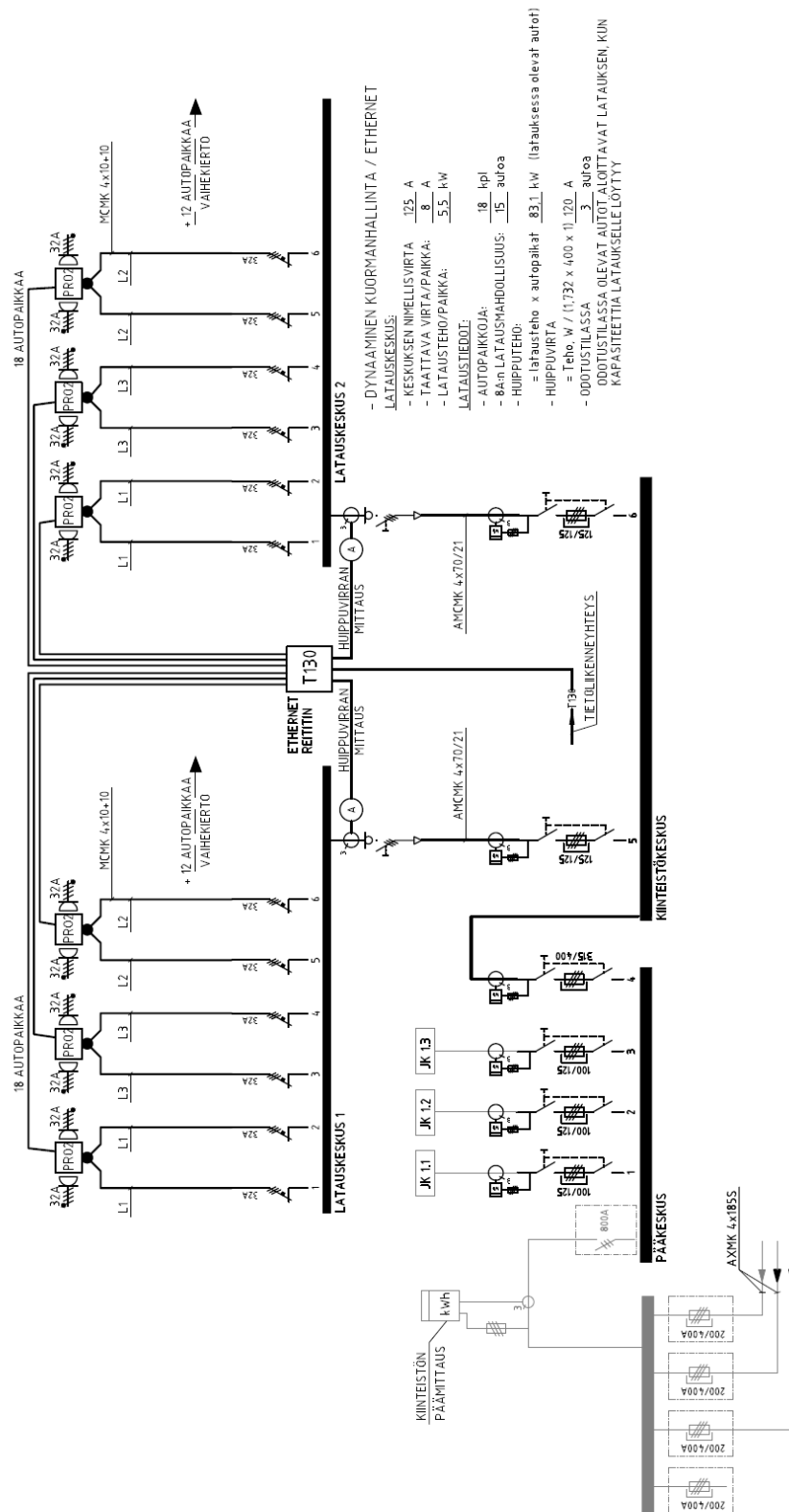


Kuva 10. Vaihekierto kellonsuuntaisesti. Jokaiseen latausasemaan liitetään 3-vaihejohdin, joiden vaiheita kierrätetään 1–2–3, 2–3–1 jne. (9.)

Jakelussa etäisyydet tulee ottaa myös huomioon. Kokemuksesta saatu nyrkki-sääntö on, että mikäli kymmenien latauspisteiden ryhmäjohtot ovat yli 50 m pitkiä, on järkevämpää tehdä lisää keskuksia kuin käyttää paksumpia kaapeleita. (2.)

On suositeltavaa, että maahan tulevat kaapelit asennetaan suojaputkiin, joiden on hyvä olla hieman ylimitoitettut, jotta voidaan vaihtaa suuremmat kaapelit tulevaisuudessa. Tulee myös selvittää tulevaisuuden laajennusmahdollisuudet ja suunnitella lisäputkia tulevia laajennuksia ajatellen. (2.)

Lisäksi tulee huomioida, mikäli latausasemassa on useampi latauspiste, että vaatiiko se syöttökaapelin jokaiselle pisteelle erikseen vai syöttääkö yksi kaapeli kaikkia latausaseman aseman pisteitä. Latausasemia voidaan myös ketjuttaa yhdestä suuremmasta lähdöstä. Kuvassa 11 esitetään laajemmin sähköauton latausjärjestelmää, kaavion muodossa.



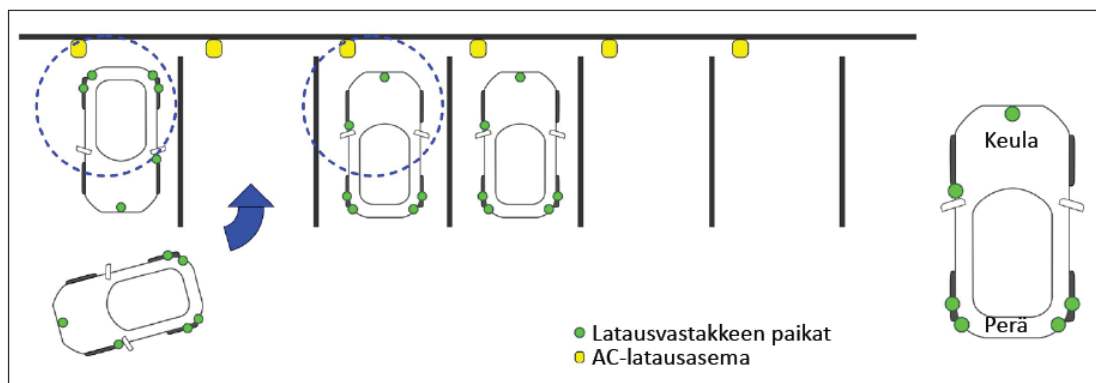
Kuva 11. Sähköautonlatausjärjestelmän toteutuksen järjestelmäkaavio 22 kW 3-vaihesyötöllä. (9.)

Kuvassa 11 on esimerkki sähköauton latausjärjestelmäkaaviosta, jonka avulla on hyvä havainnollistaa kokonaisuutta. Kaaviossa kuvataan pilvipohjaisella dynaamisella kuormanhallinnalla toteutettu latausjärjestelmä. Jokainen latauspiste saa oman syöttönsä latauskeskuksesta vikavirtasuojan takaa. Joissain latauspisteissä vikavirtasuoja voi olla myös latauspisteessä. Kuormanhallinta toteutetaan OCPP-protokollalla, jolloin jokaisella latausasemalla on verkkoyhteys.

Dynaaminen kuormanhallinta mahdollistaa, että mitoitus on 5,5 kW per paikka, mutta jokaisen pisteen maksimi latausteho on 22 kW.

3.3 Latauspisteen sijoitus

Usein autojen latauspistoliittimen paikka sijaitsee joko auton sivulla, jossa yleensä on tankkausaste, tai sitten keulassa. Kuitenkin latauskaapeli on sen verran pitkä, että latauspisteen voi sijoittaa melko vapaasti. Yleensä edestä katsottuna parkkiruudun vasempaan reunaan, kuten kuvassa 12. (2.)



Kuva 12. Latausaseman suositeltu sijoituspaikka sekä autojen tyypilliset latausvastakkeiden sijainnit. (2.)

Latauslaite suositellaan sijoittamaan sisälle tai katokseen. Mikäli latauslaite sijaitsee ulkona, on sen oltava IP44. Latauspistorasian tulee olla 0,5–1,5 m korkeudessa. Iskunkestävyyden tulee olla vähintään IK07, mutta julkisilla paikoilla ja pysäköintialueilla sen tulee olla IK10. Julkisilla paikoilla tarkoitetaan tässä

yhteydessä alueita, mihin kaikilla ihmisillä on valvoton pääsy kaikkina aikoina. (2;18.)

Huomioitavaa on myös, se onko latauspiste johdon päässä, vai onko laitteessa pistoke, johon laitetaan käyttäjän oma johto. Mikäli latauspisteet ovat johdon päässä, täytyy pitää huolta, ettei johto putoa maahan. Tämä on syytä huomioida etenkin julkisissa latauspisteissä, joissa käyttäjät voivat olla välinpitämättömiä vrt. omia laitteita kohtaan. Lisäksi talvella, mikäli latauspistoke roikkuu maassa, se jäätyy ja menee käyttökelvottomaksi. Hyvä johdon päässä oleva latauspistoke on takaisin keräytyvä tai ainakin pistokkeelle tulee olla selkeä ja turvallinen paikka. (18.)

3.4 Laskutus ja tunnistuspalvelut

Useissa kohteissa laskutus on tärkeää, että latausmaksu menee käytön mukaan. Taloyhtiö on hyvä esimerkki, jossa sähkö tulee taloyhtiön keskukselta ja latauspistettä käyttävät useat ihmiset, niin tarvitaan laskutuspalvelu, jotta latauksen kulut jakautuvat sitä käyttäville.

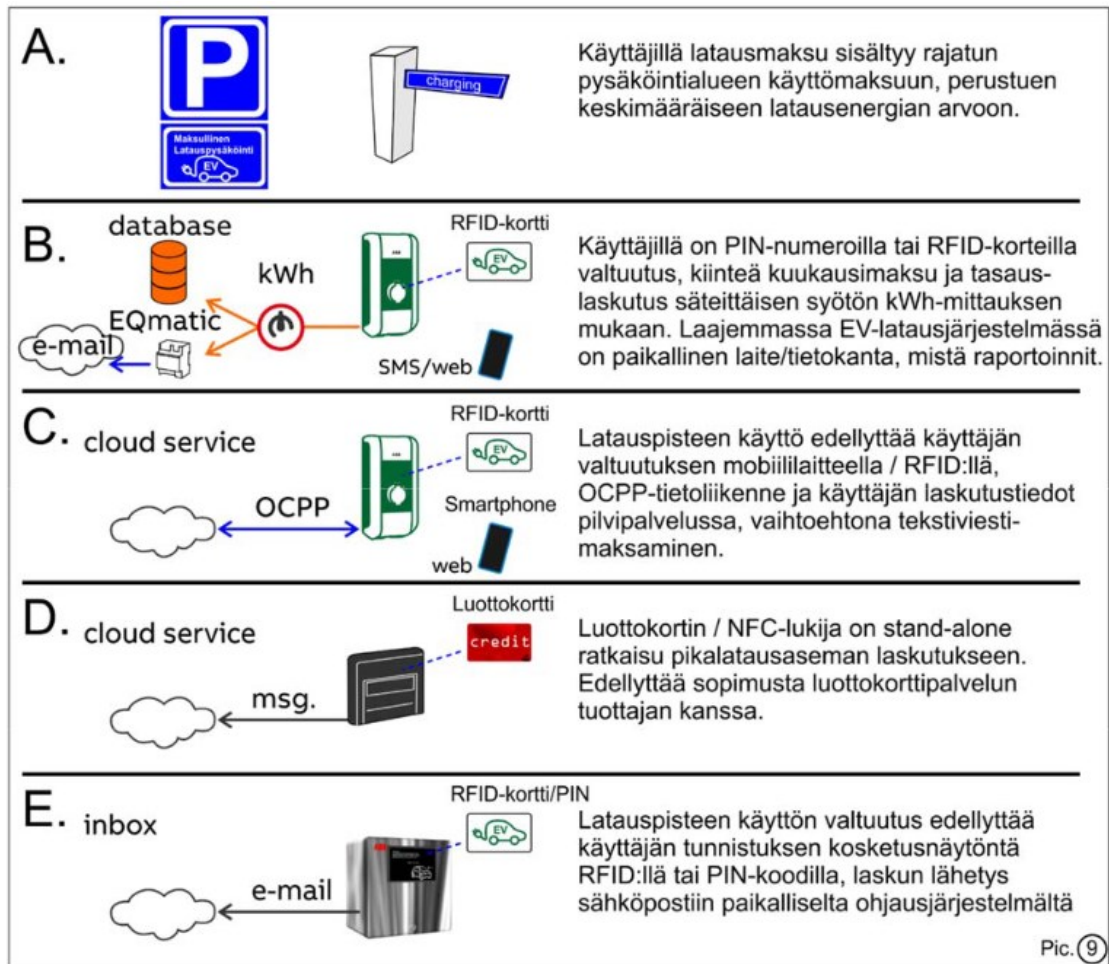
Kuitenkin joissain tapauksissa halutaan tarjota vapaa lataus. Esimerkiksi ostoskeskus tai kauppa voi tarjota ilmaisen sähköauton latauksen houkutellessaan asiakkaita. Tällöinkin voidaan tarvita datayhteys, jos halutaan kerätä tietoa latauslaitteista, esimerkiksi asiakaskäyttötutkimisen tutkimiseen.

Laskutuslaitteet vaativat nettiyhteyden, joka voidaan tehdä CAT kaapelilla tai mobiiliverkon välityksellä. Mobiiliverkko on vähemmän työläs asentaa, mutta ei toimi kaikissa paikoissa. Esimerkiksi maan alla mobiiliverkko ei toimi luotettavasti, joten siellä tulee käyttää tiedonsiirtokaapelia.

3.4.1 Erilaiset laskutuspalvelut

Sähköautojen latausjärjestelmää suunniteltaessa tulee myös päättää, kuka maksaa lataamisen. Laskutus voidaan hoitaa usein eri tavoin ja se voidaan

kohdentaa joko suoraan lataajalle tai jollekin muulle taholle. Myös laskutuksen toteutus voidaan hoitaa joko ulkoisella palvelulla tai käyttäjä voi hoitaa sen itse. Kuvassa 13 esitellään eri tapoja laskuttaa ja kohdentaa laskutus eri tahoille, joista seuraavaksi kerrotaan. (6; 2.)



Kuva 13. Erityyppiset latauspalvelutoteutukset. (6.)

A-tyyppi. Kaikki latauslaitteiden käyttäjät maksavat saman summan, riippumatta siitä, kuinka paljon he käyttävät latauslaitteita. Laskun voi myös maksaa yksi taho, esim. kauppakeskus, joka tarjoa asiakkailleen ilmaisen latauksen. Käyttäjäkuntaa voidaan rajoittaa esim. alueelle pääsillä. (6.)

B-tyyppi. Kiinteistöön hankitaan tietokanta ja mittauslaitteet jokaiselle yksittäiselle latauslaitteelle. Kiinteistön haltija hoitaa mittauksen, laskutuksen ja käytön

valtuuttamisen. Mittauspalveluita saa valmistajilta ja ne ovat edullisempia, kuin laskutuspalvelut, mutta laskutus jää sitten kiinteistön haltijan hoidettavaksi. Sopii hyvin esim. taloyhtiöön, missä laskutus voidaan tehdä vuokranmaksun yhteydessä. (6.)

C-tyyppi. Kiinteistö hankkii latausaseman. Latauksen hoitaminen annetaan latausoperaattorille, joka hoitaa sen pilvipalvelulla. Latauslaitteiden omistaja päättää hinnan lataukselle. Latausoperaattori veloittaa usein esim. kuukausivelotuksen jokaista operoitavaa latausasemaa kohden. (6.)

D-tyyppi. Latausasema, jossa maksu tehdään luottokortilla, samalla tavalla kuin bensa-asevilla. Esimerkkinä julkinen latausasema, jota jokainen voi käyttää ilman erityistä valtuutusta ja rekisteröintiä. (6.)

E-tyyppi. Kuten C tyyppi, eli latauslaite vaatii valtuutuksen käyttöön, ainoana ero, se että lasku tulee sähköpostiin latauslaitteen haltijalta suoraan, ilman välistä operaattoria. (6.)

Kiinteistön omaksi ostamien latauslaitteiden lisäksi markkinoilla on tarjolla malleja, joissa latauslaitteet ja niiden asennus kuuluvat myös kuukausimaksuun. Tällainen palvelu on esimerkiksi Fortum Oyj:llä. (22.)

3.4.2 Taustajärjestelmä

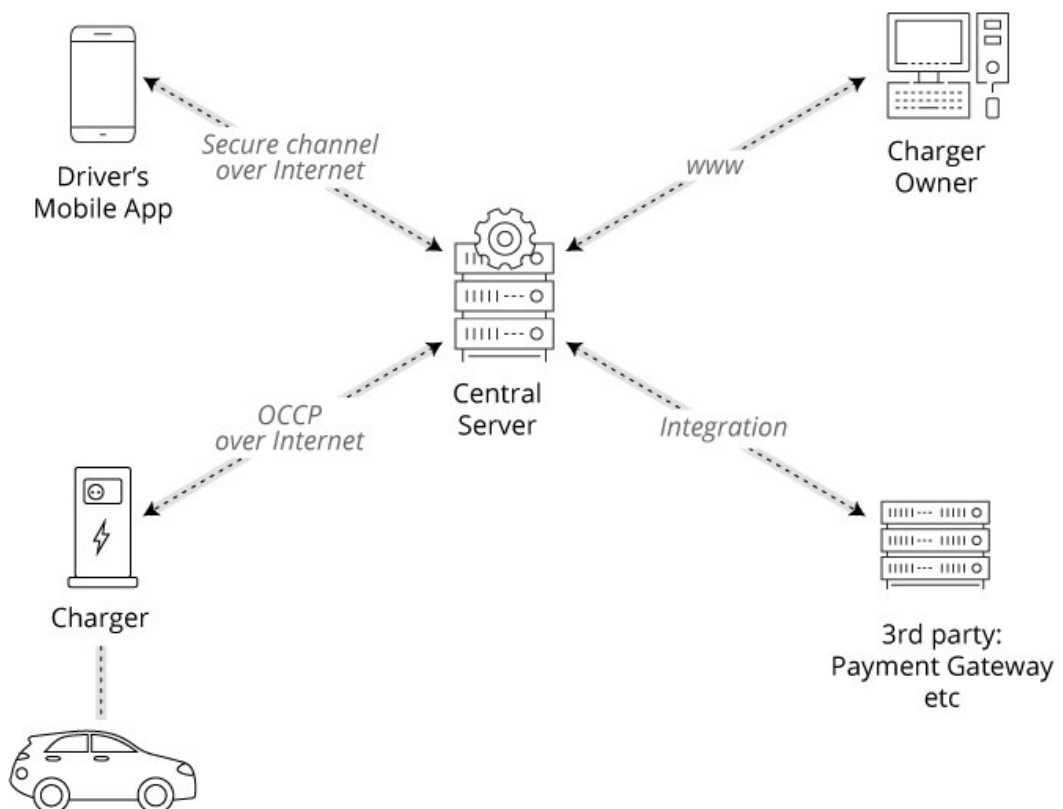
Taustajärjestelmä on latausasemien tietotekninen puoli, jolla hallitaan latausaseman toimintoja. Taustajärjestelmä mahdollistaa laitteiden hallinnan, valvonnan ja laskutuksen. Lisäksi sen avulla voidaan toteuttaa kuormanhallinta ja -valvonta.

Yleisin taustajärjestelmän protokolla on OCPP (Open Charging Point Protocol), joka on avoin kaikkien valmistajien kesken, jotka sitä käyttävät. Tämä on hyvä, koska se ei lukitse asiakasta tiettyyn valmistajaan, vaan mahdollistaa latauslaitteen ominaisuudet kesken kaikkien valmistajien. Yhteensä 220 valmistajaa

käyttää OCPP-protokollaa. OCPP-protokolla vaatii jokaiseen laitteeseen internet yhteyden, joko ethernet tai SIM-kortti, sekä energiamittarin. (23.)

Mikäli vikavirtasuojia sijaitsee latausasemassa, voidaan OCPP:n avulla palauttaa se. Lisäksi OCPP mahdollistaa ohjelmistopäivitykset ja vikailmoitukset asemalta, ilman että täytyy tarkistaa laite fyysisesti. Tämä säästää paljon laitteen operointikustannuksia. Tunnistetiedot taas auttavat rajaamaan ketkä voivat käyttää latausasemaa. Voidaan esimerkiksi rajata vain tietyt ihmiset rajaamaan latausasemia. Tai rajata työntekijöille oikeus työajaksi ja sen jälkeen vapauttaa se myös muille ihmisille. Kuvassa 14 esitetään latausaseman linkittyminen eri järjestelmiin OCPP-protokollan yhteydellä. (9.)

Charging 123 Communications



Kuva 14. Periaatekuva, kuinka latausasema linkittyy OCPP-protokollalla keskus serveriin, johon linkittyy laskutusoperaattorit, käyttäjien puhelimet ja latauslaitteen haltija. (24.)

Osa valmistajista tarjoaa sivussa muita protokollia, esim. eTolppa tarjoaa Zigbee-protokollaa pienempiin kohteisiin. Etuna on se, ettei jokainen latauslaite tarvitse internetyhteyttä, vaan pelkän lähiverkkolähettimen, mikä pienentää kustannuksia. Ainoastaan yhden latauslaitteen tulee olla yhteydessä verkkoon. Tämä kuitenkin rajoittaa käytön lataamiseen työpaikoilla työntekijöille ja taloyhtiöihin, joissa on tietyt käyttäjät, koska se ei toimi OCPP-protokollalla, niin se ei ole myöskään yhteensopiva muiden toimijoiden kanssa. eTolppa mahdollistaa kuitenkin kuormanhallinnan, sekä laskutuksen paikallisesti. (25.)

Mikäli kuormanhallinta tehdään lähiverkolla, ei energiamittauksen tarvitse tapahtua latauslaitteessa, vaan se voidaan tehdä tilaajan haluamalla tavalla. Esim. työpaikka voi tarjota ilmaisen latauksen työntekijöilleen, jolloin energiamittaus tarvitaan vain latauskeskukselle, jotta kaikki sähköauton latauksen energiakulut menevät työnantajalle. (25.)

Pienissä kohteissa, joissa on vain muutama latausasema, voidaan kuitenkin tarvita tunnistautuminen latausasemille, mutta ei mittausta. Tällöin ei välttämättä tarvita verkkoyhteyttä latausasemaan, sillä osa latausasemista mahdollistaa RFID tunnistimien käyttöoikeuksien jakamisen yhdistämällä tietokone latausasemaan USB johdolla. Tällöin säästytään kuluilta internetyhteyden ja maksullisen hallintajärjestelmän osalta. Internet yhteyden puute kuitenkin vie mahdollisuuden dynaamiselta kuormanhallinnalta, joten tämä on järkevää vain pieniin kohteisiin. Skaalausta rajoittaa myös se, että RFID tunnistimien päivittäminen on hyvin työlästä, kun se tehdään yksitellen jokaiselle asemalle.

4 Suunnittelun esimerkkilaskelma ja budjettiarvio

Esimerkkilaskelmassa on taloyhtiö, johon halutaan kahdeksan autonlatauspaikkaa. Arvioitu vuotuinen matkamäärä henkilöä kohden on 14000 km, eli 39 km/pv. Lataus tapahtuu peruslatauksella keskimäärin kello 20:00 - 06:00 ihmisten levätessä, jolloin latausaikaa on 10 tuntia. Pienen lataustehon vuoksi pärjätään 1-vaihe latauspisteillä. Pisteiden välille tehdään vaihekierto kellon suuntaisesti.

Lasketaan haluttu kokonaislatausteho ja virta kaavalla 1.

$$P = \frac{n \cdot 0,2 \frac{\text{kWh}}{\text{km}} \cdot s}{t} \quad (1.)$$

$$t = 10 \text{ h}$$

$$n = 8 \text{ autoa}$$

$$s = 39 \text{ km}$$

$$P = 6,24 \text{ kW}$$

Autoa kohden $P_n = 0,78 \text{ kW}$.

$$U = 400 \text{ V}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (2.)$$

$$I = 9 \text{ A}$$

Ratkaisuehdotus latausjärjestelmälle:

Huomioidaan, että saatu vähimmäislatausteho on alle vaaditun 2 kW tehon, jota pienemmällä teholla osa autoista ei lataa. Valitaan latauslaitteiden keskukselle 3 x 64 A lähtö 250 A kiinteistökeskuksesta, joka palvelee myös latauslaitteita. Tällöin jää varaa laajennuksille, mikäli jollekin asukkaalle tulee tarve päivittää esim. 11 kW laturiin. Dynaamisen kuormanhallinnan avulla voidaan ottaa enemmän tehoa, silloin kun sitä on saatavilla, sillä jokainen 1 x 16 A latauspiste kykenee 3,6 kW lataukseen.

Koska PN tulee olla 2 kW per latauspiste, on kokonaislatausteho kahdeksalle autolle 16 kW. Lasketaan virralle uusi arvo.

$$U = 400 \text{ V}$$

$$P = 16 \text{ kW}$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (2.)$$

$$I = 23,2 \text{ A}$$

Jokainen latauslaite suojataan 20 A B-tyyppin vikavirtasuojalla tahattomien laukaisujen välttämiseksi. Huomioidaan vaiheiden vuorottelu, kytkemällä asemat vuorotellen, 1-2-3-1-2-3-1-2. Kaapelia asennettaessa on hyvä varautua tulevaisuuteen ja asentaa 3-vaiheinen kaapeli, mikäli halutaan asentaa tehokkaampia latauslaitteita. Kaapeliksi valitaan MCMK 4x10+10, jotta asemat voidaan päivittää halutessa vaivatta. Urakan yhteydessä tulee myös rakentaa latauspistevalmius kaikille autopaikoille.

Budjettilaskelmassa vertaillaan Liikennevirran ja Fortumin latausvaihtoehtoja. Erona on, että Liikennevirran ratkaisussa kiinteistö omistaa latauslaitteet, mutta maksaa kuukausittaista ylläpitomaksua laitteen kunnossapidosta, sekä palveluntarjonnasta. Fortumin mallissa taas käyttäjät maksavat kuukausimaksua, joka kustantaa latauslaitteen, asennuksen ja ylläpidon. Fortum malliin kuuluu myös kiinteä kuukausittainen latausmäärä sähköä.

Molemmissa malleissa asukas käyttää RFID korttia lataukseen ja laskutus tapahtuu latausoperaattorin pilvipalvelun kautta. Operaattori myös hoitaa laitteiden ylläpidon, joka kuuluu kuukausihintaan.

Eri toteutusvaihtoehtoja on neljältä eri toimijalta. Toteutus 1 tarjoaa 1 pisteisiä latausasemia kahdeksan kappaletta. Tähän sisältyy ylläpitokulut 7,5 euroa/kk laskutukseen ja hallinnointiin. Toteutus 2 sisältää yksipisteisiä asemia 8 kpl, kuukausiveloituksena, kuukausihinnan vaihdella 50–95 euroa/kk välillä. Kuukausihinta riippuu ennakkoon sovittavasta kuukausittaisesta latausmäärästä.

Toteutus 3 ja 4 sisältävät 4 kappaletta kaksipisteisiä latausasemia. Näiden kappalehinta on suurempi kuin toteutuksen 1, mutta rahaa säästyy pienemmissä asennuskustannuksissa. Lisäksi toteutus 4 eroaa muista siten, että kuukausiveloitus on pienempi, mutta se asiakaskohtainen latausasemankohtaisen sijaan. Eli ainoastaan asiakas saa tilin, jolla käyttää latausasemaa, joka maksaa 2 euroa/kk. Koska kyseessä on asuntorakennus, eli jokaisella sähköauton

omistavalla tulee olla oma latauspiste, sitä voidaan pitää myös järkevänä vaihtoehtona. Taulukoissa 8 ja 9 esitellään hintavertailuja toteutusvaihtoehtojen välillä.

Taulukko 8. Eri toteutusvaihtoehtoja. *Toteutus 4 ylläpitokulut/per asiakas.

	Aseman hinta	Ylläpitokulut/per asema*
Toteutus 1	1199,00	7,50
Toteutus 2	-	50-95e/kk/asema
Toteutus 3	2700,00	5,00
Toteutus 4*	2800,00	2,00

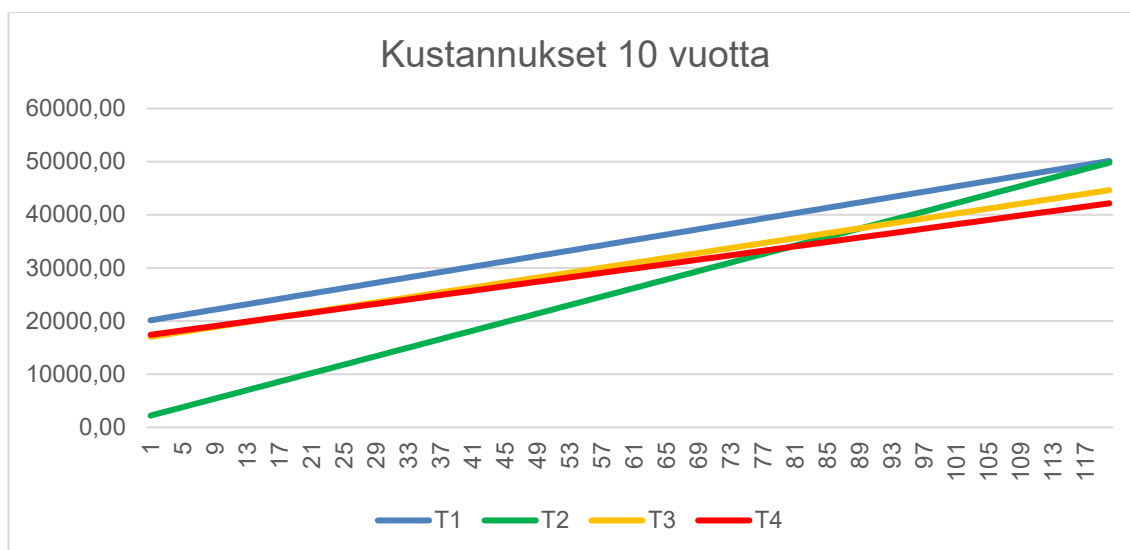
Taulukko 9. Toteutusvaihtoehtojen kokonaiskulut 36 kuukauden ajalta.

	Asemat yht.	Asennus	Ylläpitokulut/per asema/kk	Ylläpitokulut yht./kk	Käyttöönotto	36kk ylläpito + sähkö	Kokonaisuus 36kk
To-teutus 1	9 592,00	10 000,00	7,50	60,00	300,00	9 072,00	28 964,00
To-teutus 2	-	-	50,00	400,00	1 800,00	14 400,00	16 200,00
To-teutus 3	10 800,00	6 000,00	5,00	40,00	0,00	8 352,00	25 152,00
To-teutus 4	11 200,00	6 000,00	5,00	16,00	0,00	7 488,00	24 688,00

Huomataan, että toteutus 2 on edullisin 36 kk tarkastelujaksolla. Kuitenkin sen ylläpitokulut ovat verrattuna muihin 36–48 % suuremmat, joten muut toteutukset tulevat olemaan pitkällä aikavälillä huomattavasti edullisempia. Alla taulukossa

10 oleva kuvaaja näyttää kulut 10 vuoden aikana, jolloin T3 ja T4 ovat halvimmat. T1 säilyy kalleimpana ja T4 on noin. Taulukossa 10 on tehty hintavertailu 10 vuoden ajalta.

Taulukko 10. Toteutus 1–4 kumulatiiviset kustannukset 10v ajalta kuukausissa. Kuvan risteyskohdat kertovat, kuinka pitkän ajan kuluttua yksi vaihtoehto on edullisempi verrattuna toiseen.



Toinen ratkaisuvaihtoehto

Väliaikaisratkaisuna voidaan myös käyttää lämmitystolppia hyödyksi ja asentaa niihin yksivaiheiset latauspisteet. Se on kuitenkin väliaikainen ratkaisu, koska lataustolppia ei ole suunniteltu sähköautojen lataukseen. Nykyiset pistorasiat voivat olla myös epäsovikat pitkäaikaiseen lataukseen, mikä voi aiheuttaa pistorasioiden rikkoutumisen ja pahimmillaan tulipalon.

Jokaiseen lämmitystolppaan tulee lisätä 10 A ylivirtasuoja ja 30 mA vikavirtasuoja. Lämmitystolpissa ei myöskään ole mittalaitteita, joten on ne asennettava, ellei laskutuksesta päästä muuten sopuun. Suurin latausteho rajoittuisi vain 1,8 kW (8 A), mutta tässä tapauksessa se olisi riittävästi.

Täytyy myös huomioida lämmitystolppien suojauksen koko siinä, kuinka monta latauslaitetta voidaan asentaa. Koska lämmitystolpassa ei ole kuormanhallintaa, voi lämmitystolppia syöttävä sulake palaa herkästi, kun sen ylikuormittuu.

5 Latauslaitteiden tulevaisuus

Sähköautojen määrä tulee lisääntymään tulevaisuudessa merkittävästi. Sen vuoksi on tärkeää, että sähköautonlatauksia suunniteltaessa mietitään pitkälle tulevaisuuteen. Suomen valtion asettama tavoite on vähintään 250 000 sähköautoa vuonna 2030 ja lisäksi suunnitteilla on myös tavoitteen korottaminen. Norja, joka on sähköautoilun edelläkävijä, siellä sähköautojen kysyntä on jonnoussut suuremmaksi, kuin polttomoottoriautojen. Suomessa taas sähköautojen suosio on pienin pohjoismaista ja polttomoottoriautojen kysyntä suurin. Suurin este Suomessa on sähköautojen hinta, mutta sähköautojen hinnan uskotaan saavuttavan saman tason kuin polttomoottoriautot vuonna 2025, joten tilanne tulee muuttumaan tulevaisuudessa. Huomioitavaa on, että Suomalaiset suosivat eniten käytettyjä autoja, verrattuna muihin pohjoismaihin, mistä johtuen sähköautojen käyttöönotto voi tulla muita maita jäljessä. (26; 8; 27.)

Sähköautojen akkukapasiteetti on viime vuosina kasvanut merkittävästi, jolloin lataustehon suuruus on myös kasvanut sen mukana. Suurimmat lataustehot ovat jo 350 kW ja suunnitteilla on yli megawatin ylittäviä latauslaitteita. Nämä voivat toimia yksittäistapauksissa sähköverkon kestokyvyn vuoksi. Sähköverkon kannalta on jo merkittävää, mitoitetaanko latauslaitteille 2 kW vai 3 kW yhtäaikainen latausteho, latauslaitteiden valtavan määrän vuoksi.

Kokonaisvaltaisesti paras aika ladata sähköautoa on yöllä, kun sähkön kulutus on pienimmillään. Useimmille autoille tämä tarkoittaa kotilatausta. Tällöin sähköverkon maksimikapasiteetin ei tarvitse olla niin suuri, kuin jos useimpien autojen lataus tapahtuisi päivällä. Kuvassa 15 esitellään ihmisten suosimia latauspaikkoja Norjassa, josta nähdään missä suurin osa sähköautojen lataamisesta tapahtuu.

		Omakotitalot	Kerrostalot
Kotona	Päivittäin tai viikoittain	97%	64%
	Kuukausittain tai harvemmin	3%	36%
Töissä	Päivittäin tai viikoittain	36%	38%
	Kuukausittain tai harvemmin	64%	62%
Julkisissa latauspisteissä	Päivittäin tai viikoittain	11%	28%
	Kuukausittain tai harvemmin	89%	72%
Pikalatausasemilla	Päivittäin tai viikoittain	12%	18%
	Kuukausittain tai harvemmin	88%	82%



Source: Norwegian EV Association yearly survey among 12.000 Norwegian BEV owners.

Kuva 15. Prosentteina mitattuna, missä ihmiset eniten lataavat sähköautoja. Vertailtu kotia, työpaikkaa, julkisia latauspisteitä ja pikalatausasemia. (8.)

Nähdään, että kaikille latauspisteille on kuitenkin tarvetta, mutta valtaosa niistä painottuu selkeästi koteihin. Omakotitalossa tehtävän latauksen määrä on suurempi, kuin kerrostaloissa, mikä osaltaan voi johtua siitä, että omakotitalossa on aina saatavilla latauspiste omalle sähköautolle. Tämä voi kertoa, että kerrostaloissa lataamisen edellytyksiä voidaan parantaa ja tehdä siitä vaivattomampaa autojen käyttäjille. On huomattu, että pitkässä latauksessa työpaikoilla ja kodeissa tulee olla oma latauspiste jokaiselle autolle, sillä ihmiset ovat haluttomia siirtämään autojaan pelkän lataamisen vuoksi, päivän aikana. (8; 10.)

6 Yhteenveto

Tarkoituksena oli tehdä suunnitteluohje sähköautojen latausasemille ja pohjustaa sitä selostamalla sähköautojen latauksen toimintaperiaate ja mistä järjestelmistä se koostuu. Näitä olivat latausasema, sen syöttö ja hallintajärjestelmä. Tarkoituksena oli antaa tietoa suunnittelijalle, jotta hän ymmärtää latausjärjestelmän rakenteen ja pystyy suunnittelemaan järjestelmät ymmärtäen laitteiden toiminnan. Lisäksi havainnollistettiin dynaamisen kuormanhallinnan taloudellista

potentiaalia yösähkön hyödyntämisessä, mittaamalla yösähkön hintaa viikon ajan.

Suunnitteluohjeessa selvitettiin suunnittelussa huomioitavia seikkoja. Näitä olivat kohteen pääkeskuksen kapasiteetti ja sen mitoitus, lait ja määräykset, tuleva käyttötarkoitus ja sen toteutustavat. Sen jälkeen selvitettiin kappaleittain näitä asioita yksityiskohtaisemmin.

Havaittiin, että latausjärjestelmään ei ole selkeästi yhtä oikeaa toteutustapaa. Laskutus voidaan tehdä usein eri tavoin, mikä riippuu hyvin paljon käyttäjästä ja hänen halustaan. Huomataan kuitenkin, että dynaaminen kuormanhallinta on useimmiten kannattava ratkaisu sen tuomien käyttöetujen takia. Se myös vähentää tarvetta kasvattaa kapasiteettiä, mikä on kallis prosessi.

Lisäksi tehtiin mitoitus- ja budjettilaskelmat esimerkkikohteelle. Huomattiin, että suurin ero budjeteissa tulee siitä, valitseeko kuukausiveloituksella maksettavan ratkaisun (toteutus 2) vai ostaako tilaaja laitteet itse (toteutus 1, 3, 4). Havaittiin, että huolimatta toteutus 2:n halvemmasta hinnasta 36kk ajan jaksolla, sen ylläpitokulut olivat kalliimmat, mikä tarkoittaa, että se on pidemmällä aikavälillä kallein ratkaisu.

Hinta-eroja muodosti lähinnä latauslaitteiden omistajuussuhde. Laitteet ovat hyvin standardisoituja ja käyttävät pääasiassa samaa OCPP-protokollaa, joka mahdollistaa useiden eri valmistajien laitteiden käytön samassa järjestelmässä. Tämä taas lisää kilpailua markkinoilla, joten latauslaitteiden keskinäiset hintaerot ovat hyvin pieniä.

Sähköautojen latauspisteiden rakentaminen on jo lähtenyt kasvuun, ja tulee lisääntymään, sähköautojen yleistyessä entisestään. On siis tärkeää pitää mielessä tulevaisuuden kasvu, kun latausasemia suunnitellaan. Suunnittelussa tulee myös käyttää tiedettyjä tapoja, sekä tunnettuja mitoitusarvoja, jotta lopputulokset ovat toimivia. Mitoituksessa käytettävät arvot ovat kuitenkin arvioita ja tulee suunnittelua lähestyä tapauskohtaisesti, sekä huomioida käyttötarkoitus.

Suunnitteluvaiheessa suurin taloudellinen ero tulee siinä, että kyetäänkö pärjäämään kiinteistön nykyisellä liittymällä vai joudutaanko sitä kasvattamaan. Myös dynaaminen kuormanhallinta ja maksupalvelut lisäävät kuluja, mutta toisaalta ovat useisiin tarkoituksiin välttämättömiä. Lisäksi taustajärjestelmät vähentävät fyysistä työtä laitteiden huollon osalta ja tuovat säästöjä laskutuksessa.

Tulevaisuudessa olisi hyvä pitää silmällä, miten autojen akkujen kapasiteetti kasvaa ja vaatiiko se suurempaa latauskapasiteettiä. Tulevia kohteita on myös syytä seurata myöhemmin ja tutkia dynaamista kuormanhallintaa ja onko kohteita ali- vai ylilimitoitu syötön puolesta.

Lähteet

- 1 Jones, Laura; Lucas-Healey, Kathryn; Sturmberg, Björn; Temby, Hugo; Islam, Monirul. 2021. The A to Z of V2G - A comprehensive analysis of vehicle-to-grid technology worldwide. Australian national university.
- 2 Korhonen, Eero; Linja-aho, Vesa; Mäkinen, Jukka; Orrberg, Matti. 2019. ST käsikirja 41 - Sähköautot ja latausjärjestelmät. Sähkötieto ry.
- 3 Sähköajoneuvojen lataussuositus. 5. painos. 2021. SESKO ry.
- 4 O Sähköautot yleistyvät – miten ja missä sähköauto ladataan ja mitä lataaminen maksaa?. 2021. Verkkoaineisto. STEK ry <<https://stek.fi/energiat-hokkuutta-sahkolla/sahkoautoilu>>. Päivitetty 4.10.2021. Luettu 21.10.2021.
- 5 EV EVSE Type2 (3x16A) IP65 Tilapäislatauskaapeli. Verkkoaineisto. EVmotions. <https://evmotions.fi/ev-kaapeli/ecvt2_3p16a-ev-kaapeli/>. Luettu 29.10.2021
- 6 Mäkinen, Jukka. 2019. Sähkö liikenteen käyttövoimana osana energiamurrosta – EV-latausjärjestelmän suunnittelijan opas suunnittelu – toteutus – ylläpito. ABB Oy.
- 7 Type 2 connector. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Combined_Charging_System>. Luettu 20.8.2021.
- 8 UTU Oy, esitys sähkölatauslaitteista ja DC latauksesta. 30.09.2021.
- 9 Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. 2021. Ensto Oy.
- 10 Harjunpää, Sakari. 2020. Sähköautojen latauksen dynaaminen kuormanhallinta taloyhtiössä. Insinööriyö. Theseus tietokanta.
- 11 Liikennevirta Oy, myynti, puhelinkeskustelu. 23.9.2021.
- 12 Falkman, Aarni. 2018. Kuormanhallinnan toteutus sähköautojen älykkäissä latausjärjestelmissä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- 13 Harjumaa, Marika & Kokkonen, Yrjö. Sähkön hinta oli yöllä miinuksella Suomessa ja Ruotsissa – säästö kuluttajalle lähinnä marginaalinen. Verkkoaineisto. Yle Uutiset. <<https://yle.fi/uutiset/3-11870332>>. 5.4.2021. Luettu 9.11.2021.

- 14 Barter, Paul. 2013. "Cars are parked 95% of the time". Let's check!. Verkkoaineisto. Reinvent Parking. <<https://www.reinventingparking.org/2013/02/cars-are-parked-95-of-time-lets-check.html>>. Luettu 9.11.2021.
- 15 Vehicle-to-Grid (V2G): Everything you need to know. Verkkoaineisto. Liikennevirta Oy. <<https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>>. Luettu 24.9.2021.
- 16 On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system. 2017. Verkkoaineisto. Sciencedirect. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217306825?via%3Dihub>>. Luettu 9.11.2021
- 17 SFS 6000-7-722:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 18 Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. Verkkoaineisto. Finlex. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733>>. 29.8.2020. Luettu 9.11.2021.
- 19 ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 2020. Sähkötieto ry.
- 20 Sähköliittymien hinnasto. Helen Sähköverkko. Voimassa 1.12.2020 alkaen.
- 21 WAGO:n lattakaapelijärjestelmä tulevaisuuden tarpeisiin. Verkkoaineisto. Wago Oy. <<https://www.wago.com/fi/saehkoeliittimet/tutustu-pisto-liittimiin/winsta/lattakaapelijaerjestelmae>>. Luettu 8.10.2021.
- 22 Fortum Charge & Drive kotilataus taloyhtiöihin – esite.
- 23 Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages. 2018. OCA, Open Charge Alliance.
- 24 Secure use of communications and protocols at charging stations. Verkkoaineisto. 2020. INCIBE. <<https://www.incibe-cert.es/en/blog/secure-use-communications-and-protocols-charging-stations>>. Luettu 27.10.2021.
- 25 Latausasemaopas suunnittelijoille. Verkkoaineisto. eTolppa. <<https://latausasemaopas.fi/suunnittejoille/>>. Luettu 28.10.2021

- 26 EV prices will meet ICE car prices in 2025. Verkkoaineisto. Liikennevirta. <<https://www.virta.global/blog/ev-prices-will-meet-conventional-car-prices-in-2025>>. Luettu 9.11.2021
- 27 Koistinen, Antti. 2020. Näin työryhmä puolittaisi liikenteen päästöt: Suomeen tarvitaan 700 000 sähköautoa ja autoilun päästöille kovempi hinta. Verkkoaineisto. Yle Uutiset. <<https://yle.fi/uutiset/3-11615349>>. Päivitetty 27.10.2020. Luettu 2.11.2021.
- 28 Sähköjärjestelmän tila. Fingrid. Verkkoaineisto. < <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkojarjestelman-tila/>>. Luettu 19.10 – 25.10.2021.
- 29 Sähköauton ottotehot ja lataaminen - Sähköopin perusteita. Liikennevirta Oy. Verkkoaineisto. < <https://www.virta.global/fi/blogi/ampeerit-kilowatit-ja-s%C3%A4hk%C3%B6auton-lataaminen-s%C3%A4hk%C3%B6opin-perusteita>>. 04.11.2019. Luettu 20.10.2021