

Sakari Tyynelä

Sähköautojen latauslaitteet, kommunikatio ja ky- berturvallisuus

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan koulutus

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Sakari Tyynelä
Työn nimi	Sähköautojen latauslaitteet, kommunikaatio ja kyberturvallisuus
Toimeksiantaja	Liikennevirta Oy
Vuosi	2021
Sivut	66 sivua
Työn ohjaaja(t)	Vesa Kankare

TIIVISTELMÄ

Tämä pääosin kvalitatiivinen opinnäytetyö käsittelee sähköautojen latauslaitteita, latauslaitteiden OCPP kommunikaatioprotokollaa sekä latauslaitteiden kyberturvallisuutta. Mahdollisimman kokonaisvaltaisen kuvan saavuttamiseksi työssä esitetään edellä mainittujen asiakokonaisuuksien lisäksi eri sähköautojen mallit, tutustutaan sähköautojen akkutekniikkaan sekä selvitetään latauslaitteiden toiminnan kannalta olennaisia asioita. Kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä on käytetty antamaan kokonaisvaltaisempi kuva tutkittavasta aiheesta.

Aiheena sähköautojen latauslaitteiden tekniikka on varsin uutta ja tutkimustietoa oli saatavilla varsin rajoitetusti. Työssä on käytetty apuna aikaisempaa tutkimusta sekä digitaalisia että kirjallisia lähteitä viimeisien vuosien ajalta.

Kerätyn aineiston pohjalta rajattiin tutkimus siten, että työssä keskitytään Euroopassa ja Suomessa standardisoituihin ratkaisuihin ja tekniikoihin. Teknologian kehittyessä nopeasti, olennaisena osana on ollut rajata tutkimusmateriaali keskittymään viimeisimpiin vuosiin.

Asiasanat: sähköautot, sähköautojen latauspisteet, latauslaitteet

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Sakari Tyynelä
Thesis title	Electric vehicle charging stations, communication and cybersecurity
Commissioned by	Liikennevirta Oy
Time	2021
Pages	66 pages
Supervisor	Vesa Kankare

ABSTRACT

This mainly qualitative thesis examined electric vehicle charging stations, charging station OCPP communication protocol and charging station cybersecurity. To achieve the most comprehensive overall picture of the subject, this thesis also studies different electric vehicle types, electric vehicle battery technology and different topics related to the charging station operability. Quantitative research methods were used to give a more comprehensive picture of the topic under study.

The subject of electric vehicle charging stations is a relevantly new research subject and overall, previously conducted research was limited. This study is based on previous research as well as both digital and written materials.

Based on the material collected, the thesis was narrowed down to focus on solutions and technologies that are standardized in Europe and Finland. With the rapid development of technology, an essential part of the study narrowed down to the research material of the recent years.

Keyword: electric vehicles, electric car charging points, chargers

SISÄLLYS

KÄSITTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 TUTKIMUSASETELMA	7
2.1 Tutkimustavoite.....	7
2.2 Metodologia	9
3 TEOREETTINEN VIITEKEHYS	10
4 SÄHKÖAUTOT JA NYKYTILANNE	11
4.1 Sähköautojen historiaa lyhyesti	11
4.2 Täyssähköauto	12
4.3 Hybrid-sähköauto.....	14
4.4 Sähköauton akku	16
4.5 Liikenteen sähköistyminen Suomessa	17
4.6 Sähköautojen myynti ja markkinaosuus.....	18
4.7 Sähköautojen standardeja	22
5 LATAUSPALVELUT	22
5.1 Kotimaisia palveluntarjoajia	22
5.2 Ulkomaalaisia palveluntarjoajia.....	23
5.3 Roaming ja latausverkostojen yhdistyminen	24
6 LATAUSLIITTIMET.....	25
7 LATAUSLAITTEET	29
7.1 Laitevalmistajia	29
7.2 AC-latauslaitteet	30
7.3 DC-latauslaitteet	36
7.4 V2G	39
7.5 Latauslaitteiden käyttö	40
7.6 Älykkäät latausominaisuudet	40
7.6.1 OCPP 1.5.....	42

7.6.2	OCPP 1.6.....	43
7.6.3	OCPP 2.0 ja 2.0.1	43
7.6.4	OCPP 2.0 kommunikation toteuttaminen	44
7.7	Lataustehoon vaikuttavat tekijät.....	47
7.8	Latauslaitteiden standardit.....	48
7.9	Latauslaitteiden OCPP-kommunikaatio	51
8	LATAUSLAITTEIDEN TIETOTURVA	52
8.1	Latauslaitteiden arkkitehtuuri	52
8.2	Latauslaitteiden tietoturvasuus	53
9	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	56
10	LÄHTEET	59
	KUVALUETTELO	64

KÄSITTEET

EV	Käsite tulee englannin kielen sanoista Electric Vehicle ja sillä kuvataan täysin tai osittain sähköllä toimivaa ajoneuvoa
BEV	Battery Electric Vehicle eli täyssähköauto
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle eli ladattava hybridauto
HEV	Hybrid Electric Vehicle eli hybridauto
API	Application Programming Pnterface eli ohjelmointirajapinta
Schuko	Pistokemallinen latausjohto
Type 1	Ensimmäisen sukupolven latauskaapeli hitaalle tai keskinopealle lataukselle
Type 2	Toisen sukupolven latauskaapeli, yleinen standardisoitunut kaapeli
PE	Protective Earth -huippuvirtasuoja
PP	Proximity Pilot -piiri osana Type 2 latauskaapelin toimivuutta
CP	Control Pilot -piiri osana Type 2 latauskaapelin toimivuutta
CHAdeMo	Nopean latauksen kaapeli ajoneuvoille, jotka tukevat 3-vaiheista latausta
CAN	CAN-bus eli CAN-väylä
CCS	Combined Charging System Nopeanlatauksen kaapeli ajoneuvoille
AC	Alternating Current eli vaihtovirta
DC	Direct Current eli tasavirta
OCPP	Open Charge Point Protocol, latauslaitteen kommunikaatioprotokolla
V2G	Vehicle To Grid latauslaite
RFID	Radio Frequency Identification, tunnistautumismenetelmä
SOAP	Simple Object Access Protocol, viestipohjainen tietoliikenneprotokolla
HTTP	Hypertext Transfer Portocol, hypertekstin siirtoprotokolla
FTP	File Transfer Protocol, tiedostonsiirtomenetelmä
JSON	JavaScript Object Notation, tiedostomuoto tiedon välitykseen
DLM	Dynamic Load Management, dynaaminen lataustehon ohjaaminen
CPO	Charge Point Operator eli sähköautojen latauspalveluntarjoaja
DSO	Distribution Systemoperator eli jakeluverkonhaltija
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment sähköautojen latauslaite tai -asema
WAN	Wide Area Network eli laajaverkko
TLS	Transport Layer Security eli salausprotokolla

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sähköautoilua, sen lataustekniikkaa ja kyberturvallisuutta. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia aihetta yleisellä tasolla sekä antaa kuva toimialan tämänhetkisestä tilanteesta. Työskennellessäni toimialalla minulla on resurssit ja mahdollisuudet tutkia aihetta sisältäpäin ja se voi toimia sysäyksenä luomaan uutta tutkimustietoa aiheesta kiinnostuneille. Samalla tuloksien pohjalta pyritään selventämään sähköautojen latauslaitteiden toimintoja ja toiminnallisuuksia tällä hetkellä sekä mahdollisia tulevaisuuden näkymiä toimialalla.

Sähköautoilu yleistyy Suomessa ja maailmalla kovaa vauhtia tarjoten vaihtoehdon fossiilisia polttoaineita käyttäville polttomoottoriajoneuvoille. Eduskunnassa on asetettu tavoitteeksi, että vuonna 2030 liikenteessä olisi noin 700 000 sähköautoa (Valiokunnan lausunto TaVL 14/2020 vp— HE 23/2020 vp. 2020). Liikenteen sähköistyessä latauslaitteet sekä tekniikat yleistyivät ja näin ollen myös standardisoituvat. Sähköautojen yleistyminen edellyttää sähköautojen käsitteiden tutustumista, millaisia erilaisia sähköautoja on olemassa, ja siihen, kuinka niiden lataaminen tapahtuu käytännössä ja minkälaisia eri latauslaitteita on olemassa. Työssä perehdytään latauslaitteiden ja taustajärjestelmän tiedonvälityksessä käytettyihin OCPP-kommunikaatiokieliin ja niiden ominaisuuksiin. Samalla työn tarkoituksena on selventää latauslaitteiden toimintaan liittyviä kyberturvallisuus uhkia ja sitä, miten uhilta voidaan välttyä. Opinnäytetyö on ajankohtainen sähköautojen yleistyessä globaalisti samalla kun yhteiskunnassa liikenne on yhä enemmässä määrin sähköistymässä pyrkien ekologisemmaksi.

2 TUTKIMUSASETELMA

2.1 Tutkimustavoite

Sähköautojen latauslaitteet ovat yleistyneet vuoden 2010 jälkeen. Tutkimuksen näkökulmasta aihealue on vähän tutkittu ja tutkimuksellista tietoa on tällä hetkellä tarjolla varsin rajallisesti digitaalisten- ja kirjallistenlähteiden muodossa. Vuosina 2000–2009 Suomessa julkaistiin vain muutama tutkimus sähköau-

toista. Vuosina 2010–2020 välillä tutkimuksia sähköautojen latauslaitetekniikasta julkaistiin vain joitakin kymmeniä. Aihealueina sähköautot ja -lataustekniikat vaativat lisää tutkimusta ja aiheeseen perehtymistä.

Aihe on tutkimisen arvoinen myös yhteiskunnallisesta sekä ekologisesta näkökulmasta tarkasteltuna, ja tutkimus voisi toimia sysäyksenä heille, jotka aiheeseen tästä syystä haluavat tutustua. Tutkimuksella pyritään selvittämään pohtimalla mahdollisia tulevaisuuden näkymiä toimialalla ja käyttämällä hyväksi olemassa olevaa tutkimusdataa. Opinnäytetyöllä pyritään selvittämään, mitä tekniikoita sähköautoilun lataukseen liittyy ja miten niitä hyödynnetään käytännössä, tutkimalla muun muassa kommunikaatiokielten ominaisuuksia sekä toiminnallisuuksia. Lisäksi tarkoituksena on selvittää vastauksia, mitä kyberturvallisuuteen liittyviä uhkia ja haasteita sähköautoilun lataustekniikkaan liittyy ja miten niiltä voidaan välttyä tutustumalla toimialalla harjoitettuihin käytäntöihin.

Päädyin rajaamaan tutkimuskysymykseni aiheesta seuraaviin:

1. Millaiset mahdolliset tulevaisuuden näkymät ovat toimialalla?
2. Mitä tekniikoita sähköautoilun lataukseen liittyy ja miten niitä hyödynnetään käytännössä?
3. Mitä kyberturvallisuuteen liittyviä uhkia ja haasteita sähköautoilun lataustekniikkaan liittyy ja miten niiltä voidaan välttyä?

Latauslaitetekniikka muuttuu ja kehittyy jatkuvasti, ja toimialan on muututtava tekniikan ohella. Pyrin tutkimuksessani ottamaan selvää mahdollisista tulevaisuuden näkymistä toimialalla, sillä työskentelen itse samalla alalla ja haluan olla tilanteen tasalla aiheesta. Tulevaisuuden näkymiä kartoittamalla pystyy paremmin lähestymään seuraavaa tutkimuskysymystäni, eli mitä tekniikoita sähköautoilun lataamiseen liittyy ja miten niitä hyödynnetään. Tähän aiheeseen liittyy sähköautojen laitteisto ja selvityksen avulla pystyy kartoittamaan, mitä toimintoja latauslaitteiden on tuettava, jotta latauslaittejärjestelmän ylläpitäjä pystyy pysymään kilpailukykyisenä muuttuvan teknologian ympärillä. Viimeiseksi tutkimuskysymykseni liittyy kyseessä olevan teknologian kyberturvallisuuteen, sen uhkiin ja haasteisiin ja pyrin selvittämään, miten niiltä voidaan välttyä.

Tutkimusongelmanani voidaan pitää muuttuvan teknologian tuomia kyberturvallisuus uhkia ja niiltä varatutumista ennakkoon. Erityisesti voidaan ajatella, että toimialalla on aina pyrittävä pysymään yhden askeleen edellä näiltä uhilta ja pysyä kartalla vanhentuneen teknologian tuomilta riskeiltä. Toisena tutkimusongelmana voidaan pitää toimialan kasvavaa kilpailullisuutta, sillä uusille toimijoille ja laitevalmistajille on kasvava kysyntä. On ongelmallista tutkimukseni kannalta kerätä aineistoa jokaisesta lähteestä, siispä joudun rajaamaan tutkimuksessa käytettävän aineiston määrää, sillä on mahdotonta käyttää kaikkien toimijoiden ja laitevalmistajien materiaaleja.

Tutkimuksessa ei keskitytä niinkään sähköautojen ja sähköautoilijoiden latausongelmiin eikä ajoneuvojen toimintoihin vaan siinä tarkastellaan nimenomaan sähköautojen toimialaa ja sähköautoilua ilmiönä. Onkin olennaista, että kerätävää tietoa käytetään kuvaamaan toimialan tämänhetkistä tilannetta sillä sähköautot ja latausjärjestelmät ovat kehittyneet viimeisien kymmenen vuoden aikana huimasti. Tutkimuksessa ei haluta keskittyä vanhentuneeseen teknologiaan yli kymmenen vuoden takaa, sillä toimialalla vanhentuneita laitteita pyritään korvaamaan uudemmilla, jotta ne pystyvät paremmin tukemaan käyttäjiä. Keskityn tutkimuksessa toimialalla yhä enemmissä määrin standardisoituvaan tekniikkaan, kuten OCPP-kommunikaatiokieleen, sillä tämänhetkisten tietojen valossa standardisoituva teknologia korvaa laitevalmistajien omat kommunikaatiokielet.

2.2 Metodologia

Tutkimuksen kohteena ovat sähköautojen latauslaitteet, -laitteiden kommunikaatio sekä -laitteiden kyberturvallisuus. Tässä pääosin kvalitatiivisessa tutkimuksessa tavoitteena on hyödyntää ja kerätä tietoa olemassa olevien kirjallisten- ja digitaalistenlähteiden avulla. Lisäksi tutkimuksessa käytetään hyväksi kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä kuvaamaan tämänhetkistä tilaa sähköautojen määrästä liikenteessä ja tutustutaan sähköautojen myyntiin ja markkinaosuuteen Euroopassa, jotta sähköautoilua ilmiönä pystytään mittaamaan.

Teknologia sähköautojen ja niiden latauslaitteiden saralla on kehittynyt huimasti viimeisien vuosien aikana. Tutkimusta tehdessä huomion arvoista on, että olemassa olevat kirjalliset- ja digitaaliset lähteet saattavat olla vanhentuneita. Näin

ollen tutkimuksessa käytetään lähteinä materiaalia viimeisen viiden vuoden ajalta, jotta aineisto olisi ajankohtaista ja paikkansapitävää. Tämän takia on otettava tarkasti huomioon julkaisuajankohta, jonka avulla pystytään ymmärtämään, kuinka relevantista tiedosta on kyse. Lukuja mittaavia lähteitä on syytä tarkastella viimeisien vuosien ajalta eikä käyttää lähteinä vanhentuneita tutkimuksia tai tutkimusdataa. Tutkimuksessa käytettävä aineisto tulee olla luotettavista ja varmennetuista lähteistä peräisin. Tuloksia käytetään osana tukemaan ja ymmärtämään tutkittavaa aihetta, kuten esimerkiksi selventämään toimialalla suoritettavaa tietoturvan tilaa ja mahdollisia uhkakuvia. Uhkakuvat eivät välttämättä päde jokaisella toimialalla toimivalla yrityksellä, mutta sen avulla pyritään kuvaamaan tämänhetkistä tilaa yleisellä tasolla. Tutkimuksen kannalta on otettava huomioon, että laitevalmistajia ja palveluntarjoajia on useita kymmeniä ja tutkimuksesta saadut tulokset eivät välttämättä kerro kokonaisvaltaisesti yhtä ja oikeaa vastausta vaan pikemminkin pyrkivät antamaan vallitsevan yleiskuvan toimialalla.

3 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Aihealueeseen liittyvää olemassa olevaa materiaalia on kirjallisessa muodossa muutamia teoksia. Opinnäytetyössäni aion käyttää pohjana Sähkötieto Ry:n julkaisemaa Sähköautot ja latausjärjestelmä (2019), jonka on kirjoittanut Matti Orrberg ja Vesa Linja-Aho. Sisällöltään teos tarjoaa yleiskuvan latauslaitteista ja latausjärjestelmistä. Lisäksi opinnäytetyössäni käytän pohjana kirjaa Sähköautot – Lataus – matka-ajo – valinta (2020), jonka on kustantanut Alfamer ja kirjoittanut Joose Luukkanen. Kirjassa avataan sähköauton tekniikan käsitteitä ja se kertoo sähköautojen eduista. Aihe alueesta on julkaistu muutamia tutkimuksia, kuten Theseuksessa Aleksii Heikkilän – Sähköauton latausjärjestelmän tiedonsiirto (2019), jossa paneudutaan OCPP-kommunikaatioon yleisellä tasolla. Lisäksi toinen tutkimus, joka suoraan liittyy tutkittavaan aiheeseen, on Kimmo Ketolan (2019) tekemä opinnäytetyö – Sähköautojen latausjärjestelmien yleiskatsaus, jossa tutkitaan sähköautojen kommunikaatiota, mutta aiheessa keskitytään ennemminkin latauslaitteiden pistokkeisiin ja latauslaitteisiin.

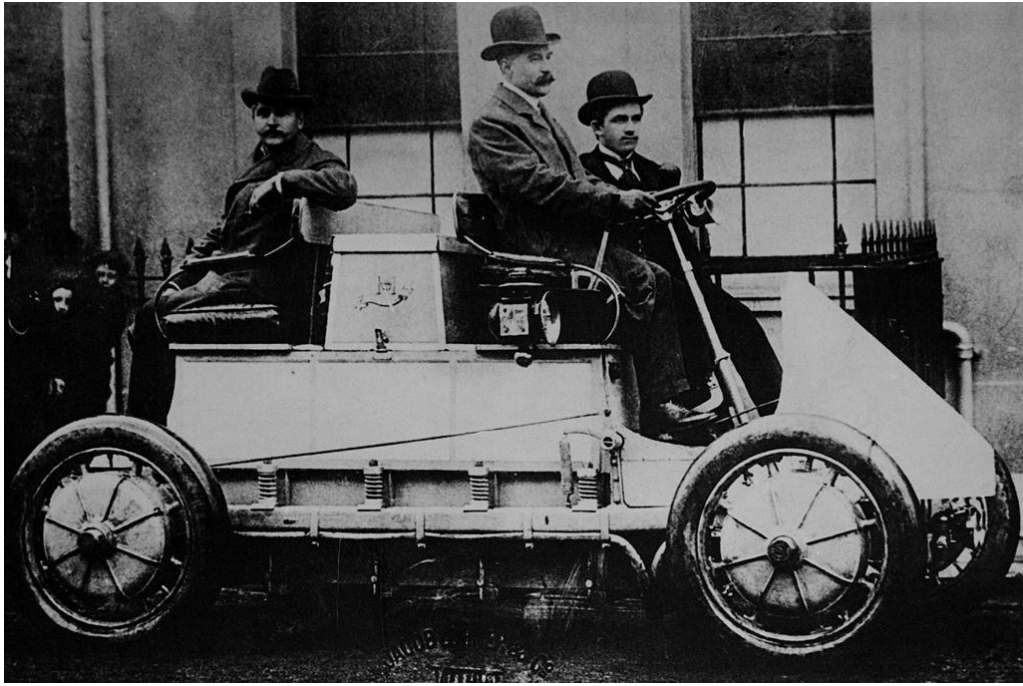
Lisäksi opinnäytetyössä aineistona käytetään laitevalmistajien ja latauspalveluiden tarjoajien omia digitaalisia lähteitä, kuten kotisivuja, selventämään la-

tauslaitteiden ominaisuuksia, latauslaitteiden tehoja, palvelutarjoajien toimintoja ja sähköautojen latauslaitteiden käyttöä. Sähköautojen historian ja nykytilanteen osalta tutkimuksessa käytetään hyväksi EAFOn tämänhetkisiä tilastotietoja. EAFO on osa Euroopan komissiota ja komissio on Euroopan Unionin toimeenpanoelin, joten tilastot ovat luotettavuudeltaan merkittäviä. Tutkimuksessa on lisäksi käytetty saksalaisen Statistan luomaa raporttia, jossa paneudutaan akkuteknologiaan, markkinaosuuksiin, toimialan näkymiin sekä kuluttajien että asiantuntijoiden näkemyksiin sähköautojen saralta. Statistaa voidaan pitää luotettavana lähteenä sen käyttämien maineikkaiden lähteiden ja yli kahden miljoonan rekisteröityneen käyttäjän ansiosta.

4 SÄHKÖAUTOT JA NYKYTILANNE

4.1 Sähköautojen historiaa lyhyesti

Sähköauto keksintönä on varsin vanha, ja se juontaa juurensa historiasta 1800-luvulta. Keksintönä täyssähköauto on vanhempi kuin polttomoottoriauto. 1800-luvun loppupuolella sähköautot olivat yleisempiä, kuin polttomoottoriautot. Ensimmäisen sähköauton (kuva 1) kehitti yhdysvaltalainen William Morrison. Teknisesti hänen ajoneuvonsa muistutti ennemminkin sähköistä kärryä, mutta se toimi sysäyksenä sähköautoilulle. Vuonna 1899 sähköautot nauttivat suosiosta, sillä verrattuna kaasulla tai höyryllä toimiviin ajoneuvoihin sähkökäyttöiset ajoneuvot olivat hiljaisia, helppoja ajaa eivätkä ne päästäneen haisevia epäpuhauksia. Sähköautot olivat suosittuja urbaaneilla asuinalueilla ja erityisesti naisten keskuudessa. Vuosisadan vaihtuessa vuosina 1900–1912 sähköautot olivat niinkin suosittuja Yhdysvalloissa, että ne vastasivat kolmasosaa kaikista ajoneuvoista liikenteessä. Samoihin aikoihin Euroopassa Ferdinand Porsche kehittää vuonna 1901 ensimmäisen hybridikäyttöisen akuilla ja polttomoottorilla toimivan ajoneuvon. (Matulka 2014.)



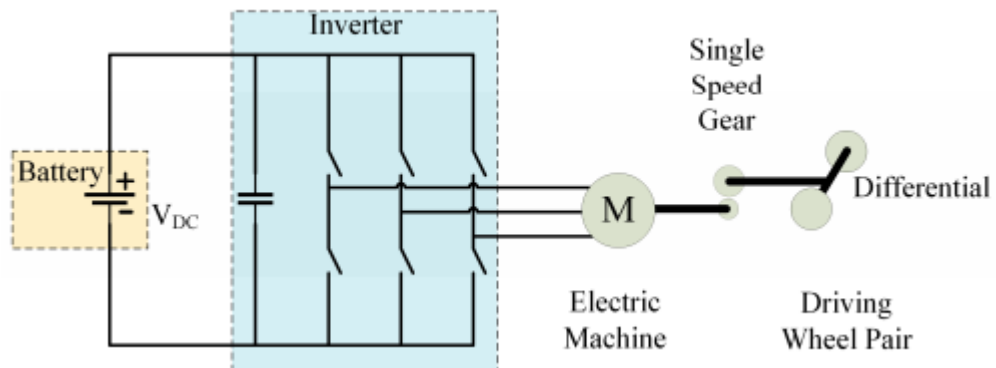
Kuva 1: Ensimmäinen maailmalla kehitetty sähköauto (The History of the Electric Car - World's First Hybrid Electric Car Is Invented 2014)

Vasta myöhempien innovaatioiden, kuten esimerkiksi automaattisen sytytysenakon säädön myötä 1900-luvulla polttomootorillisista ajoneuvoista tuli yleisesti ottaen suosituimpia verrattuna sähköautoihin (Korhonen 2019). Massatuotettu Model T vuosina 1908–1912 oli edullinen ja se hyödynsi edellä mainittua uutta tekniikkaa. Vuodesta 1920 ja aina vuoteen 1935 asti öljyn hinta laski ja Yhdysvalloissa huoltoasemia alkoi ilmestymään myös maaseuduille, mikä johti polttomootorilla toimivien ajoneuvojen yleistymiseen. Aikojen saatossa kiinnostus sähköautoja kohtaan laski, koska sähköautojen toimintakyky ja -matka olivat merkityksellisesti huonompia verrattuna polttomootorillisiin autoihin. Vasta 2000-luvulle tultaessa akkutekniikan kehityksen myötä sähköautot ovat pystyneet kilpailemaan vakavasti polttomootoriautojen kanssa. Sähköautot yleistyvät sekä Suomessa että ulkomailla jatkuvasti latauslaitteinfrastruktuurin kasvassa ja teknologian kehittyessä harppauksittain eteenpäin. (Matulka 2014.)

4.2 Täyssähköauto

Täyssähköauto eli BEV (battery electric vehicle) on ajoneuvo, joka ottaa moottoritehonsa ajoneuvon sisäänrakennetuista akuista. Energia liikkumiseen otetaan taajuusmuuntajan eli invertterin (kuva 2) kautta ajoakuista. Ajoakkujen myötä polttomootorin vaatimaa tyhjäkäyntiä ei tarvita. Lisäksi täyssähköau-

toissa ei tarvita monivälityssuhteista vaihdelaatikkoa eikä mekaanisesti toimivaa kytkintä. Sähköautoissa on yleisesti ottaen alennusvaihte sekä tasauspyörästö. Nelivetoisesti toimivissa sähköautoissa molemmilla akseleilla on oma moottorinsa. Toisin kuten polttomoottorillisessa ajoneuvoissa, täyssähköauton ohjaamon lämmittämiseen tarvitaan sähkölämmitin, mikä luonnollisesti kuluttaa akustoihin varattua energiaa. (Korhonen 2019.)

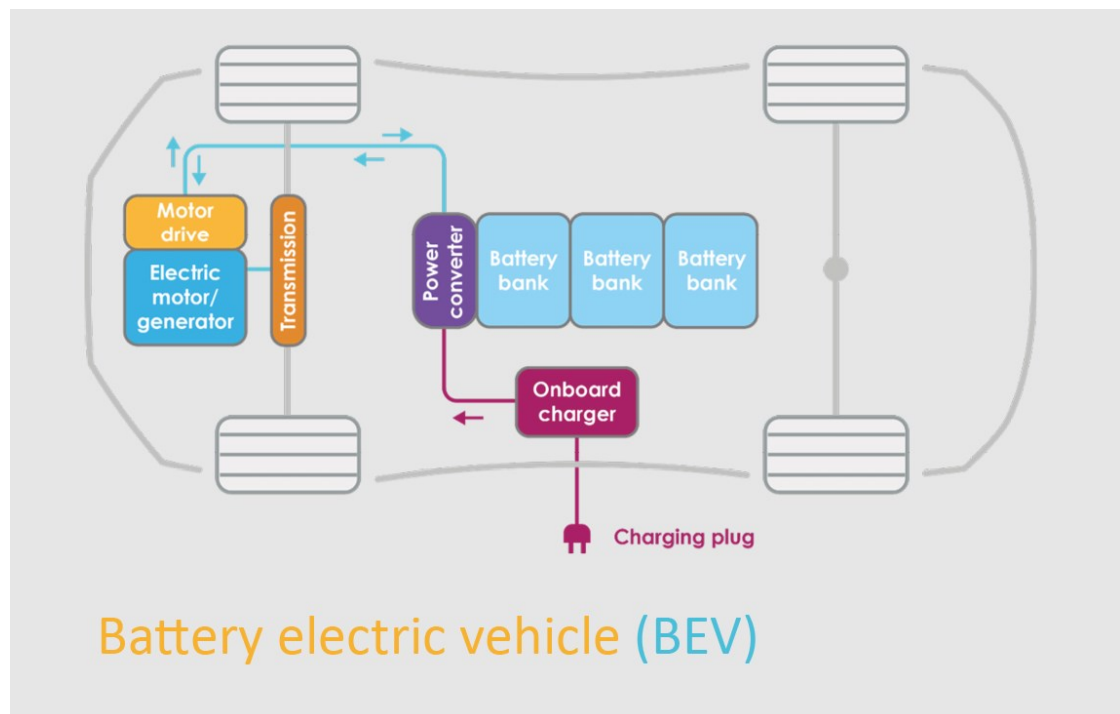


Kuva 2: Inverterin toiminta täyssähköautossa (A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development 2017)

Tyypillisesti täyssähköautot pystyvät kattamaan 100 – 250 kilometriä yhdellä latauksella riippuen auton akuston määrästä varastoida energiaa. Parhaimmat mallit pystyvät saavuttamaan vieläkin paremman ajomatkan. Täyssähköautot, jotka ovat varustettu isoilla akustoilla pystyvät kattamaan jopa 300 – 500 kilometrin matkan yhdellä latauksella. Ajomatkojen saavuttamiseen vaikuttaa muutamia eri tekijät, kuten esimerkiksi ajotapa ja -tyyli, ajoneuvokokoonpanosta, tien kunnosta, ilmastosta, akun tyypistä sekä akun kunnosta. (Un-Noor ym 2017.)

Sähköautojen litiumakut kestävät purkamista kylmällä, mutta kylmällä säällä se voi vaurioittaa akkuja. Akuston lämmitysjärjestelmän avulla sähköautoja on myös mahdollista ladata ulkona pakkasella. On kuitenkin otettava huomioon, että erityisen kovilla pakkasilla - enemmän kun -20 celsiusastetta - on mahdollista, että lataus ei välttämättä käynnisty, jos käytettävissä on vain 8 ampeeria sähkövirtaa. Suuremmilla sähkövirroilla, kuten yksivaiheisella 16 ampeerilla vastaavaa ongelmaa ei käytännössä ole. (Korhonen 2019.)

Nykyaikaisissa täyssähköautoissa (kuva 3) käytetään litiumpohjaisia ajoakkuja, koska niiden on havaittu olevan energiasisältönsä suhteeltaan massaan markkinoiden paras verrattuna muihin akkuteknologioihin. Yleensä täyssähköautot pystyvät käyttämään yksivaiheista latausta 7,4 kW:n teholla 32 ampeerin sähkövirralla, mutta markkinoilla on myös ajoneuvoja, jotka kykenevät lataamaan 22 kW:n teholla kolmella vaiheella ja 32 ampeerin sähkövirralla. Täyssähköjen etuna on lisäksi pikalatausmahdollisuus, jonka avulla ajoneuvoa pystytään lataamaan 43 kW:n teholla 63 ampeerin sähkövirralla. Tulevaisuudessa on mahdollista, että täyssähköautoja pystytään lataamaan jopa 350 kW:n teholla. (Korhonen 2019.)



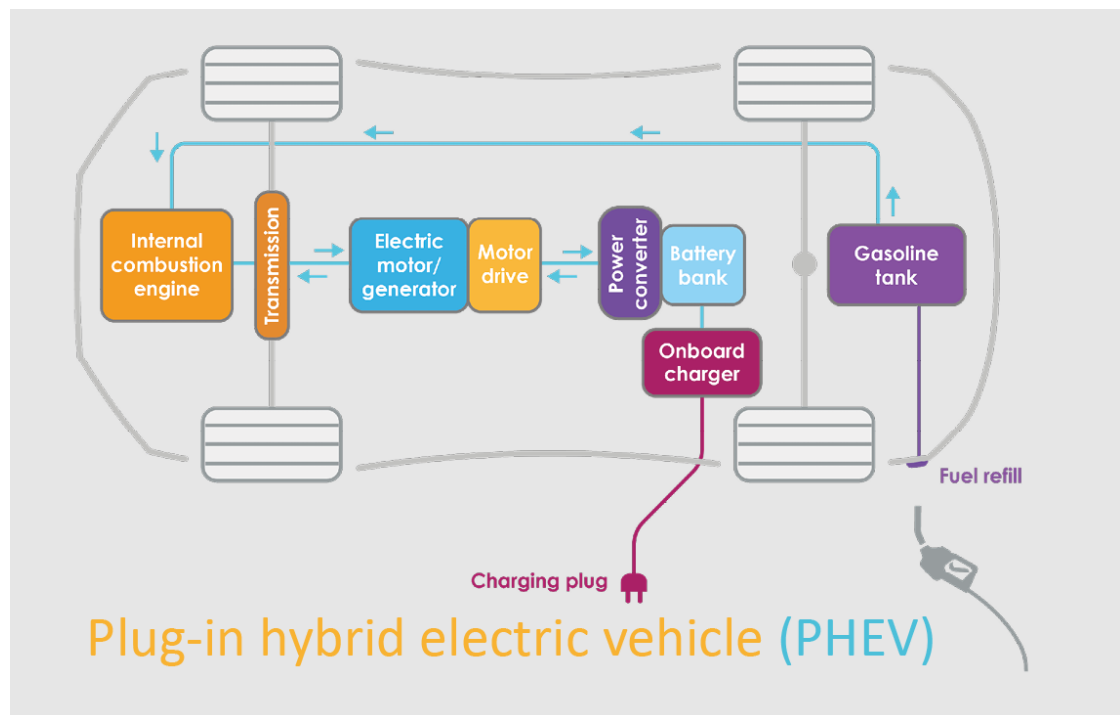
Kuva 3: Täyssähköauton kuvaus (Lecture Notes: Types of EV s.a)

4.3 Hybrid-sähköauto

Hybrid-sähköauto on osittain sähköinen ja osittain polttomoottorilla toimiva ajoneuvo. Voimanlähteenä kyseisen tyyppisissä ajoneuvoissa toimivat akustot, sähkömoottori sekä polttomoottori. Hybrid-sähköajoneuvot voidaan jakaa kahteen eri luokkaan, ladattavaan hybridi PHEV-luokkaan (plug-in hybrid electric vehicle) ja HEV-luokkaan (hybrid electric vehicle). PHEV-ajoneuvoja pystytään lataamaan ulkoisella tehon lähteellä. (Korhonen 2019.)

HEV-ajoneuvossa on pienempi akusto verrattuna PHEV-ajoneuvoihin. HEV-autoa ei pystytä lataamaan suoraan yleisen sähköverkon kautta vaan sen toiminta perustuu auton sisäinen akun lataamiseen polttomoottorin ja jarrutusvoiman avulla. Fundamentaalisena erona näiden kahden hybridiajoneuvojen välillä ajatella olevan se, että HEV-autoissa sähköinen moottori toimii pelkästään polttomoottorin tukena pienentääkseen polttoaineen kulutusta ja antaen sille lisää tehoa, kun taas PHEV-ajoneuvoissa matkan taittaminen ja ajoneuvon toiminta voi tapahtua pelkästään puhtaasti sähköllä. (Un-Noor ym 2017.)

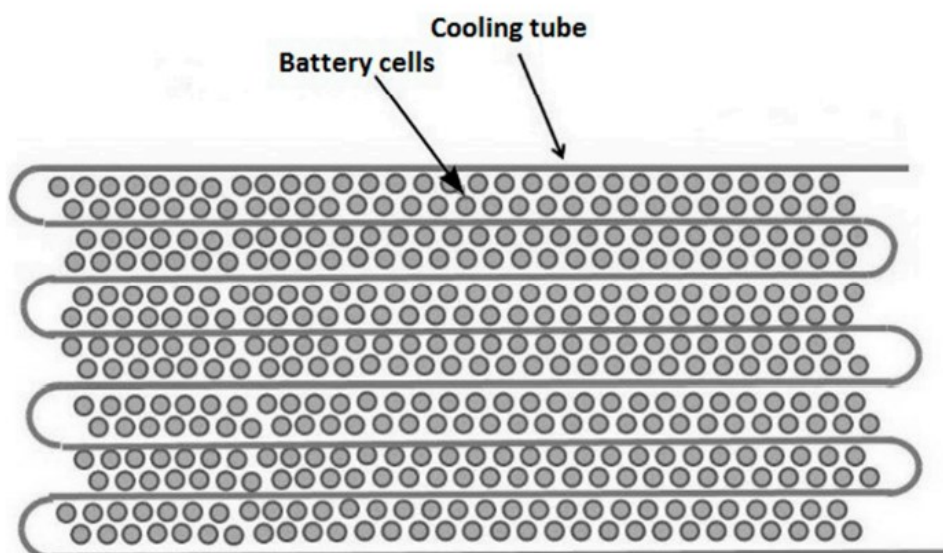
Ladattava hybridiauto (kuva 4) pystyy yhdessä polttomoottorin, pienen akun ja sähkömoottorin avulla pienentämään polttoaineenkulutusta siten, että sähkömoottori toimii generaattorina ja esimerkiksi jarrutusenergiaa voidaan ottaa talteen. Lisäksi polttoaineenkulutusta pienentää se, että sähkömoottorin vääntö on käytössä liikkeelle lähdeettäessä ja polttomoottorin toimintaa voidaan optimoida kasvattamalla hyötysuhdetta heikentämällä alakierrosvääntöä. Omaista hybridiautoille on se, että osa taitettavasta matkasta pystytään ajamaan pelkästään sähköllä, mikä entisestään pienentää polttoaineenkulutusta pidemmällä aikavälillä. Tyypillisesti ladattavalla hybridiajoneuvolla pystyy akun koon mukaan ajamaan noin 20–50 kilometriä, mikä tekee siitä hyvän valinnan esimerkiksi kaupunkiajoon. (Korhonen 2019.)



Kuva 4: PHEV -auton kuvaus (Lecture Notes: Types of EV s.a)

4.4 Sähköauton akku

Nykyaikaisissa sähköautoissa käytetään energian varastointiin ja ajoneuvon toimimiseen akkuja, jotka ovat liitettynä yhteen muodostamaan akuston. Akkujen tyyppinä on yleisesti ottaen erilaisia ja karkeasti ne voidaan jakaa: lyijyakkuihin, nikkelikadmium-, nikkelisinkki-, sinkki-ilma-, nikkelimetallihydridi-, natriumrikki-, litiumpolymeeri- ja litiumioniakkuihin. Esimerkiksi Tesla Model S -täyssähköautossa (kuva 5) akuston muodostaa yhteensä 7 104 litiumioniakkua, jonka avulla pystytään saavuttamaan 85 kWh:n kapasiteetti. Teslan akustoissa käytetään akustojen välissä erillistä viilentämisputkiloa, jonka avulla akkujen tuottamaa lämpöä voidaan kontrolloida. (Un-Noor ym 2017.)



Kuva 5: Tesla Model S -auton akusto (Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development 17.8.2017)

Tavanomaisissa PHEV -sähköautoissa on tyypillisesti noin 10 kWh:n akku ja BEV-sähköautoissa on nykyaikana noin 20–100 kWh:n akku. Akkujen kehitys on edistynyt 2010-luvulla huomattavasti ja samalla akkujen koot ovat kasvaneet valmistuskustannuksien pienennettyä. Pelkkä akuston koon kasvattaminen ei suoraan lisää toimintamatkaa lineaarisesti, sillä akuston kasvattaminen kasvattaa ajoneuvon massaa, mikä lisää ajettavan auton energiakulutusta riippumatta siitä onko kyseessä PHEV- tai BEV-sähköauto. Sähköautojen energiakulutus vaihtelee noin 10–30 kWh/100 kilometrin välillä. Noin 10 kWh:n akulla pääsee tavanomaisesti ajamaan olosuhteitten mukaan noin 20–50 kilometriä. Olosuh-

teisiin vaikuttaa esimerkiksi ilmanvastus, mikä kasvaa nopeuden kasvaessa. Ilman vastus voi johtaa jopa toimintamatkan puolittumiseen, kun nopeus kasvaa 80 km/h maantienopeudesta yli 120 km/h moottoritienopeuteen. (Korhonen 2019.)

Litiumpohjaiset ajoakustot suunnitellaan kestämään noin tuhat täyttä latauspurkusykliä, ennen kuin akustojen kapasiteetti laskee suurin piirtein 30 prosenttia alkuperäisestä kapasiteetista. Akustojen kestämää syklien määrää pystyy lisäämään pitämällä akun varauksen 10 % ja 90 % välillä – eli ei täynnä, muttei tyhjänä. Akkujen kuntoa pystyy pitämään yllä myös siten, että akkuja ei käytetä joka päivä alusta loppuun. On arvioitu, että 10 vuoden päästä käytössä olevien sähköautojen akustot eivät ole käyttökelvottomia, mutta niiden kapasiteetti on pienentynyt 30 % alkuperäisestä. Latauspurkusykliä merkittävämpi akustojen kuluttaja on kalenteri-ikäntyminen. Toisin sanoen, vaikka sähköautolla ajaisi vain 1 000 kilometriä vuodessa yli viidentoista vuoden ajan akustojen kapasiteetista voi olla pudonnut kymmeniä prosentteja tai enemmän. (Korhonen 2019.)

Vuonna 2021 tammikuussa on tehty historiallinen harppaus eteenpäin akkuteknologiassa. Uudenkaltainen litiumioni akusto, jonka lataaminen tyhjästä täyteen vie vain noin viisi minuuttia on kehitetty israelilaisen StoreDot-yrityksen toimesta. Akusto saadaan ladattua nopeasti, mutta lataaminen vaatii huomattavasti suuremman lataustehon verrattane nykyisiin markkinoilla oleviin latauslaitteisiin. Tämänhetkiset litiumioni akustot käyttävät grafiittia johtamaan sähköä. Uudessa StoreDotin kehittämässä akustossa grafiitti on korvattu puolijohde-nanohiukkasilla, johon ionit voivat siirtyä nopeammin ja helpommin, mikä tekee akusta tehokkaamman. Uuden tyyppisen akuston ansiosta erittäin-nopea lataus tulee olemaan mahdollista jo lähivuosina. (Carrington 2021.)

4.5 Liikenteen sähköistyminen Suomessa

Latausverkostojen yleistyminen maailmalla parantaa autoilijoiden mahdollisuuksia liikkua yhä pidempiä matkoja. Latauslaitteinfrastruktuurin kasvaessa myös katettavat matkat ovat pidempiä ja helpompia saavuttaa. Sähköautot ovat myös ympäristölle ystävällisiä, koska niistä ei aiheudu päästöjä samalla tavalla

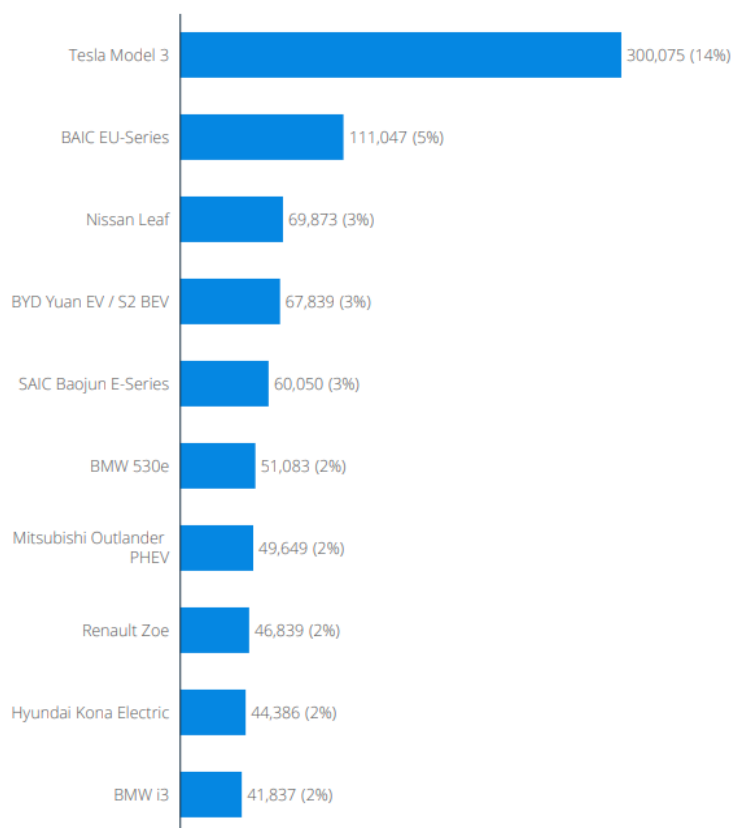
kuin polttomoottoreilla toimivista ajoneuvoista. Samalla sähköistyminen pienentää Suomen riippuvuutta öljystä. Suomi pystyy näin ollen parantamaan hiilineutraalisuuttaan pienentää liikenteen aiheuttamia päästöjä.

Liikenteen sähköistymisellä pystytään saavuttamaan muitakin hyötyjä Suomessa. Sähkökäyttöiset ajoneuvot liikenteessä sekä yksityisessä että julkisessa käytössä pystyvät parantamaan Suomen vaihtotasetta merkittävästi nykyiseen verrattuna (Pesola 2020). Sähköiset ajoneuvot tarjoavat lisää liiketoiminta- sekä vientimahdollisuuksia. Suomalainen teknologia osaaminen yleisellä tasolla voi tarjota meille mahdollisuuksia ohjelmisto- sekä palvelutuottajille. (Valiokunnan lausunto TaVL 14/2020 vp— HE 23/2020 vp. 2020.)

4.6 Sähköautojen myynti ja markkinaosuus

Vuonna 2019 tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin suurimpia sähköautojen valmistajia maailmassa. Tutkimuksessa saatujen tuloksien (kuva 6) mukaan markkinoiden menestynein sähköauto on selkeästi yli 300 000 myydyllä ajoneuvolla Tesla Model 3. Tesla on saavuttanut myynnillään 14 %:n osuuden kaikista myydyistä sähköautoista maailmassa. Prosenttiluku on miltei kolmikertainen määrä seuraavaksi myydyimpään sähköautoon. Toiselle sijalle tilastoissa on yltänyt Kiinan valtion omisteinen BAIC EU-Series. Kiinalaisvalmisteinen auto on onnistunut myymään vuonna 2019 yli 111 000 myytyä ajoneuvoa ja on saavuttanut myynnillään 5 %:n markkinaosuuden. Tilastojen valossa kolmantena myydyimpänä ajoneuvona on eurooppalaisille tunnetummalla Nissanin valmistama Leaf, jota on myyty yli 69 000 kappaletta kokonaisuudessaan. (In-depth: eMobility 2020)

Top 10 selling electric car models in 2019 and market share



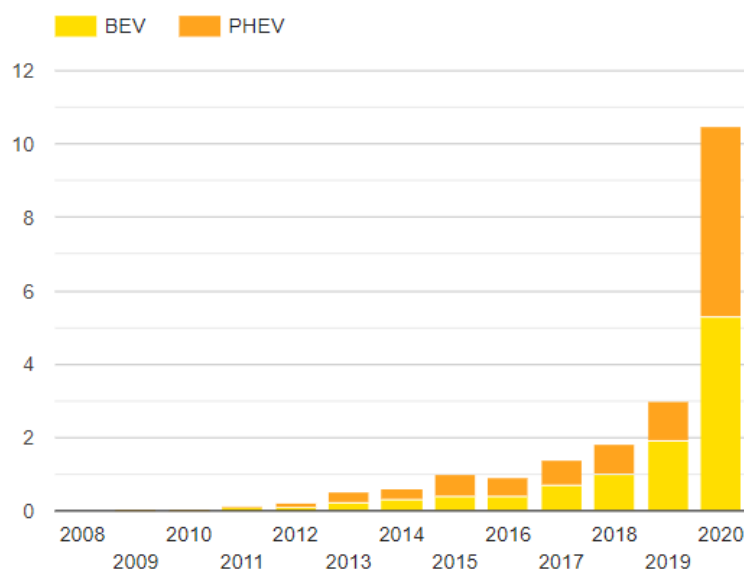
Kuva 6: Myydyimmät sähköautot ja markkinaosuudet (In-depth: eMobility 2020)

Sähköautot ovat ottaneet viime vuosina suuren harppauksen eteenpäin Euroopassa markkinaosuuksissa verrattuna vuosikymmenen alkuun. Tilastollisesti (kuva 7) kehitys on ollut tasaista PHEV ja BEV ajoneuvojen välillä vuodesta 2011 alkaen. Vuonna 2011 sähkökäyttöisiä ajoneuvoja rekisteröitiin Euroopan alueella noin 0,1 prosenttia kokonaisuudessa kaikkiin ajoneuvoihin nähden. Markkinaosuus kaikista ajoneuvoihin nähden oli varsin pieni, mitä osaksi selittää latausinfrastruktuurin puute ja markkinoiden pieni koko. Vuonna 2017 sähköautojen kokonaisuus markkinoilla saavutti ensimmäistä kertaa yli prosentin osuuden. Hybridi- (PHEV) sekä täyssähköajoneuvoja (BEV) rekisteröitiin molempia 0,7 % suhteessa kaikkiin uusiin rekisteröityihin autoihin. Teslan Model 3 julkaistiin vuonna 2017, mikä lisäsi täyssähköautojen määrää liikenteessä. Vuonna 2018 Tesla Model 3:a alettiin myymään myös Euroopassa ja seuraavan kahden vuoden aikana BEV-ajoneuvojen määrä ylitti ensimmäistä kertaa PHEV-ajoneuvojen määrän. Vuonna 2018 BEV-ajoneuvoja rekisteröitiin 1,0 % ja PHEV 0,8 %-yksikköä. Vuonna 2019 ja 2020 tehtiin varsinaiset ensimmäiset läpimurrot markkinaosuuksissa. Vuonna 2019 BEV-täyssähköautoja rekisteröi-

tiin 1,9 % ja hybridejä 1,1 %. Vuosi 2020 merkkasi todellista uudistusta automarkkinoilla ja lukuja tarkastellen, sähköautot olivat tulleet markkinoille jäädäkseen. BEV-täyssähköautoja rekisteröitiin jopa 5,3 % ja hybridi-autoja 5,2 %. (European Alternative Fuel Observatory 2020.)

AF MARKET SHARE NEW REGISTRATIONS M1 Electricity (2020)

Newly registered AF cars relative to total newly registered cars (in %)



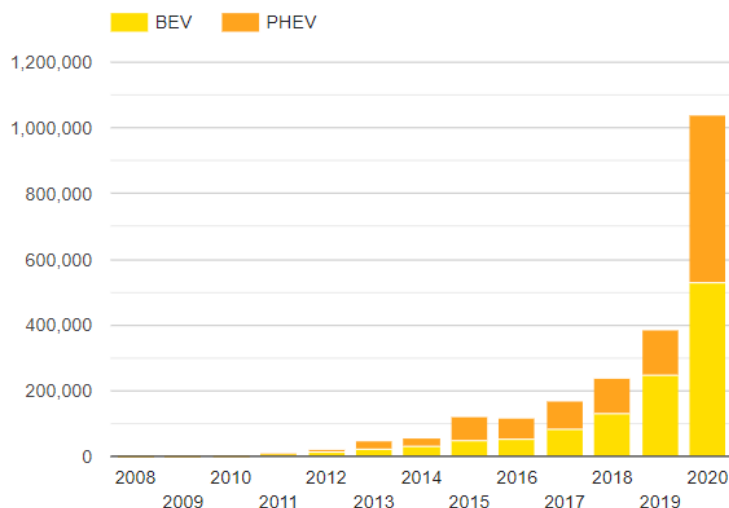
Kuva 7: Uudet rekisteröidyt BEV ja PHEV autot Euroopassa prosentteina (AF Market share new registrations M1 Electricity 2020)

Uusien rekisteröityjen autojen määrä (kuva 8) näkyy kappalemäärinä tasaisena nousuna. Vuonna 2011 BEV rekisteröitiin Euroopassa yhteensä 8014 kappaletta sekä ladattavia PHEV -hybridejä rekisteröitiin yhteensä 329 kappaletta. Markkinoille tulleissa vaihtoehdoissa nähtiin vuonna 2012 ladattavien hybridien merkittävää kasvua. Edelliseen vuoteen verrattuna vuonna 2013 hybridejä rekisteröitiin 8 025 kappaletta, mikä tarkoittaa noin 868 prosentin kasvua. Täyssähköautoja rekisteröitiin 12 716 kappaletta eli kasvua edelliseen vuoteen on noin 58 %. Seuraavina vuosina kasvu on ollut hillitympää, mutta trendi on jatkunut kasvavana. Vuonna 2019 PHEV ajoneuvoja rekisteröitiin 140 422 kappaletta ja BEV autoja 246 788 kappaletta. Vuonna 2020 vastaavat luvut olivat PHEV -hybrideille 514 232 ja BEV -täyssähköautoille 527 113 kappaletta. Muu-

tos vuoteen 2019 verrattuna on huomattava ja näiden lukujen perusteella ladattavat sähköautot yleistyvät Euroopassa vuonna 2021 entisestään. (European Alternative Fuel Observatory 2021.)

AF NEW REGISTRATIONS M1 Electricity (2020)

Alternative Fuel passenger cars new registrations



Kuva 8: Uusien sähköautojen rekisteröinti määrä (AF New registrations M1 Electricity 2020)

Heinäkuussa 2020 tehdyn tutkimuksen mukaan COVID-19-pandemia on vaikuttanut sähköautojen myyntiin negatiivisesti. International Energy Agency:n tekemän raportin mukaan aikavälillä tammikuu – toukokuu 2020 kaikkien ajoneuvojen myynnissä melkein jokaisella markkina-alueella tapahtui jyrkkä pudotus mukaan lukien Kiinassa, Saksassa, Yhdysvalloissa, Isossa-Britanniassa sekä Intiassa. Tämä muutos on vaikuttanut myös sähköautojen myyntiin suurilla markkinoilla, kuten Kiinassa (yli 50 %) sekä Yhdysvalloissa (noin 60 %). Euroopassa tilanne on kuitenkin toisin. Euroopan Unionin asettamien CO₂-päästöta-voitteiden (CO₂-päästöt per kilometri ajoa) johdosta vuoden 2020 ensimmäisten neljän kuukauden aikana myynti on kasvanut yli 90 prosenttia. Useat eri valtioiden hallitukset Euroopassa omaavat suuren tuen sähköautoille ja etenkin liikenteen sähköistymiselle. (In-depth: eMobility 2020.)

4.7 Sähköautojen standardeja

Tässä luvussa esitellään sähköautojen erilaisia standardeja, jotka ovat tärkeitä sähköautojen turvallisuuden ja toiminnan kannalta. Standardit perustuvat kansainvälisen ISO:n (International Organization for Standardization) määrittämiin standardeihin. (About us s.a.)

ISO 6469 on standardi, joka määrittää turvallisuusvaatimukset matkustaville henkilöille ladattavan sähkökäyttöisille ajoneuvon sisällä ja ulkopuolella (ISO 6469-4:2015 s.a). ISO 17409 standardissa määritellään sähköturvallisuusvaatimukset sähkökäyttöisten ajoneuvojen kytkemisen ulkoisiin virtalähteisiin ja sähkökuormiin (ISO 17409:2020 s.a). ISO 7637 standardi määrittää testausmenetelmät ja -menetelmät henkilöautoihin 12V:n ja 24V:n sähköjärjestelmillä varustettujen ajoneuvojen laitteiden yhteensopivuuden kanssa (ISO 7637-2:2011 s.a). ISO 11451 standardi, jonka tarkoituksena on määrittää ja täsmentää yleisiä ehtoja ajoneuvotesteille etenkin sähköhäiriöiden varalta (ISO 11451-1:2015 s.a.). ISO 11452 standardi määrittää testimenetelmät ajoneuvojen komponenttien häiriönsiirron määrittämiseksi käyttövoimajärjestelmästä riippumatta (ISO 11452-4:2020 s.a).

5 LATAUSPALVELUT

5.1 Kotimaisia palveluntarjoajia

Liikennevirta Oy on vuonna 2013 suomalaisten energiayhtiöiden yhteistoimin perustettu yritys, joka tarjoaa sähköautojen lataamiseen tarkoitettuja palveluita Suomessa ja muualla Euroopassa. Liikennevirta toimii yli 28 eri maassa ja työllistää yli sata ihmistä. Yritys omaa Euroopan johtavan latauspalvelualustan, johon on kytkeytyneenä yli kolme sataa ammattimaista latausverkostoa. Yritys on palkittu muun muassa vuoden innovatiivisimpana energiaratkaisuna vuonna 2018 (Älykäs latauspalvelu palkittiin vuoden innovatiivisimpana energiaratkaisuna. 2019). Liikennevirta tarjoaa palveluitaan sekä yksityis- että yritysasiakkailleen. Yrityksen latausverkostossa on kytkettynä hitaita, keskinopeita ja pikalautasasemia. (Lataamme huomista varten 2021)

Fortum on tunnettu suomalainen energiayhtiö, joka tarjoaa asiakkailleen sähköautojen latausverkostoa käyttöönsä. Fortum tarjoaa palveluitaan Suomessa

ja Pohjoismaissa sekä on tätä nykyä laajentanut palveluitaan myös Eurooppaan ostamalla PlugSurfing -palvelun (Fortum Charge and Drive 2018). Lisäksi Fortum tarjoaa kotilatauspalveluita Suomessa yksityiseen käyttöön esimerkiksi taloyhtiöille. Fortumin konseptiin kuuluu muun muassa tuulisähkön käyttö sähköautojen latauksessa. (Fortum Charge-and-Drive kotona ja taloyhtiössä 2019).

PlugIt Finland Oy on vuonna 2012 perustettu kotimainen yhtiö, joka tarjoaa sähköautojen latausratkaisuja yksityisille- ja yritysasiakkaille kuten koteihin, työpaikoille, kauppoihin ja liiketiloihin. Yhtiöllä on konttorit Espoossa, Porissa ja Pirkkalassa. Yritys myy latauspalveluiden ohella varsinaisia latauslaitteita, latauskaapeleita sekä asennuspalvelua kotitalouksille. (Palvelua kaikille s.a.)

Parkkisähkö Oy suomalainen vuonna 2014 perustettu kasvuyhtiö, joka kehittää sähköautojen latausteknologioita ja tarjoaa latauspalveluita asiakkailleen. Yhtiö on johtava kiinteistölatauksen edelläkävijä ja yritys omistaa patentoidun pikaliitinteknologiaan perustuvan kaapelointijärjestelmän. Parkkisähkö keskittyy myymään AC-latausasemiakohteisiinsa ja tarjoamaan asennuspalveluita. (Meistä 2021.)

K-lataus on suomalaisen Keskon oma latauspalveluita harjoittava ketju, joka otti isomman harppauksen vuoden 2019 aikana. Yhtiö tekee yhteistyötä IONITY-latauslaitteiden kanssa, jotka tarjoavat nopeaa pikalatausta asiakkailleen (K-lataus tuli latausautoilija iloksi 2020). Lisäksi K-latauksella on omia keskinopeita AC-latauslaitteita sekä DC-pikalatauslaitteita koko maassa. Yritys tarjoaa latauslaitteita muissa K-ryhmän kaupoissa eri puolella Suomea ja K-latauksen mukaan ladattava sähkö latauslaitteilla on sata prosenttisesti uusiutuvaa energiaa. (Mikä on K-lataus? 2021.)

5.2 Ulkomaalaisia palveluntarjoajia

Chargepoint koko globaalin markkinan johtava latauspalveluita tarjoava yritys Yhdysvalloista, joka on perustettu vuonna 2007 (Press Room & Corporate Information 2021). Yrityksen latausverkostossa on kytkettynä yli sata tuhatta latauslaitetta ja latauslaitteita kytketään verkostoon yli 2000 per kuukausi. Keskiarvolta yli 1600 sähköautojen lataajaa kytkeytyy kiinni Chargepointin latauslaitteisiin tunnissa. (ChargePoint Celebrates 100,000 Places to Charge 2019.)

IONITY on perustettu yhteistyössä eri autovalmistajien kanssa kuten esimerkiksi: BWM Group, Ford Motor Company, Hyundai Motor Group, Mercedes Benz AG ja Volkswagen Group, johon kuuluu myös Audi sekä Porche. Yritys toimii useassa eri Euroopan maassa ja tarjoaa sähköautojen latauspalveluita asiakkailleen. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Saksan Münchenissä. Yhtiö keskittyy tarjoamaan DC-pikalatauslaitteita asiakkaidensa käyttöön Euroopan suurempien moottoriteiden ja -väylien varrella. (About s.a.)

Tesla Supercharger -palvelun on Tesla Inc lanseeraama latauspalvelu, joka on tarkoitettu Teslan sähköautojen lataamiseen ympäri maailmaa. Latauslaitteita yhtiöllä on erityisen paljon Yhdysvalloissa, Keski-Euroopassa sekä Itä-Kiinan meren valtiossa Aasiassa erityisesti hotellien, ravintoloiden ja ostoskeskusten varrella. Lisäksi Tesla tarjoaa kotilatausmahdollisuutta tarjoamalla omia brändättyjä tuotteitaan verkkokaupassaan. (Matkalla 2021.)

5.3 Roaming ja latausverkostojen yhdistyminen

Hubject on vuonna 2012 perustettu yritys, joka tarjoaa oman verkkovierailun eli roaming alustan Euroopassa sähköautojen latauslaitteiden omistajille tai palveluntarjoajille. Hubject pyrkii toiminnallaan tarjoamaan neutraalin ja avoimen kaupankäynnin paikan erilaisille liiketoimintamalleille ja -ratkaisuille tarjoamalla yhteyden yhden API-rajapinnan kautta. Yritys ei siis itsessään omista latauslaitteita vaan tarjoaa paikan muille latausinfrastruktuureille kasvaa yhdistämällä toimijat neutraalin alustan kautta. Tällä hetkellä Hubject verkostossa on yli seitsemänsataa yhteistyökumppania ja se toimii yli neljässäkymmenessä maassa. Toiminnan taustalla vaikuttavat suuret autovalmistajat, kuten BMW Group, Mercedes Benz sekä Volkswagen. (Towards a sustainable future of mobility 2021.)

Gireve on ranskalainen 2013 perustettu kasvuyritys, jonka taustalla vaikuttaa suuri autovalmistaja Renault. Yritys pyrkii tarjoamaan avoimet markkinat muille latauspalveluita tuottaville yrityksille, jotta yritys pystyisi tukemaan kestävä kehityksen liikkumisen muotoja. (Get to know us 2020.)

Yritys tarjoaa digitaalisen palvelualustan sähköautojen lataukselle tarjoamalla palvelut latauslaitteiden omistajille ja latauslaitteverkostoille. Gireve tarjoaa latausverkostojen ja -laitteiden yhdistämisen yhden API-rajapinnan kautta, minkä takia latausverkostojen yhdistäminen tarjoaa sähköautoilijoille paremmat mahdollisuudet ladata ympäri Eurooppaa. Yhdistämällä latausverkostoja keskenään niin sanotut loppukäyttäjät eli sähköautojen varsinaiset lataajat saavat paremmat mahdollisuudet ladata ja kilpailu eri latausverkostojen välillä kasvaa. Tällä hetkellä Gireve toimii lähes kolmessa kymmenessä eri maassa sekä sillä lähes kaksisataa viisikymmentä yhteistyökumppania. (Our expertise 2020.)

6 LATAUSLIITTIMET

Riippumatta siitä omistaako PHEVin vai BEVin sähköautoja voidaan ladata kotipistorasiasta eli standardin SFS 5610 mukaisesta AC-suojakoskettimesta eli schukosta (kuva 9). Yleensä ajoneuvon mukana tulee kaapeli, jonka avulla lataus onnistuu esimerkiksi kotona. Tavanomaisesti sähköautoa voidaan yhdellä vaiheella ladata 13 A:n sähkövirralla, jolloin tyypillisesti latausteho on noin 3,3 kilowattia (Luukkanen 2020). Schuko-pistorasiat tulee tarkistaa ennen niiden käyttämistä sähköauton lataamiseen, sillä tavalliset kotikäyttöiset pistorasiat eivät sovellu pitkäaikaiseen lataamiseen kytkimen täydellä mitoitusvirralla. Tästä syystä kotikäytössä latausvirta suositellaan rajoitettavan 8 A:iin, jotta pistorasian sähköistys kestäisi sähkövirran tuottaman kuormituksen. (Korhonen 2019.)



Kuva 9: Schuko -liitin (Earther Plug 2020)

Type 1 -liitin (kuva 10) on ensimmäisen sukupolven AC-latausliitin, jota käytettiin ensimmäisissä Nissan Leaf täyssähköautoissa. Tällä hetkellä Type 1 -liitin

on edelleen käytössä Amerikassa. Tekniikaltaan Type 1 -liitin muistuttaa seuraavan sukupolven Type 2 -liitintä, mutta Type 1 -liitin tukee vain yksivaiheista sähkövirtaa (Luukkanen 2020). Tämän tyyppisellä liittimellä pystytään lataamaan yhdellä vaiheella ja 16 A:n sähkövirralla maksimissaan 3,7 kilowatin latausteholla ja vastaavasti 32 A:n sähkövirralla saavutetaan noin seitsemän kilowatin latausteho. (EV Charging Knowledge Bank 2021.)



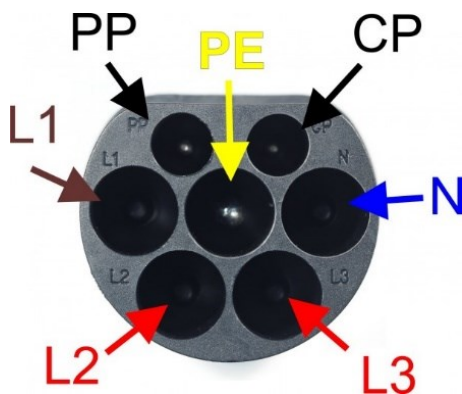
Kuva 10: Type 1 -liitin (Type 1 Plug, max 32A s.a)

Type 2 -liitin (kuva 11) eli Mennekes on AC-latausliitin yleisin ja sillä pystytään saavuttamaan keskinopea, jopa 43 kW:n latausteho. Vastaava latausteho tosin on harvinainen ja siihen pystyy esimerkiksi Renault Zoe. Ladattavan ajoneuvon mukaan virtaa voidaan ladata joko yhdestä tai kolmesta vaiheesta. Ajoneuvon sisäinen laturi määrittelee maksimaalisen latausnopeuden. 16 A:n sähkövirralla ja 11 kW:n latausteholla pystytään tyyppillisesti tunnin aikana lataamaan sähköä noin viiden kymmenen kilometrin ajoa varten. 32 A:n ja 22 kW:n latausteholla pystytään saavuttamaan noin sadan kilometrin ajo. Yleisesti ottaen kotilatauksessa Type 2 -liitin on joko kiinteä tai irrallinen. Kaapeli on tärkeää mitoittaaan ajoneuvon sisäisen laturin lataustehon mukaan, sillä suojamaadoitukset on tyyppillisesti määritelty 16 A:n ja 32 A:n mukaan. (Luukkanen 2020.)



Kuva 11: Type 2 -liitin (Type 2 Male Plug Replacement For Charging Cable 2021)

Type 2 -liittimessä (kuva 12) on yhteensä kuusi kontaktipinniä tai piiriä sekä keskellä PE-kontakti (protective earth), joka on osa suojamaadoitusta ja sen tarkoitus on turvata huippuvirralla. Liittimet L1, L2 sekä L3 ovat tarkoitettu eri sähkövirran vaiheita varten ja N-liitin on varattu maadoitukselle. Type 2 -liittimen sivuilla ovat PP-piirit (proximity pilot) sekä CP-piirit (control pilot), joilla molemmilla on tärkeä tehtävä osana sähköautojen lataamista. PP-piirin avulla latauslaite pystyy tunnistamaan ajoneuvon kytkeytymisen laitteeseen, lähettämällä signaalin, jonka avulla laitteessa tapahtuu vastuksen muutos. CP-piirin avulla latauslaite pystyy määrittelemään maksimaalisen lataustehon ajoneuvoon. Piirin avulla ajoneuvo viestii latauslaitteelle sen akuston tämänhetkisen varaustilan ja huippuvirran tarpeen määrän sekä säätelee huippuvirtaa akuston varauksen mukaan. (Lagerström 2018.)



Kuva 12: Type 2 -latausliitin ja virtajohtimet (Duosida Type 2 Male Plug (IEC 62196-2) s.a)

CHAdeMo on DC-tasavirtaa käyttävä sähköautojen latausliitin (kuva 13) ja se on japanilaisten autonvalmistajien standardi sähköautojen lataamiseen. Yleisesti ottaen tällä hetkellä CHAdeMon avulla pystytään lataamaan 62,5 kilowatin latausteholla, mutta yleensä latauslaitteet ovat säädetty tuottamaan 50 kilowatin lataustehon. Japanissa on jo vuonna 2017 esitelty yli 200 kilowattiin yltävä protokolla CHAdeMolla. Vuonna 2020 Japanissa esiteltiin peräti 900 kilowatin protokolla, mutta toistaiseksi Euroopassa ei löydy vielä yhtäkään sähköautojen latauslaitetta, joka ylittäisi yli 50 kilowattiin. (Luukkanen 2020.)

Erikoisuutena CHAdeMossa on CAN-väylä. CAN-väylää voidaan ajatella olevan eräänlainen ajoneuvon hermosto, jonka avulla ajoneuvon eri tekniikat ja teknologiat, kuten esimerkiksi moottorinohjauksyksikkö keskustelevat ajotietokoneen kanssa. (CAN Bus Explained - A Simple Intro 2021.)



Kuva 13: CHAdeMo-liitin (CHAdeMo connector 2018)

CCS (combined charging system) on eurooppalainen standardi DC-tasavirta lataustavalle, jota useat suuret autoyhtiöt Euroopassa ja Pohjois-Ameriakassa tukevat. Alkuaikojaan CCS -liittimellä (kuva 14) saavutettiin maksimissaan noin 70 kilowatin latausteho, mutta esimerkiksi jo vuonna 2017 CCS -liittimellä saavutettiin jo 350 kilowatin latausteho, vaikka ajoneuvoa, joka vastaavaa lataustehoa tukisi ei ole vielä markkinoilla. Yleisesti ottaen CCS-liittimen latausteho on tyypillisesti 50 kilowatin luokkaa CCS-liittimellä ja 50 kilowatin latausteholla pystytään lataamaan kymmenen kilowattituntia noin 12 minuutissa. (Luukkanen 2020.)



Kuva 14: CCS-liitin (Type-3 (CCS) 2021)

7 LATAUSLAITTEET

7.1 Laitevalmistajia

Ensto Finland Oy on kansainvälinen teknologia-alan yritys, joka on perustettu vuonna 1958 Suomessa ja, mikä tuottaa erilaisia sähkötekniisiä tuotteita ja palveluita asiakkailleen. Osakeyhtiö tarjoaa modulaarisia sähköautojen lataus ratkaisuja ja -palveluita yksityiseen sekä julkiseen käyttöön yli kymmenen vuoden kokemuksella. Enston tuotevalikoima keskittyy AC-vaihtovirtaisiin latauslaitteisiin, joiden latausteho on 3,7 kW:n ja 22 kW:n välillä. (Sähköauton lataus - ratkaisut moderniin lataamiseen 2021.)

Alfen on Alankomaalainen vuonna 1937 perustettu osakeyhtiö, joka on alkupe-
räisesti keskittynyt tuottamaan korkea- ja matalajännitteisiä laitteita, kuten esi-
merkiksi sähköasema muuntimia. Sitten vuonna 2007 eteenpäin Alfen on
kehittänyt älyllisiä sähköautojen latauslaitteita ja vuoteen 2017 mennessä Al-
fenin latureita on toimitettu jo yli 35 000 kappaletta (About Alfen – history 2021).
Tuotevalikoimaltaan Alfen tarjoaa samantyyppisiä ratkaisuja, kuten heidän kil-
pailijansa Ensto ja latausteho laitteilla on yleisesti ottaen 3,7kW:n ja 22 kW:n
välillä (Alfen product range 2021.)

ABB on ruotsalaisveitsiläinen teollisuuskonserni, joka on perustettu vuonna
1988. Yrityksen juuret ulottuvat yli 130 vuoden taakse ja se työllistää ihmisiä yli
sadassa eri maassa. Yhtiö tuottaa muun muassa teknologiaratkaisuja yhdistä-
mällä ohjelmoinnin elektroniikkaan, robotiikkaan ja automaatioon. (About ABB
2020.)

ABB omaa hyvin laajan tuotevalikoiman sähköautojen latausratkaisuihin tarjoamalla ratkaisuja yksityiseen ja julkiseen käyttöön. Yhtiöllä on AC-vaihtovirtaisia latauslaitteita 3 kW ja 22 kW välillä. Lisäksi ABB tarjoaa DC-tasavirta latauslaitteita 11 kW aina jopa hulppeaan 350 kW asti, joiden avulla BEV-sähköauton lataa täyteen äärimmäisen nopeasti. Lisäksi yhtiö on kehittänyt eBusseja varten lataustelakan, joiden latausteho vaihtelee 150 kW:n ja 600 kW:n välillä. (EV Charging Solutions 2021.)

Delta Electronics on taiwanilainen vuonna 1971 perustettu osakeyhtiö. Yhtiö on globaali sähkö- ja lämmönhallintaratkaisujen toimittaja. Delta tarjoaa maailman energiatehokkaimpia tehoelektronikka tuotteita (Delta profile 2020). Yhtiön tuotevalikoima sähköautojen latauslaitteissa keskittyy AC- ja DC-latauslaitteisiin, joita on tarjolla yksityiseen ja julkiseen käyttöön. AC-latauslaitteiden tehovaihtelu on 7 ja 22 kW:n välillä. DC-tasavirtaisten latauslaitteiden tehovaihtelu on 25 ja 150 kW:n luokkaa. (EV Charging 2020.)

Tritium Pty Ltd on vuonna 2001 perustettu australialainen sähköautojen latauslaitetekniikkaan keskittyvä yhtiö. Yhtiö on kansainvälistynyt vuoden 2017 jälkeen avaamalla konttoreita Yhdysvaltoihin sekä Eurooppaan. Yhtiö on keskittynyt tuottamaan DC-virralla toimivia pikalatauslaitteita. Merkittävän yrityksen Tritiumista tekee se, että yhtiö on vuonna 2019 ilmoittanut kumppanuudesta eurooppalaisen yhteisyritys IONITY:n kanssa, johon kuuluvat muun muassa BMW Group, Ford Motor Company, Hyundai Motor Group, Mercedes Benz AG ja Volkswagen Group Audin ja Porchen kanssa. Latausteholtaan Tritiumin latauslaitteet vaihtelevat 50 kW:n ja 350 kW:n välillä. (About s.a.)

7.2 AC-latauslaitteet

Tässä luvussa käsitellään AC-latauslaitteita ja ominaisuuksia. Latauslaitteiden tiedot ovat koottuna luvun lopussa taulukkoon (Taulukko 1).

Ensto eFiller (kuva 15) on seinään asennettava sähköautoille soveltuva yksinkertainen latauslaite, jossa ei ole niin sanotusti älyä eli se ei keskustele taustajärjestelmien kanssa. Latauslaitteessa on kiinteä Type 2 -pistokkeella varustettu latauskaapeli. Laite on rakennettu metallista ja sillä on IP44 ja IK10 luokitukset, mikä tekee siitä sääolosuhteiltaan ja ilkeivallalta kestävä. Latauslaitteesta on

kaksi eri versiota 1- sekä 3-vaiheinen, jolloin 16A:n 1-vaiheinen latauslaite pystyy tuottamaan 3,7 kW:n lataustehon. Vaihtoehtoisesti 16A:n 3-vaiheinen versio pystyy maksimissaan tuottamaan 11,2 kW:n lataustehon. Kotelointiluokaltaan eFiller on luokkaa 45201 ja iskunkestoltaan se omaa luokan IK10. Latauslaite on tarkoitettu kotikäyttöön ja siinä ei juurikaan ole lisäominaisuuksia, kuten energiamittaria, suojakatkaisinta, käytön valvontaa, kuormanhallintaa eikä tietoliikenneyhteyden muodostaminen ole mahdollista. (Latauslaite EVH050.02H s.a.)



Kuva 15. Ensto eFiller -latauslaite (Latausasema EVH020.02H_01 s.a)

Ensto One (kuva 16) on kiinteällä latauskaapelilla varustettu seinään tai jalustalle asennettava latauslaite, josta on valmistettu erilaisia versioita riippuen käyttökohteesta. Valittavissa on Type 2 pistorasiat 3,6 kW:n ja 7,4 kW:n väliltä ja käyttövirta on säädettävissä 6–32 A:n väliltä. Laitteessa on sisäänrakennettu vikavirtasuojasuoja tasasähkövirralle ja vikavirtakatkaisija. Latauslaiteessa on IP54 ja IK10 luokitukset, mikä tekee siitä kestävä. Ensto One on tarkoitettu sekä koti- että julkiseen käyttöön ja siinä on lisäominaisuuksina: MID-hyväksytty energiamittari, suojakatkaisija sekä kuormanhallinta. Lisäksi latauslaitteeseen on mahdollista muodostaa tietoliikenneyhteys, jonka avulla käytön valvonta onnistuu. Latauslaite tukee OCPP 1.6 -kommunikaatioprotokollaa. (Latauslaite EVH321-ACRM0-C s.a.)



Kuva 16: Ensto One -Latauslaite (Latausasema EVH321-ACRM0-C s.a)

Ensto Wallbox (kuva 17) on moduloitavissa oleva sähköautojen latauslaite, joka on tarkoitettu yhdelle tai kahdelle ladattavalle ajoneuvolle. Laitevalmistajan mukaan laite soveltuu parhaiten jokapäiväiseen lataukseen julkisilla, yksityisillä tai osittain julkisilla paikoilla. Samoin kuten aikaisemmissa Enston latauslaitteissa Wallboxissa on sekä IP54 kotelointi- sekä IK10 -iskunkestävyysluokat. Latauslaitteen enimmäisteho on 22 kilowattia nimellisvirran ollessa 3 x 32 A. Laitteeseen on tuotteen mallin mukaan mahdollista asentaa energiamittari. Wallbox tukee erillistä ohjelmistopohjaista käytön valvontaa, ja siihen on mahdollista ottaa käyttöön Ethernet yhteys GSM- tai Wi-Fi -verkon avulla. Yhteyden avulla pystytään saavuttamaan kuormanhallinta sekä latauslaite tukee OCPP 1.6 -kommunikaatioprotokollaa. (Latauslaite EVB100-ALB s.a.)



Kuva 17: Ensto Wallbox -latauslaite (Latausasema EVB100X s.a)

Alfen Eve Single Pro-line (kuva 18) on kompakti yhdellä Type 2 pistokkeella varustettu älylatauslaite, joka on tarkoitettu julkiseen ja yksityiseen käyttöön. Latauslaite on mahdollista asentaa seinään tai lisävarusteina maahan asennettavaan tolppaan. Enimmäislatausteho vaihtelee vaiheiden kytkennän mukaan 3,7 kW:n ja 22 kW:n välillä. Latauslaitteessa on sisäänrakennettu RFID-lukija sekä energiamittari. Laite on mahdollista kytkeä verkkoon GPRS/Ethernet yhteyden avulla. Latauskaapeli on mahdollista asentaa kiinteäksi ja laitteessa on IP55 kotelointiluokka. Lisäksi laitteessa on IK10 iskunkestoluokitus ilkivaltaa vastaan. Lisäksi laite on varustettu aktiivisella kuorman tasauksella ja laite tukee niin sanottua plug & charge -tunnistautumistapaa. Latauslaite pystytään yhdistämään latauslaitejärjestelmään OCPP 1.6 -kommunikaatioprotokollan avulla. (Eve Single Pro-line 2021.)



Kuva 18: Alfen Eve Single Pro-line -latauslaite (Eve Single Pro-line 2021)

Alfen Eve Double Pro-line (kuva 19) on laitevalmistajan lippulaivatuote, jossa on kaksi Type 2 pistoketta ja se on tarkoitettu julkiseen tai puolijulkiseen käyttöön, kuten toimistorakennuksiin ja kauppakeskuksiin. Latauslaite on mahdollista asentaa seinään tai erilliseen maahan asennettavaan tolppaan. Kyseisen tyyppiseen latauslaitteeseen on mahdollista ottaa käyttöön sisäänrakennettu kuormanjako. Lisäksi aivan kuten Eve Single Pro-line:ssä kyseisen tyyppisessä latauslaitteessa on integroitu RFID:n lukija, MID-hyväksytty energiamittari. Laite on mahdollista kytkeä verkkoon GPRS tai Ethernet yhteydellä ja samoin kuten Eve Single Pro-line, tämä laite tukee OCPP 1.6 -kommunikaatioprotokollaa ja siinä on samat lisäominaisuudet. (Eve Double Pro-line 2021.)



Kuva 19: Alfen Eve Double Pro-line -latauslaite (Eve Double Pro-line 2021)

ABB Terra AC (kuva 20) on perinteiseen hitaaseen tai keskinopeaan lataamiseen tarkoitettu AC-vaihtovirralla toimiva latauslaite, joka soveltuu moniin eri käyttökohteisiin, kuten koteihin, toimistoille ja julkisiin paikkoihin. Latauslaitetta pystyy käyttämään sekä Type 1- että Type 2 -latauskaapeleilla. Laitteessa on sisäänrakennettuna B-luokan energiamittari ja liitännät mahdollisuutta älykkäälle energiamittarille, minkä avulla voidaan saavuttaa dynaaminen kuormanhallinta. Laite kykenee yksivaiheiseen 1 x 32 A nimellisvirralla 7,4 kW:n lataustehoon sekä kolmivaiheiseen 3 x 32 A 22 kW:n lataustehoon. Latauslaite on mahdollista kytkeä verkkoon Ethernet-, Wi-Fi- ja Bluetooth -yhteyksien avulla, minkä takia laitetta pystytään konfiguroimaan älysovelluksen tai ABB:n web portaalin välityksellä. Samalla se tukee OCPP 1.6 -kommunikaatioprotokollaa. Laite omaa IP54 koteloitilun ja sen iskunkesto on määritelty IK10 -luokkaan ja käyttölämpötilan ollessa -35 ... -30 °C välillä, koteloitilun luokka on IK8. (Sähköauton lataamisen koti – Terra AC -latausasema 2020.)



Kuva 20: ABB Terra AC -latauslaite (Terra AC -latausasema 2021)

Taulukko 1. AC-latauslaitteet ja niiden ominaisuuksia listattuna

AC -latauslaite	Ensto - eFiller	Ensto - One	Ensto - Wallbox	Alfen BV - Eve Single Pro	Alfen BV - Eve Double Pro	ABB - Terra AC
Nimellisvirta	3x16A	3x16A	3X32A	3x16A / 3x32A	3x16A / 3x32A	3x16A / 3x32A
Enimmäslatausteho	max 11 kW	max 7,4 kW	max 22 kW	max 3,7 kW - 22 kW	max 3,7 kW - 22 kW	max 3,7 kW - 22 kW
Energiamittari	ei löydy	MID hyväksytty	tuotteen mukaan	MID hyväksytty	MID hyväksytty	B-luokka
Kotelointiluokka	45201	IP54	IP54	IP55	IP55	IP54
Iskunkesto	IK10	IK10	IK10	IK10	IK10	IK10 ja IK8 käyttölämpötilan ollessa alle -30 C
Asennustapa	seinään	seinään tai jalustaan	seinään	seinään tai jalustaan	seinään tai jalustaan	seinään tai jalustaan
Kommunikaatioprotokolla	ei mainittu	OCPP 1.6	OCPP 1.6	OCPP 1.6	OCPP 1.6	OCPP 1.6
Lisäominaisuudet	ei löydy	suojakatkaisin, kuormanhallinta, käytönvalvonta	ohjelmistopohjainen käytönvalvonta, lisävarusteina ja kuormanhallinta	ohjelmistopohjainen käytönvalvonta, lisävarusteina ja kuormanhallinta	aktiivinen kuorman tassa, plug & charge - ominaisuus	ei mainittu

7.3 DC-latauslaitteet

Tässä luvussa käsitellään DC-latauslaitteita ja ominaisuuksia. Latauslaitteiden tiedot ovat koottuna luvun lopussa taulukkoon (Taulukko 2).

ABB:llä on tuotevalikoimissaan useita eri DC-tasavirralla toimivia latauslaitteita (kuva 21). Suurin näiden eri Terra -tuotemerkin tuotteiden välillä on maksimaalinen lataustehon määrä, mikä vaihtelee maksimissaan 43 kW:n ja 180 kW:n välillä. Laitteissa on sisäänrakennettu näyttö sekä energiamittari, joka on MID-sertifioitu. Latauslaitteissa on mahdollisuus ladata sekä CCS- että CHAdeMo -kaapeleilla. Lisäksi useassa eri laitteessa on myös lisävarusteena Type 2 latausmahdollisuus aina 22 kW:n asti. Terra laitteet on mahdollista kytkeä verkkoon 4G tai 3G:llä sekä Ethernet kaapelilla, minkä takia laitetta voidaan ohjata etänä. Parhaimmillaan tuoteperheen latauslaitteilla pystytään lataamaan kahta tai kolmea eri ajoneuvoa yhtäaikaaisesti siten, että latausteho jakautuu kullekin ajoneuville tasaisesti. Latauslaitteet Terra -tuoteperheessä omaavat IP54 kotelointiluokan, IK10 iskunkeston kaapeille sekä IK8 -luokan iskunkeston näytölle. Tuoteperheen laitteet tukevat monipuolisesti OCPP -kommunikaatioprotokollan eri versioista aina 1.5 -versiosta 2.0 -versioon asti. (Kohti tehokkaampaa sähköautojen latausta 2020.)



Kuva 21: ABB Terra DC -latauslaite (Terra DC -latauslaite 2021)

Delta Ultra Fast Charger 150 kW (kuva 22) on DC-tasavirralla toimiva sähköautojen latauslaite, jonka maksimi latausteho on nimensä mukaisesti 150 kW. Latauslaitteesta tekee käytännöllisen sen moduloitavuus, minkä takia latauslaitteen lataustehoa pystytään päivittämään helposti 50 kW:n ja 150 kW:n välillä. Maksimissaan laite pystyy omaamaan 300A sähkövirran CCS:lle ja 125 A sähkövirran CHAdeMO:lle. Type 2 -latauksen sähkövirta on kaapelin mukaisesti 32 A:n ja 63 A:n välillä. Parhaimmillaan laitteella pystyy lataamaan jopa neljä ajoneuvoa kerrallaan. Laite pystytään helposti kytkemään verkkoon Ethernet-, GSM-, WLAN- ja Bluetooth -yhteyksien avulla. Latauslaitteella tunnistautuminen tapahtuu paikallisesti RFID -tunnisteella. Ultra Fast Charger tukee kaikkia OCPP -protokollan versioita. (Ultra Fast Charger 150 kW 2020.)



Kuva 22: Delta Ultra Fast Charger 150kW -latauslaite (Delta Ultra Fast Charger 150kW 2020)

Tritium on valmistanut yhden tehokkaimmista sähköautojen latauslaitteista maahan asennettavan PK350:n (kuva 23), joka pystyy maksimissaan tuottamaan 350 kW:n lataustehon, CCS -latauksen nimellisvirran olleessa maksimissaan 500A ja CHAdeMO:lla maksimissaan 200 A. Latauslaite tukee CCS ja CHAdeMo -tyypeistä latausta. Latauslaitteessa on suuri hyötysuhde ja monipuoliset verkkoliitäntä mahdollisuudet. Lataustehoa pystytään jakamaan konfiguraatioiden avulla siten, että latauslaitteella pystyy lataamaan kahta eri ajoneuvoa samanaikaisesti. PK350:n pystytään diagnosoimaan etänä SSH-yhteyden avulla, jonka ansioista laitevalmistajan tuki on helposti saatavilla. Laite on vankkaa tekoa ja se omaakin IP65 kotelointiluokan käyttöliittymälle sekä virta- ja ohjausyksikkö on luokkaa IP54. Iskunkestoltaan laite on määritelty luokkaan

IK10. Tämä laite omaa mahdollisuuden verkkoyhteyden luontiin Ethernet tai 3G/4G GSM -verkon avulla. PK350 tukee OCPP 1.6 -kommunikaatioprotokollaa. (PK350 / 350kW Specifications 2020.)



Kuva 23: Tritium DC -pikalatauslaite (Tritium PK350 2020)

(Taulukko 2. DC-Latauslaitteet listattuna)

DC -latauslaite	ABB - Terra DC	Delta - Ultra Fast Charger 150 kW	Tritium - PK350
Nimellisvirta	ei mainittu	ei mainittu	CCS 500, CHAdeMO 200A
Enimmäslatausteho	AC max 43 kW DC max 180 kW (mallin mukaan)	AC max 43 kW DC max 150 kW	max 350 kW
Energiamittari	MID hyväksytty	ei mainittu	ei mainittu
Kotelointiluokka	IP54	ei mainittu	IP65
Iskunkesto	IK10 kaapelille ja IK8 näytölle	ei mainittu	IK10
Asennustapa	maahan asennettava	maahan asennettava	maahan asennettava
Kommunikaatioprotokolla	OCPP 1.5, 1.6 ja 2.0	OCPP 1.5, 1.6 ja 2.0	OCPP 1.6
Lisäominaisuudet	kaapelinhallintajärjestelmä, valmisperustus ja etänä palautettava RCD	ei mainittu	maksukortinlukija

7.4 V2G

V2G -teknologia tai tarkemmin ottaen vehicle-to-grid -teknologian avulla sähköauton akuston sähkövirtaa voidaan ladata tai purkaa työntämällä se hetkellisesti takaisin sähköverkkoon. Tällä tavoin energiatuotannon ja kulutuksen vaihteluita voidaan tasapainottaa syöttämällä sähköverkkoon yhä enemmän uusiutuvaa energiaa. Sähköautojen akut ovat kuin isoja varavirtalähteitä, jotka pystyvät varastoimaan itseensä useiden kWh:n edestä energiaa. Yhdistämällä useita sähköautoja sähköverkkoon V2G -teknologian avulla voidaan tulevaisuudessa globaalisti saavuttaa usean TWh:n varastokapasiteetti. (Vehicle-to-grid: everything you need to know 2021.)

Applied Micro Electronicsin valmistama sähköautojen latauslaite AME V2G 3p10kW V2X Charger (kuva 24), joka on kehitetty turvalliseksi, luotettavaksi ja tehokkaaksi V2G -teknologiaan pohjautuvaksi latauslaitteeksi. Latauslaitteessa on älykkäät ominaisuudet etädiagnostiikkaan ja latauksen kontrollointiin. Suurin tasavirtalähtöteho on + 10 kW:n ... -10 kW:n välillä ja suurin tasavirta on määriteltä +28A ... -28A:n välille. Latauslaite on tarkoitettu tukemaan CHAdeMO -tyyppistä latausta. V2G -latauslaite tukee OCPP -kommunikaatioprotokollaa 4G tai Ethernet yhteyden avulla. (AME 2021.)



Kuva 24: V2G latauslaite (AME V2G 3p10kW V2X Charger 2021)

7.5 Latauslaitteiden käyttö

Latauslaitteiden käyttö vaihtelee laitevalmistajan mukaisesti. Osa latureista saattaa olla veloitusettomassa käytössä ja näin ollen lataaminen on yksinkertaista, sillä lataus alkaa kytkemällä kaapelit latauspistokkeisiin laturin ja ajoneuvon välille. Kaapeli tulee valita latauslaitteen mukaan, pikalatauslaitteissa on kiinteä kaapeli, joka kytketään ajoneuvon CCS- tai CHAdeMo -pistokkeeseen riippuen siitä, mitä lataustyyppiä ajoneuvo tukee. Type 2 -latauslaitteissa yleisesti ottaen vaaditaan autoilijaa omaamaan latauskaapelin, sillä latauslaitteissa ei yleensä ole kiinteää latauskaapelia. (Luukkanen 2020.)

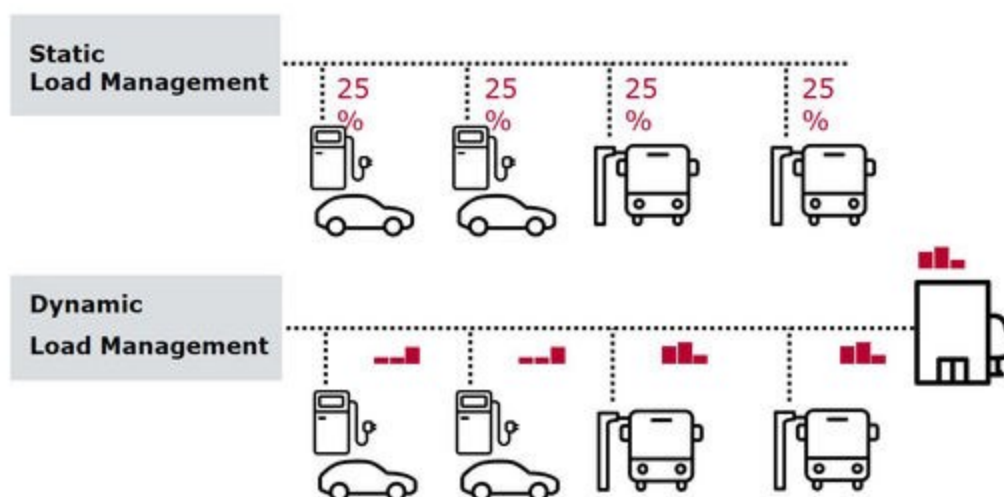
Maksullisille latauslaitteille tarvitsee yleensä tunnistautua ja tunnistautuminen tapahtuu rekisteröitymällä latauspalvelun asiakkaaksi ja käyttäen palveluntarjoajan keinoja tunnistautumiseen. Keinoja tunnistautumiseen voi olla esimerkiksi RFID-tunnisteen tai erillisen sovelluksen käyttö, jonka avulla latauksen hinta pystytään kohdentamaan asiakkaalle oikein. Joissakin tapauksissa – varsinkin vanhemmissa latauslaitteissa – tunnistautumaan pystyy myös tekstiviestillä. Tunnistautumisen jälkeen lataus alkaa joko suoraan tai seuraamalla laitekoh- taisia ohjeita. (Luukkanen 2020.)

7.6 Älykkäät latausominaisuudet

Älykkäiden pilvipohjaisten ja etäyhteydettömien älyttömien latauslaitteiden suurimpana erona voidaan pitää Internet -yhteyttä, joka on voitu toteuttaa langattomasti tai langallisesti. Etäyhteyden avulla latauslaitteiden omistaja pystyy parhaimmillaan monitoroimaan, hallinnoimaan sekä rajaamaan latauslaitteiden käyttöä. Etäyhteyden avulla pystytään esimerkiksi määrittämään latauslaitteelle sen käyttäjäkunta taloyhtiössä. Käyttäjäkunta pystyy tunnistautumaan laitteelle laitevalmistajan mukaisesti RFID -tunnisteella, erillisellä applikaatiolla tai esimerkiksi luottokortilla, minkä jälkeen lataus voidaan aloittaa. Yhteyden avulla pystytään latauslaitteiden lataustapahtumat aloittamaan etänä ja mahdolliset kulut ohjaamaan oikeille tahoille, jonka avulla vältetään manuaaliselta sähkönkulutuksen seuraamiselta. Lisäksi verkkoon kytketyillä älyllisellä latauslaitteella pystytään mahdollistamaan entistä turvallisempi lataus. Varsinaista lataustapahtumaa edeltäen latauslaite pystyy tarkistamaan älyllisen toimintansa avulla turvallisen yhteyden luomisen ajoneuvon välille ennen kuin varsinainen sähkön- syöttö alkaa. (Smart charging of electric vehicles 2021.)

Sähköautojen latauslaitteissa saattaa olla laitevalinnan mukaan kuormitusten valvonta- ja ohjausjärjestelmä (kuva 28), joka perustuu sähköisiin mittauksiin. Sen avulla kontrolloidaan latauslaitteen käyttämää virtaa ja johtojen kuormitusta. Kuormajaon avulla pystytään ohjaamaan sähköautojen latauksien virtaa pienemmälle teholle tarpeen vaatiessa. Latauslaitteen kuorman ohjaus perustuu laitteen antaman ohjaussignaalin (control pilot) muokkaamiseen. Signaalia muokkaamalla latauslaite pystyy kertomaan ladattavalle ajoneuvolle, kuinka paljon virtaa on saatavilla. Sen avulla ajoneuvon sisäinen latausjärjestelmä säätyy saatavilla olevan virran mukaan ja ottaa virtaa sen verran, mitä pystyy. Lataustehoa voidaan kiinteästi alentaa sekä kuormia voidaan vuorotella. Esimerkkinä tästä on, että latausteho voidaan puolittaa virtareleen ohjaamisella sekä latauksen ollessa päällä kuormia voidaan ohjata pois latauslaitteelta.

Lataustehoa voidaan lisäksi säädellä dynaamisen ohjaamisen avulla. Laskeamalla latauspistokkeiden tehoa porrastaen voidaan pääjohdon kuormitusta estää kasvamasta liian suureksi – tätä kutsutaan DLM:ksi (dynamic load management) tai dynaamiseksi lataustehon ohjaamiseksi. Tämä dynaaminen lataustehon ohjaaminen voi perustua joko paikalliseen virtamittauksiin tai se voidaan toteuttaa ohjelmallisilla toiminnoilla latausjärjestelmään. Latausjärjestelmän kautta kuormaa voidaan rajoittamaan mitoitettun kokonaiskuorman mukaan. Ohjelmallisten toimintojen avulla dynaaminen kuormanjako laskee yhteiskuormituksen sekä alentaa lataustehoa tarpeen tullen. (Korhonen 2019.)



Kuva 28: Erilaisia kuormanjaon toteutusvaihtoehtoja (Load management 2021)

Älykkäillä latausjärjestelmillä mahdollistetaan lisätoimintoja, joiden avulla pystytään ohjaamaan vähimmäistehoa ja priorisointia. Laitevalmistajan mukaan latauslaitteille voidaan määrittää saatavilla oleva vähimmäisteho lataukselle. Vähimmäistehon määrittämällä muut latauspisteet kytkeytyvät kokonaan pois päältä tai jäävät jonoon odottamaan vuoroaan. Tällä pystytään erottelemaan BEV- tai PHEV -ajoneuvot toisistaan. Älykkään priorisoinnin avulla pystytään auton ajotietokoneen kautta saada tieto ajoneuvon akun varaustasosta, jonka avulla pystytään mahdollistamaan suuremman lataustehon syöttö tyhjemmälle ajoneuvolle. Ohjelmallisissa älykkäissä latausjärjestelmissä on huomioitava, ettei tietoliikenneyhteyksien katkeaminen aiheuta kuitenkaan ylikuormitusvaaraa tehon jakelussa. (Korhonen 2019.)

7.6.1 OCPP 1.5

OCPP 1.5 versio on vuonna 2013 julkaistu SOAP (simple object access protocol) HTTP -pohjainen protokolla latauslaitteiden ohjaamiseksi latausjärjestelmän kautta. Ratkaisun avulla datan vaihto latauslaitteiden ja latausjärjestelmän on mahdollista internet -yhteyden avulla. OCPP version 1.5 avulla sähköautojen latauslaite pystyy kommunikoimaan keskitetyn latausjärjestelmän kanssa ja tunnistautuminen latauslaitteella lataustapahtuman aloittamiseksi on mahdollista. Tunnistautumalla latauslaitteella tapahtuu esimerkiksi RFID-tunnisteella, erillisellä applikaatiolla, jossa asiakastunniste on yksilöity. Version avulla latauslaitteen ohjainohjelmisto pystytään päivittämään FTP-palvelimen (file transfer protocol) kautta.

Latauslaitteen konfiguraatiota pystytään muuttamaan laitekohtaisesti. Kommunikaation avulla latauslaite pystyy ilmoittamaan vikatiloista latausjärjestelmään ja järjestelmän kautta pystytään pyytämään latauslaitetta lähettämään diagnostiikka dataa esimerkiksi huoltotoimenpiteitä varten. Lisätoimintona OCPP 1.5 versiossa on varaustoiminto, jonka avulla loppukäyttäjä pystyy varaamaan latauslaitteen etänä. (Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages 2018.)

7.6.2 OCPP 1.6

OCPP 1.6 on vuonna 2015 julkaistu versio latauslaitteiden kommunikaatiosta. Versiossa esitellään uusia toiminnallisuuksia mukautuville markkinoille. Yksi suurimmista uudistuksista on käyttää JSON pohjaista ratkaisua WebSocketeille SOAP ratkaisun sijaan. Versiossa esitellään Smart Charging -älylataus toimintoja, jonka avulla latausjärjestelmä, johon latauslaitteet kytketään, pystytään saavuttamaan parempi kontrolli lataustehon ja sähkövirran määrittelyssä. Määrittely pystytään kohdentamaan tietyille sähköautoille sekä mahdollisuus määrittää energian kokonaiskulutus suhteessa latauslaitteeseen.

Uudemmassa versiossa pystytään paremmin selvittämään vikatiloja uudistettujen diagnostiikka toimintojen avulla, joita voi etäyhteyden avulla pyytää latauslaitteelta suoraan. Version avulla laitteille pystytään määrittämään sekä hallinnoimaan paikallisesti oikeutettujen lataajien lista, jonka avulla ennalta määritellyt henkilöt, joille latausoikeus on myönnetty pystyvät lataamaan laitteella. Eritoten tämä on hyödyllinen toiminto huoltohenkilöille, jonka avulla laitetta pystytään testaamaan ilman rekisteröitymistä erilliseen palveluun esimerkiksi RFID-tunnisteen avulla. OCPP 1.6 versio tukee myös version 1.5 toimintoja, kuten esimerkiksi ohjainohjelmiston päivitystä ja latauslaitteen varaus toimintoja. (Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages 2018.)

7.6.3 OCPP 2.0 ja 2.0.1

Uudempi versio OCPP 2.0 on 2018 julkaistu versio kommunikaatiolle latauslaitteen ja latausjärjestelmän välille. Versiossa 2.0 esitellään uusia toiminnallisuuksia vastaamaan markkinoita. Suurimmat parannukset liittyvät isojen transaktioiden määrän käsittelyyn, paranneltuun kyberturvallisuuteen, laajennettuihin älylataus -ominaisuuksiin sekä lisätty tuki niin sanotulle Plug & charge ISO 15118 -standardille. Parannellut kyberturvallisuus ominaisuudet liittyvät turvallisuus profiileihin, sertifikaattien käsittelyyn, salaukseen ja turvallisuuden kirjaamiseen. Latauslaitteiden hallintaa on paranneltu uusien ominaisuuksien myötä, jotta latausjärjestelmän omistaja pystyy paremmin monitoroimaan latauslaitteita ja asettamaan säätöarvoja erilaisille hälytyksille, jotta latauslaitteiden tilaa pystytään paremmin seuraamaan. Lisättyihin älylataustoimintoihin ISO standardi

ohella kuuluu tuki V2G -laitteille sekä ulkoiset paikalliset älykkäät lataussignaalit, joiden avulla latauslaite pystyy säätelemään energiatasoa. (Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages 2018.)

OCPP 2.0.1 versio on uusin versio, joka keskittyy korjaamaan huomattuja vikoja sekä viestin määrittelyjä. Parannukset keskittyvät parantamaan turvallisuutta, ISO 15118 standardin toimivuutta, älylataus -ominaisuuksia sekä OCPP -kommunikaation laajennettavuutta. (Open charge point protocol 2.0.1 s.a.)

7.6.4 OCPP 2.0 kommunikaation toteuttaminen

Latauslaiteinfrastrukturi koostuu sähköautoista, latauslaitteesta ja latauslaitejärjestelmästä. Latauslaitejärjestelmä on erillinen backend -ratkaisu, jonka avulla yritys tai muu taho pystyy ottamaan latauslaitteita käyttöön ja ohjaamaan niitä etänä pilvipohjaisesti. Latauslaite on infrastruktuurin fyysinen osuus, jonka avulla BEV- tai PHEV -sähköautoja pystytään lataamaan. OCPP-protokollan avulla pystytään ohjaamaan latauslaitteen ja latauslaitejärjestelmän välistä kommunikaatiota ja mahdollistaa erilaisia ominaisuuksia. OCPP 2.0:ssa on yhteensä kuusitoista toiminnallista lohkoa, joiden avulla protokolla toimii. Alemmassa taulukossa (Taulukko 3) on listattuna toiminnot, jotka tarvitaan kommunikaation toteuttamiseen peruskäyttöä varten.

Taulukko 3. OCPP kommunikaation toimintoja ja viestejä.

Toiminto	Viesti
Latauslaitteen käynnistäminen	BootNotification
Latauslaitteen konfigurointi	Set Variables, Get Variables and GetReportBase
Latauslaitteen uudelleen käynnistäminen	Reset
Tunnistautuminen latauslaitteella	Authorize
Lataustapahtuma mekanismi	Transaction Event
Saatavuus	Only Change Availability ja StatusNotification
Tapahtumien monitorointi	Latauslaite riippuvainen Notify Event -viesti, johon kuuluvat muun muassa ConnectorLockFailure, LockFailure ja ErrorCode
Lataustapahtumaan liittyvät mittaustiedot	Transaction Event
Tiedon välittäminen taustajärjestelmään	DataTransfer

Toimintojen kuten; latauslaitteen käynnistäminen (BootNotification), latauslaitteen konfigurointi (Set Variables) ja latauslaitteen uudelleen käynnistämisen (Reset) kuuluvat OCPP 2.0:n Provisioning Function- lohkon. Tämä lohkon avulla latauslaitejärjestelmän operaattori tai haltija mahdollistaa vahvistamaan sertifikaatit, palauttamaan asetustiedot ja tekemään muutoksia latauslaitteiden konfiguraatioon oman latauslaitejärjestelmänsä kautta.

Tunnistautumisvaihtoehdot kuuluvat OCPP 2.0:n Authorization Function- lohkon, jossa määritellään kaikki tunnistautumiseen liittyvät toiminnallisuudet, kuten esimerkiksi sen, miten latauslaitteen käyttäjä tunnistetaan olevan oikeutettu käyttäjä online- ja offline -tilassa. Lohkossa käsitellään OCPP:n AuthorizeRequest -viestien käsittely sekä Authorization Cache -toiminnallisuus. Latauslaitteen tulee sen toiminnallisuuden kannalta kyetä tunnistamaan, kun latauslaitteen käyttäjä haluaa lopettaa lataamisen varmentamalla, että käyttäjä on, joko latauksen aloittanut henkilö tai käyttäjä kuuluu käyttäjäryhmään, jolla on oikeus lopettaa lataustapahtuma. Kun tunnistautuminen latauksen lopussa suoritetaan, latauslaite lähettää tiedon latauslaitejärjestelmään ja lopettaa lataustapahtuman. Tunnistautumiseen voidaan käyttää esimerkiksi erillistä RFID-tun-

nistetta, PIN-koodia, latauslaitejärjestelmän omistavan tahon sovellusta tai joissakin tapauksissa paikallista käynnistämispainiketta. Tunnistautuminen on latauslaitteen toiminnan kannalta pakollista.

Lataustapahtuma mekanismi ja sen toiminnot kuuluvat Transaction Functional -lohkoon ja siinä määritellään latauksen maksutapahtumiin liittyvät toiminnallisuudet. Lohko määrittää lataustapahtumalle ehtoja, joista keskeisin on se, että vain yksi maksutapahtuma kerrallaan voi olla päällä yhdessä pistokkeessa. Tämän lisäksi mekanismin avulla voidaan päättää useista toiminnallisuuksista kuten esimerkiksi; milloin maksutapahtuma alkaa, vaatiiko maksutapahtuman aloittaminen kaapelin kytkeytymistä laitteeseen, loppuuko maksutapahtuma, kun laite on offline -tilassa, loppuuko maksutapahtuma, kun kaapeli irrotetaan auton puolelta ja mitä tapahtuu, jos maksutapahtumaan liittyvät viestit eivät ole hyväksytyjä latauslaitejärjestelmän mukaan, kuten esimerkiksi asiakastilillä ei ole tarpeeksi katetta.

Latauslaitteen tilaa ja saatavuutta pystytään kontrolloimaan Availability -lohkon avulla. Latauslaite pystyy kertomaan latauslaitejärjestelmälle, missä tilassa se kullakin hetkellä on. Latausoperaattorin kannalta tämä tieto on tärkeää, koska sen avulla operaattori pystyy määrittämään latauslaitteiden käyttäjille, onko latauslaite lepotilassa valmiina käyttöön, offline -tilassa, varattuna, onko laite jo käytössä tai onko laitteessa vikatila. Tämän lohkon avulla latauslaite lähettää jatkuvasti tietoa latauslaitteen tilasta latauslaitejärjestelmään. Toiminnallisuuden avulla latauslaiteoperaattori pystyy esimerkiksi estämään laitteen käytön huoltotöiden ajaksi, jolloin latauslaitteen käyttäjät eivät pysty mahdollisesti epä-kunnossa olevaa laitetta käyttämään. Tämän lohkon tärkeimpiin OCPP-viesteihin kuuluu Status Notification-, Change Availability EVSE, Change Availability Charging Station sekä Lock Failure viestit. Ensimmäisen mainitun viestin avulla latauslaite ilmoittaa omasta statuksestaan latauslaitejärjestelmään. Toisen ja kolmannen viestin avulla voidaan tarvittaessa poistaa yksittäinen pistoke tai koko latauslaite pois käytöstä. Viimeisen viestin tarkoitus on ilmoittaa käyttäjälle lukitusmoottorin viasta tai väärin kytketystä latauskaapelista.

Latauslaitteen toiminnallisen käytön ohella sähkönkulutuksen mittaustiedot ovat oleellinen osa latauslaitteen toimintaa. Ilman mittaustietoja latauslaitteen käyt-

täjä ja latauslaiteoperaattori eivät saa latauslaitteesta tietoa, kuinka paljon sähkövirtaa ajoneuvoon on kullakin hetkellä ladattu. Tätä varten OCPP 2.0:ssa on Meter Functional -toiminnallisuuslohko, jossa määritellään latauslaitteen lähettämät mittaustiedot Meter Values -viestien muodossa. Nämä mittaustiedot voidaan lähettää latauslaitteesta määräajoin ja ne voidaan tallentaa esimerkiksi latauslaitejärjestelmään. Mittaustietojen lähettäminen on OCPP-kommunikaation toiminnan kannalta pakollinen osa latauslaitejärjestelmän toimintaa. (Implementation of OCPP Protocol for Electric Vehicle Applications 2019.)

7.7 Lataustehoon vaikuttavat tekijät

Sähköautojen lataustilanne on harvoin optimaalinen ja lataustehoon vaikuttaa erilaisia tekijöitä. Vaikuttavat tekijät pystytään rajaamaan seuraaviin tekijöihin: akun varaus, akun koko, akun lämpötila, akkukemia sekä latauslaite. Kaikista eniten lataustehoon vaikuttaa näistä akun varaus lataushetkellä, mitä täydempi akku sitä hitaammin se latautuu. Yleisesti voidaan ajatella, että lataus välillä 0 % - 80 % kestää yhtä pitkään kuin lataus 80 % - 100% välillä. Syy tähän löytyy litiumioniakusta ja sen koostuminen kolmesta eri vaiheesta. Latauksen alkuvaiheessa akusto pystyy ottamaan vastaan energiaa täydellä teholla, ja akkukemien jännite kasvaa stabiilisti. Latausvirta on tällöin suuri, minkä takia akun varaus kasvaa nopeasti. Lataaminen hidastuu noin 80 %:n kohdalla, kun akkukemien jännite saavuttaa neljän voltin tason ja kemien vastaanottama energia hidastuu akun täytyessä. (Luukkanen 2020.)

Sähköautojen ja hybridien akun koko vaikuttaa lataustehoon suorasti. Akku koostuu useista akkukemistä ja jos akusta halutaan suurempi, lisätään akkukemien määrää akustossa. Mitä suurempi akku sitä nopeammin se pystytään lataamaan täyteen. (Luukkanen 2020.)

Lataustehoon suuri vaikuttava tekijä on akun lämpötila, joka vaikuttaa etenkin talvella. Talvella sähköauton akku on kylmä ja se ei kykene vastaanottamaan virtaa samalla tavalla kuten lämpimällä säällä. Jäätyneen akun lataamisen riskinä on, että akun litiumin kerrostuminen anodin pintaan aiheuttaa pysyvän akkuvaurion. Yleisesti ottaen autojen elektroniikka kuitenkin pitää huolta siitä, että akkukemien ei ladata jäätyneinä vaan ne ladataan vasta, kun kylmä akku on saatu lämmitettyä. Sähköauton akuston lataaminen on parasta suorittaa vasta

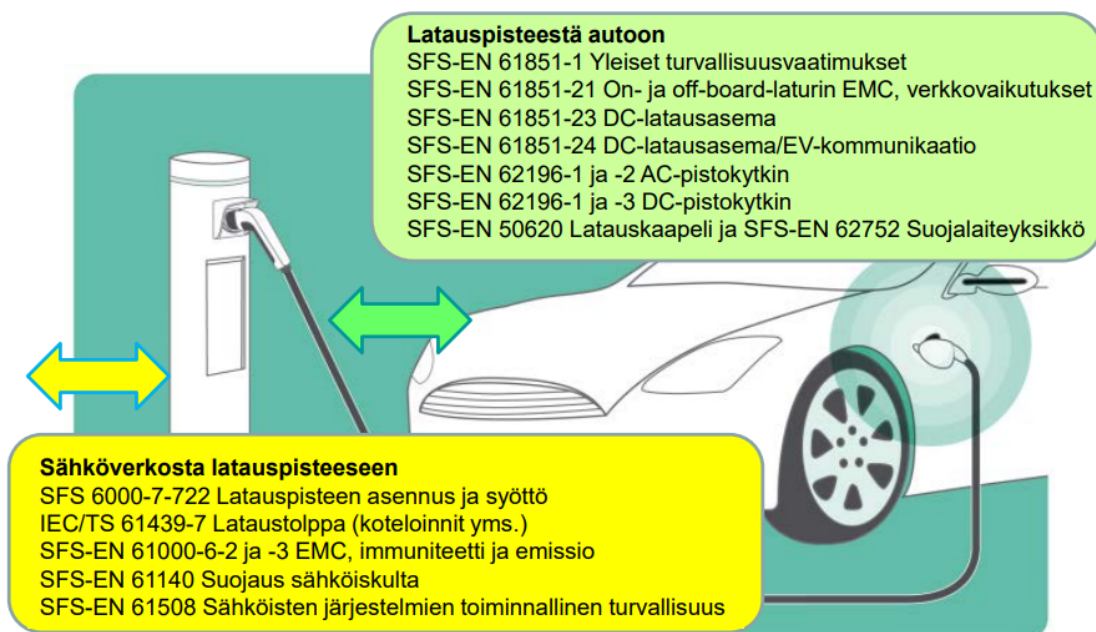
kun akku ja sen lämpötila on noussut riittävästi. Tämä voidaan suorittaa esimerkiksi ajamalla sekä etenkin muutamalla rivakalla kiihdytyksellä ennen varsinaista akun lataamista. Akun korkea lämpötila vaikuttaa myös lataustehoon negatiivisesti hidastaen lataustehoa. Latausteho hidastuu, jos korkea ulkolämpötila sekä akun yleinen lämpötila nousee liian korkeasti. Lämpötilaa voidaan kontrolloida valmistajan mukaan akkujen jäähdyttimillä. Ilman jäähdyttimiä akkujen lämpötila voi nousta korkeaksi, minkä takia lataaminen hidastuu esimerkiksi DC-pikalatausasemilla. Lisäksi korkea lämpötila lyhentää akun elinikään. Hyvin korkeassa eli yli 50-asteen lämpötilassa akun lataaminen muodostaa akun sisällä kaasuja, joka saattaa jopa pahimmassa tapauksessa rikkoa akun nostaessaan sen kennojen sisästä painetta (Luukkanen 2020.)

Lämpötilan ohella akkukemia vaikuttaa merkittävästi lataustehoon. Sähköautojen litiumioniakku ja sen toiminta perustuu kemialliseen reaktioon. Tässä kemiallisessa reaktiossa elektroneja siirtyy hapettumis- ja pelkistymisreaktion ansiosta atomista toiseen. Litiumioniakut koostuvat kahdesta eri elektrodista ja niiden välisestä elektrolyytistä. Ionien kulku elektrodien välillä mahdollisestaan tämän elektrolyytin avulla, joka pitää elektrodit fyysisesti erillään toisistaan. Purkauksessaan akun negatiivisesti varautuneessa elektrodissa eli katodissa vapautuu hapettumisen myötä elektroneja. Virtapiirien avulla ne kulkeutuvat positiivisesti varautuneelle elektrodille eli anodille, jossa ne pelkistyvät ja synnyttävät sähköä. Sähkö voidaan näin ollen hyödyntää. Sähköautoa ladatessa hapettumis-pelkistymisreaktio tapahtuu päinvastaisessa järjestyksessä. Akkukemian ja materiaalin valinta vaikuttaa suoraan akun energiatehokkuuteen, hintaan ja ominaisuuksiin. Eri valmistajat ovat päätyneet erilaisiin ratkaisuihin, joilla pyritään vaikuttamaan akkujen energiatiheuteen. Esimerkiksi Tesla käyttää NCA-kemiaan perustuvaa LiNiCoAlO₂ akkua, eli akku sisältää muun muassa litiumia, nikkeliä, kobolttia ja alumiinia. Lähes kaikki muut valmistajat suosivat LiNiMnCoO₂ -akkuja, joissa käytetään muutoin samoja materiaaleja, mutta alumiini on korvattu mangaanilla. (Luukkanen 2020.)

7.8 Latauslaitteiden standardit

Sähköautojen latauslaitteiden rakenne voi vaihdella käyttötarkoituksen, lataustavan ja laitevalmistajan mukaan. Latauslaitteiden toiminta kuitenkin on pääpiirteiltään sama, koska ne ovat standardisoitu (kuva 25), jotta niiden käyttö olisi

turvallista. Suomessa sähköturvallisuus lain nojalla sähköautojen latauslaitteet lasketaan osaksi pienjännitesähköasennuksia ja näin ollen niiden tulee noudattaa SFS 6000 -standardisarjaa yleisesti ja varsinkin sähköautojen latausjärjestelmiä koskevaa osaa SFS 6000-7-722. (Korhonen 2019.)



Kuva 25: Latausasemien erilaisia standardeja (Sähköajoneuvojen latausjärjestelmien standardointi 2017)

Sähköautojen latauslaitteiden asentamisessa katsotaan, että kaikki asennukset kuuluvat osaksi rakennuksen kiinteää sähköasennusta. Lisäksi latausjärjestelmä ja sen sähkölaitteet katsotaan koostuvan laitestandardien mukaisista sähkölaitteista. Sähköturvallisuus lain nojalla yllä mainittuja SFS 6000:ssa määriteltyjä mekaanisia vaatimuksia, laitestandardeja sekä muita vaatimuksia on noudatettava, jotta pystytään varmistamaan olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttyminen sekä yhteensopivuus järjestelmien ja sähköautojen välillä. (Korhonen 2019.)

Asentamisessa tulee ottaa huomioon erityisesti seuraavat asiat. Ensinnäkin jokaisen latauslaitteen latauspistoke on suunniteltava toimimaan omaksi virtapiirikseen, eli jokaisella pistokkeella on oltava oma ylivirtasuojaja vikavirtasuojaja. Näin ollen pystytään varmistamaan, ettei lataushäiriöt pistokkeessa A aiheuta ongelmia pistokkeessa B. Jokainen latauspistoke suojataan vähintään 30 mA:n

A-tyyppisellä vikavirtasuojalla. SFS-EN 62196:n mukaisia pistorasioita käytettäessä tulee jokainen latauspistoke suojata B-tyypin vikavirtasuojalla tai A-tyypin vikavirtasuojalla, johon on yhdistettynä 6 mA:n suojalaite tasasähkövirran poiskytkevän laitteen kanssa. Kaikissa latauslaitteissa näitä edellä mainittuja vikavirtasuojia ei ole asennettu valmiiksi ja ne pitää erikseen asentaa. Toiseksi ulos sijoitettavan latauslaitteen kotelointiluokka on vähintään oltava IP44 standardisoitu ja latauslaite on asennettava 0,5 metrin - 1,5 metrin korkeuteen ja se tulee asentaa mahdollisimman lähelle ajoneuvon pysäköintipaikkaa. Lisäksi sähköautojen latauslaitteet pitää suunnitella ja suojata siten, että ne kestävät myös kolhuja tai tarkemmin ottaen keskimääräistä iskuja vastaan. Tähän suojaukseen pystytään vaikuttamaan valitsemalla asennusasento siten, että siinä todennäköisesti vältetään iskut, käyttämällä mekaanista suojausta, kuten es-tettä (kuva 26) tai asentamalla latauslaite koteloon, joka kestää IK7 mukaisen ulkoisen iskun. Julkisille paikoille tai pysäköintialueille asennettaville latauslaitteille on määritelty hieman tarkemmin standardit, joita niiden tulee noudattaa. Esimerkiksi laitteiden tulee kestää vähintään SFS-EN 62262:n luokan IK10 mukaisen ulkoisen iskun ja IEC 61439-7 julkaisun mukaiset latauslaitteen mekaaniset testit. (Korhonen 2019.)



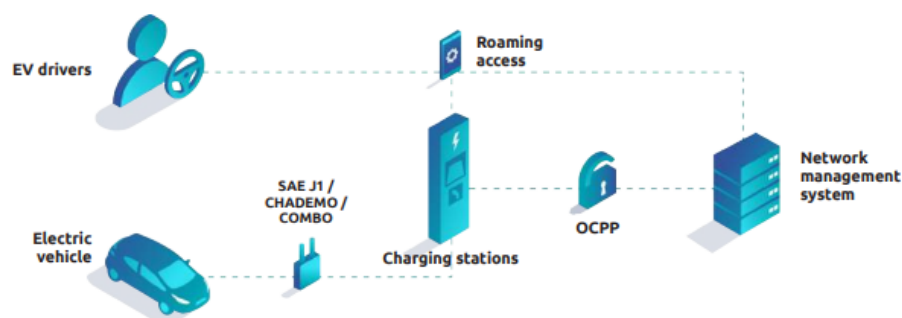
Kuva 26: Suojaputket asennettuna sähköautojen latauslaitteiden eteen tuomaan lisäturvaa (EV (Electric Vehicle) Barrier And Bollard Protection Products 2021)

7.9 Latauslaitteiden OCPP-kommunikaatio

Suurin osa tämänhetkisestä latauslaiteinfrastruktuurista on kehitetty yksityisten latauslaiteverkostojen toimesta ja yleisesti ottaen nämä yksityiset tahot eivät koordinoi kehitystä ja toimintaa keskenään. Kehitys on johtanut siihen, että latauslaitteiden käyttäjät eli sähköautojen omistajat ovat joutuneet omaamaan useita eri asiakkuuksia eri latauslaiteoperaattoreille. Standardisoitumisen puute on johtanut siihen, että latauslaitevalmistajat ovat kehittäneet omia ratkaisuja latauslaitteiden kytkemiseksi taustajärjestelmiin. Tämän takia eri laitevalmistajan latauslaitteet ei välttämättä ole kykene kytkeytyä toisen operaattorin verkkoon ilman uutta integrointia.

Open Charge Alliance on kansainvälinen yhtymä, joka on kehittänyt yhteisen avoimeen lähdekoodiin perustuvan latauslaitekommunikaatioprotokollan, jota kutsutaan OCPP -protokollaksi (Open Charge Point Protocol). Protokollan avulla laitevalmistajat ja latauslaiteoperaattorit ovat saaneet käyttöönsä standardisoidun kommunikaatioprotokollan latauslaitteiden ja latauslaitejärjestelmien välille. Protokollan avulla laitteet ja taustajärjestelmät pystyvät keskustelemaan keskenään (kuva 27), tarjoten standardisoituja ominaisuuksia ja toiminnallisuuksia. Toiminnallisuuksien avulla operaattorit voivat saada reaaliaikaista tietoa latauslaitteiden toimivuudesta, hallita latauslaitteiden tilaa, asettaa maksumoimintoja ja kyetä saamaan vikatietoja latauslaitteista, jotta huoltotoimenpiteisiin pystytään ryhtyä. OCPP-kommunikaation avulla pystytään lisäksi tunnistamaan henkilöitä erilaisin menetelmin, kuten esimerkiksi RFID-tunnistetta käyttäen, minkä avulla asiakkuus voidaan todentaa. Kommunikaatioprotokolla sopii sekä suljettuihin ja avoimiin latauslaiteverkostoihin. OCPP-protokollaa käytetään tällä hetkellä koko Euroopassa ja globaalisti ajateltuna jo 78 eri maassa. Protokollaa kehitetään jatkuvasti mukautumaan muuttuviin markkinoihin ja uusien versiointien mukana tulee jatkuvasti uusia toiminnallisuksia, kuten esimerkiksi älylatausmoimintoja, joiden avulla esimerkiksi sähköautojen latauslaitteille pystytään asettamaan sähkön kuormanjako -ominaisuuksia. (Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages 2018.)

Open Charge Point Protocol (OCPP) allows communication between charging stations and central systems, regardless of vendors



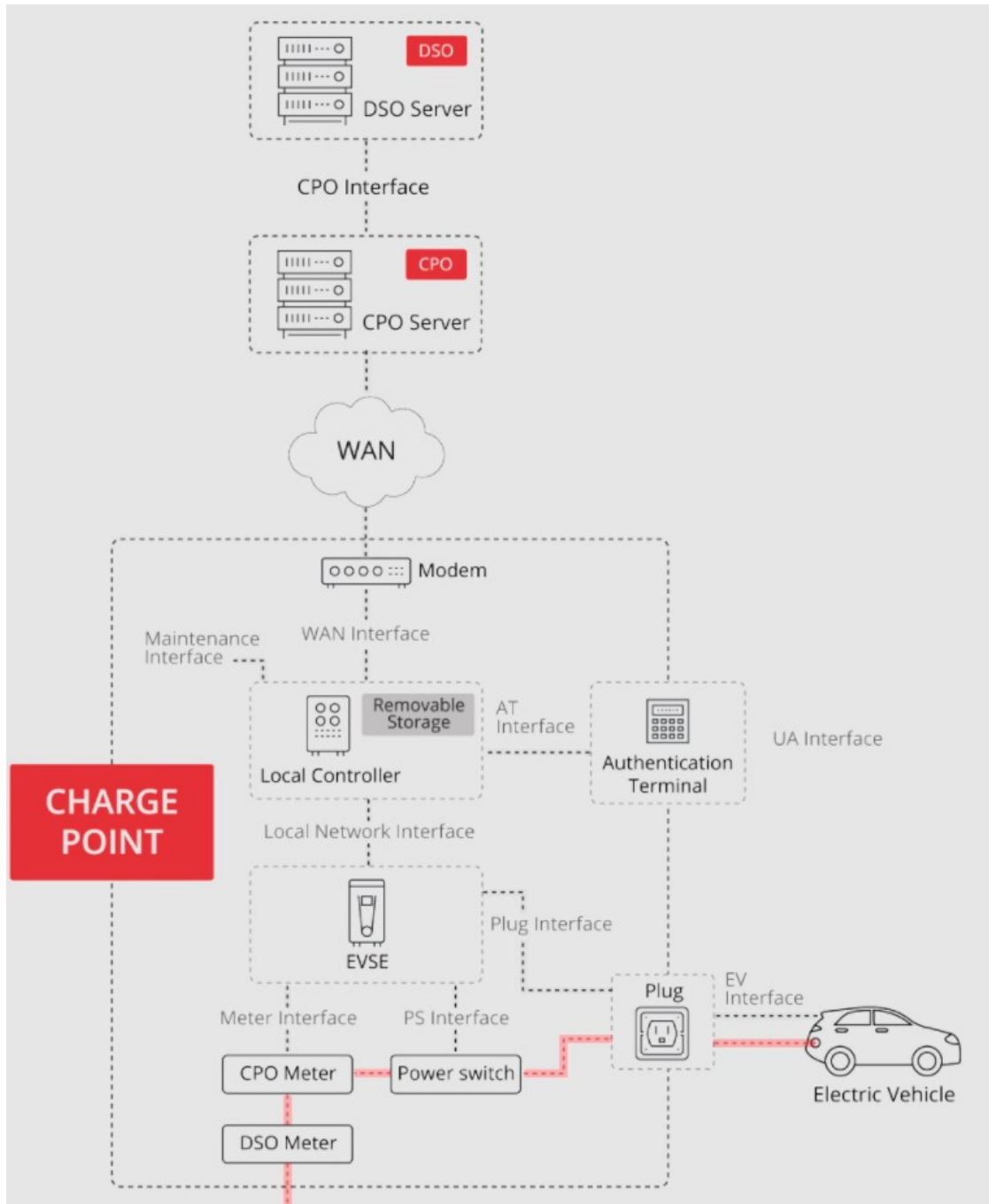
Kuva 27: Latauslaitteiden ja taustajärjestelmien yhdistäminen kuvattuna (Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages 2018)

8 LATAUSLAITTEIDEN TIETOTURVA

8.1 Latauslaitteiden arkkitehtuuri

Latauslaitteiden arkkitehtuuri (kuva 29) voi koostua yksinkertaisimmillaan sähköautojen latauslaitteista, latauslaitteidenoperaattorista eli CPO:sta (charge point owner) sekä jakeluverkonhaltijasta eli DSO:sta (distribution system operator). Latauslaitteen operaattorin funktio on tarjota ja kontrolloida sähkövirtaa latauslaitteen ja ladattavan ajoneuvon välillä ohjaamalla EVSE:a (electric vehicle supply equipment) eli latauslaitetta. Operaattorin vastuulla on kerätä mitaustietoja, jotta pystytään päättämään ladatun sähkövirran määrä ajoneuvoon.

CPO:n on järjestettävä asianmukaiset todennusmekanismit tai keinot, jotta ladattavan ajoneuvon omistaja pystytään tunnistamaan. Lisäksi latauslaitteiden operaattorin vastuulla on järjestää mahdolliset etätoiminnallisuudet latauslaitteiden kontrolleriyksikköön esimerkiksi WAN-yhteyden (wide area network) avulla. DSO:n vastuulla on mahdollistaa CPO:n toiminta ennakoimalla sähkövirran kapasiteettia sekä taata energialähteen stabiilisuus. Arkkitehtuuri on kuvattu kokonaisuudessaan alta löytyvässä kuvassa. (Safety recommendations for electric vehicle charging stations 2020.)



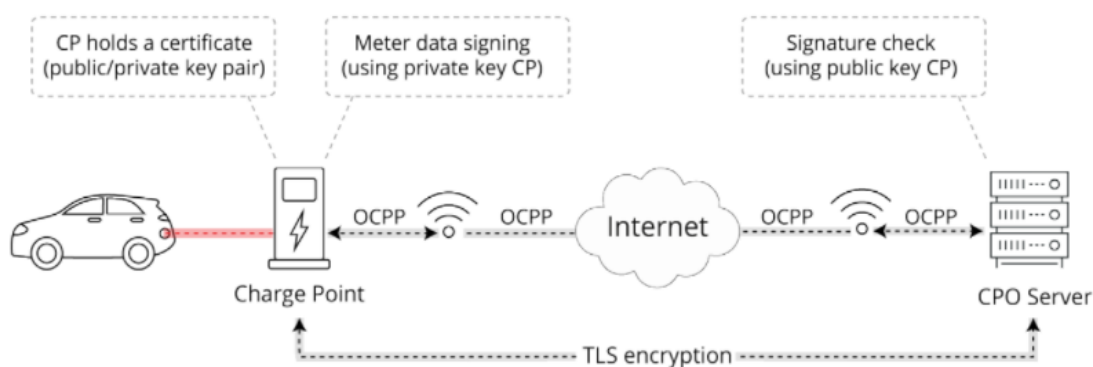
Kuva 29: Latauslaittejärjestelmän arkkitehtuuri kuvattuna (Architecture of a charging station 2020)

8.2 Latauslaitteiden tietoturvallisuus

Sähköautojen latauslaitteiden tietoturvallisuuteen liittyy erilaisia asioita, jotka on otettava huomioon. On varmistuttava siitä, ettei latauslaitteiden ja latauslaitteope-
raattorin väliseen OCPP-kommunikaatioon pääse luvattomasti väliin eikä sitä
voida muuttaa. Mikäli latauslaitteoperaattori tarjoaa erillistä mobiiliapplikaatiota
latauslaitteiden käyttöä varten, on sekä mobiiliapplikaation luomiseen että la-

tauslaitteen toimintaan tuotettu koodi analysoitava mahdollisten tietoturvarisikien saralta. Latauslaitteiden fyysinen turvallisuus pitää olla sellaisella tasolla, että latauslaitteen erillisiä komponentteja ei voida varastaa tai vaihtaa. Yleisesti ottaen latauslaiteoperaattorin on varmistettava laitteen etäyhteys mahdollisten ohjainohjelmistopäivityksien saralla, jotta mahdollisia haavoittuvuuksia pystytään korjaamaan päivityksien avulla. Yksinkertaisimmillaan latauslaitteiden ja CPO:n välinen tietoturva edellyttää, että kommunikaation ja fyysisen suojauksen kannalta on tehty tarpeelliset toimenpiteet.

Tietoturva latauslaitteen ja sen välisen kommunikaation (kuva 30) WAN-yhteyden avulla pitäisi toteuttaa siten, että ne käyttävät digitaalisia varmenteita. Käyttämällä digitaalisia varmennuskeinoja, kuten esimerkiksi käyttäjien tunnistautumista ennen latauksen aloittamista pystytään kiistattomasti ja eheästi todentamaan asiakkuuden aitous. Latauslaitteen ja latauslaitejärjestelmän välinen kommunikaatio ja tiedonvaihto tulisi salata käyttämällä esimerkiksi TLS-salausprotokollaa (transport layer security). Mikäli huomataan, että latauslaitteen lähettämää viestiä on manipuloitu tai muokattu, latauslaitejärjestelmän tulisi torjua viestit suoraan. Alempana kuvaus latauslaitteen ja latauslaitejärjestelmän välisestä kommunikaatiosta.



Kuva 30: Latauslaitteen ja Latauslaitejärjestelmän välinen kommunikaatio kuvattuna (Communication scheme using certificates and digital signatures 2020)

Latauslaitteen ja sen kanssa kommunikoivan osapuolen välisen viestittely eheys tulee kuitenkin suoda. Latauslaitejärjestelmä ja latauslaite tulisi tietoturvan kannalta kyetä tunnistamaan erilaisia hyökkäystyypppejä. Esimerkiksi latauslaitteen tulisi hylätä uudelleen lähetetyt paketit ja suojautua näin ollen pakettien uudelleen lähettämishyökkäykseltä (packet replay attack). Latauslaitejärjestelmä olisi syytä toteuttaa siten, että tapahtumien seurantaan soveltuvat

lokitiedot, jotka voivat liittyä esimerkiksi käyttäjätietoihin, sisäänkirjautumistunnuksiin tai vastaavaan kaltaisiin pysyvästi suojattuna, jotta tietoja ei pystytä manipuloida tai muokata.

Latauslaitteiden fyysistä tietoturvaa voidaan parantaa käyttämällä latauslaitteita, joissa on sensorit, jotka tunnistavat sekä rekisteröivät hetken, kun laitteen kuori avataan esimerkiksi huollon ajaksi. Sensoreiden avulla voidaan selvittää, onko laitteeseen ja sen komponentteihin päästy fyysisesti käsiksi. Laitteen ympäristöön voi myös asentaa valvontakameralaitteet, jonka avulla kohdetta pystytään suojaamaan. Fyysisen tietoturvan lisäksi on suositeltavaa, että loogisia sisäänkirjautumispäätteitä kontrolloidaan ja sisäänkirjautumistunnuksia käsitellään oikein. On suositeltavaa, että salasanoja päivitetään johdonmukaisesti sekä sisäänkirjautumisajalle asetetaan aikaraja, jotta sisäänkirjautumisen ei ole pysyvää. Salasanat tulisi tallentaa siten, että ne käyttävät hash-mekanismia tunnistetietojen turvallisuuden takaamiseksi. Oikealla tavalla tallentamisen ohella yhtä tärkeää on, että oikeutetut latauslaitteen käyttäjät suosivat vahvaa salasanakäytäntöä eli, että salasanat ovat tarpeeksi vahvoja eikä helposti arvattavissa. Salasanan ollessa tarpeeksi vahva, väärinkäyttäjä ei pysty yhtä helposti hyödyntämään niin sanottuja sanakirja- sekä väsytyshyökkäyksiä, joiden avulla hyökkääjä voisi saada laitteen haltuunsa. Latauslaitteen oikeaoppinen käyttö tulisi edellyttää henkilöiltä asianmukaista tunnistautumista RFID-tunnisteen tai mobiiliapplikaation kautta. Tunnistautuminen tulisi tapahtua siten, että se käyttää merkkiä tai niin sanottua ”tokenia”, jonka avulla latauslaite saa taustajärjestelmästä vastauksen, jonka avulla asiakas voidaan tunnistaa olevan sama henkilö, joka laitetta käyttää.

Kaiken kaikkiaan latauslaitteen tietoturvan tulisi noudattaa samoja periaatteita ja ajatusmalleja yhteneväisesti, kuten voidaan yleisesti ajatella olevan hyvää tietoturvaa. Tähän perusperiaatteeseen kuuluu esimerkiksi se, että kaikki sellaiset toiminnot ja toiminnallisuudet, joita ei tarvita laitteen käyttöä varten, tulisi kytkeä pois päältä. Palvelut, joissa on havaittu olevan heikkouksia, tulisi kytkeä pois päältä, jotta tietoturvaan ei tahallisesti puhkota ylimääräisiä reikiä. Laitteen tulisi käyttää vain sellaisia kommunikaatioprotokollia, joiden avulla mahdollistetaan laitteen peruskäyttö. Suora etäyhteys tulisi olla mahdollista vain sille tar-

koitetun käyttöliittymän kautta ja ylimääräiset käyttöliittymät sekä portit tulisi sulkea. Hyvän tietoturvan kannalta on lisäksi suotavaa, että oletus käyttäjät ja salasana tulisi poistaa käytöstä tai muuttaa.

Kaikessa kokonaisuudessaan sähköautojen latauslaitteet ovat yhä näkyvämmän osana ihmisten elämää ja näin ollen niistä tulee yhä useammin väärinkäytön kohteita. Noudattamalla tarpeeksi hyvää tietoturvaa voi väärinkäyttöä ennaltaehkäistä. (Safety recommendations for electric vehicle charging stations 2020.)

9 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tutkimuksessani tutustuttiin sähköautoihin sekä sähköautojen latauslaitteisiin sekä -laitteiden tietoturvaan. Työssäni hyödynnettiin useita eri kirjallisia sekä digitaalisia lähteitä työn toteuttamiseksi. Tutkittava aiheeni oli sen verta laaja, että opinnäytetyön edistyessäni huomasin, että mitä enemmän tiesin, sitä vähemmän ymmärsin. Sähköautoilu ilmiönä on tutkimustuloksieni perusteella kasvanut viimeisen kahden vuoden aikana huomattavasti ja sähköautojen myynti Euroopassa on sitten vuoden 2018 viisinkertaistunut. Sähköautojen kasvun määrä liikenteessä on johtanut liikenteen sähköistymiseen, ja latauslaitteinfrastruktuurin tärkeys yhteiskunnassamme on kasvanut. Ladattavia BEV- ja hybridi ajoneuvojen määrä liikenteessä osoittaa pelkästään kasvun merkkejä. Trendin kasvaessa yhä useampi ihminen päättää valita sähköauton ja latauspalveluntarjoajia ilmestyy markkinoille jatkuvasti. Sähköautojen akkujen kapasiteetin kasvaessa teknologian kehittyessä toimialan näkymät ovat palveluntarjoajille suotuisat, sillä sähköautojen akkuja tarvitsee ladata yhä enemmän. Sähköautojen latauslaitteita on ollut markkinoilla laitevalmistajien osalta siitä asti, kun sähköautot ovat aloittaneet maailman valloittamisen. Tekniikka on kuitenkin alkua ajoista lähtien vanhentunut ja yhä enemmän latauslaitteiden toiminta edellyttää uusia älylataus ominaisuuksia. Toimialan ja sekä koko latauslaitteinfrastruktuurin on pysyttävä kehityksessä mukana, jotta sähköauton omistaja pystyy käyttämään ajoneuvoaan päivittäisiin aktiviteetteihin niin sanotusti normaalisti. Älylataustoiminnot edellyttävät latauslaitteelta kytkeytymistä verkkoon, jotta latauslaite pystyy vastaamaan latauslaitteoperaattorin sekä latauslaitteen käyttäjän kehittyviin tarpeisiin.

Opinnäytetyössä pureuduttiin latauslaitetekniikoihin, latauslaiteliittimien sekä tasa- että vaihtovirralla toimivien latauslaitteiden ja sähköautojen saralla. Lisäksi työssä tutustuttiin yhä kasvavassa määrin standardisoituvaa OCPP-latauslaitekommunikaatioon ja sen eri versioihin. Ymmärtääkseen latauslaitteiden toimivuutta, tutkimuksessa perehdyttiin eri sähköautoihin ja niiden toimivuuteen käytännössä. Samalla kun itse sähköautot ja niiden akut kehittyvät, myös latauslaitteet, niiden latausliittimet sekä toiminnan mahdollistava kommunikaatioprotokolla kehittyvät. Näiden tekniikoiden ymmärtäminen auttaa ymmärtämään kokonaisuutta siitä, mitä eri tekniikoita sähköautoiluun liittyy. Tutkimuksen kannalta erityisen silmiin pistävää on täyssähkö- sekä ladattavien hybridien latausteho DC-tasavirran avulla. Tulevaisuudessa akkujen lataamista tyhjästä täyteen ei mahdollisesti enää pystytä järkevästi lataamaan AC-vaihtovirran avulla, sillä akustojen lataaminen vie yksinkertaisesti liikaa aikaa. Niin sanottuun kotilataamiseen AC-virran käyttö on varmasti jatkossakin hyödyllinen, mutta yhä enemmän sähköistyvässä liikenteessä DC-tasavirran käyttö ajoneuvojen lataamiseen varmasti yleistyy.

Latauslaitteiden kytkeytyessä verkkoon laitteiden tietoturva puhuttaa monia. Laitteet, jotka ovat kytkettynä verkkoon ovat aina alttiita erilaisille hyökkäyksille suoraan verkon kautta tai paikallisesti. Julkisessa käytössä olevissa latauslaitteissa, jotka ovat verkossa liikkuu yleisesti ottaen maksutapahtumia. Laitteiden turvaaminen verkossa ja fyysisesti onkin varmasti tulevaisuudessakin tärkeä puheen aihe ja tutkimuksessani perehdyttiin laitteiden tietoturvauhkien tunnistamiseen ja niiltä suojautumiseen. Latauslaitteiden sijoittaminen onkin keskeisessä osassa tietoturvaa, sillä laitteita tulee pystyä valvoa. Sähköautojen latauslaitteet tulee paikallisesti turvata mahdollisilta fyysisiltä hyökkäyksiltä, jotta sen komponentteihin ei päästä käsiksi vaarantaen laitteen käyttäjän henkilökohtaisia tietoja. Yhtä tärkeä osana tietoturvaa on myös latauslaitteen ja latauslaittejärjestelmän välisen kommunikaation salaaminen esimerkiksi TLS -salausprotokollan avulla. Lisäksi yleisen tietoturvan käyttäminen, kuten laitteeseen sisäänkirjautuminen pitää suojata, jotta laitteeseen ei voi yhdistäytyä hyödyntämällä yleisiä hyökkäysmenetelmiä, kuten sanakirja- tai väsytyshyökkäys -menetelmiä.

Jatkokehitystä ajatellen muun muassa OCPP-kommunikaation simulointi virtuaalisessa ympäristössä auttaisi paremmin hahmottamaan tietoturvallisia uhkakuvia ja tämän simuloinnin avulla tietoturvauhilta voitaisiin mahdollisesti välttyä. Lisäksi latauslaitteen fyysistä tietoturvaa voisi testata ja pyrkiä paikantamaan mahdolliset tietoturvauhat ja riskitekijät. Kolmantena jatkokehitysideana voitaisiin pitää latauslaitteiden testaamista ääriolosuhteissa, jonka avulla pyrittäisiin selvittämään latauslaitteiden todellinen käyttöikä ääriolosuhteissa.

Kaiken kaikkiaan sähköautojen yleistyessä ja teknologian kehittyessä aihealue vaatii vielä jatkotutkimusta ja etenkin latauslaitteiden tietoturvaan paneutumista. Latauslaitteet sekä sähköautot toivottavasti standardisoituvat siten, että tulevaisuudessa laitevalmistajat voivat hyödyntää yhteneviä tekniikoita, joiden avulla parantaa latauslaitteinfrastruktuurin toimintaa yleisellä tasolla palvellen monipuolisesti sähköautojen omistajia.

10 LÄHTEET

About ABB. 2020. ABB Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://global.abb/group/en/about> [Viitattu 5.4.2021]

About Alfen - history. 2021. Alfen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://alfen.com/en/about-alfen/history> [Viitattu 1.4.2021]

About s.a. IONITY. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ionity.eu/en/about.html> [Viitattu 23.3.2021]

About s.a. Tritium Charging. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tritiumcharging.com/about/> [Viitattu 7.4.2021]

About us s.a. ISO. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iso.org/about-us.html> [Viitattu 15.4.2021]

Alfen product range. 2021. Alfen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://alfen.com/en/ev-charge-points/alfen-product-range> [Viitattu 5.4.2021]

AME. 2021. V2G 3p10kW V2X Charger, CHAdEMo. WWW-dokumentti Saatavilla: <https://www.chademo.com/portfolios/v2g-3p10kw-v2x-charger/> [Viitattu 22.4.2021]

CAN Bus Explained - A Simple Intro (2021). 2021. CSS Electronics. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-to-can-bus/language/en> [Viitattu 16.4.2021]

Carrington E. 2021. Electric car batteries with five-minute charging times produced. WWW-dokumentti. Julkaisu 19.1.2021. Saatavissa: <https://www.theguardian.com/environment/2021/jan/19/electric-car-batteries-race-ahead-with-five-minute-charging-times> [Viitattu 3.5.2021]

ChargePoint Celebrates 100,000 Places to Charge. 2019. ChargePoint.. WWW-dokumentti. Julkaisu 5.9.2019. Saatavissa: <https://www.chargepoint.com/about/news/chargepoint-celebrates-100000-places-charge/> [Viitattu 23.3.2021]

Delta profile. 2020. Delta Electronics. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.deltaww.com/en-US/about/aboutProfile> [Viitattu 7.4.2021]

EV Charging. 2020. Delta Electronics. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.deltaww.com/en-US/products/EV-Charging/ALL/> [Viitattu 7.4.2021]

EV Charging Knowledge Bank - Understanding Electric Car Charging. 2021. Spirit Energy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.spiritenergy.co.uk/kb-ev-understanding-electric-car-charging> [Viitattu 14.4.2021]

EV Charging Solutions. 2021. ABB Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://new.abb.com/ev-charging> [Viitattu 5.4.2021]

Eve Double Pro-line. 2021. Alfen BV. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://alfen.com/en/alfen-product-range/eve-double-pro-line>. [Viitattu 7.4.2021]

Eve Single Pro-line. 2021. Alfen BV. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://alfen.com/en/alfen-product-range/eve-single-pro-line>. [Viitattu 7.4.2021]

European Alternative Fuel Observatory s.a. Tilastotieto. Saatavissa: <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1> [Viitattu 4.4.2021]

Fortum Charge and Drive. 2018. eAutoilija. WWW-dokumentti. Julkaisu 13.3.2018. Saatavissa: <https://eautoilija.com/charge-and-drive/> [Viitattu 22.3.2021]

Fortum Charge-and-Drive kotona ja taloyhtiössä. 2019. eAutoilija. WWW-dokumentti. Julkaisu 31.9.2019. Saatavissa: <https://eautoilija.com/charge-and-drive/> [Viitattu 22.3.2021]

Get to know us. 2020. Gireve. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.gireve.com/about-us> [Viitattu 10.4.2021]

In-depth: eMobility 2020. 2020. Statista Mobility Market Outlook. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.statista.com/study/49240/emobility/> [Viitattu 15.4.2021]

Implementation of OCPP Protocol for Electric Vehicle Applications. 2019. E3S Web of Conferences. PDF-tiedosto. Saatavissa: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/13/e3sconf_SeFet2019_01008.pdf. [Viitattu 8.5.2021]

ISO 6469-4:2015 s.a. Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 4: Post crash electrical safety. ISO. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iso.org/standard/60584.html> [Viitattu 15.4.2021]

ISO 17409:2020 s.a. Electrically propelled road vehicles — Conductive power transfer — Safety requirements. ISO. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iso.org/standard/72880.html> [Viitattu 15.4.2021]

ISO 7637-2:2011 s.a. Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only. ISO. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iso.org/standard/50925.html> [Viitattu 15.4.2021]

ISO 11451-1:2015 s.a. Road vehicles — Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy — Part 1: General principles and terminology. ISO. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iso.org/standard/62477.html> [Viitattu 15.4.2021]

ISO 11452-4:2020 s.a. Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy — Part 4: Harness excitation methods. ISO. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.iso.org/standard/74108.html> [Viitattu 15.4.2021]

K-lataus tuli latausautoilija iloksi. 2020. eAutoilija. WWW-dokumentti. Julkaisu: 23.2.2020. Saatavissa: <https://eautoilija.com/k-lataus-tuli-latausautoilijan-iloksi/> [Viitattu 23.3.2021]

Kohti tehokkaampaa sähköautojen latausta. 2020. ABB Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107991A5650&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch> [Viitattu 15.4.2021]

Korhonen, E., Linja-aho, V., Mäkinen J. & Orrberg, M. 2019. Sähköautot ja latausjärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Lagerström V. 2018. Arduino-pohjaisen sähköajoneuvon latauslaitteen suunnittelu ja valmistus. Ajoneuvotekniikan insinööriyö. Julkaisu: 21.5.2018. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/148340> [Viitattu 10.5.2021]

Lataamme huomista varten. 2021. Liikennevirta Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.virta.global/fi/mika-virta> [Viitattu 22.3.2021]

Latausasema EVH050.02H s.a. Ensto Finland Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/building-systems/tuotteet/sahkoauton-lataus/kotilataus/efiller/evh050.02h> [Viitattu 7.4.2021]

Latausasema EVH321-ACRM0-C s.a. Ensto Finland Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/building-systems/tuotteet/sahkoauton-lataus/kotilataus/ensto-one/evh321-acrm0-c> [Viitattu 7.4.2021]

Latausasema EVB100-ALB s.a. Ensto Finland Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ensto.com/fi/building-systems/tuotteet/sahkoauton-lataus/kotilataus/wallbox/evb100-alb> [Viitattu 7.4.2021]

Luukkanen, J. 2020. Sähköautot – lataus – matka-ajo – valinta. Tallinna: Alfa-mer.

Matkalla. 2021. Tesla. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.tesla.com/fi_FI/supercharger [Viitattu 23.3.2021]

Matulka, R. 2014. The History of the Electric Car. Department of Energy. WWW-dokumentti. Julkaisu 15.9.2014. Saatavissa: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> [Viitattu 18.3.2021]

Mikä on K-lataus? s.a. K-lataus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://k-lataus.fi/ajankohtaista/mika-on-klataus/> [Viitattu 22.3.2021]

Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages. 2018. Greenlots. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.openchargealliance.org/uploads/files/OCA-Open-Standards-White-Paper-compressed.pdf> [Viitattu 20.4.2021]

Open charge point protocol 2.0.1 s.a. Open Charge Alliance. WWW-dokumentti. <https://www.openchargealliance.org/protocols/ocpp-201/> [Viitattu 26.4.2021]

Our expertise. Gireve. 2020. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.gireve.com/our-expertise#anchor-plateforme> [Viitattu 10.4.2021]

Palvelua kaikille s.a. Plugit Finland Oy. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://plugit.fi/yritys/> [Viitattu 23.3.2021]

Meistä. 2021. Parkkisähkö Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.parkkisahko.fi/meista/> [Viitattu 23.3.2021]

Pesola, A. 2015. Liikenteen sähköistyminen tuo virtaa Suomen talouteen. Gaia Consulting Oy / Gaia Group Oy. WWW-dokumentti. Julkaisu 30.3.2015. Saatavissa: <https://www.gaia.fi/fi/news-archive/liikenteen-sahkoistyminen-tuo-virtaa-suomen-talouteen/> [Viitattu 15.4.2021]

PK350 / 350kW Specifications. 2020. Tritium Charging. PDF-dokumentti. Julkaisu 13.11.2020. Saatavissa: https://tritiumcharging.com/wp-content/uploads/2020/11/TRI105.DTA_002_Veefil-PK350-Specifications.pdf. [Viitattu 15.4.2021]

Press Room & Corporate Information. 2021. ChargePoint. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.chargepoint.com/en-gb/about/facts/> [Viitattu 23.3.2021]

Safety recommendations for electric vehicle charging stations. 2020. INCIBE-CERT. WWW-dokumentti. Julkaisu 2.6.2020. Saatavissa: <https://www.incibe-cert.es/en/blog/safety-recommendations-electric-vehicle-charging-stations> [Viitattu 11.5.2021]

Sähköauton lataamisen koti – Terra AC -latausasema. 2020. ABB Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A3806&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch> [Viitattu 14.4.2021]

Sähköauton lataus – Ratkaisut moderniin lataamiseen. 2021. Ensto Finland Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ensto.com/globalassets/brochures/brochures/ensto-ev/ensto-ev-esite-fin_web.pdf [Viitattu 30.3.2021]

Towards a sustainable future of mobility. 2021. Hubeject. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hubeject.com/en/about/> [Viitattu 10.4.2021]

Ultra Fast Charger 150 kW. 2020. Delta Electronics. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.deltaww.com/en-US/products/EV-Charging/4865> [Viitattu 15.4.2021]

Un-Noor F., Padmanaban S., Mihet-Popa L., Mollah M.N & Hossain, E. 2017. A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development. MDPI. PDF-dokumentti. Julkaisu 17.8.2017. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/8/1217> [Viitattu 3.5.2021]

Valiokunnan lausunto TaVL 14/2020 vp— HE 23/2020 vp. 2020. Talousvaliokunta. PDF-dokumentti. Julkaisu 3.6.2020. Saatavissa: https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Documents/TaVL_14+2020.pdf [Viitattu 15.3.2021]

Vehicle-to-grid: everything you need to know. 2021. Virta Global. WWW-dokumentti, saatavissa: https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g?utm_term=v2g&utm_campaign=EN+-+Energy&utm_source=ad-words&utm_medium=ppc&hsa_acc=5823902344&hsa_net=ad-words&hsa_grp=122456441193&hsa_ver=3&hsa_kw=v2g&hsa_tgt=kwd-299759580214&hsa_mt=p&hsa_ad=515014153096&hsa_src=g&hsa_cam=12766663577&gclid=EAlalQobChMI88OKxeyO8AIVQ iyCh04ygl-TEAAYASAAEgl0jvD BwE [Viitattu 20.4.2021]

Älykäs latauspalvelu palkittiin vuoden innovatiivisimpana energiaratkaisuna. 2019. Liikennevirta Oy. WWW-dokumentti. Julkaisu 2.5.2019. Saatavissa: <https://www.virta.global/fi/uutiset/alykas-lataus-palkittiin-vuoden-innovatiivisena-energiaratkaisuna> [Viitattu 18.4.2021]

KUVALUETTELO

Kuva 1: The History of the Electric Car - World's First Hybrid Electric Car Is Invented. 2014. U.S Department of Energy. Saatavissa: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> [Viitattu 19.3.2021]

Kuva 2: A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development. 2017. MDPI. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/en10081217> [Viitattu 20.3.2021]

Kuva 3: Lecture Notes: Types of EV s.a. OpenCourseWare. Saatavissa: <https://ocw.tudelft.nl/course-readings/2-2-2-lecture-notes-types-of-ev/> [Viitattu 21.3.2021]

Kuva 4: Lecture Notes: Types of EV s.a. OpenCourseWare. Saatavissa: <https://ocw.tudelft.nl/course-readings/2-2-2-lecture-notes-types-of-ev/> [Viitattu 23.3.2021]

Kuva 5: Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development. 2017. MDPI. Julkaisu 17.8.2017. Saatavissa: [tps://doi.org/10.3390/en10081217](https://doi.org/10.3390/en10081217) [Viitattu 11.4.2021]

Kuva 6: In-depth: eMobility 2020. 2020. Saatavissa: <https://www.statista.com/study/49240/emobility/> [Viitattu 7.3.2021]

Kuva 7: AF Market share new registrations M1 Electricity 2020. 2020. European Alternative Fuel Observatory. Saatavissa: <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1> [Viitattu 19.4.2021]

Kuva 8: AF New registrations M1 Electricity 2020. 2020. European Alternative Fuel Observatory. Saatavissa: <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1> [Viitattu 19.4.2021]

Kuva 9: Earther Plug. 2020. Biltema. Saatavissa: <https://www.biltema.fi/en-fi/construction/electrical-installations/plugs/earthed-plug-2000017391> [Viitattu 27.3.2021]

Kuva 10: Type 1 Plug, max 32A s.a. Electronite. Saatavissa: <https://electronite.eu/en/product/type-1-plug-max-32a/> [Viitattu 27.3.2021]

Kuva 11: Type 2 Male Plug Replacement For Charging Cable. 2021. EV Charge+. Saatavissa: <https://evchargeplus.com/shop/type-2-male-plug/> [Viitattu 28.3.2021]

Kuva 12: Duosida Type 2 Male Plug (IEC 62196-2) s.a. EV Cables Ltd. Saatavissa: <https://evcables.co.uk/index.php/type-2-male-plug-connector.html> [Viitattu 28.3.2021]

Kuva 13: CHAdeMO connector. 2018. Wikimedia. Saatavissa: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:CHAdeMO#/media/File:CHAdeMO_connector-side_oblique-alpha_PNr%C2%B00522b.png [Viitattu 30.3.2021]

Kuva 14: Type-3 (CCS). 2021. MG. Saatavissa: <https://news.mgmotor.eu/everything-you-need-to-know-about-charging-an-electric-car/> [Viitattu 30.3.2021]

Kuva 15: Latausasema EVH020.02H_01 s.a. Ensto Finland Oy. Saatavissa: https://static.ensto.com/files/primary-images/EVH020-02H_01.jpg?dl=1 [Viitattu 7.4.2021]

Kuva 16: Latausasema EVH321-ACRM0-C s.a. Ensto Finland Oy. Saatavissa: https://static.ensto.com/files/secondary-images/EVH321-ACRM0-C_O2.jpg?dl=1 [Viitattu 7.4.2021]

Kuva 17: Latausasema EVB100X s.a. Ensto Finland Oy. Saatavissa: https://static.ensto.com/files/primary-images/EVB100X_O1.jpg?dl=1 [Viitattu 7.4.2021]

Kuva 18: Eve Single Pro-line. 2021. Alfen BV. Saatavissa: <https://alfenelkamo.fi/fi/eve-single-pro-line> [Viitattu 7.4.2021]

Kuva 19: Eve Double Pro-line. 2021. Alfen BV. Saatavissa: <https://alfen.com/en/alfen-product-range/eve-double-pro-line> [Viitattu 7.4.2021]

Kuva 20: Terra AC -latausasema. 2021. ABB. Saatavissa: <https://new.abb.com/ev-charging/fi/terra-ac-latausasema> [Viitattu 14.4.2021]

Kuva 21: Terra DC -latausasema. 2021. ABB. Saatavissa: <https://new.abb.com/ev-charging/fi/products/car-charging/dc-latausasema/terra-54-cjg> [Viitattu 15.4.2021]

Kuva 22: Delta Ultra Fast Charger 150kW. 2020. Delta Electronics. Saatavissa: <https://www.deltaww.com/en-US/products/EV-Charging/4865> [Viitattu 15.4.2021]

Kuva 23: Tritium PK350 2020. Tritium Charging. Saatavissa: <https://tritiumcharging.com/product/pk-350/> [Viitattu 15.4.2021]

Kuva 24: AME V2G 3p10kW V2X Charger. 2021. CHAdeMO. Saatavissa: <https://www.chademo.com/portfolios/v2g-3p10kw-v2x-charger/> [Viitattu 20.4.2021]

Kuva 25: Sähköajoneuvojen latausjärjestelmien standardointi. 2017. Juha Vesa. Sesko. PDF-dokumentti. Julkaisu 3.10.2017. Saatavissa: https://www.sesko.fi/files/846/Sahkoajoneuvojen_latausjarjestelmien_standardointi_yleinen.pdf [Viitattu 24.4.2021]

Kuva 26: EV (Electric Vehicle) Barrier And Bollard Protection Products. 2021. UK Bollard & Street Furniture Suppliers. Saatavissa: <https://bollard-street.com/ev-barrier-and-bollard-protection-products/> [Viitattu 1.5.2021]

Kuva 27: Open vs. Closed Charging Stations: Advantages and Disadvantages. 2018. Greenlots. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.openchargealliance.org/uploads/files/OCA-Open-Standards-White-Paper-compressed.pdf> [Viitattu 10.5.2021]

Kuva 28: Load management. 2021. Vector. Saatavissa: <https://www.vector.com/fr/fr/produits/produits-a-z/software/vcharm-charging-station-management-system/#c192328> [Viitattu 11.5.2021]

Kuva 29: Architecture of a charging station. 2020. INCIBE-CERT. Julkaisu 2.6.2020. Saatavissa: <https://www.incibe-cert.es/en/blog/safety-recommendations-electric-vehicle-charging-stations> [Viitattu 11.5.2021]

Kuva 30: Communication scheme using certificates and digital signatures. 2020. INCIBE-CERT. Julkaisu 2.6.2020. Saatavissa: <https://www.incibe-cert.es/en/blog/safety-recommendations-electric-vehicle-charging-stations> [Viitattu 11.5.2021]