



SÄHKÖISEN TALOTEKNIIKAN OSAAMIS- JA KEHITTÄMISKESKUS

Sähköautojen älykäs lataus – tilannekatsaus keväällä 2013

Leona Silberstein
Helsingin yliopisto

Raila Heiskanen
STOK – Sähköisen talotekniikan
osaamis- ja kehittämiskeskus, Posintra Oy



HELSINGIN YLIOPISTO



© Leona Silberstein, Helsingin yliopisto ja Raila Heiskanen, STOK – Sähköisen talotekniikan osaamis- ja kehittämiskeskus

STOKin julkaisusarja

STOK raportti 11/2013

Tätä tekstiä saa vapaasti kopioida ja julkaista muokkaamattomana kokonaan tai osittain, edellyttäen että alkuperäinen tekijä ja julkaisija mainitaan ja näitä samoja ehtoja sovelletaan edelleen julkaistuihin teoksiin.

Julkaisija: STOK – Sähköisen talotekniikan osaamis- ja kehittämiskeskus, Posintra Oy

Taitto: Raila Heiskanen ja Oy Painotalo tt-urex Ab

ISBN 978-952-67538-8-1 (nid.)

ISBN 978-952-67538-9-8 (PDF)

Paino: Oy Painotalo tt-urex Ab

Porvoo huhtikuu 2013

Esipuhe

Liikenne aiheuttaa viidesosan maamme hiilidioksidipäästöistä. Suomessa on hyväksytty 2009 ilmastopoliittinen tulevaisuusselonteko, jossa liikenteelle on asetettu numeerisia tavoitteita; Suomen liikenteen päästöt vuonna 2050 tulee olla 1,1-2,8 milj. t CO₂ ekv., kun nyt päästöt ovat n. 14 milj. t CO₂ ekv. Toteutuakseen näin mittavat päästövähennystavoitteet vaativat uutta teknologiaa, biopohjaisten polttoaineiden käyttöä sekä sähkövoimapohjaisten ajoneuvojen laajempaa käyttöönottoa.

Posintra Oy:n / STOKin toteuttama osahanke E-move pyrkii edistämään hiilivapaata liikkumista ja muun muassa selvittämään sähköajoneuvojen soveltuvuutta joukko- sekä palvelulinjaliikenteessä. Tämä sähköautojen älykästä lataamista selvittävä raportti on osahankkeen yksi toimenpide. Selvityksen on osahankkeelle tutkimusryhmäharjoitteluna laatinut Helsingin yliopistossa ympäristöekologian maisteriopintoja suorittava Leona Silberstein. Raila Heiskanen STOKista on toiminut hänen ohjaajanaan.

E-move -hanke on osa suurempaa EAKR-rahoitteista Tetraedri-konsortiota. Tetraedri-hankkeen osatoteuttajat ovat Sähköisen talotekniikan osaamis- ja kehittämiskeskus STOK / Posintra Oy, Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy, Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä Culminatum Innovation Oy Ltd.

Lisätietoa hankkeesta:

www.tetraedri.fi

Foreword

Traffic produces one fifth of the whole carbon dioxide emissions in Finland. In 2009, the Government Foresight Report on Long-term Climate and Energy Policy was approved. The report sets ambitious numeric goals for traffic; emissions caused by traffic must be cut down to 1,1-2,8 Mt CO₂-equivalent by 2050. In order to reach these massive goals, new technology solutions, biofuels and wider implementation of electric vehicles are required.

E-move project coordinated by Posintra Oy / STOK – Electrical building services centre aims to promote carbon-free transportation and to study how electric vehicles can be adapted to public transportation. As a part of E-move project, this report studies the development of electric vehicle charging and the situation in the beginning of 2013. The study report was created by Leona Silberstein who is studying her master's degree in the University of Helsinki majoring in environmental ecology. This report is a result of her research group traineeship in STOK and part of her master's degree. Raila Heiskanen from STOK has worked as her mentor during the traineeship.

E-move is a part of a larger Tetraedri consortium mainly funded by the EU's Regional Development fund, Southern Finland program. Project partners in Tetraedri are STOK – Electrical building services centre / Posintra Oy, Lahti Development Company LADEC Ltd, Lappeenranta University of Technology and Culminatium Innovation Oy Ltd.

More information about the project:

www.tetraedri.fi

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
2. Älykkään latauksen ominaisuuksia	2
3. Älykkään latauksen nykytilanne	3
4. Ladattavan sähkön maksuvaihtoehtojen tarkastelu	4
5. Kansallinen latausoperaattori.....	6
6. Latausasemien liiketoimintamalleja	7
6.1 Latausjärjestelmän kustannukset.....	7
6.2 Hinnoittelu	8
6.3 Liiketoiminnan riskit	9
6.4 Esimerkki latausaseman liiketoimintamallista	9
6.5 Laajan latausverkoston kustannukset	9
7. Esimerkkejä maailmalta.....	10
7.1 Norja	10
7.2 Tanska.....	10
7.3 Viro	11
8. Yhteenveto	12
Lähteet.....	13

1. Johdanto

Tässä työssä on pyritty selvittämään, missä vaiheessa teknologian kehitys on sähköajoneuvojen lataukseen liittyen ja miten lataukseen tarvittavan sähkön laskutus olisi mahdollista järjestää. Vastauksia näihin kysymyksiin ovat tarjonneet muun muassa Tampereen ja Lappeenrannan teknillisten yliopistojen tutkijat. Saatujen tietojen perusteella voidaan todeta, että valmiita konsepteja sähköajoneuvojen älykkääseen lataamiseen ei ole vielä tarjolla. Erilaisia älykkään latauksen ominaisuuksia on kuitenkin kehitteillä ja niitä testataan useilla tahoilla. Yksi tällaisista tutkimusprojekteista on Tekesin rahoittama ohjelma EVE - Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät 2011 – 2015 [1].

Sähköautojen lataukseen ja latauksen maksamiseen liittyvät järjestelmät kehittyvät nopeasti. Erilaisia maksusysteemejä onkin jo käytössä useissa maissa. Joitakin näistä käsitellään tämän työn kappaleessa 7. *Esimerkkejä maailmalta.*

2. Älykkään latauksen ominaisuuksia

Useimmiten sähköautoja ladataan kotipihoilla iltaisin ja yöaikaan. Monen ajoneuvon samanaikainen lataaminen saattaa kuitenkin johtaa sähköverkon kuormittumiseen. Ratkaisuna ongelmaan on esitetty älykästä latauksen hallintaa, jonka avulla voitaisiin optimoida sähköajoneuvon lataussykliä ja tasoittaa näin latauksen aiheuttamaa kuormitusta pidemmälle ajanjaksolle. Älykkään latauksen hallintaan vaikuttavat monet seikat, kuten asiakkaan tarpeet ja sähkön hinta. Eräs yksinkertainen keino rajoittaa sähköverkon kuormitusta on säädellä lataustarvetta sen mukaan, mikä on seuraavan ajomatkan pituus. Näin ajoneuvoa ei aina välttämättä tarvitse ladata aivan täyteen, mikä vähentää paitsi sähköverkon kuormitusta, myös lataukseen käytettävää aikaa. [2] [3]

Sähköverkon kuormitusta voidaan vähentää myös ajoittamalla ajoneuvojen latauksia. Latauksen voi ajoittaa tehtäväksi sellaisena ajankohtana, jolloin sähkö on edullisempaa ja sähköverkon kuormitus alhaisempi. Latauksen ajoitukseen voitaisiin sisällyttää mahdollisuus asettaa latausjärjestelmälle rajaehdoja, joiden sisällä se voisi toimia. Latauksen päättymiselle voisi esimerkiksi asettaa määräajan, jolloin latausjärjestelmän tehtäväksi jäisi tähän ehtoon sopivan latausohjelman rakentaminen. Mikäli samassa paikassa on useita latauspisteitä, voidaan niissä tehtävät lataukset ajoittaa eri aikoihin, jolloin vältetään yhtäaikaista latauksen käynnistyksiä ja tätä kautta aiheutuvaa verkon kuormitusta. Latausten ajoituksia voidaan ohjata ajoneuvojen akkujen lataustilanteen (SOC, State Of Charge) mukaan siten, että priorisoidaan niitä ajoneuvoja, joiden akut ovat tyhjimmillään. Latausajan lisäksi myös latauksen tehoa voidaan ohjata. Latauspisteen verkosta ottaman sähkön tehoa voidaan säädellä ajan funktiona halutun latausprofiilin luomiseksi. [4]

Ajoneuvojen latausta voisi olla mahdollista ohjata myös viestintään perustuvilla keinoilla. Tässä olisi kyse lähinnä järjestelmästä, jossa vaikkapa jonkin palveluntarjoajan hallinnoima tietokeskus on yhteydessä latauspisteisiin. Tietokeskus voi tehdä päätöksiä sekä antaa latauspisteille tietoja ja toimintakäskyjä. Tarvittaessa tietokeskus voi rajoittaa latauspisteiden toimintaa ja vähentää näin sähköverkon kuormitusta. Tämän tyyppinen ohjausmekanismi voisi mahdollisesti soveltua myös sähköiselle joukkoliikennejärjestelmälle. [4]

Älykkääseen lataamiseen voi kuulua myös mahdollisuus ohjata sähkön kulkua eri suuntaan. Syöttämällä sähköä ajoneuvosta verkkoon (V2G, vehicle-to-grid) olisi mahdollista tasoittaa verkon kuormituspiikkejä (niin sanottuja huipputehon aikoja) tai vaikkapa aurinko- ja tuulivoiman vaihteluita. Ajoneuvosta voisi olla mahdollista syöttää sähköä myös kotitalouteen (V2H, vehicle-to-home), jolloin ajoneuvo toimisi jonkinlaisena kodin varavoiman lähteenä. Tätä aihetta on käsitelty tarkemmin A. Rautiaisen, C. Evensin, S. Repon ja P. Järventaustan julkaisussa *Requirements for an interface between a plug-in vehicle and an energy system*. [3] [5]

3. Älykkään latauksen nykytilanne

Tällä hetkellä käytössä on neljä sähköajoneuvojen lataustapaa (mode 1 – 4), joiden ominaisuudet ja vaatimukset on standardisoitu (EN 61851-1). Sähköauton pistokytkimen rakenne- ja testausvaatimuksia määrittelee standardi IEC 62196-2. [6] [7]

Lataustapa 1 on tarkoitettu kevyiden sähköajoneuvojen lataukseen kotitalouspistorasiasta. Lataus on yksivaiheista 16 A mitoitusvirralla. Lataustavan edellytyksenä on vikavirtasuojaus henkilö- ja paloturvallisuuden varmistamiseksi. Lataustavassa 2 ladataan myös yksivaiheisesti normaalista kotitalouspistorasiasta, mutta verkosta tuleva virta pitää rajoittaa 16 tai 32 ampeerin sijasta esimerkiksi 8 ampeeriin. Virtaa tulee rajoittaa, koska johtoja ja sulakkeita ei ole välttämättä mitoitettu suuremmalle jatkuvalla latausvirralla. Tällaiseen lataukseen voidaan hyödyntää Suomessa jo olevia noin 1,5 miljoonaa autojen esilämmityspistorasioita. [7]

Lataustavassa 3 käytetään erityistä sähköautopistorasiaa latauksen tapahtuessa yksi- tai kolmivaiheisesti. Verkosta otetaan virtaa syöttöverkon mitoituksen mukaan joko 16, 32 tai 63 A. Tämä lataustapa ei ole mahdollista kotona vaan se vaatii erilliset sähköautokäyttöön suunnitellut latauslaitteet. Lataustapa 4 tarkoittaa sähköajoneuvon pikalatausta joka tapahtuu tasasähköllä. Latausteho voi tässä tavassa vaihdella kymmenistä aina satoihin kilowatteihin, ja tapa vaatii erillisen auton ulkopuolella sijaitsevan tasasähkölaturin. [7]

Teknisestä näkökulmasta katsottuna kaikki nämä lataustavat voisivat soveltua ainakin jossain määrin älykkääseen lataamiseen. Lataustavassa 3 sähkön takaisin syöttö verkkoon (V2G) on periaatteessa myös mahdollista, joskin siitä vielä puuttuu V2G-toiminnon edellyttämä kommunikaatiojärjestelmä. V2G-toimintoa käsittelevät standardit ovat tällä hetkellä vielä valmisteluvaiheessa. [3] [8]

Yllä mainitut standardisoidut lataustavat toimivat liitäntäjohdon avulla. Myös johdotonta, sähkömagneettiseen induktioon ja resonanssipiireihin perustuvaa lataamista testataan ja sitä koskien on valmisteilla standardisarja IEC 61980. [2] [6]

Sähköajoneuvojen älykkään latauksen kehittämiseksi työskennellään eri puolilla maailmaa. Suomessa on käynnissä Tekesin rahoittama ohjelma EVE – Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät 2011 – 2015. Ohjelman tavoitteena on edistää sähköisiin ajoneuvoihin ja työkoneisiin liittyvän liiketoiminnan kehittymistä. Suomeen pyritään luomaan sähköisten ajoneuvojen yrityksistä ja tutkijoista koostuva yhteisö, jolla on kiinteät yhteydet kansainvälisiin tutkimus- ja liiketoimintaverkostoihin. Tavoitteena on myös riittävän suurten testiympäristöjen käyttöönotto ja osallistuminen alan standardien kehittämiseen. [1]

EVE-ohjelmaan sisältyy useita testiympäristöjä. Näistä EVELINA tutkii muun muassa latausjärjestelmiä ja sähköajoneuvoja osana älykästä sähköverkkoa. Tällä hetkellä EVELINA:ssa ollaan rakentamassa käytännön demonstraatiota erilaisilla ohjausarkkitehtuureilla sähköauton latauksen ohjaamiseksi. Käytännön pienet automäärät muodostavat haasteen varsinaisten latausjärjestelmien testaamisessa. [8] [9]

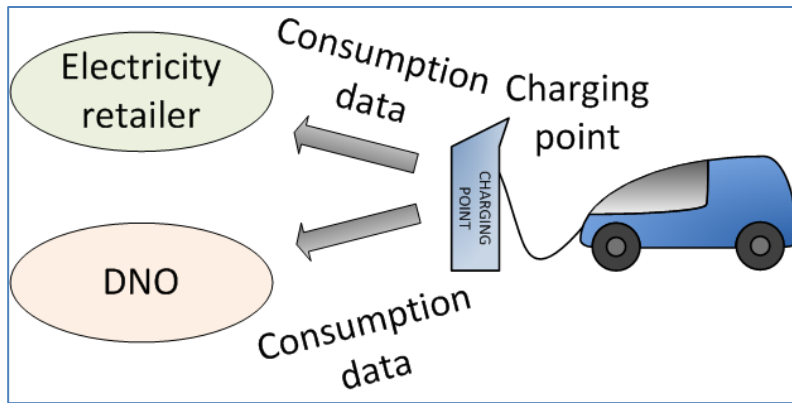
Yhtenä energiatäydennyksen keinona voidaan ajatella myös akunvaihtoa. Better Place on Yhdysvalloissa perustettu yritys, joka on keskittynyt sähköautoihin liittyvän teknologian ja infrastruktuurin kehittämiseen. Yrityksen erityisalaa ovat vaihdettavat akut. Better Placen akunvaihtoasemia on perustettu useisiin maihin ympäri maailmaa. [10]

4. Ladattavan sähköön maksuvaihtoehtojen tarkastelu

Sähköajoneuvon lataus kodin pihalla luetaan osaksi kotitalouden sähkönkulutusta ja näin ollen myös lataukseen käytetty sähkö maksetaan kotitalouden sähkölaskussa. Julkisissa latauspisteissä ladattavan sähköön maksaminen asettaakin enemmän haasteita. Maksusysteemin suunnittelussa on ratkaistava useita kysymyksiä, kuten se miten ajoneuvoon ladatun sähköön määrä mitataan, millä välineellä ja milloin sähkö maksetaan sekä millaista sähköä asiakas haluaa valita.

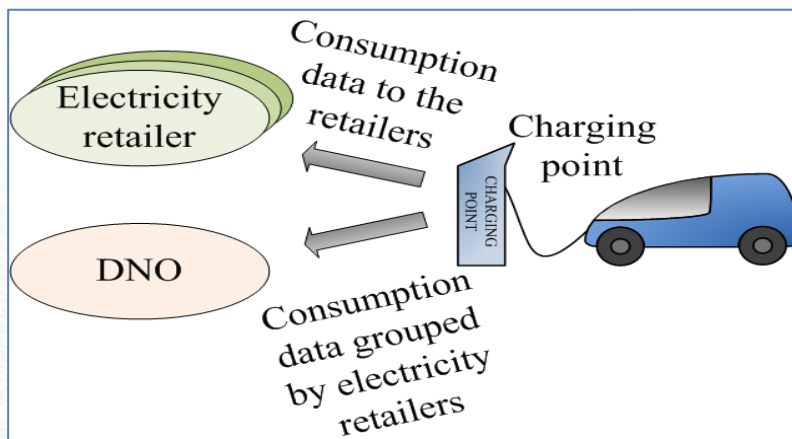
A. Rautiaisen, S. Repon ja P. Järventaustan julkaisussa *Intelligent charging of plug-in vehicles* on esitetty neljä erilaista markkinamekanismia sähköajoneuvojen latauksen maksuun liittyen. Näistä yksinkertaisin on ”Constant payment” -mekanismi. Siinä asiakas maksaa julkisen latauspisteen käytöstä aina saman vakiomaksun ladatun sähköön määrästä riippumatta. Maksun voi sisällyttää esimerkiksi pysäköintimaksuun. Tämän menetelmän edellyttämän infrastruktuurin rakentaminen on suhteellisen yksinkertaista ja edullista, sillä menetelmä ei edellytä sähkömittauslaitteiston asentamista. [4]

”Fueling principle” -mekanismi (kuva 1) poikkeaa edellisestä siten, että siinä maksu määräytyy ladatun sähköön määrän perusteella. Tämä menetelmä edellyttää siis sähkön mittausta. Mittari voi sijaita latauspisteessä tai ajoneuvossa. Mikäli mittari sijaitsee ajoneuvossa, voi latauspiste lukea mittarin lukeman vaikka langattomasti, käyttäen apuna esimerkiksi lähelle sijoitettua keskitettyä datapalvelintä. Latauspiste toimii tavallisena sähköverkkokuormana. Latauspisteen omistaja maksaa käytetyn sähköön valitsemalleen sähköön vähittäismyyjälle ja sähkön siirtomaksun sähköverkkoyhtiölle. Sähkön mittaustarpeen johdosta ”fueling principle” -mekanismi edellyttää edelliseen vaihtoehtoon verrattuna suurempia investointeja infrastruktuuriin. [4]



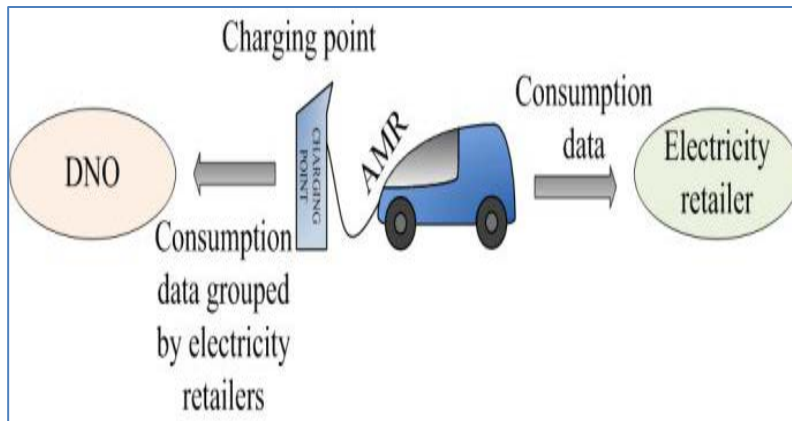
Kuva 1. "Fueling principle" -mekanismi. [4]

"Multi retailer" -mekanismissa (kuva 2) ajoneuvon omistaja voi lataustilanteessa valita haluamansa sähkön vähittäismyyjän tai vaikka yksittäisen tuotteen jonkin vähittäismyyjän tuotevalikoimasta. Tällöin asiakas voi asettaa kriteerinsä vapaasti esimerkiksi sähkön hinnan tai sähkön tuotantoon käytettyjen energianlähteiden perusteella. Asiakas voi myös valita saman vähittäismyyjän, joka myy sähkön hänen kotitalouteensa. Tällöin ajoneuvon lataus voidaan veloittaa asiakkaan sähkölaskun yhteydessä. Tämäntyyppinen toiminta edellyttää kuitenkin asiakkaan tunnistautumista lataustilanteessa. Lisäksi sähkön siirrosta on maksettava sähköverkkoyhtiölle, mahdollisesti latauspisteen omistajan toimesta. [4]



Kuva 2. "Multi retailer" -mekanismi. [4]

"Vehicle electricity" -mekanismi (kuva 3) perustuu ajoneuvossa olevaan omaan sähkömittariin (AMR, Automatic Meter Reading). Ladattavan sähkön määrä voidaan etälukea ajoneuvon mittarista ja laskutus tehdä sen perusteella. Tämä mekanismi tarjoaa asiakkaalle suuren vapauden valita haluamansa tarjolla olevista energiatuotteista. Toisaalta siitä saattaa aiheutua tiettyjä haasteita. Kun ajoneuvoa ladataan kodin pihalla tai muussa vastaavassa latauspisteessä, mitataan ladatun energian määrä myös kiinteistön sähkömittarissa. Tällöin on mahdollista, että ajoneuvoon ladatusta sähköstä laskutetaan kaksinkertaisesti. Tämän välttämiseksi olisi mittareiden välille kehitettävä jonkinlainen kommunikaatiosysteemi. Sähkön siirrosta on myös jollakin tavalla maksettava sähköverkkoyhtiölle. "Vehicle electricity" -mekanismi on jo hyvin monimutkainen ja sen edellyttämä infrastruktuuri on kallis toteuttaa. [4]



Kuva 3. "Vehicle electricity" -mekanismi. [4]

A. Rautiaisen, S. Repon ja P. Järventaustan julkaisussa esitetään myös ajatus niin sanotusta avoimesta latausinfrastruktuurista (open charging infrastructure). Siinä yksityisten, kotitalouksissa sijaitsevien latauspisteiden omistajat muodostavat yhteisön, jonka jäsenet tarjoavat latauspisteitään toistensa käyttöön. Toisen latauspisteen käytöstä voidaan maksaa tai olla maksamatta. Erilaiset avoimet yhteisöt ovat levinneet melko laajalle erityisesti tieto- ja viestintäteknologian alueella. Avoimen latauksen konseptiin sisältyy kuitenkin useita käytännöllisiä ja sosiaalisia haasteita. [4]

Sähköverkkoyhtiöiltä löytyy teknisiä valmiuksia laskutusjärjestelmien tuottamiseen. Niiden järjestelmät perustuvat kuitenkin tuntipohjaiseen taseselvitykseen, eikä niitä näin ollen voida suoraan soveltaa sähköautojen tarpeisiin. [2]

5. Kansallinen latausoperaattori

EU:n direktiiviesitys puhtaan liikenteen infrastruktuurista hyväksyttiin 24.1.2013. Eesityksen mukaan EU:n alueelle tulisi rakentaa yhteensä yli 8 miljoonaa sähköauton latauspistettä. Näistä 800 000 olisi julkisia latauspisteitä. Direktiivissä on esitetty myös maakohtaiset velvoitteet infrastruktuurin rakentamiseksi. Suomessa velvoite on 71 000 latauspistettä, joista julkisten osuus on noin 7 000 kpl. Direktiivi on tarkoitus saattaa voimaan vuoteen 2014 mennessä ja asetetut velvoitteet tulee täyttää vuoteen 2020 mennessä. [1]

Suomessa on meneillään kehityshankkeita uusien sähköautojen latausteknologioiden kehittämiseksi. Maahan suunnitellaan kansallista latausoperaattoria, jonka tehtävänä olisi ylläpitää kattavaa tietojärjestelmää latauspisteistä. Latauspisteiden omistajat voisivat tarjota palveluitaan tietojärjestelmän avulla. Näin sähköautojen käyttäjillä olisi pääsy laajempaan latausverkkoon ja latauspisteiden omistajien potentiaalinen asiakaskunta kasvaisi. Latausoperaattorille on asetettu tavoitteiksi luoda kattava latausjärjestelmä joka palvelee sähköautoilijoita ja mahdollistaa sähköautojen laajan käytön Suomessa, tuottaa latausjärjestelmä kustannustehokkaasti sekä toimia maailmanlaajuisena edelläkävijänä. [2]

Kansallisen latausoperaattorin suunnitteluun osallistuu yli 30 energia-alan yhtiötä. Varsinainen kehitystyö alustan luomiseksi ei kuitenkaan vielä ole alkanut. Yhtenä haasteena on latauspisteiden omistajuuden houkuttelevuus. Kansallinen operaattori ei nimittäin omistaisi latauspisteitä, vaan ne olisivat yritysten tai muiden toimijoiden omistuksessa. Tekesin ja Työ- ja elinkeinoministeriön linja on tukea latausjärjestelmien rakentamista. Asian edistymistä hidastaa kuitenkin se, että selkeää liiketoimintamallia latauspisteiden

rakentamiselle ja ylläpidolle ei ole kehitetty. Jotta kiinnostusta latauspisteiden perustamiseen voisi syntyä, on selvitettävä siitä aiheutuvien kustannusten suuruus sekä toisaalta latauspisteen käytöstä saatavan tuoton suuruus. Yksi mahdollinen keino edistää latauspisteiden leviämistä voisi olla, että sähköverkkoyhtiöille annettaisiin oikeudet sisällyttää latauspisteet valvontamallin mukaisiin investointeihin. Tällöin ne toimisivat siis latauspisteiden rakennuttajina. [2] [11]

6. Latausasemien liiketoimintamalleja

Joni Markkula on Tampereen teknilliselle yliopistolle tekemässään diplomityössä *Sähköautojen latauspalvelut ja latausliiketoiminta* selvittänyt erilaisten latauspisteiden rakentamisesta ja ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia, palvelun hinnoittelumalleja ja muodostuvia tuloja sekä latausliiketoimintaan liittyviä riskejä. [2]

Työssä on esitetty laskelmia ja ratkaisuvaihtoehtoja kolmelle erityyppiselle latausasemalle. Näistä ensimmäinen on korkeatehoinen DC-latausasema, joka koostuu kahdesta 50 kW:n latauspistokkeesta. Yhden lataustapahtuman kesto nopeatehoisella asemalla on 20 – 35 minuuttia. Aseman arvioidaan pystyvän palvelemaan päivän aikana yhteensä 30 asiakasta. Toinen laskelmissa käytetty asematyyppi on keskitehoinen AC-latausasema. Asema koostuu kahdesta 22 kW:n latauspistokkeesta ja yksi täysi lataus kestää 1 – 1,5 tuntia. Keskitehoinen asema kykenee suorittamaan päivän aikana arviolta 15 latausta. Kolmas asematyyppi on matalatehoinen latausasema, jonka latausteho on alle 3,7 kW. Tällä asemalla lataus kestää useita tunteja ja päivän aikana ehditään palvella yhtä tai kahta asiakasta. [2]

6.1 Latausjärjestelmän kustannukset

Yllä esitetyille asematyypeille on laskettu kokonaiskustannukset C_{tot} seuraavaa laskukaavaa käyttäen:

$$C_{tot} = C_i + C_f + C_v + C_r$$

jossa

- C_i = latausaseman investointikustannukset
- C_f = latausaseman kiinteät kustannukset
- C_v = latausaseman muuttuvat kustannukset
- C_r = latausaseman purkukustannukset

Asemakohtaisten kustannuslaskelmien tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Eri latausasematyypeille lasketut kokonaiskustannukset. [2]

		DC-asema	AC-asema	Matalatehoinen asema
Investointi-kustannukset	Hankintahinta	15 000 – 40 000 €	2 000 – 4 000 €	300 – 700 €
	Uusi sähköliittymä	6 000 – 13 000 €	3 500 – 6 000 €	0 €
	Latausaseman perustaminen	1 500 – 6 000 €	500 – 2 000 €	200 – 1 500 €
Kiinteät kustannukset	Verkkopalvelun perusmaksu	3 000 – 5 300 €/v	3 000 – 5 000 €/v	0 €/v
	Muut kustannukset	1 500 €/v	600 €/v	200 €/v
Muuttuvat kustannukset	Sähkön ostohinta	5 senttiä/kWh	5 senttiä/kWh	5 senttiä/kWh
	Sähkön siirtohint	3 senttiä/kWh	3 senttiä/kWh	4,5 senttiä/kWh

6.2 Hinnoittelu

Tuotteen tai palvelun hinnoittelun tulee pitkällä aikavälillä asettua tasolle, joka on sen tuottamisesta syntyviä kustannuksia suurempi, ja toisaalta asiakkaan kokemaa arvoa pienempi. Alla on kuvattu lyhyesti käytetyimpiä hinnoittelumalleja [2]:

Kustannusperusteinen hinnoittelu: yritys laskee kokonaiskustannusten ja vuosittaisen asiakasmäärän perusteella latauskohtaiset kustannukset. Näiden päälle lisätään kiinteä rahamäärä tai kateprosentti, joka veloitetaan jokaisella latauskerralla. Kustannusperusteinen hinnoittelu on yksinkertainen ja läpinäkyvä, joskin asiakkailta joudutaan perimään korkeita maksuja alussa käyttäjämäärien ollessa matalia.

Voittotavoitehinnoittelu: periaate on sama kuin kustannusperusteisessa hinnoittelussa, mutta hinta asetetaan vastaamaan toivottua voittoprosenttia.

Markkinaperusteinen hinnoittelu: hinta asetetaan nykyisen hinnan, kilpailevan tuotteen tai palvelun hinnan tasolle.

Arvoperusteinen hinnoittelu: hinta asetetaan vastaamaan asiakkaan odotuksia siten, että asiakas kokee hinnan olevan saadun palvelun arvoista.

Strateginen hinnoittelu: yritys asettaa hinnan vastaamaan asiakkaan toiveita, minkä seurauksena yrityksen markkinaosuus ja myynti kasvavat ja pitkällä aikavälillä saavutetaan tuloja.

Sähköautojen latausta voidaan hinnoitella eri periaatteiden mukaan erityyppisillä asemilla. Korkeatehosen latauksen hinnan tulisi perustua ennemmin lataukseen käytettyyn aikaan kuin ladattuun energiamäärään. Näin asiakkaat voidaan ohjata vapauttamaan latauspaikat muiden käyttöön latauksen loputtua, mikä mahdollistaa asemalle suuremmat asiakasmäärät. Matalatehoisessa latauksessa sen sijaan hinnoittelun tulisi perustua muuhun kuin aikaan, sillä latauksen kesto on joka tapauksessa pitkä ja ladattava energiamäärä pieni. Yksi esitetty vaihtoehto olisi latauksesta perittävä kertamaksu, joka voisi olla kiinteä tai verrannollinen ladatun energian määrään. Latausasema voi saada tuloja myös muista lähteistä, kuten mainostamisesta, lisensoinnista, palvelulupauksista, rahan säilyttämisestä ja yhteissopimuksista. [2]

Markkula on työssään laskenut kaikille kolmelle yllä esitetulle latausasematyypille tulosbudjetit ja kassavirrat. Laskelmat ja niihin liittyvät sanalliset selvitykset ovat hyvin yksityiskohtaisia eikä niitä ole mahdollista järkevästi tiivistää tähän työhön. Laskelmat löytyvät Markkulan diplomityön luvusta 5.5.

6.3 Liiketoiminnan riskit

Latausasemiin liittyvään liiketoimintaan sisältyy useita riskitekijöitä, kuten ennustettua pienemmät asiakasmäärät, väärän teknologian valinta, latauslaitteiden heikko saatavuus, epäonnistuneet paikkavalinnat, rahoitus- ja tukiehtojen muutokset ja kilpailu. Riskejä voidaan kuitenkin pienentää muun muassa asemien sijainnin huolellisella valinnalla, seuraamalla alan standardien kehittymistä sekä olemalla yhteydessä tuotteiden toimittajiin ja tukitoimia koordinoiviin tahoihin [2].

6.4 Esimerkki latausaseman liiketoimintamallista

Markkulan työssä on laadittu esimerkki liiketoimintamallista DC-latausasemalle. Liiketoimintamallin komponentteja oli mietitty kahdessa työpajassa, ja keskeisinä tekijöinä pidettiin asiakkaiden löytämistä ja heidän tarpeidensa huomioimista. Mallissa on määritetty asiakkaille annettava arvolupaus, asiakasryhmät joita latausasema palvelee, keinot asiakassuhteiden muodostamiselle, jakelukanavat (latausaseman sijainti), avaintoiminnot, avainresurssit, partnerit, tulonlähde ja kulut. [2]

6.5 Laajan latausverkoston kustannukset

Markkula on tehnyt laskelman myös laajan latausverkoston investointi- ja vuosikustannuksista. Tavoitteena oli selvittää, montako latausasemaa laajan sähköautoilun mahdollistamiseksi pitäisi olla, ja paljonko tarvittavan järjestelmän kustannukset olisivat.

Laskelmat määrittivät, että verkosto koostuisi 300 korkeatehoisesta DC-asemasta (2 x 50 kW), 100 keskitehoisesta AC-asemasta (2 x 22 kW) ja 10 000 matalatehoisesta asemasta (2 x 3,7 kW). Verkoston investointikustannusten suuruudeksi saatiin 19 miljoonaa euroa ja vuosittaisten kiinteiden kustannusten suuruudeksi 6,5 miljoonaa euroa. Energiakustannukset täydellä kapasiteetilla olisivat 12 miljoonaa euroa ja kilowattituntia kohden lasketut kustannukset 13,5 senttiä (2,70 €/100 km). Järjestelmän kapasiteetti olisi lähes 10 000 lataustapahtumaa päivässä. [2]

Laajaa latausverkostoa rakennettaessa tulee Markkulan mukaan huomioida kapasiteetin lisääntymisnopeus jonka tulisi olla suhteutettuna sähköautojen kasvuun. Tulee myös ottaa huomioon, että lähekkäin sijaitsevat latausyksiköt vähentävät toistensa asiakasmäärää. [2]

7. Esimerkkejä maailmalta

Esimerkkejä kattavista sähköautojen latausverkostoista löytyy jo lähinaapureistamme. Joissakin maissa lataus on toistaiseksi ollut maksutonta, kun taas toisissa on kehitetty erilaisia asiakkuus- ja maksujärjestelmiä.

7.1 Norja

Oslo kuuluu maailman kärkeen, kun tarkastellaan sähköautojen määrää suhteessa asukaslukuun. Vuonna 2011 kaupungissa käynnistettiin hanke, jonka pitkän ajan tavoitteena oli sähköistää kunnallinen ajoneuvokalusto. Saman vuoden loppuun mennessä kaupungissa oli jo 400 latauspistettä. [12]

Norjassa on luotu koko maan kattava NOBIL -tietokanta sähköautojen latauspisteille. Tietokantaan sisältyvät sekä julkiset katujen varsilla sijaitsevat latauspisteet että yksityiset, esimerkiksi parkkihalleissa tai ostoskeskuksissa sijaitsevat latauspisteet. Kaikki tietokannassa olevat latauspisteet on merkitty karttaan, joka löytyy latauspisteille perustetulta internet-sivustolta. Kuka tahansa voi lisätä NOBIL:iin tietoja latausasemista, ja tietokannan ylläpitäjät rohkaisevatkin ihmisiä ilmoittamaan tietokantaan uusia latauspisteitä. [13] [14]

Oslo kaupungin ylläpitämät julkiset latauspisteet sisältyvät NOBIL -tietokantaan. Tämän lisäksi ne on merkitty erilliselle kartalle kaupungin internetsivuille. Kartta on saatavilla myös mobiiliversiona. Kaupungin ylläpitämien latauspisteiden käyttö on tällä hetkellä maksutonta, sillä maksujärjestelmien asentaminen latauspisteisiin on vielä koettu liian kalliiksi. On mahdollista, että lataukset tulevaisuudessa muuttuvat maksullisiksi, mikäli kaupunkiin hankitaan sellaisia latauspisteitä, joiden avulla maksun periminen olisi yksinkertaisempaa. Kaupunki on suunnitellut 200 uuden latauspisteen perustamista vuoden 2013 aikana. Tarjouskilpailu on käynnissä, joten vielä ei tiedetä, minkä tyyppisiä latausasemat tulevat olemaan. [13]

Oslo kaupungilla on myös käynnissä hanke, jossa tarjotaan avustusta latauspisteen perustamisen kustannuksiin. Avustuksia myönnetään asuinrakennusten yhteisomistajille, kuten asunto-osakeyhtiöille/taloyhtiöille, sekä muille kaupallisille toimijoille. [12]

7.2 Tanska

Tanskassa johtava sähköisen liikumisen operaattori CLEVER on kehittänyt maahan ensimmäisen koko maan laajuisen julkisen latausverkoston. CLEVER, joka on viiden tanskalaisen energiayhtiön omistuksessa, hallinnoi ja hoitaa latauspisteverkosta. Verkosto koostuu tavanomaisten latauspisteiden lisäksi nopeista latauspisteistä, joissa ajoneuvon voi ladata 20 – 30 minuutissa. CLEVER:n internet-sivuilla on kartta, johon on merkitty kaikki latausverkoston latauspisteet. Kartta on saatavilla myös mobiiliversiona. [15]

CLEVER:n julkisen latausverkoston käyttäjäksi pääsee kirjautumalla yrityksen internet-sivustolle. Sieltä asiakas saa sopimuksen, joka on allekirjoitettava ja toimitettava CLEVER:lle. Vastaanotettuaan allekirjoitetun sopimuksen CLEVER lähettää asiakkaalle latauskortin. Kortti vedetään latauspisteen tunnistimen läpi aina ennen latauksen aloittamista sekä latauksen jälkeen. Yrityksen tietojärjestelmään

rekisteröityy latauksen ajankohta, latauspaikka sekä ladattu energiamäärä. Asiakas maksaa latauskortista kertaluonteisesti ennalta määrätyn summan, minkä jälkeen asiakkaalta veloitetaan kuukausittain vain ladatun sähkön määrän mukaan. [15] [16]



Kuva 4. CLEVER:n sähköauton latauspiste Tanskassa. [15]

7.3 Viro

Virossa on käynnissä vuosille 2011 – 2014 suunnattu ELMO-ohjelma (electromobility in Estonia), jolla pyritään edistämään päästötöntä yksityisautoilua ja sähköautojen käyttöä. Tavoitteena on parantaa kaupunkiympäristöä ja energiatehokkuutta sekä vähentää riippuvuutta polttoaineista. Ohjelman puitteissa valtio on hankkinut omaan käyttöönsä sähköautoja ja luonut avustusjärjestelmän, jolla tuetaan yksityisten ihmisten sähköautohankintoja. Lisäksi on kehitetty koko maan kattava, nopean latauksen pisteistä koostuva latausverkosto. Verkosto käsittää tällä hetkellä 163 latauspistettä. ELMO-ohjelman internet-sivuilla on kartta latauspisteistä. Kartta on myös mahdollista ladata puhelimeen. Päästäkseen latauspisteiden käyttäjäksi asiakkaan on allekirjoitettava sopimus, minkä jälkeen hän saa käyttöönsä ELMO RFID-kortin sekä halutessaan järjestelmän mobiilisovelluksen. Asiakas voi valita haluamansa seuraavista laskutuspaketeista:

Combined package: soveltuu autoilijalle, joka käyttää latauspisteitä 1 – 2 kertaa viikossa. Kuukausimaksu on 10 euroa, minkä lisäksi jokaisesta latauskerrasta maksetaan erikseen 2,5 euroa. Kerralla ladattavan sähkön määrää ei ole rajoitettu, mutta yksi latauskerta voi kestää enintään 60 minuuttia.

Flex package: soveltuu autoilijalle, joka käyttää latauspisteitä 1 – 2 kertaa kuukaudessa. Kuukausimaksua ei ole, mutta yksi latauskerta maksaa 5 euroa. Kerralla ladattavan sähkön määrää ei ole rajoitettu, mutta yksi latauskerta voi kestää enintään 60 minuuttia.

Volume package: soveltuu autoilijalle, joka käyttää latauspisteitä useammin kuin 1 – 2 kertaa viikossa. Kuukausimaksu on 30 euroa ja siihen sisältyy 150 kWh sähköä. Mikäli 150 kWh:n yläraja ylittyy, peritään sen jälkeen tehtävistä latauksista 1,2 euroa/latauskerta.

Tunnistautuminen latauspisteellä tapahtuu RFID-kortin tai matkapuhelimen avulla (esimerkiksi tekstiviestillä). Tunnistautuminen on tehtävä ennen ja jälkeen latauksen. Asiakas saa kuukausittain kotiin laskun suorittamistaan latauksista. [17]

8. Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli selvittää, missä vaiheessa teknologian kehitys on sähköajoneuvojen lataukseen liittyen ja lataukseen tarvittavan sähkön laskutuksessa. Työ on osa Sähköisen talotekniikan osaamis- ja kehittämiskeskus STOKin toteuttamaa E-move -hanketta, jossa pyritään selvittämään sähköajoneuvojen soveltuvuutta joukko- ja palvelulinjaliikenteessä.

Tarve rajoittaa sähköverkon kuormitusta on luonut ajatuksen sähköajoneuvojen älykkästä lataamisesta. Tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi latauksen ajoittamista, lataustehon säätöä tai sähkön syöttöä ajoneuvosta takaisin verkkoon. Toistaiseksi älykkäälle lataukselle ei vielä ole tarjolla valmiita ratkaisuja. Erilaisia vaihtoehtoja kuitenkin kehitetään ja kokeillaan eri puolilla maailmaa. Suomessa ratkaisuja etsitään Tekesin rahoittamassa ohjelmassa EVE – Sähköisten ajoneuvojen järjestelmät 2011 – 2015.

Sähköajoneuvojen lataukseen tarvittavan sähkön maksua koskien on suunniteltu erilaisia markkinamekanismeja. Niiden toimintaperiaatteet vaihtelevat suhteellisen yksinkertaisista malleista monimutkaista tekniikkaa ja infrastruktuuria vaativiin vaihtoehtoihin.

Suomessa on käynnistynyt suunnittelutyö kansallisen latausoperaattorin perustamiseksi. Työhön osallistuu yli 30 kansallista energia-alan yritystä. Kansallisen latausoperaattorin tehtävänä olisi luoda maahan kattava latausverkosto sekä ylläpitää tietojärjestelmää latauspisteistä. Yhtenä haasteena tässä on houkuttelevan liiketoimintamallin kehittäminen latausasemien rakentamiselle ja omistamiselle.

Joni Markkula on tehnyt Tampereen teknilliselle yliopistolle diplomityön *Sähköautojen latauspalvelut ja latausliiketoiminta*. Työssä on laskettu erityyppisten yksittäisten latausasemien sekä laajan latausverkoston rakentamisesta ja ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia ja esitetty liiketoiminnassa käytettyjä hinnoittelumalleja. Markkula on myös laatinut esimerkin korkeatehoisen DC-latausaseman liiketoimintamallista.

Joissakin maissa on kehitetty kattavia latauspisteverkostoja. Osassa niistä on myös käytössä erityyppisiä maksusysteemejä. Tässä selvityksessä esitettiin Norjassa, Tanskassa ja Virossa käytössä olevien latausverkostojen toimintaa.

Lähteet

- [1] EVE-ohjelman internet-sivut, <http://www.tekes.fi/ohjelmat/EVE>
- [2] Markkula, J., Tampereen teknillinen yliopisto, 2012. Sähköautojen latauspalvelut ja latausliiketoiminta. Diplomityö http://hermia-fi-bin.directo.fi/@Bin/1cb57fd709600194a82139046897a394/1360944881/application/pdf/1308944/Markkula_MScThesis.pdf
- [3] Makkonen H., tutkija, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, sähköpostiviesti 1.2.2013
- [4] Rautiainen, A., Repo, S., Järventausta, P. "Intelligent charging of plug-in vehicles," in Proceedings of NORDAC 2010 9th Nordic Electricity Distribution Asset Management Conference, Aalborg, Denmark (http://webhotel2.tut.fi/units/set/research/inca-public/tiedostot/Kansainvaliset_julkaisut/Rautiainen_Intelligent_charging_of_plug-in_vehicles-1.pdf)
- [5] Rautiainen, A., Evens, C., Repo, S., Järventausta, P. "Requirements for an interface between a plug-in vehicle and an energy system," in Proceedings of IEEE Powertech 2011, Trondheim, Norway (<http://webhotel2.tut.fi/units/set/research/inca-public/tiedostot/Raportit/PHEV%20-%20Interface%20requirements.pdf>)
- [6] Sesko ry. Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa (http://www.hermia.fi/@Bin/1216910/Sähköajoneuvojen+lataaminen+kiinteistöjen+sähköverkoissa_SESKO.pdf)
- [7] Alahäivälä, A. Aalto-yliopisto, 2012. Sähköautojen lataaminen ja sen vaikutus kaupunkialueen jakelumuuntajiin. Diplomityö. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2012/urn100689.pdf>
- [8] Rautiainen A., tutkija, Tampereen teknillinen yliopisto, sähköpostiviestit, 1.2.2013 ja 7.2.2013
- [9] EVELINA-testiympäristön internet-sivut, <http://www.hermia.fi/evelina/>
- [10] Better Place, yrityksen internet-sivut, <http://www.betterplace.com/>
- [11] Markkula J., Tampereen teknillinen yliopisto, sähköpostiviesti, 4.2.2013
- [12] Oslon kaupungin internet-sivusto http://www.miljo.oslo.kommune.no/english/green_mobility/oslo_a_world_leader_in_electric_vehicle_use/
- [13] Mølmen Marianne, Senior Executive Officer, City of Oslo, sähköpostiviesti, 25.2.2013
- [14] Ladestasjoner AS (<http://www.ladestasjoner.no/>)
- [15] CLEVER, järjestelmän internet-sivut (<https://www.clever.dk/english/>)
- [16] Berit Hansen, CLEVER, sähköpostikirjeenvaihto 18. – 19.2.2013
- [17] ELMO-ohjelman internet-sivut (<http://elmo.ee/>)



Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013

TETRA 
TECHNOLOGY TRANSFERS EDGES.


E-move