

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Kuljetustekniikka (logistiikka)

2017

Rauno Särkkäaho

SÄHKÖLINJA-AUTOJEN LATAUSTEKNIIKAT KAUPUNKILIIKENTEESSÄ

Rauno Särkkäaho

SÄHKÖLINJA-AUTOJEN LATAUSTEKNIIKAT KAUPUNKILIIKENTEESSÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä sähköisten kaupunkiliikenteessä käytettävien linja-autojen lataustekniikkaan Suomessa ja lataustekniikan standardisointiin. Työssä käydään läpi olemassa olevia lataustekniikoita ja niiden soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin. Työssä käsitellään myös lataustekniikoiden standardoinnin tilaa ja aikataulua sekä standardoinnin vaikutusta sähkölinja-autojen yleistymiseen. Tarkoitus on saada hyvä yleiskäsitys Suomessa käytössä olevista sähköbusseista ja niiden lataustekniikasta. Toinen tärkeä tavoite on saada käsitys standardoinnin tarpeesta ja kehityksestä jatkossa. Työ tiivistää sähköbussien nykytilan ja antaa suuntaa siitä mihin kehitys tulevaisuudessa suuntautuu.

ASIASANAT:

sähköajoneuvot, standardisointi, latauslaitteet, linja-autot, sähkölinja-autot

Rauno Särkkäaho

ELECTRIC BUS CHARGING SYSTEMS IN LOCAL TRAFIC

Meaning of this thesis is to get familiar with charging systems of electric buses in local traffic and to determine the state of standardization process. This work reviews different implementations of charging systems in Finland and their suitability to different circumstances. On behalf of standardization this work goes through current situation, timetable of ongoing standardization process and its effect on the growth of the electric bus markets. Goal of this work is to get overview on Finnish electric buses and charging equipment. Another goal is to get overview on standardisation of electric busses and charging equipment and where its heading in the future. This work sums up the state on electric buses now and gives perspective where its heading in future.

KEYWORDS:

electric vehicles, standardisation, charging, coaches, electric bus

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 LATAUSTEKNIIKAT JA ENERGIAN VARASTOINTI	9
2.1 Yleisesti lataustekniikoista ja energian varastoinnista	9
2.2 Pikalataus	10
2.2.1 Virroitinlataus	11
2.2.2 Induktiolataus	12
2.2.3 Kaapelilataus	12
2.3 Hidaslataus	13
3 SÄHKÖLINJA-AUTOJEN JA LATAUSLAITTEIDEN NYKYTILA SUOMESSA	14
3.1 HSL-alue	14
3.1.1 Espoo	15
3.1.2 Helsinki	16
3.2 Turku	17
3.3 Tampere	18
4 SÄHKÖBUSSIEN STANDARDIT	20
4.1 Kaapelilataus	21
4.1.1 Latauspistokkeen vaatimukset	21
4.1.2 Kommunikaatio	22
4.1.3 Muut sähköbussien kaapelilataukseen liittyvät asiat	23
4.1.4 Yhteenveto kaapelilatauksesta	23
4.2 Pikalataus	24
4.2.1 Yleiskatsaus pikalautaukseen ja sen nykytila	24
4.2.2 Suurimmat avoimet kysymykset pikalatauksen standardoinnissa	27
5 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	30

KUVAT

Kuva 1. HSL-alueen Linkker -sähkölinja-auto.	16
Kuva 2. Latauspistokkeen sijainti.	22
Kuva 3. Pantografin/kontaktipintojen sijoitus linja-autoon.	26

KÄYTETTY SANASTO

CEN	European Committee for Standardization (ransk. Comité Européen de Normalisation). Eurooppalainen standardointikomitea, johon kuuluu lähes kaikki Euroopan alueen maat. CENin vastuualueeseen kuuluvat elektroniikkaa (Cenelec) ja tietoliikennettä (ETSI) lukuun ottamatta kaikki standardit.
Cenelec	Eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö (European Committee for Electrotechnical Standardization)
Hidaslataus	Yleensä kaapelilataus, jossa teho noin 20-120 kW. Esim. linja-auton lataaminen varikolla yön aikana.
HSL	Helsingin seudun liikenne
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
Kaapelilataus	Kaapelilla kytkettävä langallinen lataus
Muunnossähköbussi	Dieselbussista sähköbussiksi modifioitu linja-auto
Pantografi	Linja-auton katolle tai latauslaitteeseen asennettava komponentti. Välittää sähkövirran latauslaitteesta linja-autoon.
Pikalataus	Lyhytkestoinen suuritehoinen lataus. Teho yleensä 300 kW tai enemmän, esimerkiksi virroitin- tai induktiolataus
Päätepysäkkilataus	Sähköbussiliikenteen järjestämistapa, jossa akkuja ladataan päivän aikana linjan varrella ja mahdollisesti myös varikolla normaalien käyttötaukojen aikana.
Sähköbussi/sähkölinja-auto	Linja-auto, jonka käyttövoimana on sähkö ja energiavarastona akut
UITP	Kansainvälinen joukkoliikenneliitto (Union Internationale des Transports Publiques)
Varikkolataus	Varikolla suoritettava sähköbussin lataus
VDV	Association of German Transport Companies (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen). Saksalaisen julkisen liikenteen ja junarahti yritysten organisaatio.

Virroitinlataus	Linja-auton yläpuolelta suoritettava automaattinen ja suuritehoinen latausmenetelmä
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (vuosina 1942–1972 Valtion teknillinen tutkimuslaitos ja 1972–2010 Valtion teknillinen tutkimuskeskus)
ZeEUS	Zero Emission Urban Bus System. Laaja Euroopan laajuinen projekti, jossa testataan sähköbusseja ja erilaisia latausinfrastruktuureja käytännössä.

1 JOHDANTO

Poliittinen tahto vähentää liikenteen hiilidioksidi- ja lähipäästöjä ohjaa polttomoottoreiden kehitystä sekä vaihtoehtoisten polttoaineiden ja voimanlähteiden yleistymistä. Yhtenä päästöjen vähentämisen keinona on myös sähkökäyttöiset ajoneuvot. Esimerkiksi HSL on ottanut tavoitteeksi vähentää lähi- ja hiilidioksidipäästöjä 90 % vuoden 2010 tasosta vuoteen 2025 mennessä. Tavoitteen saavuttamiseksi vuonna 2020 tilattavan linja-auto-liikenteen kalustosta 10 %:n on määrä olla sähköbusseja ja vuonna 2025 vastaavasti 30 %. (HSL 2014, 8–10.)

Työssä keskitytään pitkälti linja-autojen kaupunkiliikenteen erilaisiin sähköisiin toteutusmuotoihin ja niiden vaatimaan latausinfrastruktuuriin sekä niiden tulevaisuuden näkymiin ja standardointiin. Kaupunkiliikenne on käytännön syistä niin Suomessa kuin maailmalakin raskaan kaluston osalta ensimmäisenä laajemmin sähköistyvä liikennemuoto. Kaupunkiliikenteestä on jo olemassa käyttökokemusta todellisissa liikennöintiolosuhteissa myös Suomessa, kun muun raskaan liikenteen osalta ollaan vielä kauempana todellisista ja laajoista käyttökokemuksista.

2 LATAUSTEKNIIKAT JA ENERGIAN VARASTOINTI

2.1 Yleisesti lataustekniikoista ja energian varastoinnista

Raskaan kaluston sähköistämisessä suuri haaste on tarvittavan virran varastoiminen ja sen myötä nouseva akuston hinta, tilavuus ja massa. Hinta on ratkaisevassa osassa elinkaarikustannuksia, mutta akuston vaatima tila ja paino vievät hyötykuormaa. Linja-autojen osalta akusto vie siis matkustajakapasiteettia. Tämä vaikuttaa siihen, miksi ensimmäiset sähkökäyttöiset raskaat ajoneuvot ovat keskittyneet lähinnä lyhyen matkan sovelluksiin, kuten paikallisliikenteeseen ja jakeluautoihin. Paikallisliikenteen osalta hyvin ennakoitavat lyhyet reitit ja tarkat aikataulut mahdollistavat erilaisia ratkaisuja, kuin esim. pitkän matkan liikenteessä ja varsinkin sellaisessa, jossa reitit eivät ole ennakoitavissa.

Suomessa erityisesti linja-autojen osalta on saatu jo usealla paikkakunnalla kokemusta sähköautojen toimivuudesta. Paikallisliikenteessä vallitsevaksi malliksi on valikoitunut pääte pysäkkilataus, jossa autolle tehdään päivän aikana pikalatauksia linjalla, jolloin linja-autossa ei tarvita niin suurta akustoa. Tähän malliin on päädytty, jotta auto voidaan varustaa pienemmällä, eli kevyemmällä, vähemmän tilaa vievällä ja halvemmalla akustolla. Tällöin ei myöskään tarvita pitkää latausta ison akun varaamiseksi vaan virtaa ladataan päivän aikana lisää lyhyillä pikalatauksilla. Tällä hetkellä pikalatauksia tehdään Suomessa lähinnä pääte pysäkeillä, mutta luultavasti jatkossa pikalatauspisteitä tulee myös muihin liikenteen solmukohtiin, joissa ne voivat palvella useampaa eri linjaa. Yleensä pääte pysäkkilatauksessa autoja voidaan ladata varikolla hidaslatauksella auton seistessä ja auton ollessa linjalla tehdään muutaman minuutin pituisia pikalatauksia, joilla saadaan akkuihin nopeasti riittävä määrä virtaa seuraavaa linjakierrosta varten. (Liikennevirasto 2017.)

Kaupunkiliikenteen osalta niin Suomessa kuin maailmalla on jo vakituisesti liikenteessä sähköbusseja, joilla operoidaan normaalisti myös kokonaisia linjoja. Käytännön kokemukset osoittavat, kuinka nopeasti ja millä aikataululla sähköinen käyttövoima lisääntyy linja-autoissa. Tällä hetkellä sähköbusseilla liikennöinti dieselbussien veroisesti ja kustannustehokkaasti vaatii kuitenkin riittävän latausinfrastruktuurin.

Suuri haaste raskaan kaluston sähköistymisen tiellä on vielä toistaiseksi puuttuva standardi. Standardin tarkoitus on yhtenäistää eri valmistajien ja merkkien kalusto ja latauslaitteet yhteensopiviksi keskenään. Yhteensopivuudella on merkittävä rooli käytännön operoinnin ja jälkimarkkinoiden osalta. Ilman standardia kaluston jälkimarkkinoista ja käytännön operoinnista (hankittavalle kalustolle soveltuvan latausverkon kehityksestä) ei ole varmuutta, mikä jarruttaa investointihalukkuutta.

Teknologian ja erityisesti akkutekniikan kehittyessä akkujen massa, koko ja hinta tulevat luultavasti vähenemään, jolloin sähköä voidaan nähdä raskaan kaluston käyttövoimana myös epäsäännöllisemmässä liikenteessä. Tästä hyvänä esimerkkinä on esim. Teslan 2017 marraskuussa julkaisema Tesla Semi -kuorma-auto, jonka valmistus on tavoitteena aloittaa vuonna 2019. Tesla Semin toimintasäde täydellä kuormalla olisi jopa 800 km ja 30 minuutin pikalatauksella saadaan yli 600 km:n matkaan riittävä varaus.

Tällä hetkellä sähköbusseja on käytössä vielä melko vähän ja enemmän tai vähemmän pilottina. Pilotti hankkeista on tarkoitus saada kokemusta tulevaa varten. Mikäli sähköbussit yleistyvät, on yksi olennainen osa myös se, kuka omistaa linjalla olevat latauslaitteet ja miten niiden käytöstä laskutetaan. Mikäli jatkossa samaa latausasemaa käyttää useampi liikennöitsijä, on myös sähkön laskutus kohdistettava ladattavan auton mukaan.

2.2 Pikalataus

Pikalatauksen ideana on nimensä mukaisesti suorittaa lyhytkestoinen lataus, joka voidaan tehdä esimerkiksi linja-auton ollessa linjalla ja ottaessa matkustajia kyytiin. Pikalatauksessa käytetään yleensä suurta tehoa, jolloin virtaa saadaan muutamassa minuutissa riittävästi usean kymmenen kilometrin ajamiseen. Pikalatauksen hyöty kaupunkiliikenteessä on se, että linja-autossa ei tarvita suurta akustoa vaan voidaan käyttää pienempää akustoa, jota ladataan useita kertoja päivän aikana. Lataus voidaan hoitaa pääte pysäkillä seistessä, jolloin auto voi liikennöidä normaalisti koko päivän, eikä pitkiä lataustaukoja tarvita. Pikalataukseen kaupunkiliikenteessä tarvitaan kuitenkin linjalle riittävä infrastruktuuri, eli vähintään yksi pikalatauslaite auton reitillä. Pikalataus voidaan suorittaa virroitinlatauksena tai esimerkiksi induktiolatauksella. Pikalataus on yleensä automaattinen. Kuljettaja ajaa auton oikeaan kohtaan, ja kun latauksen aloittamisen edellytykset täyttyvät, lataus alkaa automaattisesti, eikä kuljettajan tarvitse erikseen käydä esimerkiksi kiinnittämässä kaapelia. Kuljettaja voi seurata auton näytöltä, miten lataustapahtuma etenee.

Sähköbussin pikalatausasema koostuu yleensä muuntamosta, latauslaitteesta ja latauslaitetilasta, jossa sijaitsee mittauskeskus. Lisäksi tarvitaan riittävän tehonsyöttökyvyn omaava sähköverkko. Muuntamossa 20 000 V keskijännite muutetaan 400 V vaihtojännitteeksi. Latauslaitetilassa 400 V vaihtojännite muutetaan sähköbussin akkujen lataukseen sopivaksi tasajännitteeksi, joka johdetaan latauslaitteeseen. Sähköbussin lataus tapahtuu 400 – 800 V tasajännitteellä. (Liikennevirasto 2017.) Latauslaitetila ja latauslaitte on mieluusti sijoitettava mahdollisimman lähelle toisiaan, koska tasajännitteessä pitkä kaapeli aiheuttaa häviötä sähkönsiirtoon ja vaatii täten paksumman kaapelin, mikä nostaa kustannuksia.

2.2.1 Virroitinlataus

Virroitinlatauksessa sähkö siirretään auton yläpuolelta pantografilla latauslaitteesta auton akustoon. Pantografi voidaan sijoittaa joko latauslaitteeseen (ylhäältä alas) tai auton katolle (alhaalta ylös). Virroitinlataus voidaan suorittaa erillisellä latauslaitteella tai raitiovaunun johdinverkosta. Virroitinlatauksessa latausteho on yleensä 300 – 450 kW. Virroitinlataukseen on olemassa jopa 1000 kW:n teholla toimivia latauslaitteita (ZeEUS 2017, 172). Suomessa kaupunkiliikenteessä vakituisesti liikennöivät sähköbussit käyttävät kaikki virroitinlatausta lataustapana linjalla.

Pantografin sijoituksessa on Suomenna käytössä eri käytäntöjä. Turussa pantografi on sijoitettu latauslaitteeseen (ylhäältä alas), jolloin jokaiseen bussiin ei tarvita erikseen pantografia. Pantografin vikatilanteessa latausasemaa ei tosin voi hyödyntää lainkaan. Pantografin kustannus on noin 15 000 € (Liikennevirasto 2017). Sijoittamalla pantografi latauslaitteeseen säästetään pantografin kustannus jokaisen auton osalta erikseen. Pantografin sijoittaminen latauslaitteeseen vaatii tarkempaa kommunikointia auton ja latauslaitteen välillä, jolla varmistetaan, että latauksen edellytykset ovat kunnossa ennen kuin pantografi lasketaan. Linja-auto ja latauslaitte kommunikoivat myös latauksen etenemisestä ja sen lopettamisesta. Esimerkiksi Turussa latauslaitte ja linja-auto kommunikoivat infrapunayhteyden avulla. Muualla Suomessa pantografi on sijoitettu autoon (alhaalta ylös), jolloin kustannukset bussia kohden nousevat, mutta pantografin vioittuessa lataus estyy vain kyseisen bussin osalta ja latausasema palvelee yhä muita autoja. Myös kommunikaatio bussin ja latauslaitteen välillä on helpompaa, koska kuljettaja voi nostaa latauslaitteen ajettuaan auton oikeaan kohtaan. Kun kontaktipinnat ovat kytkeytyneet, voi

lataus alkaa. Tällöin autossa on tarvittava elektroniikka, joka tarkkailee latauksen etene-
mistä.

Virroitinlatauspisteen kustannukset ovat noin 350 000 €, mutta haastavissa paikoissa
kustannukset voivat olla huomattavasti suuremmat. Esimerkiksi Helsingissä Rautatien-
torilla latauslaitteiden rakennus tulee maksamaan noin 2 600 000 €, joka sisältää 6 la-
tauspistettä. (Malmberg, L. 2017.)

2.2.2 Induktiolataus

Induktiolatauksessa lataus tapahtuu langattomasti bussin alapuolelta samaan tapaan
kuin esimerkiksi puhelimen langattomassa latauksessa tai sähköhammasharjan latauk-
sessa. Induktiolatauksessa ensiökäämiin syötetään sähkövirtaa, jolloin käämin ympärille
muodostuu muuttuva magneettikenttä. Ladattavan laitteen toisiokäämi asetetaan ensiö-
käämin magneettikenttään, jolloin toisiokäämin johtimeen indusoituu muuttuva sähkö-
virta. Tämä mahdollistaa sähköön lataamisen langattomasti lyhyellä etäisyydellä. Ras-
kaan kaluston pikalatauksen osalta latausteho täytyy toki olla huomattavasti suurempi
kuin pienelektroniikan. Induktiolataus vaatii tarkkaa sijoittumista ja kommunikointia auton
ja latauslaitteen välillä. Tällä hetkellä markkinoilla olevat induktiolatauslaitteet pääsevät
maksimissaan noin 200 kW:n lataustehoon (ZeEUS 2017, 164).

Induktiolatauslaitteiden hinnoista raskaan kaluston sovelluksissa on vielä melko vähän
kokemusta. Latauslaitteiden kustannuksista on täten myös melko huonosti tietoa saata-
villa, mutta kustannuksiltaan se on luultavasti huomattavasti virroitinlatausta kalliimpi ra-
kentaa. Induktiolataus on myös herkempi häirtetekijöille, jotka voivat estää latauksen toi-
minnan. Tällaisia häirtetekijöitä on esimerkiksi lehdet, hiekka, roskat, lumi ja jää. (Liiken-
nevirasto 2017.)

2.2.3 Kaapelilataus

Kaapelilatausta käytetään Suomessa raskaan kaluston osalta lähinnä hidaslataukseen
varikolla. Markkinoilla on kuitenkin myös latauslaitteita, joilla voidaan ladata kaapelilla
150 kW:n teholla (ZeEUS 2017, 173). Linjalla tapahtuvassa latauksessa on Suomessa
keskitytty kuitenkin virroitinlataukseen, koska siinä lataustapahtuma on automaattinen ja

kuljettaja voi esimerkiksi palvella asiakkaita samaan aikaan. Kaapelilataus vaatii aina kaapelin kytkennän autoon manuaalisesti.

2.3 Hidaslataus

Suomessa hidaslatausta käytetään kaupunkiliikenteessä lähinnä linja-auton seistessä varikolla normaalien käyttötaukojen aikana. Hidaslataus suoritetaan yleensä kaapelilla, mutta se on mahdollista suorittaa myös virroittimella tai induktiolla. Hidaslatauksessa käytetään noin 20-50 kW:n lataustehoa (Liikennevirasto 2017).

3 SÄHKÖLINJA-AUTOJEN JA LATAUSLAITTEIDEN NYKYTILA SUOMESSA

Sähkölinja-autoja on tällä hetkellä käytössä Helsingissä, Espoossa, Turussa ja Tampereella. Kaluston osalta käytössä on kaikkiaan kuuden eri valmistajan sähkölinja-autoja. Järjestämistapa kaikissa kaupungeissa on päätepysäkkilataus, jossa linjan päätepysäkeille on sijoitettu pikalatauslaitteet. Lisäksi monessa tapauksessa linja-autoja voidaan ladata myös hidaslatauksella varikolla. Sähkölinja-autojen ollessa vielä testikäytössä, päätepysäkit ovat olleet kyseisten linjojen osalta sopivia paikkoja toteuttaa latausinfrastruktuuri niin lupien kuin latausaseman vaatiman tilankin kannalta. Sähkölinja-autojen yleistyessä pikalatausasemia on mahdollista tehdä myös muihin liikenteen solmu-kohtiin ja terminaaleihin, jolloin linja-autoa voidaan ladata myös kesken linjan ja sama latausasema voi palvella useampaa linjaa. Kaikissa neljässä kaupungissa pikalataus suoritetaan linjalla virroitinlatauksella, jossa pantografi siirtää virran latauslaitteesta autoon. (Liikennevirasto 2017.)

3.1 HSL-alue

HSL-alueella Espoossa ja Helsingissä on käytössä täyssähköbusseja. Ensimmäiset täyssähköbussit otettiin käyttöön Espoossa osana VTT:n vetämää tutkimushanketta, jossa testattiin eri valmistajien sähköbussien ja komponenttien toimintaa pohjoisissa olosuhteissa (YLE 2012). Vuoden 2015 keväällä HSL tilasi suorahankinnalla 12 Linkker -täyssähköbussia pääkaupunkiseudun liikenteeseen, joista 2 on muunnossähköbusseja (muutettu dieselbusseista sähköbusseiksi) ja 8 seuraavaa 13 metrisiä Linkker -täyssähköbusseja. Kahta viimeistä linja-autoa ei ole vielä tilattu, koska niiden ominaisuuksien määrittely on vielä kesken. HSL-alueelle tilatussa pikaladattavassa kalustossa pantografi on linja-auton katolla (alhaalta ylös) etuakselin kohdalla. (Liikennevirasto 2017.)

3.1.1 Espoo

Kalusto

Osana VTT:n vetämää hanketta Espoon linjalla 11 on syksystä 2012 alkaen liikennöinyt viiden eri valmistajan sähköbusseja. Valmistajat ovat olleet BYD, Caetano Bus, Ebusco, VDL Bus & Coach ja Linkker. Ensimmäiset pikaladattavat muunnossähköbussit tulivat liikenteeseen alkuvuodesta 2016. Syksyllä 2016 linjalle tuli myös täysin uusi Linkker -täyssähköbussi. Metron valmistuessa linja 11 loppuu, jolloin kaksi muunnossähköbussia siirtyy Espoon linjalle 133 ja Linkker -täyssähköbussi siirtyy liikennöimään Helsinkiin. (Liikennevirasto 2017.)

Latauslaitteet

Espoossa vuonna 2012 liikenteeseen tulleita sähköbusseja ladattiin varikolla. Vuonna 2016 käyttöön tulleiden pikaladattavien linja-autojen käyttöön rakennettiin Tapion aukiolle pikalatauslaite (alhaalta ylös), jonka teho on 300 kW. Linjan 11 loppuessa pikalatauslaite tullaan mahdollisesti siirtämään Friisilään linjan 133 käyttöön. Länsimetron liityntäterminaaleissa (Tapiola, Matinkylä, Espoonlahti) on jo suunnitelmissa huomioitu mahdollisten latauslaitteiden vaatima tila, jolloin linja-autoja voitaisi ladata terminaalin lähtölaitureissa matkustajien noustessa kyytiin. Espoon kaupunki on syksyllä 2015 varannut 4 miljoonaa euroa latauslaitteiden hankintaan vuoteen 2020 mennessä. Espoossa Tapiolan latausaseman omistaa Espoon kaupunkitekniikan keskus, eli Espoon kaupunki. Espoon kaupunki myös kilpailuttaa ja maksaa käytetyn sähköenergian, josta jälkikäteen laskutetaan liikennöitsijää. Kyseessä on vain siirtymävaiheen järjestely, kun latausasemaa käyttää vain yksi liikennöitsijä. Jatkossa tavoite on, että latausasemilla on latausoperaattori, joka hoitaa laskutuksen suoraan eri liikennöitsijöille. (Liikennevirasto 2017.)

3.1.2 Helsinki

Kalusto

Helsingissä käytössä on Linkker -täyssähköbusseja, joita pitäisi vuoden 2017 loppuun mennessä olla liikenteessä 12 kpl. Tammikuussa 2017 aloitettiin liikennöinti sähköbussilla linjalla 23, jossa on latauspiste Ruskeasuon päätepysäkillä Invalidisäätiöllä. Seuraavaksi sähköbusseja tulee käyttöön linjoille 55 ja 51. Kaikki Helsingissä käyttöön tulevat sähköbussit ovat HSL:n suorahankinnalla ostamia suomalaisia pikaladattavia Linkker -täyssähköbusseja. Pantografi on sijoitettu auton katolle, etuakselin kohdalle, kuten Espoossa. (HSL 2017.)



Kuva 1. HSL-alueen Linkker -sähkölinja-auto.

Latauslaitteet

Helsingissä ensimmäinen pikalatauslaite valmistui Ruskeasuolle, linjan 23 päätepysäkille. Linjan toinen päätepysäkki on Rautatientorilla, johon rakennetaan myös latausasemaa, mutta tällä hetkellä linja 23 käyttää vain Ruskeasuon latauspistettä.

Rautatientorille piti valmistua latauslaite vuoden 2017 keväällä, mutta sen valmistuminen on viivästynyt. Syynä viivästymisiin on kaivulupien viivästyminen sekä keskeinen sijainti,

jossa ei voida kaivaa kaikkia tarvittavia kohtia kerralla auki. Rautatientorin latausaseman kustannukset tulee olemaan noin 2,6 miljoonaa euroa. Tavanomainen latausasema pääte pysäkillä kustantaa noin 350 000 euroa. (Malmberg L. 2017.) Rautatientorin latauspisteen hintaan vaikuttaa myös se, että sillä täytyy voida ladata useita autoja samaan aikaan. Tätä varten tarvitaan muuntaja ja aseman rakenteet kaivetaan suurelta osin maan alle myös kaupunkikuvan takia. (Repo, H. 2017.) Linjan 23 lisäksi rautatientorin latausasema tulee palvelemaan myös linjaa 55 lähitulevaisuudessa. Rautatientori on monen linjan pääte piste, joten latausasemaa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää useita linjoja varten.

Lisäksi latausasemat on tarkoitus rakentaa linjan 51 pääte pysäkeille Hakaniemeen ja Malminkartanoon sekä linjan 55 reitille Koskelaan (HSL 2017).

Vuoden 2018 syksyllä kilpailutetaan linjojen 14 ja 18 liikenne, johon kaavaillaan 30 sähköbussia ja niitä varten latausasemia tulisi Hernesaareen, Eiraan, Munkkivuoreen, Pajamäkeen ja Kamppiin (Tekniikka & talous 2017).

Helsingissä latauslaitteet tilaa HKL (Helsingin kaupungin liikennelaitos), ja latausoperaattorina toimii Virta. Helen kilpailuttaa, rakentaa ja asentaa latauslaitteet. Caruna rakentaa vaaditun sähköverkon ja -liittymät. (Liikennevirasto 2017.)

3.2 Turku

Kalusto

Turussa linjalla 1 (Lentoasema – Satama) aloitettiin liikenne sähköbusseilla vuoden 2016 syksyllä (YLE 2016). Yhteensä sähköbusseja tilatiin 6 kpl, joista kolme saatiin liikenteeseen vuoden 2016 aikana ja loput vuoden 2017 alkupuoliskolla. Linjalle hankittiin Linkker -sähköbusseja. (YLE 2017.) Erona HSL-alueelle tilattuihin Linkkereihin on se, että pantografi on latauslaitteessa (ylhäältä alas), josta se laskeutuu linja-auton katolle latauksen alkaessa.

Pilottiprojektin alkuvaiheessa ja uuden tekniikan käyttöönotossa on ollut odotettuja alkuvaikeuksia, mutta tällä hetkellä suoritteet näyttävät olevan hyvällä tasolla. ”Euroopan unionin ja Kansainvälisen joukkoliikenneliiton UITP:n yhteisessä ZeEUS-sähköbussipro-

jektissa on vertailtu sähköbussiliikennettä 60 kaupungissa Euroopassa ja sen lähialueilla. Raportin mukaan sähköbussien päiväsuoritteet ovat olleet Turussa pidemmät kuin yhdessäkään muussa vertailussa mukana olevassa kaupungissa.” (Turun kaupunki 2017.)

Latauslaitteet

Sähköbussiliikenteen alkaessa käyttöön oli saatu pikalatauslaite linjan 1 päätepysäkillä lentoasemalla. Joulukuussa 2016 käyttöön saatiin myös pikalatauslaite toisella päätepysäkillä, eli satamassa. Latauslaitteiden maksimiteho on 300 kW. Latauslaitteet on toimitannut Heliox/Schunk. Pikalatauslaitteet toteutettiin yhteistyössä Turku Energian kanssa. Turku Energia on toteuttanut myös varikolle latauspisteet bussien yöaikaista latausta varten. (Liikennevirasto 2017.)

Latauslaitteiden ero esimerkiksi HSL-alueella käytettäviin latauslaitteisiin verrattuna on se, että pantografi on latauslaitteessa (ylhäältä–alas). Kyseinen ratkaisu vaatii tiedon siirtoa auton ja latauslaitteen välille, jolla tarkistetaan kaiken olevan kunnossa ennen latauksen aloittamista.

Turussa pika- ja varikkolatauslaitteet omistaa Turku Energia, joka vastaa kaikista latauspisteiden kustannuksista. Turku Energia tarjoaa Turun Kaupunkiliikenteelle latauspalvelua, joka sisältää sähköön toimittamisen, laskuttamisen ja latauslaitteiden huollon. Laskutusperusteena käytetään muuntamon ja latauslaitteen välistä sähkönkulutusta, mutta tulevaisuudessa kun liikennöitsijöitä on useita, sähkönkulutuksen mittauksen rajapinta siirtyy todennäköisesti bussin katolle. (Liikennevirasto 2017.)

3.3 Tampere

Kalusto

Tampere kilpailutti sähköbussien ja latauslaitteiden hankinnan vuonna 2015. Kilpailutuksen voitti puolalainen Solaris Bus & Coach S.A. Hankinta sisältää 4 sähköbussia 5 vuoden leasingsopimuksella, jonka lisäksi on optio 1-2 lisäautoon. Leasingsopimuksen päätteeksi Tampere voi halutessaan myös lunastaa autot itselleen. (Tampere 2015.)

Liikennöinti aloitettiin vuoden 2016 lopussa 1 sähköbussilla ja loput 3 sähköbussia otettiin liikenteeseen vähitellen vuoden 2017 alussa. Sähköbussit liikennöivät linjalla 2, Pyynikintorin Rauhaniemen välillä. (Tampere 2016.)

Latausratkaisujen puolesta myös Tampereella päädyttiin pääte pysäkkilataukseen, eli linja-autoja ladataan pikalatauslaitteella pääte pysäkillä Pyynikintorilla. Lisäksi autoja ladataan varikolla hidaslatauksella. (Tampere 2015.)

Pantografi on sijoitettu linja-auton katolle (alhaalta ylös), mutta esimerkiksi HSL-alueesta poiketen sen sijainti on taka-akselin kohdalla. Näin ollen esimerkiksi Tampereen ja HSL-alueen sähköbussit eivät voisi ilman muutoksia suoraan liikennöidä toistensa alueilla, koska latauslaite sijaitsee eri kohdassa autoa.

Latauslaitteet

Samassa kilpailutuksessa linja-autojen kanssa hankittiin myös latauslaitteet, mutta linja-autoista poiketen latauslaitteet kaupunki osti omaksi. Linjalle hankittiin pikalatauslaite Pyynikintorille, jossa ladataan päivän aikana tarvittavat lataukset. Lisäksi varikolle hankittiin 4 hidaslatauslaitetta, joilla autoja voidaan ladata auton seistessä varikolla. (Tampere 2015.)

Tampereen kaupunki omistaa Pyynikintorin pikalatauslaitteen ja varikkolatauslaitteet. Latauslaitteista on tehty 5 vuoden huoltosopimus kalustovalmistaja Solariksen kanssa. Sähkölaitos laskuttaa sähköbussien kuluttamasta sähköstä suoraan liikennöitsijää. (Liikennevirasto 2017.)

4 SÄHKÖBUSSIEN STANDARDIT

Standardien merkitys sähköbussien yleistymisen kannalta on merkittävä, jotta autot ja latauslaitteet ovat yhteensopivia. Sähköautoille ja latauslaitteille on jo olemassa standardeja ja niihin sovelletaan myös monia yleisesti sähkölaitteisiin ja sähköverkkoihin liittyviä standardeja. Esimerkiksi kaapelilatauksen suhteen tilanne on jo melko hyvä, koska CCS 1.0 ja CCS 2.0 standardit harmonisoivat sähköautojen latauspistokkeita. Kaapelilatauksen suhteen tarvetta on lähinnä täydennyksille ja lisäyksille olemassa oleviin standardeihin. Pikalatauksen suhteen standardin tuoman yhteensopivuuden puute on suurempi ja käytössä on tällä hetkellä kymmeniä toisistaan eroavia latausjärjestelmiä. Asian käsittelemisen kannalta on järkevää jakaa käsittely kaapelilataukseen ja pikalataukseen. Tässä työssä tarkastellaan lähinnä merkittävimpiä puutteita nykyisissä standardeissa sähköbussien yleistymisen kannalta.

Standardointi työ sähköbussien latausjärjestelmistä on käynnissä ja eurooppalaisten standardien (CEN-CENELEC) pitäisi tulla voimaan vuonna 2019 ja kansainvälisten standardien (ISO/IEC) 2020. Standardin vielä puuttuessa useat linja-autojen ja latauslaitteiden valmistajat (Irizar, Solaris, VDL, Volvo, ABB, Heliox ja Siemens) ovat sopineet keskenään avoimesta latausympäristöstä, johon toivottavat myös muut valmistajat tervetulleiksi. Kyseisellä latausympäristöllä kerätään myös kokemuksia lopullista standardia varten. (Siemens 2016.)

Euroopassa on sähköbussi projekteja, joilla myös kerätään tietoa sähköbussien käytöstä ja käyttäjävaatimuksista standardia varten. Yksi merkittävimmistä on ZeEUS projekti, jota koordinoi UITP ja jossa mukana on myös VTT. ZeEUS-projekti on kerännyt laajasti tietoa erilaisista latausjärjestelmistä ja sähköbusseista ympäri Eurooppaa. UITP ja VDV ovat tehneet työryhmän, joka on tehnyt 2 lopullista raporttia (opportunity charging ja charging on depots) CEN-CENELEC:lle valmistajien ja käyttäjien näkökulmasta standardin valmisteluun. Suomen osalta ZeEUS-projektin myötä VTT:llä on ollut edustusta laatimassa raportteja. (UITP 2016.)

Tällä hetkellä ISO 15118 standardissa määritellään sähköautojen lataukseen liittyvää kommunikointia, mutta sen tähän mennessä julkaistut osat kattavat vain kaapelilatauksen langallisen kommunikoinnin. Standardille valmistellaan täydennystä, jonka myötä se tulee jatkossa kattamaan myös langattoman latauksen, langattoman kommunikoinnin

auton ja latauslaitteen välillä, sekä kaksisuuntaisen energian siirron (vehicle-to-grid). Eri-tyisesti langaton kommunikointi on pikaladattavien linja-autojen kannalta tärkeä standardisoitava asia, jotta linja-autoihin saadaan yhtenäinen toteutus kommunikoinnin suhteen.

Standardin ollessa vielä valmistelussa, ei varmaa tietoa sen sisällöstä ole saatavissa. Työssä käsitellään pitkälti materiaalia, joka on toimitettu CEN-CENELEC:lle standardin valmisteluun pohjatiedoksi, eli käyttäjien ja valmistajien vaatimuksia, koska niiden painoarvo valmistelussa tulee olemaan suuri.

4.1 Kaapelilataus

Hidaslataus suoritetaan monesti kaapelilla ja kaapelilataukseen voidaan pitkälti soveltaa jo olemassa olevaa standardia. Kaapelilatauksen suhteen linja-autoille tarvitaan lähinnä täydennyksiä ja lisäyksiä olemassa olevien standardien lisäksi. Hidaslatausta voidaan suorittaa myös induktiolatauksena tai automaattisesti pantografilla, mutta niiden standardointi käsitellään luvussa 4.2 pikalataus. Tässä luvussa keskitytään lähinnä kaapelilataukseen, joka on vallitseva toimintamalli varikolla tapahtuvaan hidaslataukseen.

UITP:n ja VDV:n raportti varikkolatauksesta (Charging in depots) käsittelee ZeEUS-projektin ja valmistajien näkökulmia standardin valmisteluun. Raportti käsittelee käyttäjän ja valmistajien kannalta latausprosessin kulkua ja toteutusta ja ottaa kantaa siihen mitä heidän mielestään standardissa pitäisi huomioda. Raportti on merkittävä, koska sen taustalla on käytännön olosuhteissa todella laajasti testattu erilaisia latausjärjestelmiä ja sen laatimisessa on ollut mukana toimijoita laajasti niin valmistajien kuin käyttäjien osalta. Mukana on myös seurantaa, koordinointia ja mittauksia suorittaneita tahoja, kuten VTT.

4.1.1 Latauspistokkeen vaatimukset

Latauspistokkeiden mallit voivat olla nykyisten CCS-standardien mukaisia Type 2 tai Combo 2 pistokkeita. Lataus voidaan tehdä Combo 2 pistokkeella tasavirralla, jolloin lataukseen liittyvä elektroniikka on laturissa. Type 2 pistokkeella ladatessa pistokkeesta tulee vaihtovirtaa ja latauselektroniikka sijaitsee linja-autossa. Latauspistokkeen sijoituksessa autoon tulee olemaan eroja riippuen maasta, olemassa olevasta infrastruktuurista

parkkipaikalla, niin pystytäänkö WIFI/Wlan yhteydellä hoitamaan kommunikointia ilman, että aiheutuu häiriöitä. (UITP&VDV 2016a, 8)

ISO 15118 standardin täydentyessä sen pitäisi kattaa myös langaton kommunikaatio, sekä tuoda täydennyksiä muihin nykyisiin puutteisiin. Langattoman kommunikaation standardin puuttuessa saatetaan käyttöön ottaa erilaisia, keskenään yhteensopimattomia tekniikoita. Langattoman kommunikaation standardi on tästä syystä erittäin tärkeä sähköbussien yleistymisen kannalta, jotta kalusto ja latauslaitteet saadaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa yhteensopiviksi. Yhteensopivuus vähentää riskejä kalustoon ja latauslaitteisiin investoidessa, jolloin investoinnin käyttäjästä saadaan parempi varmuus.

4.1.3 Muut sähköbussien kaapelilataukseen liittyvät asiat

Muita raportin esiin nostamia asioita on esim. ajoneuvojen eroavien mittojen huomiointi pysäköinnin ja latauslaitteiden sijoittelussa, hätäkatkaisia auton latauspistokkeen viereen, latauksen led indikaattorit, jne. Virtalukosta olisi voitava kytkeä virta päälle myös latauksen aikana, mutta auton liikkuminen täytyy estää johdon ollessa kiinni. Standardoinnin tarkkuutta toivotaan niin hyväksi, että autoja eri varikoilla ilman merkittäviä muutoksia, joka on edellytys jälkimarkkinoiden synnylle. Raportissa nostetaan esiin myös mahdollisuus kaksi suuntaiseen sähkönsiirtoon, eli autosta voitaisi tarvittaessa syöttää virtaa myös ulospäin. (UITP&VDV 2016a, 9-10)

4.1.4 Yhteenveto kaapelilatauksesta

Käytännössä kaapelilatauksen osalta jo nykyisillä standardeilla voidaan toimia melko pitkälle, ainakin sen suhteen mitä tulee pelkkään lataamiseen. Halutut täydennykset koskevat lähinnä sitä, kun sähköbusseja on paljon ja niiden latausta halutaan ohjata kootusti ja älykkäästi, sekä muutamiin käytännön asioihin. Latauslaitteiden suhteen vaihtovirralla ladatessa kaikki latauselektroniikka on autossa, jolloin latauslaitteet voivat olla hieman ”tyhmempiä.” Jos ladataan Combo2 pistokkeella suoraan tasavirtaa akustoihin, tulee latauselektroniikka olla latauslaitteessa ja tällöin se olisi huomioitava jo latauslaitetta hankkiessa tai ainakin olla jälkikäteen muutettavissa.

4.2 Pikalataus

4.2.1 Yleiskatsaus pikalautaukseen ja sen nykytila

Pikalatauksen suhteen tarve standardille on huomattavasti suurempi, koska virroitin- ja induktiolatauksessa on vielä monia täysin standardoimattomia asioita. Sen seurauksena tällä hetkellä käytössä on useita erilaisia järjestelmiä, jotka eivät välttämättä ole yhteensopivia. Alkuvaiheessa kyse onkin pitkälti testikäytöstä ja datan tuottamisesta, jotta voidaan valita parhaiten toimiva malli laajempaan toteutukseen. Standardit tarvitaan, jotta sähköbussit yleisesti ottaen saadaan laajempaan käyttöön. Standardin puute jarruttaa investointeja, koska ei tiedetä onko hankitut latauslaitteet ja sähköbussit tulevaisuudessa yhteensopivia käyttöön otettujen järjestelmien kanssa. Tästä syystä myös jälkimarkkinasta esim. käytetyille kalustolle ei ole varmuutta, ennen kun saadaan standardi, jota noudattamalla autoja voidaan käyttää joko suoraan tai pienin muutoksin myös muualla. Tässä luvussa keskitytään pikalatauksen osalta pitkälti virroitin ja induktiolataukseen. UITP:n ja VDV:n työryhmä on laatinut erikseen raportin, mitä pikalatauksen standardoinnissa pitäisi heidän mukaansa ottaa huomioon.

Seuraavat asiat ovat mielestäni tärkeimmät pikalatausta varten standardoitavat asiat. Ensinnäkin laitteiden fyysiset mitoitus, rakenteet ja toleranssit tulee olla yhteensopivia valmistajien kesken. Tämä tarkoittaa esim. pantografin sijaintia autossa, ladattavien autojen mittoja, pysäkin mittoja, latauslaitteen mittoja, auton sijoittumisen ja asettumisen toleransseja jne. Tämä on tärkeää, jotta kalustoilla on jälkimarkkinat ja niitä voidaan käyttää suoraan tai vähäisillä muutoksilla myös muualla mihin ne on alun perin ostettu. Toisena pointtina nostaisin esiin erilaiset turvallisuustekijät, eli miten latauksen turvallisuus varmistetaan ja miten kuljettaja, auto ja latauslaite toimivat virhetilanteessa, sekä miten ulkopuolisten turvallisuus varmistetaan. Latausprosessi täytyy suunnitella niin, ettei esim. jalankulkijalla tai matkustajalla ole missään olosuhteissa riskiä. Kuljettajalla pitää olla mahdollisuus keskeyttää lataus hätäkytkimestä manuaalisesti niin autosta kuin latauslaitteesta. Latauslaitteen tulee mennä virrattomaksi ja fyysinen kontakti tulee purkaa. Pantografin täytyy myös virran katketessa palata normaali asentoonsa jne. Lisäksi latausprosessin häiriöt pitäisi saada minimoitua, ettei tiukasti määritetyt turvallisuuskriteerit aiheuta liikaa virheitä ja estä latausta. Turvallisuusasiat ovat aina tärkeitä ja erityisesti uuden tekniikan ja sen houkuttelevuuden suhteen. Kääntöpuolena käytettävyys ei saa

kuitenkaan kärsiä, jotta laitteilla pystytään tekemään se mihin ne on hankittu, eli hoitamaan liikennöintiä luotettavasti. Huonot kokemukset alussa saattaa pilata tekniikan houkuttelevuuden, mikäli liikennöinti osoittautuu epävarmaksi. Kolmantena asiana on latauslaitteen ja auton välinen luotettava ja turvallinen kommunikointi. Laitteiston ja ohjelmiston osalta täytyy olla yhtenäinen tapa siirtää tietoa ja tiedon pitää olla yhtenäisessä muodossa. Tämä liittyy osittain myös kohtaan 2, eli turvallisuuteen ja latauksen toimivuuteen. Kommunikaatio on ensisijaisen tärkeä saada toimintavarmaksi, jotta latausprosessi onnistuu suunnitellusti ja vikatilanteessa ei aiheudu vaaraa ympäristölle.

Raportissa on ehdotettu tarkkoja mittoja ja toleransseja ja se ehdottaa pantografin/kontaktipintojen sijoittamista etuakselin yläpuolelle tietyin toleranssein. Kommunikoinnin tulee raportin mukaan perustua ISO/IEC 15118 standardiin. Langattomalle tiedonsiirrolle tulee määrittää perus turvallisuus vaatimukset ja kommunikointiin on määriteltävä yhteinen viestien muoto ja merkitys. Jänniterajat tulee olla CCS standardin mukaiset. Latausprosessin aiheuttaman melusaasteen raja on raportin mukaan hyvä huomioida. Raportissa on myös huomioitu, että latausprosessin täytyy säilyä nopeana, eli standardointi ei saa pidentää latausprosessin kestoa. (UITP&VDV 2016 b, 15-17)

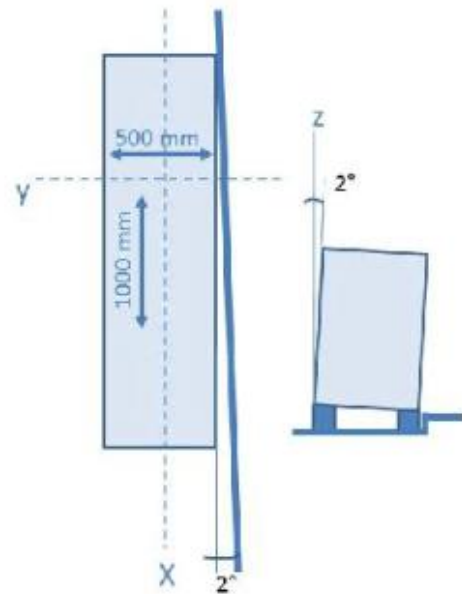


Figure 11 Positioning tolerances

A proposal for the positioning of a conductive overhead charging system

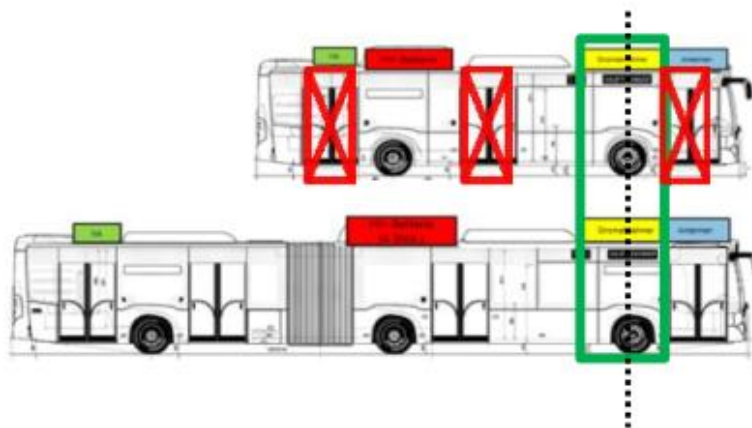


Figure 12 Proposal for the positioning of a conductive overhead charging system

Kuva 3. Pantografin/kontaktipintojen sijoitus linja-autoon. (UITP&VDV 2016b, 17)

4.2.2 Suurimmat avoimet kysymykset pikalatauksen standardoinnissa

Käytyäni läpi standardointiin liittyvää aineistoa on jäänyt myös avoimia kysymyksiä. Esimerkiksi UITP:n ja VDV:n raportti ei ota kantaa siihen pitäisikö pantografi sijoittaa autoon vai latauslaitteeseen, joka määrittää myös sen mihin latauselektroniikka sijoitetaan. Myöskään eri kalusto- ja latauslaitevalmistajien aineistot eivät ottaneet asiaan suoraa kantaa. Kysymys on merkittävä niin latauslaitteisiin kuin sähköbusseihin tehtävien investointien kannalta. Langatonta kommunikaatiota ei myöskään ole tarkasti määritelty vielä, eli sitä millä tekniikalla se hoidetaan ja onko esim. WIFI/Wlan toimiva tekniikka kaikissa ympäristöissä.

5 YHTEENVETO

Sähköbussien yleistymisen kannalta Suomessa eletään mielenkiintoista aikaa, kun useat kaupunkiseudut ovat lähteneet kokeilemaan ensimmäisiä sähköbusseja todellisessa liikenteessä. Pikalataus on osoittautunut lupaavimmaksi malliksi tällä hetkellä ja nykyiset sähköbussit niin Turussa, Tampereella kuin pääkaupunkiseudulla käyttävät pikalatausta. Tällöin autoissa on pienempi akusto, mutta virtaa ladataan päivän aikana useissa lyhyissä sykleissä, tällä hetkellä päätepysäkeillä. Pikalataus on toteutettu virroittinlatauksella, jossa kaupungista riippuen on kokeiltu pantografien sijoittamista joko autoon tai latauslaitteeseen. Jatkossa täydentyvän standardoinnin ja parhaiksi havaittujen tekniikoiden myötä tilanne toivottavasti harmonisoituu niin, että ainakin Euroopan laajuisesti käytössä olisivat yhteensopivat tekniikat ja toimiva jälkimarkkina sähköbusseille.

Työskentelen itse yrityksessä, jossa on myös koekäytössä vastaavia sähköbusseja ja suurimpana käytännön haasteena on tällä hetkellä latauksen onnistuminen. Vikatilanne latauksen onnistumisessa, johtuu se sitten autosta tai latauslaitteesta, saattaa keskeyttää liikennöimisen sähköbusseilla kyseisellä linjalla kokonaan. Käytännön vikatilanteet pääkaupunkiseudulla liittyy tällä hetkellä tiettyihin latauslaitteisiin, sekä latauslaitteen ja pantografien kontaktipintoihin. Auton pantografissa on jousikuormitteiset ”nastat”, jotka painuvat latauslaitteen kontaktipintoihin ja nastoja on vaihdettu päivitettyyn malliin ongelman ratkaisemiseksi.

Turussa ongelmia on ollut kontaktipintojen kontaktissa, joka on herkkä esimerkiksi auton heilahduksille latauksen aikana matkustajien noustessa kyytiin. Lisäksi auton asemointi on aika tarkkaa ja osittain on ollut mahdollisuus esimerkiksi ajaa auto liian lähelle katu- kivetystä, jolloin kontaktipinnat eivät ole osuneet tarkalleen kohdalleen ja ovat voineet luiskahtaa pois paikaltaan auton heilahtaessa, joka aiheuttaa latauksen keskeytymisen. Asemointi ongelmaa on ratkottu väliaikaisesti lisäämällä kivetystä jalkakäytävän leven- tämiseksi niin, ettei autoa saa ajettua liian lähelle kadun reunaa. Huono latauspintojen kontakti on aiheuttanut kontaktipintoihin vaurioita, joka on osaltaan aiheuttanut lisää on- gelmia. Kontaktipinnan metallit ovat palaneet/tummuneet sen seurauksena, että sähkö- virran kulkiessa kontaktipintojen läpi kontakti on heikentynyt. Kontaktipintojen tummumi- nen on heikentänyt metallien sähkönjohtavuutta ja lisännyt vikatilanteita latauksessa. Korjauksena tähän vaihdetaan autoihin ja latauslaitteisiin nyt samanaikaisesti uusia kon- taktipintoja. Yksi mahdollinen syy pintojen huonolle kontaktille voi olla myös olla se, että

latauslaite ei painaudu tarpeeksi kovalla voimalla auton kontaktipintoihin ja on sen takia liian herkkä häiriöille auton keinahtaessa. Turussa latauslaite tekee välillä muutaman minuutin kestäväää kalibrointia, jonka aikana lataus ei ole mahdollista. Ennen tästä ei tullut tietoa kuljettajalle, jolloin kuljettaja ei voinut varmaksi tietää mikä latauslaitteen tila on. Tätä ongelmaa on ratkottu ”liikennevalolla”, joka näyttää kalibroinnin tai vikatilanteen aikana punaista valoa merkiksi, ettei lataus ole mahdollinen. Mikäli valo ei sammu on kyse todellisesta vikatilanteesta, mutta mikäli kyse on kalibroinnista, niin valo sammuu merkiksi siitä, että lataus on taas mahdollinen. (Wahlsten 2018.)

Latauksien toimintavarmuudessa on vielä parannettavaa, ennen kun sähköbussuja voidaan ottaa laajempaan käyttöön. Osittain kyse on siitä, ettei yhteistä standardia ole, vaan tällä hetkellä kokeillaan eri tekniikoita ja niiden toimivuutta käytännössä. Virroittimen aseointi on melko tarkkaa, eli auto täytyy saada melko tarkasti oikeaan kohtaan, että lataus onnistuu. Auton aseointia varten on maalattu kuljettajille merkkejä, joiden mukaan auto tulee ajaa latauspaikalle. Turussa latauslaite ja auto kommunikoivat keskenään ja kuljettajalle tulee tieto, kun auto on asemoitu niin että lataus on mahdollinen. Oman käsitykseni mukaan autosta latauslaitteeseen nouseva pantografi antaa vähän enemmän pelivaraa sijoittumisen suhteen ja hyvin perehdytetty/kokenut kuljettaja osaa ajaa auton melko suoraan oikeaan paikkaan maamerkkien mukaan. Auton ja latauslaitteen langaton kommunikointi ja sen standardointi ovat tässäkin asiassa tärkeässä asemassa, eli mikäli auto täytyy sijoittaa todella tarkkaan latauksen onnistumiseksi, tulee laitteen ja auton kommunikoida keskenään toimintavarmasti ja ilmoittaa kuljettajalle vaadittavista toimenpiteistä ja milloin auto on oikein pysäköity. Sama koskee myös latausprosessin onnistumista ylipäätään, eli tarkat turvallisuus määreet latausprosessissa eivät saisi liikaa hidastaa prosessia tai aiheuttaa turhia vikatilanteita käytännön toiminnassa.

Standardointi tuo varmuutta sähköbussien markkinoille ja yleistymiseen, mutta myös ensimmäiset käytännön kokemukset vaikuttavat paljon siihen kuinka potentiaalisena sähköbussit jatkossa nähdään. Pilottivaiheen alun hankaluuksien jälkeen päästään toivottavasti vaiheeseen jossa voidaan todeta, että sähköbussilla pystytään luotettavasti liikennöimään ja tätä kautta sähköbussien käyttö kaupunkiliikenteessä yleistyy.

LÄHTEET

HSL 2014. HSL Ympäristöraportti 2014. Viitattu 6.11.2017 https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/hsl_ymparistoraportti_2014.pdf.

HSL 2017. Helsingin ensimmäinen täyssähköbussi lähtee liikenteeseen tammikuussa. Viitattu 15.11.2017 <https://www.hsl.fi/uutiset/2017/helsingin-ensimmainen-tayssahkobussi-lahtee-liikenteeseen-tammikuussa-9583>.

Liikennevirasto 2017. Selvitys sähköbussien edistämiseksi suomalaisilla kaupunkiseuduilla. Viitattu 9.11.2017 [http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/878/lts_2017-21_selvitys_sahkobussien_web\(3\).pdf](http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/878/lts_2017-21_selvitys_sahkobussien_web(3).pdf).

Malmberg, L. 2017. Omituinen vanerikyhäelmä kuumentaa tunteita Helsingin Rautatientorilla – sähköbussien latausasemaa on rakennettu jo yhdeksän kuukautta. Helsingin Sanomat 9.8.2017. Viitattu 15.11.2017 <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000005319380.html>.

Repo H. 2017. HSL käynnistää ison sähköbussikilpailutuksen - hankkii kymmeniä busseja kerralla. Tekniikka&Talous 13.11.2017. Viitattu 15.11.2017 http://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/hsl-kaynnistaa-ison-sahkobussikilpailutuksen-hankkii-kymmenia-busseja-kerralla-6614860.

Siemens 2016. Open interface for charging of electrical busses. Viitattu 1.12.2017 <https://www.siemens.com/press/en/feature/2016/mobility/2016-03-ebus-interface.php>.

Tampere 2015. Tampereen kaupungin sähköbussijärjestelmän hankintapäätös on tehty. Viitattu 22.11.2017 https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2015/10/27102015_81.html.

Tampere 2016. Tampereen ensimmäiset sähköbussit aloittavat 19.12.2016 linjalla 2. Viitattu 22.11.2017 https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2016/12/15122016_8.html.

Turun kaupunki 2017. Fölin sähköbussiliikenne on ollut menestys. Viitattu 15.11.2017 https://www.turku.fi/uutinen/2017-10-25_folin-sahkobussiliikenne-ollut-menestys.

UITP 2016. TOWARDS A STANDARD FOR ELECTRIC BUS CHARGING. Viitattu 1.12.2017 <http://www.uitp.org/news/electric-buses-charging-standardisation>.

UITP&VDV 2016a. Working group on standardisation of battery-electric buses – use cases1) & requirements. Charging in depots (manual plug2)) – Use cases of the charging system for the charging in the depot. Viitattu 1.12.2017 <http://www.uitp.org/sites/default/files/Newsmedia/News/Final%20-%20Standardisation%20-%20Depot%20charging.pdf>.

UITP&VDV 2016b. Working group on standardisation of battery-electric buses – use cases1) & requirements. Opportunity charging2) – Standardized interfaces. Viitattu 1.12.2017 <http://www.uitp.org/sites/default/files/Newsmedia/News/Final%20-%20Standardisation%20-%20Opportunity%20Charging.pdf>.

Wahlsten 2018. Haastattelu. Turun ammattikorkeakoulun lehtori Rami Wahlstenia haastatteli 10.4.2018 Rauno Särkkäaho.

YLE 2012. Suomen ensimmäinen sähköbussi Espooseen. Viitattu 9.11.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-5062675>.

YLE 2016. Turku sähköistää bussilinjan numero yksi. Viitattu 15.11.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-9201221>.

YLE 2017. Turun bussilinja 1 on sähköinen vasta helmikuun lopussa. Viitattu 15.11.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-9411507>.

ZeEUS 2017. ZeEUS eBus Report #2. Viitattu 22.11.2017 <http://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-ebus-report-2.pdf>.