

Raskaan kaluston pikalatausaseman perustaminen rakennustyömaalle

LAB-ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK), Rakennusalan työnjohdon koulutus

2022

Eetu Rantanen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Eetu Rantanen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 25	Valmistumisaika 2022
Työn nimi Raskaan kaluston pikalatausaseman perustaminen rakennustyömaalle		
Tutkinto ja koulutusala Rakennusmestari (AMK), Rakennusalan työnjohdon koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio YIT Suomi Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, minkälaisia muutoksia tarvitaan rakennustyömaan suunnitelmiin raskaan kaluston pikalatausaseman perustamiseksi. Työssä selvitettiin myös pikalatauspisteen perustamiskustannuksia ja erilaisia vaihtoehtoja pikalatauslaitteiston hankkimiseen.</p> <p>Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksen keinoin tutustuen alan kirjallisuuteen, standardeihin ja määräyksiin.</p> <p>Tuloksena saatiin suunnitelmiin tarvittavat muutokset ja rakennushankkeen suunnittelussa tehtävät muutokset, jotta pikalatauspisteen perustaminen rakennustyömaalle on mahdollista.</p> <p>Jatkotutkimusta aiheesta tarvitaan esimerkiksi pikalatauspisteen perustamisen pilotoinnin ja sen käytön ja käyttäjäkokemusten seurannan muodossa.</p>		
Asiasanat pikalatausasema, rakennustyömaa, hyötyajoneuvo, sähköauto		

Abstract

Author(s) Eetu Rantanen	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 25	
Title of Publication Setup of a high-power charging station for heavy utility vehicles at a construction site		
Degree, Field of Study Construction Site Manager (UAS)		
Organisation of the client YIT Suomi Oy		
Abstract <p>The aim of this thesis was to study the needed changes to different construction site plans when setting up a high-power charging station for heavy utility vehicles. Various expenses were also evaluated along with different ways of acquiring the devices.</p> <p>The thesis was conducted as a literature review using construction industry literature, scientific literature and standardization literature.</p> <p>The conclusion was a proposition of needed changes to different plans in different phases of the construction project to enable the setup of a high-power charging station at the construction site.</p> <p>Further study is needed, for example a pilot-study of setting up a high-power charging station and monitoring the usage and the user experience of the charging station.</p>		
Keywords fast charging station, construction site, electric utility vehicle, electric car		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Rakennustyömaan aluesuunnitelma	3
3	Rakennustyömaan sähköistysuunnitelma	4
4	Sähköauton lataustekniikka	6
4.1	Yleistä sähköautojen latauksesta.....	6
4.2	Sähköauton hidaslataus	7
4.3	Sähköauton peruslataus	8
4.4	Sähköauton tehollataus	8
4.5	Sähkötoimisten rakennustyökoneiden latausratkaisuja	9
4.6	Lataustapahtuma käytännössä	10
5	Pikalatauspisteen tekniset vaatimukset.....	12
5.1	Yleistä teknisistä vaatimuksista.....	12
5.2	Latausverkon tekniset vaatimukset	12
5.3	Pikalatausaseman ominaisuudet	13
5.4	Latausverkon suunnittelu	15
6	Sähköajoneuvojen pikalatauspisteen perustaminen työmaalle.....	16
6.1	Pikalatauspisteen perustaminen ja aluesuunnitelman muutokset.....	16
6.2	Sähkösuunnitelman muutokset.....	17
6.3	Pikalatauspisteen hankinta ja perustaminen	19
6.4	Pikalatauspisteen perustamiskustannukset	21
6.5	Pikalatauspisteen ylläpito- ja käyttökustannukset	21
6.6	Pikalatauspisteen käyttökustannukset ja niiden veloitus	21
7	Yhteenveto ja pohdinta	23
	Lähteet	26

1 Johdanto

Ihmiskunnan yksi suurimpia uhkia on ilmastonmuutos ja luonnon monimuotoisuuden heikentyminen. Ilmastonmuutoksen hillitseminen on mahdollista ja se edellyttää globaaleja toimia kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi. Suomi on sitoutunut toimiin, jolla maamme saadaan hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä (Valtioneuvosto 2019).

Rakennettu ympäristö ja rakentaminen tuottaa noin kolmanneksen koko Suomen hiilidioksidin kokonaispäästöistä. Näistä päästöistä kolme neljäsosaa syntyy rakennetun ympäristön käytönaikaisesta energiankulutuksesta kuten lämmityksestä. (Rakennusteollisuus 2020a.) Rakentamistoimintojen päästöistä työmaan kuljetukset ja työmaatoimintojen päästöt vastaavat noin neljänneksestä rakentamisaikaisten toimintojen päästöistä, ollen noin 1.1 Mt CO₂e. Kuljetusten osuus näistä päästöistä on noin kolmannes ja työmaatoimintojen kaksi kolmannesta. (Rakennusteollisuus 2020b, 15.)

Rakennusliikkeistä ensimmäisenä suomalaisena YIT on sitoutunut tieteeseen perustuviin päästövähennyksiin (Science Based Target initiative, SBTi). YIT vahvistaa tällä sitoumuksella aiempaa ilmastotyötään ja päivittää tavoitteitaan näin entistä kattavammiksi. Vuonna 2020 YIT vähensi toimintansa päästöjä 30 % lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä työmailla ja toimistoissaan. Uusiutuvan energian käyttö ja muut keinot ovat tärkeässä roolissa haettaessa päästövähennyksiä. (YIT 2021.)

Työmaatoimintoihin liittyy oleellisesti työmaalogistiikan vaatimat kuljetukset. Hiilidioksidipäästöjä syntyy rakennusmateriaalien kuljetuksesta sekä työmaalle, että työmaalla. Lisäksi jäte- ja kierrätysmateriaalien kuljetuksista syntyy päästöjä. Näitä päästöjä voi vähentää merkittävästi suosimalla kuljetuksissa sähkökäyttöisiä jakeluajoneuvoja. Scania (Burul & Algesten 2021, 3) julkaisemassa raskaan jakeluliikenteen sähköistymistä käsittelevässä elinkaarianalyysissä pystyttiin osoittamaan jopa 86 % lasku ajoneuvon elinkaaren aikaisissa hiilidioksidipäästöissä verrattuna polttomoottorikäyttöiseen vastaavanlaiseen raskaaseen jakeluajoneuvoon. Eräässä toisessa tutkimuksessa havaittiin sähkökäyttöisen jakeluajoneuvon elinkaaren aikaisen energian käytön olevan 28 % pienempää kuin vastaavan dieselikäyttöisen jakeluajoneuvon, sekä kasvihuonekaasupäästöjen olevan 38 % pienempiä kuin vastaavalla polttomoottoriajoneuvolla (Lee ym. 2013, 7).

Suurten kaupunkien (Espoo, Helsinki, Turku, Vantaa) hankintayksiköt sekä Senaattikiinteistöt ovat tehneet yhdessä Ympäristöministeriön kanssa Päästötön Työmaa -sopimuksen, joka edellyttää, että vuoteen 2025 mennessä kaikki näiden työmaat ovat fossiilittomia ja työkoneista sekä työmaiden sisäisissä kuljetuksissa käytettävästä kalustosta kaikki toimivat fossiilivapillailla polttoaineilla ja 20 % sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. Vuoteen 2030

mennessä lisäksi 50 % kaikista työmaalle tapahtuvista kuljetuksista on tapahduttava sähköllä, biokaasulla tai vedyllä. (Sitoumus 2050, 2022.)

Sähkökäyttöisten ajoneuvojen määrä kasvaa vuosi vuodelta. Vuonna 2021 uusia sähkökäyttöisiä autoja rekisteröitiin 10 % kaikista uusista autoista ja vuoden 2022 alussa sähkökäyttöisiä ajoneuvoja oli jo 34 % kaikista uusista ajoneuvoista. Raskas liikenne sähköistyy myös: vuonna 2021 rekisteröidyistä uusista linja-autoista puolet oli sähkökäyttöisiä (Tilastokeskus 2022.). Raskas jakeluliikenne sähköistyy hitaammin kuin henkilöliikenne, johtuen osittain vielä rajallisesta toimintasäteestä ja ajoneuvojen latauspisteiden vähyydestä (Neste 2021) sekä sähköisen raskaan kaluston tuotannon pienuudesta että kalliimmasta hankintahinnasta (Paakkinen 2021, 5).

Perustamalla pikalatauspisteen raskaan hyötyajoneuvon purku- tai lastauspaikalle on mahdollista saada sähkökäyttöinen ajoneuvo lataukseen kuorman käsittelyn ajaksi näin pidentäen sen toimintasädetä ilman erillistä aikaa vievää ja tehollista työaikaa vähentävää lataustaukoa.

Tämä opinnäytetyö tarkastelee kirjallisuuden avulla mitä tulee ottaa huomioon, kun perustetaan sähköajoneuvon pikalatausasema rakennustyömaalle. Työssä esitellään tyypillisimpiä latausvaihtoehtoja, kustannuksia ja toteutusmalleja. Lopuksi pohditaan pikalatausaseman tuomia hyötyjä rakennusliikkeelle, logistiikkakumppanille sekä ympäristölle.

2 Rakennustyömaan aluesuunnitelma

Rakennustyömaan aluesuunnitelman avulla kuvataan koko työmaa-ajan työmaatoimintojen ja rakentamisen vaatimien järjestelyjen sijainnit ja toiminnot. Aluesuunnitelma on osa tuotannon suunnittelua ja se lähtee liikkeelle jo tarjouspyyntövaiheessa päättyen työmaan luovutukseen. Aluesuunnitelmaa päivitetään jatkuvasti työmaan edetessä. (Rakennustieto, 2017, 1-2.)

Rakentamispäätöksen jälkeen laaditaan yleisaluesuunnitelma, jolla kuvataan koko työmaan alueen käyttö pääpiirteittäin. Tämän lisäksi laaditaan eri rakennusvaiheisiin omat aluesuunnitelmansa, joita päivitetään ja muokataan sitä mukaan, kun työmaalla työt etenevät ja siirytään rakennusvaiheista toiseen. Aluesuunnitelmalla kuvataan työmaan logistiikkatoiminnot niin ulkoisen kuin sisäisenkin logistiikan osalta. Aluesuunnitelmassa on myös esitettyä työskentelypisteet (esimerkiksi tulityöpiste) sekä ensiapu- ja sammutusvarustus. (Rakennustieto, 2017, 1-2.)

Aluesuunnitelman laatii päätoteuttaja. Suunnitelmaa käytetään tiedonvälityskkeinona rakennushankkeen muille osapuolille. Päätoteuttaja pitää aluesuunnitelman ajan tasalla ja se tulee säilyttää työmaalla keskeisellä paikalla näkyvillä. (Rakennustieto, 2017, 1-2.)

Rakennushankkeen yleissuunnitteluvaiheessa laaditaan yleisaluesuunnitelma ja suunnitellaan työmaan käyttö koko rakennushankkeen toteutuksen ajaksi. Työmaa-alueen käyttö suunnitellaan valittujen tuotantotapojen, työmenetelmien, rakennettavan rakennuksen koon, alueen laajuuden ja ympäristön sekä liikenteen perusteella. (Rakennustieto, 2017, 4.)

Aluesuunnitelmassa osoitetaan kuorman purku- ja lastauspaikat sekä varastointialueet. Aluesuunnitelmassa kuvataan myös työmaan sisäinen kuljetustieverkosto. Purku- ja lastauspaikat tulisi sijoittaa lähelle varastointi- ja säilytystiloja, jotta välttyttäisiin turhilta siirroilta. (Rakennustieto 2017, 7.)

3 Rakennustyömaan sähköistysuunnitelma

Rakennustyömaan sähköistysuunnitelmassa kuvataan, miten rakennustyömaa sähköistetään rakennustyön ajaksi. Rakennustyömaan sähköistysuunnitelma laaditaan joko asema-kaavakuvan päälle tai erillisen aluesuunnitelman pohjalle. (Rakennustieto 2003, 1.) Sähköistysuunnitelmasta tulee selvitä:

- sähköliittymän sijainti ja syöttökaapelin tyyppi
- pääkeskuksen sijainti
- alajakokeskuksien sijainnit ja tyypit
- kaapeleiden kulkureitit ja kaapelien tyypit
- tehontarpeiltaan suurimmat koneet ja kojeet (Rakennustieto 2003, 4.)

Sähköpääkeskus tulee sijoittaa siten, ettei se rakennustöiden edetessä ole haitallisella paikalla. Alajakokeskusten sijainti ja koko suunnitellaan työmaan rakennusten ja työskentelypisteiden tarvitsemien arvioitujen tehojen mukaan. Työmaalla kulkevien kaapelien reitit ja nousut suunnitellaan huolellisesti ja mahdollisimman tarkasti. (Rakennustieto 2003, 4.)

Työmaa liitetään sähkölaitoksen sähköverkkoon syöttökaapelilla. Työmaille sallitaan usein vain yksi liitäntä sähkölaitoksen verkkoon, mutta jos liittymiä on useampia, tulee niihin kytketyt sähkölaitteet pitää selkeästi erossa toisistaan. (Rakennustieto 2003, 1.)

Työmaan sähköistystä suunniteltaessa tulee sähköliitäntää varten tietää työmaan tehon tarve. Työmaan tehontarve voidaan arvioida karkeasti laskemalla työmaalle tulevan sähköisen kaluston nimellisteho ja kertomalla se 1,5:llä. Näin saadaan tulevan työmaakeskuksen pääsulakkeen tarvittava ampeerimäärä. (Rakennustieto 2003, 1.) Tarkempi sulakkeen koko saadaan seuraavalla kaavalla:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} x U x \cos p} \quad (1)$$

jossa I = virta ampeereina [A]

P = kokonaisteho watteina [W]

U = jännite voltteina [V] (380V)

cos p = tehokerroin [0,8]

(Rakennustieto 2003, 2).

Työmaan sähkötehon tarvetta mitoittavana tekijänä voidaan pitää runkovaihetta, sillä tässä vaiheessa rakennushanketta on tehon tarve tyypillisesti suurin. Tehon tarvetta arvioidessa

on myös huomioitava talvirakentamisen aiheuttama lisääntynyt tehon tarve, jos käytetään sähkölämmittimiä. (Rakennustieto 2003, 2.)

Tehon tarpeen selvittyä otetaan yhteyttä paikalliseen sähkölaitokseen ja sovitaan sähköliittymän hankinnasta. Sähköliittämisen kustantaa useimmiten pääurakoitsija. Sähköliittämistä hankittaessa kannattaa selvittää, voiko rakennustyömaan liittämistä hyödyntää tulevan rakennuksen varsinaisena sähköliittämisenä. Tällöin sähköliittämisen maksaa rakennuttaja todennäköisesti kuitenkin saavuttaen kustannussäästöä vähentynein väliaikaisten kaapeli- ja laitevuokrien ansiosta, kun käytettävissä on välittömästi rakennuksen pysyvä ja varsinainen sähköliittymä. (Rakennustieto 2003, 1-2.)

Pääurakoitsija hankkii tyypillisesti sähköpääkeskuksen ja suorittaa sille käyttöönottotarkastuksen. Tyypillisimmät sähköpääkeskusten koot ovat 63 A, 160 A, 250 A, 400 A ja 630 A. Näistä valitaan laskennallisesti saatua pääsulakkeen ampeerimäärää seuraava koko sähköpääkeskuksen pääsulakkeeksi. (Rakennustieto 2003, 2.)

4 Sähköauton lataustekniikka

4.1 Yleistä sähköautojen latauksesta

Sähköautoja voi ladata kolmella eri tavalla: peruslatauksella, hidaslatauksella, tehollatauksella ja suurteholatauksella. Teho- ja suurteholatauksesta käytetään myös termiä pikalataus.

Näistä lataustavoista hidaslatausta voidaan käyttää esimerkiksi kotona tai työpaikalla kotitalouspistorasiasta käyttäen kaapelia, jossa on latauksen ohjausyksikkö. Peruslatausta hyödynnetään esimerkiksi julkisesta asiointilaturista, taloyhtiön latauspisteestä tai työpaikan latauspisteestä käyttäen tyyppin 2 sähköautopistorasiaa ja tyyppin 2 latauskaapelia. Tehollatausta ja suurteholatausta voidaan käyttää erillisillä teho- ja suurteholatauspisteillä käyttäen latauspisteessä valmiina olevaa latauskaapelia. (SESKO 2021, 1-2.)

Sähköauton ajoakun latausteho saadaan johdettua sähkötekniikan peruskaavoilla.

$$P = UI \quad (2)$$

missä P = teho [W]

U = jännite [V]

I = virta [A]

Sähköauton latauksessa syntyy aina tehohäviöitä. Sähkötehon kaavan

$$P = I^2R \quad (3)$$

missä P = teho [W]

I = virta [A]

R = resistanssi [Ω]

avulla voidaan todeta, että resistanssi kasvaa aina nelinkertaiseksi lataustehon kaksinkertaistuessa. Tehohäviö ilmenee lisääntyvänä latauspisteen, akuston tai sähköauton sisäisten komponenttien lämpenemisenä (Ahoranta 2016, 49).

Sähköautojen ajoakkujen kapasiteetti ilmoitetaan kilowattitunteina, kWh. Näin esimerkiksi peruslatauksessa käytettävä tyypillinen asiointilaturi, jonka latausteho on 11 kW, lataa 64 kWh ajoakulla varustetun sähköauton tyhjästä täyteen huomioimatta tehohäviöitä hieman

alle kuudessa tunnissa. Esimerkkitapauksena esitetty latausaika on laskettavissa seuraavasti:

$$\frac{\text{Ajoakun kapasiteetti kilowattitunteina (kWh)}}{\text{Latausteho kilowattitunteina per tunti (\frac{kW}{h})}} = \text{Lataukseen kuluva aika tunteina} \quad (4)$$

Käyttäen 64 kWh ajoakkua ja 11 kW/h lataustehoa saadaan tulokseksi 5,8 tunnin latausaika.

$$\frac{64\text{kWh}}{11\text{kW/h}} = 5,8h$$

Tehohäviöt huomioon ottaen on käytännön latausaika yli 6 tuntia.

Volvon valmistaman FMX Electric on varustettu maksimissaan 540 kWh ajoakkukapasiteetilla, ja sitä pystytään lataamaan asiointilatauksessa 43 kW teholla ja teholatauksessa maksimissaan 250 kW teholla (Volvo Trucks 2022), joten viitteelliset latausajat ovat samalla tavalla laskettavissa.

$$\frac{540\text{kWh}}{43\text{kW/h}} = 12,6h$$

sekä

$$\frac{540\text{kWh}}{250\text{kW/h}} = 2,2h$$

4.2 Sähköauton hidaslataus

Hidaslatausta käytetään, jos käytettävissä ei ole perus- tai teholatausta. Hidaslatauksessa ajoneuvo kytketään latauspisteeseen standardin SFS-EN-62752 mukaisella kaapelilla, jossa on mukana ohjaus- ja suojalaiteyksikkö. Ohjain- ja suojalaiteyksikkö on tuettava latauksen ajaksi siten, ettei pistorasiaan kohdistu veto- tai vääntörasitusta. (SESKO 2021, 1-2.)

Lataustavan käyttö on kuitenkin rajoitettua. Kotitalouskäytössä olevat pistorasiat ovat usein suojattu 10A sulakkeella tai suojakatkaisimella. Sähköautojen latauksesta kertyneen kokemuksen mukaan on huomattu myös, etteivät kotitalouspistorasiat kestä jatkuvasti 16 A mitoitusvirtaa, etenkin jos lataus on jatkuvaa tai pitkäkestoista. Ladattavaa hybridi-autoa ja sähköautoa voidaan ladata kotitalouspistorasiasta pitkäaikaisesti vain, jos ajoneuvon otama latausvirta on rajoitettu 8 ampeeriin standardin SFS-EN-62752 mukaisesti. Markkinoilla on kotitalouskäyttöön tarkoitettuja pistorasioita, jotka on mitoitettu jatkuvalla 16 A virran kulutukselle, mutta näiden standardointi on vielä kesken. Teollisuus- ja CEE- (ns. karaavaani-) pistorasioita voidaan käyttää jatkuvalla 16A kuormituksella. (SESKO 2021, 1-2.)

Hidaslatauksen käyttäminen nostaa sähköajoneuvon latausajan helposti yli vuorokauden pituiseksi. 8A virralla latausteho on noin 1,9 kW, ja esimerkkinä käytettyä 64 kWh akulla varustettua sähköautoa ladattaisiin tällä latausteholla tyhjästä täyteen 64 kWh / 1,9 kW/h = 33,7 h huomioimatta tehohäviöitä. 16 A virtaa käyttäen latausaika on noin 18 tuntia 64 kWh akulla varustetulle sähköautolle, huomioimatta tehohäviöitä.

4.3 Sähköauton peruslataus

Peruslataus eli Mode 3 -lataus on suositeltavin sähköajoneuvojen lataustapa. Tässä lataustavassa sähköajoneuvon sisäistä laturia syötetään vaihtovirralla tyyppin 2 latauspistorasiasta käyttäen standardin SFS-EN-62196-2 tyyppin 2 mukaista latauskaapelia. Peruslatausta käytettäessä latausvirta voi olla 3 x 63 A ja sillä saavutetaan maksimissaan 43kW latausteho. Pistorasiaa voidaan käyttää myös pienemmillä latausvirroilla. Latausasemassa voi olla myös kiinteä tyyppin 2 latauskaapeli ajoneuvon kytkemistä varten. Latausjärjestelmään kuuluu tiedonsiirtoyhteys, jonka avulla ajoneuvo ja latausasema kommunikoivat lataustapahtuman aikana. (SESKO 2021, 1.)

4.4 Sähköauton teholataus

Teholatauksessa sähköautoon syötetään tasasähköä suurella virralla suoraan sen akustoon käyttäen ajoneuvon ulkopuolista tasasähkölaturia. Teholatausta kutsutaan myös pikalataukseksi. Teholatausasemalla latauskaapeli on osa latausasemaa. Latausjohdon pistoke on standardin SFS-EN-62196-3 mukaan joko tyyppiä FF, eli ns. CCS-pistoke tai tyyppiä AA eli ns. CHAdeMO-pistoke. (SESKO 2021, 2.)

Suomessa julkisissa latausasemissa tulee olla tyyppin 2 pistorasia tai ajoneuvopistoke kaapeleineen ja/tai pikalatauspistoke kaapeleineen tyyppiä FF (CCS-pistoke). Latauspisteessä on, milloin mahdollista, käytettävä älykkäitä latausjärjestelmiä, jotka mahdollistavat esimerkiksi lataustapahtuman reaaliaikaisen seurannan ja lataustehon säädön lataustapahtuman

aikana. (Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta 478/2017, 4§.)

Teholatureiden auton akkuun syöttämä tasavirta on satoja ampeereita ja latausteho tyypillisesti 50-350 kW (SESKO 2021, 2). Suurteholatureista puhutaan, kun latausteho on 150 kW tai yli.

Sähköauto ei tyypillisesti lataudu tyhjästä täyteen jatkuvasti täydellä latausvirralla, johtuen auton elektroniikan, akun ja latauspisteen fysikaalisista ja sähköisistä ominaisuuksista. Lataustehon ollessa 150 kW ja sähköauton ajoakun latausjännitteen ollessa 400 V on 375 V latausjännitteellä vaadittava virta 375 A. Auton akun tyhjentymässä jännite laskee ja tyhjemmän akun lataus esimerkiksi 350 voltista 150 kW teholla vaatisi jo 428A virran. Näin suuri latausvirta aiheuttaa jo merkittävää tehohäviötä, eli komponenttien lämpenemistä – varsinkin latauskaapelissa. Tätä varten suuritehoisimmissa pikalatureissa on käytössä nestejäähdytteisiä latauskaapeleita. (Heikkilä ym. 2020, 15.) Sähköajoneuvoteollisuudessa ollaan siirtymässä korkeampiin latausjännitteisiin, jotta tehohäviöitä saataisiin minimoitua.

4.5 Sähkötoimisten rakennustyökoneiden latausratkaisuja

Sähkökäyttöiset rakennuskoneet tarjoavat lukuisia etuja polttomoottorikäyttöisiin työkoneisiin verrattuna. Näitä ovat esimerkiksi hiljaisempi käyntiäänä, vähäisemmät värinät ja värinät sekä pakokaasuttomuus. Taloudellisesta näkökulmasta sähkökäyttöisten koneiden opeointi on lisäksi edullisempaa pääasiassa johtuen säästyvistä polttoainekustannuksista ja pienemmistä huoltokustannuksista. Käyttämällä vihreästi tuotettua sähköä putoavat kasvihuonepäästöt entisestään. (Tong ym. 2021, 2.)

Tällä hetkellä markkinoilla olevat sähkökäyttöiset rakennustyökoneet ovat lähinnä kaivinkoneita, pyörökuormaajia ja kurottajia ja joiden akkukapasiteetti riittää valmistajien mukaan koko työpäiväksi. Koneet on pääasiassa tarkoitus ladata yöllä työpäivän jälkeen (Volvo Construction Equipment 2022a, J. C. Bamford Excavators Ltd. 2022a).

Volvon sähkökäyttöisiä työkoneita voi Type 2 -latauspistokella, tavallisesta pistorasiasta, että työmaapistokkeesta käyttäen erillistä latauslaitetta. Volvo EL25 sähköisen pyörökuormaajan 40 kWh ajoakun lataa siten soveltuvasta pistorasiasta työmaalla käyttäen 13A latausvirtaa tyhjästä täyteen noin 13 tunnissa. Type 2 latauspistokkeella akku latautuu täyteen noin kuudessa tunnissa. Erillisen latauslaitteen kanssa päästään noin 17kW/h lataustehoon ja akku täyttyy noin kahdessa tunnissa. (Volvo Construction Equipment 2022, 18.)

J. C. Bamfordin (JCB) sähkökäyttöisiä työkoneita ladataan joko suoraan tavallisesta pistorasiasta tai ulkoisella latauslaitteella. Sähkökäyttöisen kurottajan 525-60E 24 kWh akku

latautuu näin 16 A virralla tyhjästä täyteen kahdeksassa tunnissa ja 32 A latausvirralla sekä 415 V jännitteellä noin kahdessa tunnissa. (J. C. Bamford Excavators Ltd. 2022b, 4.)

4.6 Lataustapahtuma käytännössä

Lataustapahtumassa sähköajoneuvo kytketään pikalatauslaitteen sovittimeen ja käynnistetään lataus laturin käyttöliittymästä. Ajoneuvo ja laturi muodostavat tietoliikenneyhteyden ja laturi suorittaa sähköturvallisuustarkastuksia ennen kuin varsinainen lataus alkaa, jotta lataustapahtuma olisi turvallinen. (Motiva 2021.) Ladattaessa ajoneuvoa kaapeli lukittuu ajoneuvoon ja erillistä latauskaapelia käytettäessä myös latausasemaan (SESKO 2021, 1). Laturi alkaa syöttämään ajoneuvolta saamansa tiedon mukaisesti tasavirtaa suoraan sähköajoneuvon akkujärjestelmään, kunnes lataus keskeytetään joko käyttäjän, ajoneuvon tai laturin toimesta.

Sähköajoneuvo ei lataudu jatkuvasti laturin teoreettisella maksiminopeudella. Latausnopeuden määrittää ajoneuvossa oleva BMS (Battery Management System), joka ylläpitää, valvoo ja suojaa ajoneuvon akkujärjestelmää. Akun latautumisenopeuteen vaikuttaa mm. akun lämpötila, varaus ja ulkolämpötila. Nykyaikaisissa sähköajoneuvoissa on akuston lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä, jotta akuston toiminta ja latautuminen olisi optimaalista kaikissa käyttötilanteissa. (Seppänen 2021, 7-9.)

Lataustapahtumassa akustoon siirtyvän sähköenergian määrä on suoraan verrannollinen lataustapahtumasta saatavaan ajomatkan lisäykseen. Esimerkiksi nykyaikaisella sähköajoneuvolla, jonka keskipulutus on 14 kWh/100 km, saavutetaan 50 kW pikalatausasemalla kymmenessä minuutissa noin 60 km toimintamatkan lisäys ja 150 kW pikalatausasemalla noin 180 km toimintamatkan lisäys, olettaen, että ajoneuvo latautuu jatkuvasti laturin tuella maksimiteholla.

Raskaassa liikenteessä tarvittavat energiamäärät ovat suurempia. Scanian sähkökäyttöisessä jakeluautossa on 468 kWh akkujärjestelmä ja sille luvataan 350 km toimintamatka 40 tonnin kuormalla ja 250 km toimintamatka 64 tonnin kuormalla, maksimilataustehon ollessa 350 kW (Scania 2021). Volvon sähköinen FL-malli on varustettu 395 kWh akustolla ja toimintamatka on valmistajan mukaan maksimissaan 300 km ja maksimilatausteho 150 kW. Kevyemmistä jakeluautoista Mercedes-Benz e-Sprinter tarjoaa 154 km toimintamatkan kulutuksella 35,4 kWh/100 km ja maksimilatausnopeudella 80 kW/h (Mercedes-Benz 2022).

Jakamalla akkukapasiteetti toimintamatkalla saadaan karkea arvio ajoneuvon kulutuksesta, sen ollen Scanian tapauksessa eri kuormilla 134 kWh/100 km ja 187 kWh/100 km. Näin ollen 150 kW pikalatausasemalla 15 minuutin pysähdyksellä saadaan toimintamatkaa lisättyä noin 20–28 km. Volvon FL-sarjan jakeluautolla laskennallinen kulutus on 132 kWh/100

km ja toimintamatkan lisäys 15 minuutin 150 kW latauksella on 28 km. Taulukossa 1 tarkastellaan toimintamatkan lisäystä erilaisilla lataustehoilla erilaisten raskaiden hyötyajoneuvojen osalta, kun ne ovat kytkettynä pikalataukseen 15 minuutin ajaksi. Lataustehot ovat optimaalisia maksimitehoja, eivätkä huomioi todellista lataustehoa, johon vaikuttaa esimerkiksi akuston varausaste sekä akuston ja ympäristön lämpötila.

	Scania Battery Electric Truck (134 kWh /100 km)	Volvo FL (132 kWh /100 km)	Volvo FM (142 kWh /100 km)	Mercedes-Benz e-Sprinter (35 kWh/100 km)
40 kW	7,5	7,6	7,0	28,6
50 kW	9,3	9,5	8,8	35,7
100 kW	18,7	19	17,6	max 80 kW: 57,1
150 kW	28	28,4	26,4	Ei tuettu
250 kW	46,6	Ei tuettu	44	Ei tuettu
350 kW	65,3	Ei tuettu	61,6	Ei tuettu

Taulukko 1. Toimintamatkan lisäys kilometreinä 15 minuutin latauksen aikana eri lataustehoilla. Ajoneuvokohtainen kulutus valmistajan ilmoituksen mukainen.

Taulukosta 1 havaitaan, että toimintamatkan lisäys kasvaa sitä nopeammin, mitä suurempi latausteho on käytettävissä. Toimintamatkan kasvu riippuu myös kulutuksesta. Parhaan toimintamatkan lisäyksen saa suurella teholla ladattaessa ajoneuvoa, jolla on pieni kulutus. Suurimmilla lataustehoilla lyhytkin latausajan lisäys antaa merkittävästi lisää toimintamatkaa, esimerkiksi viiden minuutin pidempi latausaika antaa 350 kW teholla ladattaessa Scania kuorma-autoon yli 20 km lisää toimintamatkaa.

5 Pikalatauspisteen tekniset vaatimukset

5.1 Yleistä teknisistä vaatimuksista

Sähköauton tehollatausta kutsutaan yleisesti pikalataukseksi ja latausasemaa pikalaturiksi. Pikalatausaseman perustaminen edellyttää sähköverkolta, asennuksilta ja suunnittelulta sähköalan standardien ja asetusten noudattamista. Lisäksi sähköverkossa ja sähköliittymässä on oltava riittävästi kapasiteettia lataustapahtuman mahdollistamiseksi.

5.2 Latausverkon tekniset vaatimukset

Sähkökäyttöisten ajoneuvojen lataamiseen käytettävien kiinteistöissä olevien sähköverkkojen erityiset asennusvaatimukset esitetään standardissa SFS 6000-7-722. Tämän lisäksi on otettava huomioon standardisarjan SFS 6000 pienjännitesähköasennuksia koskevat muut vaatimukset.

Tekniset määräykset vaativat, että jokainen sähköajoneuvoa vaihtosähköllä syöttävä latauspiste on suojattava toimintavirrallaan enintään 30 mA vikavirtasuojalla. Tämä vaatimus koskee myös kotitalouspistorasioita, joita käytetään sähköajoneuvon lataukseen. Vikavirtasuojaimen ollessa asennettuna ulkotiloihin on varmistuttava, että vikavirtasuojaja kestävä pakkasta. Vikavirtasuojaimessa on tällöin lumihuutaesymboli, jonka sisällä on merkintä -25 °C. Käytettäessä tyyppi 3 latauslaitetta on vikavirtasuojaimen oltava tyyppiä B. Tyyppi A vikavirtasuojain sallitaan silloin, kun käytössä on soveltuva laitteisto, jolla varmistetaan poiskytkentä tasasähkövikavirran ylittäessä 6 mA. Osassa tasavirtalatauslaitteita tasavikavirtasuojaus on integroituna valmiiksi. (SESKO 2021, 3-4.)

Latauspiireihin eli pistorasiaa syöttävään ryhmäjohtoon saa liittää vain sähköajoneuvojen lataamiseen ja lämmittämiseen tarkoitettuja piirejä. Ryhmäjohdolla tarkoitetaan ylivirtasuojan suojaamaa sähköpiiriä, joka on kytketty suoraan pistorasiaan tai kulutuskojeeseen. Pistorasian ollessa suojattuna latausasemassa olevalla ylivirtasuojalla, esimerkiksi varokkeella tai johdonsuojakatkaisimella, on ryhmäjohto latauslaitteen tai -aseman sisäisen latauksen syöttöpiiri. (SESKO 2021, 3-4.)

Syötettäessä vain yhtä latauspistettä, tulee varautua latauspisteelle mitoitettun täyden tehon syöttämiseen. Tällöin tasauskerroin on yksi. Jos sähköjärjestelmällä syötetään useampaa sähkökäyttöistä ajoneuvoa (latauspistettä), voidaan kuormanhallinnan avulla käyttää pienempää tasoituskerrointa järjestelmälle ja mitoittaa latausasemia syöttävät johtimet sen mukaisesti, kuitenkin huomioiden mahdollisten turvajärjestelmien tarvitsevan tehoreservin. Latausasemien syöttöä voidaan myös ketjuttaa edellyttäen, että syöttöjohdot on mitoitettu riittäviksi. Kuormanhallinnan avulla voidaan lataustehoa jakaa latauksessa olevien

ajoneuvojen kesken ilman, että sähköliittymän kokoa tarvitsee kasvattaa. Vasta kun latauksessa on yhtä aikaa paljon autoja, voidaan autokohtaista lataustehoa joutua rajoittamaan. (SESKO 2021, 3-4.)

Latausverkko tulee suunnitella siten, että latauspisteitä voidaan ohjata yksitellen ja että kulutuksen mittarointi on mahdollista. Suositeltavaa on myös vaiheiden vuorottelu, sillä valtaosa sähköautoista ottaa vastaan vain yhden tai kahden vaiheen tehon. (SESKO 2021, 3-4.)

Maakaapelit on asennettava suojaputkeen, jotta ne voidaan myöhemmin helposti vaihtaa suurempiin ja tarvittaessa asentaa tulevaisuudessa tarvittavia tiedonsiirtokaapeleita. Kaapeloinnin lisäputkia kannattaa asentaa latauspisteiden lisäämistä silmällä pitäen. Latausjärjestelmän asennuksessa on huomioitava lisääntynyt palokuorma. Erityisesti maanalaisissa tiloissa suositellaan käytettäväksi vähäisen savunmuodostuksen kaapeleita. (SESKO 2021, 3-4.)

Sähköajoneuvon syöttöön tarkoitettu piiri laitteineen, varokkeineen ja pistokkeineen on mitoitettava siten, että ne kestävät sähköajoneuvon pitkäaikaista latausta täydellä kuormituksella myös lämpimänä vuodenaikana. Mitoituksen lähtökohtana on pidettävä 30 °C ilman lämpötilaa ja 20 °C maan lämpötilaa. Latauspisteen sijoituksessa ja käytettävässä rakenteessa on huomioitava talviaika eli lumen kinostuminen ja pölyäminen, sekä muut mahdolliset erityisolosuhteet, esimerkiksi pölyisyys tai maantiesuolan aiheuttama lisääntynyt korrosio. (SESKO 2021, 3-4.)

Turvasuluitta olevat pistorasiat on sijoitettava vähintään 1,7 m korkeuteen maasta pienten lasten ulottumattomiin. Vaatimus minimikorkeudesta ei koske tyyppin 3 latauspistokkeita tai pistokkeita, joka on jännitteetön ennen autoon kytkemistä. (SESKO 2021, 3-4.)

Latauslaitteet voidaan varustaa käyttäjän erilaisilla tunnistusmenetelmillä kuten avain- tai kortti/mobiilitunnistuksella. Latauslaitteisto voidaan myös varustaa mittauslaitteistolla. Sähköauton lataukseen käytettävän energian laskutusta suunniteltaessa on otettava huomioon, mitä vaatimuksia mittauslaitelaki (707/2011) asettaa mittauksille. (SESKO 2021, 3-4.)

5.3 Pikalatausaseman ominaisuudet

Pikalatausasema vaatii oman turvallisen paikkansa työmaalla. Laite on suojattava iskuilta esimerkiksi käyttämällä ympäröiviä suojarakenteita (SFS 6000-7-722, 11) ja se on asennettava siten, että latauskaapelien yli ei voida ajaa (SFS 6007-7-722,15). Asennuksen tulisi

olla vähän tilaa vievä, sillä lastaus- ja purkupaikalla tilaa tarvitaan tavaran siirtoon ja purkuun sekä kuormaamiseen (Rakennustieto 2017, 7).

Riippuen valmistajasta, pikalatausaseman paino ja koko vaihtelee renkailla siirrettävän mallin (Kempower T-sarja) 135 kg painosta ja 640x670x1220 mm mitoista järeimpään Kempowerin C-sarjan latauspisteeseen, joka keskusyksiköltään painaa 400-1200 kg konfiguraatiosta riippuen ja on kooltaan 1850x825x2150 mm (Kempower 2022a.) ABB:n valmistama pikalatausasema on kooltaan 2200x720x710 mm ja painaa 700 kg (ABB 2022). Alpitronicin valmistama Hypercharger HYC300 on kooltaan 2235x732x663 mm ja konfiguraatiosta riippuen 375-774 kg painoinen (Alpitronic 2022).

Kempowerin T-sarjan latausasema on renkailla liikuteltava latausasema, eikä tarvitse erillistä perustusta. Muut edellä mainitut ABB:n ja Kempowerin pikalatausasemat ovat vapaasti seisovia laitekaappeja, joiden perustuksena voidaan käyttää joko metalli- tai betonilaattaa sekä asfalttipintaa. Laitteet ovat IP54-suojattuja vesiroiskeita ja pölyä vastaan, joten erillistä katosta ei tarvita. (ABB 2022, Kempower 2022a.) Taulukossa 2 on koottu yhteenveto latausasemien keskeisistä ominaisuuksista työmaan kannalta.

Valmistaja, laite	Sähköliitäntä, sulakkeen koko	Maksimilataus-teho	Pistokkeiden tyyppi ja määrä	Muuta
Kempower T-sarja	3-vaihe, 380-480 V +/- 10 %. 63 A, tavallinen 63 A työmaa liitäntä käy	40 kW tai 2x 20 kW	1xCCS1/CCS2, laajennettavissa 2xCCS tai 1 x CCS/CHAdeMO	Liikuteltava, pienikokoinen. Latauskaapelin pituus 5 m
Kempower C-station	3-vaihe, 380-480 V +/- 10 %. 262 A – 786 A valitun konfiguraation mukaan	160kW, 2-3x 160 kW riippuen konfiguraatiosta. Tukee 800 V latausjännitettä.	1-3 pistoketta, voivat olla CCS1, CCS2 tai CHAdeMO	Kaapelin pituus 5-7 m. Perustettavissa betoni/metalli/asfalttialustalle
ABB Terra 360	3-vaihe, 400 V +/- 10 %. 560 A	360 kW Tukee 800 V latausjännitettä	2 pistoketta, 360 kW jaettuna kahden pistokkeen kesken	Kaapelin pituus 5,5 m. Perustettavissa metalli-/betoni-/asfalttialustalle
Alpitronic Hypercharger HYC300	3-vaihe, 400 V. 500 A	300 kW, tukee 1000 V latausjännitettä	Pistokkeiden määrä 1-3, Tuki jäähdytetyille latauskaapeleille	Perustettavissa metalli-/betoni-/asfalttialustalle

Taulukko 2. Vertailuun valittujen pikalatausasemien keskeiset ominaisuudet.

5.4 Latausverkon suunnittelu

Latausverkon suunnitteluvaiheessa tulee selvittää sähköjärjestelmän nykyinen tai tuleva kuormitus ja voidaanko järjestelmään liittää uusia kulutuspisteitä, vai tuleeko sähköjärjestelmää tai sähköliittymää muuttaa esimerkiksi pääsulakkeen, sähköliittymän, kaapeloinnin, sähkökeskuksen mitoituksen, tilan tai kunnon vuoksi. Syöttävän sähkökeskuksen kunto tulee selvittää ja sen lämpökuvaamista suositellaan. (SESKO ry. 2021 2-3.)

Latausjärjestelmään valitaan käyttöön ja ympäristöön sopivat latauspisteet. Ne sijoitetaan siten, että sähköajoneuvo pääsee niiden läheisyyteen siten, että ajoneuvo voidaan liittää latauspisteeseen normaalin pituisella latausjohdolla. (SESKO ry. 2021 2-3.)

Latausjärjestelmän asennusten kaapelointi on suoritettava siten, että huomioidaan tietoliikennekaapeloinnin ja muun kaapeloinnin häiriönsuojauksivaatimukset. (SESKO ry. 2021 2-3.)

Latausjärjestelmän syötön suunnittelussa varauduttava kuormanhallinnan käyttöön, etähallintaan ja mittauksen järjestämiseen. Turvallisuussyistä latausjärjestelmän syöttö saatetaan joutua liittämään kiinteistön automaatio- ja turvallisuusjärjestelmiin, kuten paloilmoitusjärjestelmiin. Hyödyntäen kiinteistön automaatiojärjestelmiä voidaan tällöin esimerkiksi katkaista latausvirta palohälytyksen sattuessa. (SESKO ry. 2021 2-3.)

Ajoneuvosta sähköverkkoon tapahtuvan sähkönsyöttämisen mahdollisuus on otettava huomioon tarvittaessa, samoin suuremmissa järjestelmissä energian varastointijärjestelmien käyttömahdollisuus huippukuormien tasaamiseen. (SESKO ry. 2021 2-3.)

6 Sähköajoneuvojen pikalatauspisteen perustaminen työmaalle

6.1 Pikalatauspisteen perustaminen ja aluesuunnitelman muutokset

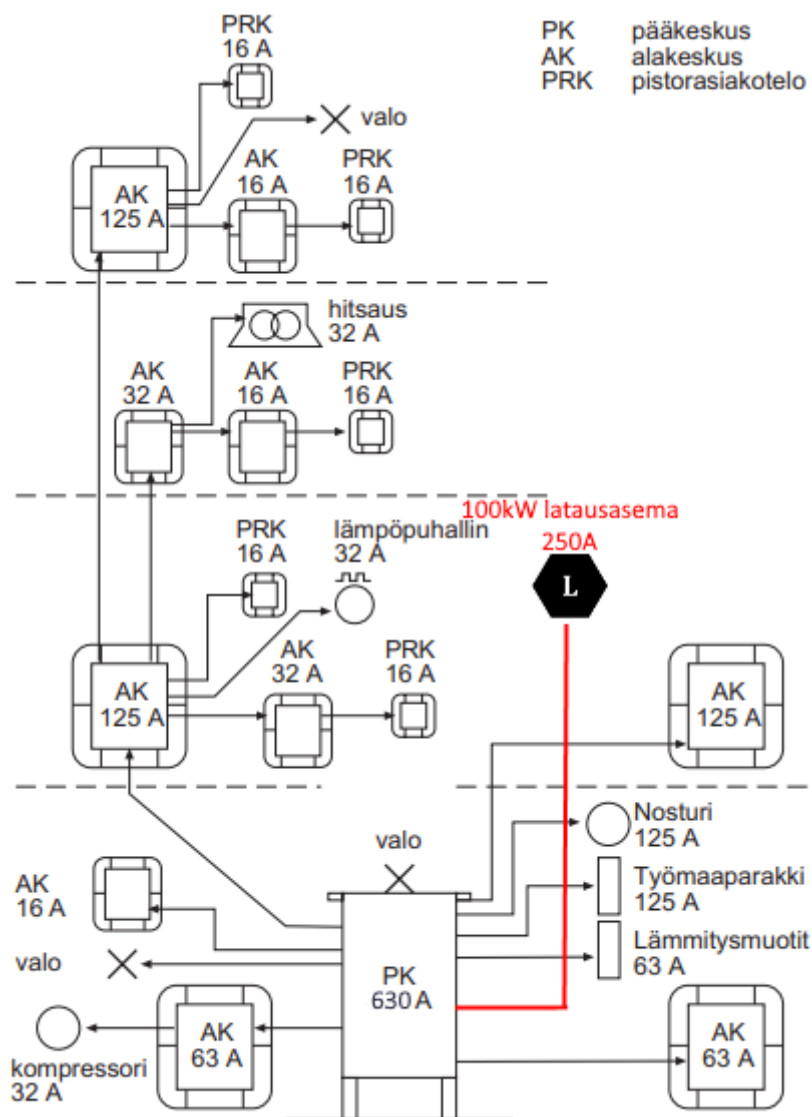
Sähköajoneuvojen pikalatausaseman perustaminen rakennustyömaalle edellyttää latauspisteen huomioon ottamista jo heti tuotannon suunnitteluvaiheessa, jotta suunnitelmissa otetaan heti alusta alkaen huomioon pikalatausaseman erityisvaatimukset.

Aluesuunnitelmassa tulee huomioida lastaus- ja purkupaikan yhteyteen sijoitettava pikalatausasema. Käytännössä soveltuvin paikka latausasemalle on välittömässä purku- ja lastauspaikan läheisyydessä. Latauslaitteen vaatima kaapelointi ja kaapeloinnin vaatima kaivanto on suunniteltava ja toteutettava heti maa- ja perustustöiden alkaessa.

Latauskaapelien pituudet vaihtelevat valmistajasta riippuen 5 - 7,5 metrin välillä, joten lataukseen tuleva ajoneuvo olisi saatava mahdollisimman lähelle latauspistettä. Ajoneuvoteollisuus ei ole päässyt yksimielisyyteen latausportin sijainnista, joten latausportin sijaintia ei ole vielä saatu standardoitua. Esimerkkiajoneuvoissa Scanian latausportti sijaitsee ajoneuvon oikeassa etukulmassa ja Volvon FL ja FH-mallissa kuljettajan puolella eturenkaan takapuolella, Latausportti saattaa olla siis latausasemaan nähden väärällä puolella, jolloin ajoneuvon latauksen mahdollistamiseksi on ajoneuvo mahdollisesti käännettävä, mikäli kaapeli ei ole tarpeeksi pitkä. Latausportin eri sijaintien aiheuttamiin haasteisiin voidaan käyttää ratkaisuna latausaseman satelliittiyksiköitä, jotka sisältävät käyttökytkimet ja liittimet kaapeleineen, varsinaisen lataus- ja korkeajännitetekniikan ollessa erikseen sijoitetussa keskusyksikössä. Tämä ratkaisu saattaa aiheuttaa kuitenkin haasteita työmaaliikenteen sujuvuuteen satelliittiyksikön vaatiessaan oman perustuksen ja yksikön suojaamisen.

Työmaan logistiikkaa ja kuormien käsittelyä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon latauspisteen ympäristön esteettömyys, jotta kuorma voidaan purkaa jakeluautosta tämän ollessa kytkettynä lataukseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jommankumman sivustan on oltava vapaa siten, että esimerkiksi kurottaja pääsee asettumaan jakeluauton sivulle purkamaan kuormaa. Aluesuunnitelmassa (Kuvio 1) tämä voidaan huomioida sijoittamalla latauspiste siten, että latauspaikan viereinen alue varataan kuorman käsittelyä varten työskentelyalueeksi ja vältetään tavaran varastointia tälle alueelle.

on syytä harkita, onko pikalatausasemalle hankittava oma sähköpääkeskus ja liitäntä sähkölaitoksen verkkoon. Sähköpääkeskuksen on oltava määräysten SFS-EN 61439 (Sähkökeskusten perusvaatimukset) mukainen (SESKO 2021, 3-4), huomioiden työmaakeskuksen erityispiirteet standardin SFS-EN 61439-4 mukaisesti. Kuviossa 2 havainnollistetaan pikalatausaseman kytkeminen rakennustyömaan sähköpääkeskukseen.



Kuvio 2. Pikalatausaseman liittäminen rakennustyömaan sähköpääkeskukseen. (mukaillen Rakennustieto 2003, 4)

Taulukossa 3 tarkastellaan tarvittavan sähköpääkeskuksen kokoa, kun työmaalle suunnitellaan pikalatausaseman perustamista. Pikalatausasema tarvitsee oman liitännän sähköpääkeskukseen ja riittävän suuren pääsulakkeen kapasiteetin, jotta sähköpääkeskuksen ylikuormitustilanteilta vältyttäisiin kulutushuippujen aikana.

	Pääkeskuk- sen nimellis- koko ilman latausase- maa	Pääkeskuksen nimelliskoko 100kW (250A) la- tausaseman kanssa	Pääkeskuksen nimelliskoko 150kW (375A) latausaseman kanssa	Pääkeskuksen ni- melliskoko 350kW (438A) latausase- man kanssa
Pieni rakennus- työmaa	160A	400A	400A	630A
Keskisuuri ra- kennustyömaa	400A	630A	1000A (harkitse omaa keskusta)	Oma keskus lataus- asemalle
Suuri rakennus- työmaa	630A	1000A	Oma keskus la- tausasemalle	Oma keskus lataus- asemalle
Erittäin suuri ra- kennustyömaa	1000A	Oma keskus la- tausasemalle	Oma keskus la- tausasemalle	Oma keskus lataus- asemalle

Taulukko 3. Tarvittava sähköpääkeskuksen koko suunniteltaessa työmaalle pikalatausase-
maa. 100kW – 150kW latausjännite 400V, 350kW latausjännite 800V.

Pikalatausaseman sähkönsyöttö voidaan varustaa mukautuvalla kuorman hallinnalla (Adaptive Load Management, ALM). ALM huomioi koko sähköliittymän kuormituksen ja säättää tarvittaessa lataustehoa, jotta ylikuormitustilanteilta vältyttäisiin (Virta Global 2022c). Näin mahdollistetaan pikalatauspisteelle maksimaalinen latausteho aiheuttamatta raken-
nustyömaalle ylikuormitustilanteesta johtuvia sähkökatkoja.

Pikalatausaseman sähkötöiden suorittaminen on syytä antaa niihin perehtyneelle urakoitsi-
jalle, sillä sähköajoneuvojen latausasemia koskevat monet sellaiset standardit, joiden
kanssa työmaasähköistyksiin erikoistuneet urakoitsijat eivät ole tekemisissä. Sama urakoit-
sija voi suorittaa pikalatausaseman käyttöönottotarkastuksen sekä tarvittavat työt ja katsel-
mukset sähkölaitoksen kanssa, jos pikalatausasemalle joudutaan hankkimaan oma sähkö-
pääkeskus.

6.3 Pikalatauspisteen hankinta ja perustaminen

Pikalatauspisteen perustamiselle on kaksi vaihtoehtoa: hankitaan oma pikalatausasema tai
vuokrataan se palveluna. Perustamista edeltää hankintapäätös, jonka tueksi on selvitettävä
pikalatauspisteen tekniset ja toiminnalliset vaatimukset.

Pikalatausaseman suurimman lataustehon määrittelyssä tulee selvittää, kuinka suurta
lataustehoa halutaan tarjota tai miten suurta lataustehoa asiakkaat tarvitsevat.
Pikalatausaseman suurimman lataustehon määrittelyssä mitoittava tekijä on

rakennustyömaan sähköpääkeskuksen nimelliskoko ja sähköliittymän kapasiteetti. Mikäli sähköpääkeskuksen nimelliskoko on riittämätön, tulee suuremman keskuksen hankinta kyseeseen. Tarvittavan pääkeskuksen kokoa on arvioitu taulukossa 3. Samoin sähköliittymän kapasiteetin ylittyessä on hankittava kapasiteetiltaan suurempi sähköliittymä.

Hankesuunnitteluvaiheessa on mahdollista valita suurempi sähköliittymä ja nimellis-kooltaan suurempi sähköpääkeskus.

Latausaseman mallia ja valmistajaa harkittaessa on otettava huomioon erilaiset konfigu-raatiot ja niiden soveltuminen juuri kyseiselle rakennustyömaalle. Optimitilanteessa latausasema tarjoaisi vähintään kaksi latauspistettä eri puolille kuorman purkupaikkaa. Purkupaikan lähellä tulisi olla raskaalle ajoneuvolle sopiva kääntöpaikka, jollei latausmahdollisuutta ole molemminpuolisesti.

Latausaseman ylläpito edellyttää henkilöstöltä teknistä osaamista, joka joudutaan todennäköisesti hankkimaan rakennusliikkeelle pikalatauseman hankinnan yhteydessä. Vikatilanteiden päivystys ja korjaustyö vaatii henkilöstö-, kalusto- sekä varaosaresursseja.

Valitun tehoinen pikalatausasema tilataan haluttuine liitännöineen pikalatausaseman myyjältä ja asennetaan sähkötyöiden jälkeen asennusohjeiden mukaisesti rakennustyömaalla valittuun paikkaan ja suojataan se iskuilta. Asennuksen jälkeen suoritetaan käyttöönotto- kustus ja latausasema otetaan käyttöön. Työmaahenkilöstö perehdytetään latausaseman käyttöön ja sen turvalliseen operointiin, jotta nämä osaavat opastaa työmaalle saapuvien ajoneuvojen kuljettajia latauspisteen käytössä. Pikalatausaseman vuosittainen huolto ja ylläpito sovitaan esimerkiksi valmistajan kanssa.

Pikalatausaseman saa hankittua myös avaimet käteen -palveluna, jolloin hankintapäätök- sen jälkeen latausaseman suunnittelun, hankinnan, sähköurakoinnin ja tarvittaessa myös kaivuutyöt saa ulkoistettua aliorakoitsijalle (Eltel Networks 2022).

Sähköajoneuvojen latausasemia saa hankittua yrityksille palveluna. Suomessa palvelua tuottavat ainakin Virta Global ja Neste Lataus. Kummankin operaattorin palveluihin kuuluu avaimet käteen -paketti kuukausihinnalla. Riippuen valitusta palvelun tasosta, palvelu sisältää esimerkiksi Virran palvelupaketissa seuraavat palvelut:

- Latauspisteen hankinnan
- Latauspisteen määrittämisen
- Latauspisteen asennuksen
- Takuun
- Etädiagnostiikan
- Laitteiden ylläpidon, sisältäen ohjelmistopäivitykset

- Palvelutasosopimuksen käytettävyydelle
- Huollon (Virta Global 2022, Neste Lataus 2022.)

Yritysten palveluportfoliosta ei vielä löydy palveluita rakennustyömaille, mutta päästöttömien rakennustyömaiden yleistyessä tarve perustaa sähköajoneuvojen latausasemia rakennustyömaille tulee kasvamaan. Tämä tulee olemaan uutta liiketoimintaa latauspalveluoperaattoreille.

6.4 Pikalatauspisteen perustamiskustannukset

Pikalatausaseman kustannukset koostuvat itse pikalatauslaitteesta, sen vaatimista sähkötoista ja sähköpääkeskuksen hankinnasta tai laajentamisesta sekä mahdollisesta rakennustyömaan sähköliitännän kapasiteetin kasvattamisesta tai kokonaan uuden liitännän hankkimisesta.

Pikalatauslaitteiston hinta vaihtelee konfiguraation mukaan. Latauslaitteistosta ABB Terra maksaa yhteensä noin 78500 €, sisältäen 54000 € arvoisen keskuslaitteiston sekä 24500 € arvoisen latausaseman. Alpitronicin Hypercharger HYC300 pikalatausasema maksaa 75 kW latausoptiolla 47000 €, 2x 75 kW (150 kW latausteho) latausoptiolla 61999 €, 3x75 kW (225 kW) 76899 € ja 4x75 kW (300 kW) 86999 € (Charging Shop EU 2022.) Hinnat, jotka ovat arvonlisäverottomia, eivät sisällä suunnittelupalveluita, asennusta, sähkötoita tai ylläpitopalveluita. Hinnat on tarkastettu syyskuussa 2022.

6.5 Pikalatauspisteen ylläpito- ja käyttökustannukset

Latauspisteen ylläpitokustannukset syntyvät laitteiston määräaikaishuolloista, ohjelmistopäivityksistä ja tietojärjestelmäylläpidosta sekä tietoliikennekustannuksista. Käyttökustannukset ovat sähkön käytöstä johtuvia kustannuksia ja niitä ovat sähköliittymän sekä sähköenergian kustannukset. Laitteiston ylläpitokustannukset ovat laite- ja konfiguraatiokohtaisia, eivätkä siksi tässä arvioitavissa. Pikalatauspisteen vuokraushintaan kuuluvat ylläpito- ja muut palvelut ja sisältyvät siis kuukausittaiseen maksuun. Tämä maksu on operaattori- ja asiakaskohtainen, eikä siksi tässä arvioitavissa.

6.6 Pikalatauspisteen käyttökustannukset ja niiden veloitus

Sähköliittymän ja sähkön siirron hinta on alue- ja sähköverkko-operaattori-kohtaista, joten taulukkoon sisällytetään ainoastaan sähköenergian arvonlisäveroton keskihinta ilman siirtomaksua. Sähkön hintana pidetään 22.9.2022 päivättyä 28 päivän sähkön keskihintaa 23,7snt / kWh (Nord Pool 2022). Pikalatauskerran hinta latauspisteen ylläpitäjälle

määräytyy kulutetun sähköenergian mukaan. Sähköenergian kulutus riippuu latauskerran kestosta ja käytetystä lataustehosta. Sähköenergian kulutus lasketaan kaavalla 4.

$$E = \frac{t}{60} * P \quad (4)$$

Missä E = Sähköenergia [kWh]

t = Latausaika minuutteina

P = Latausteho [kW]

Kaava ei huomioi tehohäviöitä.

Taulukossa 4 tarkastellaan sähköenergian hinnan muodostumista eri lataustehoilla.

Latausteho kW	Latausaika minuuttia	Sähköenergian määrä kWh	Hinta € (0,237 €/kWh)
40	20	13,3	3,15 €
50	20	16,67	3,95 €
100	20	33,3	7,89 €
150	20	50	11,85 €
350	20	116,67	27,65 €

Taulukko 4. 20 minuutin kestoisen latauskerran sähköenergian hinta eri lataustehoilla.

Latauspalveluoperaattorit tarjoavat erilaisia vaihtoehtoja sähköenergian hinnan veloittamiseen käyttäjältä, yleisimpien ollessa joko sovelluksen tai RFID-lataustunnisteen (ns. avaimenperätunniste) käyttö. Operaattori tarjoaa mahdollisuuden hinnoitella latauspalvelun itse ja operaattori hoitaa laskutuksen ja muut rahaliikenteen velvollisuudet. (Virta Global 2022b.)

Käytettäessä itse operoitua ja omistettua pikalatauspistettä joutuu ylläpitäjä huolehtimaan itse maksupalvelujärjestelmän hankinnasta, kehittämisestä ja ylläpidosta sekä laskutuksen lainmukaisuudesta, huomioiden esimerkiksi valtioiden rajat ylittävän arvonlisäverotuksen (Virta Global 2022b).

7 Yhteenveto ja pohdinta

Rakennettu ympäristö ja sen käyttö tuottaa merkittävän osan koko Suomen hiilidioksidipäästöistä. Työmaa-aikaiset toiminnot (4,7 %) ja näistä kuljetukset (2 %) tuottavat rakennuksen elinkaaren aikaisista hiilidioksidipäästöistä vain murto-osan, mutta jokaiseen päästölähteeseen on tartuttava ja pyrittävä vähentämään niiden osuutta. Rakennustyön aikaisien kuljetusten osuus hiilidioksidikilotonneina vuotuisista rakennetun ympäristön laskennallisista kokonaispäästöistä (17093 ktCO₂) on 348 ktCO₂ (Rakennusteollisuus 2020.), vastaten kuitenkin lähemmäs 50000 suomalaisen keskimääräistä vuosittaista hiilidioksidipäästöä (Climate Watch 2020).

Liikenne sähköistyy kasvavaan tahtiin. Akku- ja latausteknologian kehittyessä myös raskas liikenne tulee siirtymään yhä enemmän sähköisten voimalinjojen käyttöön. Selvitykset ja laskelmat osoittavat, että sähköiseen liikenteeseen siirtyminen vähentää tehokkaasti hiilidioksidipäästöjä myös raskaan liikenteen osalta.

Ladatun sähköön tuotantotapa vaikuttaa tuotettuun hiilidioksidipäästöön. Suomessa tuotettiin vuonna 2021 kaikesta sähköstä jo 87 % hiilidioksidivapaasti ja 54 % hyödyntäen uusiutuvia energian lähteitä (Energiateollisuus 2022). Rakennusliike voi sähkösopimusta tehdesään edellyttää, että hankittu sähkö on tuotettu esimerkiksi täysin hiilidioksidivapaasti tai käyttäen uusiutuvaa energiaa.

Haasteena raskaan liikenteen sähköistymiselle tällä hetkellä koetaan rajattu toimintamatka. Perustamalla pikalatausasemia rakennustyömaille voidaan tarjota kuljetusliikelle mahdollisuus kasvattaa kuljetusajoneuvojen päivittäistä toimintamatkaa ilman erillisiä lataustaukoja, samalla vähentäen kuljetuksista johtuvia hiilidioksidipäästöjä merkittävästi. Yhtälössä voittavat rakennusliike, kuljetusliike sekä ympäristö.

Sähköajoneuvojen pikalatausasemalaitteistot ovat kalliita ja niiden vaatimat sähkötyöt ovat töitä, jotka vaativat erikoisosaamista. Yksittäisenä investointina yhdelle työmaalle pikalatausaseman hankinta asennus- ja sähkötoineen on merkittävä kustannuserä. Rakennusliikelle, jonka ydinosaamista ei ole sähköajoneuvojen latausasemien tai -verkon rakentaminen tai ylläpitäminen, onkin kustannustehokkainta hankkia pikalatausasema työmaalle avaimet käteen -palveluna. Näin välttyään kalliilta alkuinvestoinneilta sekä ylläpito- ja huoltokustannuksilta ja maksuliikenteen haasteilta, kun palvelusopimuksessa nämä kaikki on ulkoistettu palveluntuottajalle. Rakennusliikkeen ei tällöin myöskään tarvitse hankkia omaa osaamista latauslaitteiston ylläpito- ja asennustehtäviin.

Pikalatausaseman tehoa suunniteltaessa on selvitettävä, minkälaisessa toimintaympäristössä ollaan kenelle ja minkälaista latauspalvelua tuottamassa. Kuten taulukosta 2 selviää,

on lyhyen kuormanpurkupysähdyksen aikana tarjottava toimintamatkan lisäys suoraan suhteessa käytössä olevaan lataustehoon ja ajoneuvon energiankulutukseen. Myös pysähdyksen pituudella on iso merkitys. Logistiikkapalvelun tuottajan näkökulmasta mitä useammassa asiakaskohteessa on ajoneuvon latausmahdollisuus, sen pienemmällä pysähdyskohtaisella latausteholla pärjää. Kaupunkiympäristössä toimittaessa voi jakeluautolla olla useampia pysähdyksiä lyhyemmän kuljetun matkan aikana, jolloin pysähdyskohtaisen toimintamatkan kasvattamisen tarve voi olla pienempi ja täten tarvittava lataustehokin voi olla pienempi. Latausmahdollisuuksien taas ollessa harvemmassa kasvaa lataustehon ja sitä kautta pysähdyksen aikana saatavan toimintamatkan kasvun merkitys. Rakennusliikkeen näkökulmasta, jos halutaan kompensoida kuljetuksen aiheuttamia päästöjä, on suurempi latausteho lähes aina parempi, sillä se kannustaa logistiikkapalvelun tuottajia siirtymään yhä enemmän sähköisiin ajoneuvoihin näiden päivittäisten toimintamatkojen kasvaessa latausmahdollisuuksien parantuessa.

Latausasemien perustaminen hyödyttää tulevaisuudessa sähköistyviä rakennustyökoneita, kun työmaalla on koneiden latausvalmius. Rakennuskoneita ladataan tällä hetkellä valmistajakohtaisilla ja erilaisilla ratkaisuilla, mutta on oletettavaa, että standardointi, joka on jo pitkällä ajoneuvopuolella, löytää tiensä myös rakennustyökoneiden latausratkaisuihin. Tällöin työmailla jo olevia latausasemia pystytään hyödyntämään työkoneiden latauksessa. Pikalatausasemien perustamisesta saatavat kokemukset palvelevat tulevaisuudessa sähköistyvien rakennustyökoneiden latausratkaisujen kehittämistä myös niiden työmaiden osalta, joihin ei pikalatauspisteitä suunnitella.

Pikalatauspiste palvelee työmaan henkilökuntaa ja alihankkijoita näin erikseen sovittaessa. Pääurakoitsija voi halutessaan tarjota työntekijöilleen ja aliurakoitsijoilleen latausmahdollisuuden esimerkiksi työajan päätyttyä henkilökuntahintaan näin osaltaan mahdollistaen sähköisteen liikenteeseen siirtymistä ja ehkä toimien myös rekrytointivalttina, varsinkin työmaiden toimihenkilöpulan rasittamilla alueilla. Työnantajan kustantama sähköauton latausetu on verovapaa etu vuosina 2021–2025.

Rakennusliikkeelle on hyödyllistä olla kehityksen kärjessä pilotoimassa sähköisen liikenteen ratkaisuja työmailla jo nyt, sillä hankintaorganisaatioiden sitoutuminen päästövähennysten toteuttamiseen näkyy jo nyt esimerkiksi Päästötön työmaa -konseptissa, joka tulee muuttamaan suurten kaupunkien toteuttamien julkisten rakennushankkeiden työmaita yhä vähäpäästöisimmiksi ja sähköistä liikennettä suosiviksi jo lähivuosina.

Jatkotutkimusta aiheesta tarvitaan. Käytännön kokeiluna pikalatauspisteen perustaminen tuo arvokasta tietoa siitä, miten latausaseman perustaminen vaikuttaa työmaan logistiikkaan ja työmaan sähköverkon kuormitukseen. Kustannusten jakoa tulee tutkia ja simuloida

erilaisia skenaarioita sekä sitä, miten ne hyödyttävät eri osapuolia ja ympäristöä. Tutkimusta tarvitaan myös latausaseman käyttökokemuksista ja lataustavoista niin latausaseman käyttäjiltä kuin työmaaorganisaatioilta.

On hyödyllistä myös tarkastella sähkön tuotantotavan merkitystä yleisestikin työmaa-aikaisien toimintojen päästöjen osalta, sekä tutkia ennakkoluulottomasti mahdollisuuksia omaan energian tuotantoon, etenkin suurempien rakennusliikkeiden ollessa kyseessä. Tällöin voidaan jopa harkita tuulivoimapuiston rakentamista työmaiden sähkön tuotantoa varten. Tuulivoimasta saatava energia myytäisiin sopimuskumppanille, joka hoitaisi sähkön siirron valtakunnan verkkoon ja rakennusliike ostaisi sähköenergian takaisin työmaalle. Tuotannosta yli jäävä energia voitaisiin myydä sähkömarkkinoille.

Lähteet

ABB. 2022a. Terra 360, the high power charger for everyone. Viitattu 17.9.2022.

Saatavissa <https://new.abb.com/ev-charging/terra-360>

ABB. 2022b. ABB Terra 360 brochure. Viitattu 20.9.2022. Saatavissa

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK108466A1803&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>

Alpitronic. 2022. Product data sheet. HYC300. 75kW / 300kW Rapid charging point for electric vehicles. Viitattu 22.9.2022. Saatavissa https://www.hypercharger.it/wp-content/uploads/2021/10/HYC300_PRODUCT-BRIEF_V2-1_EN.pdf

Burul D. & Algesten D. 2021. Life Cycle Assessment of Distribution Vehicles. Battery vs Diesel Driven. Scania. Viitattu 12.9.2022. Saatavissa

<https://www.scania.com/content/dam/group/press-and-media/press-releases/documents/Scania-Life-cycle-assessment-of-distribution-vehicles.pdf>

Climate Watch. 2020. GHG Emissions. Washington, DC: World Resources Institute.

Viitattu 27.9.2022. Saatavissa <http://climatewatchdata.org/ghg-emissions>

Eltel Networks. 2022. Sähköautojen latausjärjestelmät. Viitattu 27.9.2022. Saatavissa

<https://www.eltelnetworks.fi/palvelut/sahkoautojen-latausjarjestelmat/>

Energiateollisuus. 2022. Energiavuosi 2021. Viitattu 5.11.2022. Saatavissa

https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/energiavuosi_2021_-_sahko.html

Fastned. 2022. Everything you've always wanted to know about fast charging. Viitattu

20.9.2022. Saatavissa <https://fastnedcharging.com/hq/everything-youve-always-wanted-to-know-about-fast-charging/>

Heikkilä, T., Hikman K., Kaihonen K., Linja-aho V., Malmari F., Mäntylä, J., Seppälä J.

2020. Kysymyksiä sähköautoista. SATL:n asiantuntijat vastaavat. Helsinki: Suomen autoteknillinen liitto.

J. C. Bamford Excavators Ltd. 2022a. E-TECH | Electric Compact Construction

Equipment. Viitattu 20.9.2022. Saatavissa <https://www.jcb.com/en-gb/campaigns/etech-range>

J. C. Bamford Excavators Ltd. 2022b. Electric Compact Telehandler | 525-60E. Viitattu

4.10.2022. Saatavissa

<https://www.jcb.com/dfsmedia/261086efe15a46f5afb95d093ef038ea/54126-source>

Kempower. 2021. Kempower C-station C800 datasheet Rev G 11_2020_2020-12-11. Viitattu 20.9.2022. Saatavissa <https://kempower.com/wp-content/uploads/2021/01/Kempower-C-station-C800-datasheet-Rev-G-11-2020.pdf>

Kempower. 2022a. Kempower download center, product documents. Viitattu 17.9.2022. Saatavissa <https://kempower.com/download-center/?t=datasheet>

Kempower. 2022b. Kempower Power Unit C800. Viitattu 9.11.2022. Saatavissa <https://kempower.com/wp-content/uploads/2022/10/Kempower-Power-Unit-C800-EN-Datasheet-V3-1022.pdf>

Laki liikenteessä käytettävien vaihtoehtoisten polttoaineiden jakelusta. 28.6.2017/478 Suomen laki. Viitattu 9.11.2022. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170478>

Lee, D.-Y., Thomas, V. M., & Brown, M. A. 2013. Electric Urban Delivery Trucks: Energy Use, Greenhouse Gas Emissions, and Cost-Effectiveness. Environmental Science & Technology.

Mercedes-Benz. 2022. eSprinter-pakettiauton tekniset tiedot, mitat ja paino. Viitattu 19.10.2022. Saatavissa <https://www.mercedes-benz.fi/vans/fi/sprinter/e-sprinter-panel-van/technical-data>

Neste. 2021. Journey to Zero Stories. Miksi raskas liikenne sähköistyy hitaammin? Nämä 5 tekijää ratkaisevat logistiikkayrityksen matkalla kohti kaluston sähköistämistä. Viitattu 12.9.2022. Saatavissa <https://www.neste.fi/konserni/journeytozerostories/arkisto/1500-liikenne/miksi-raskas-liikenne-sahkoistyy-hitaammin-nama-5-tekijaa-ratkaisevat-logistiikkayrityksen-matkalla-kohti-kaluston-sahkoistamista-1>

Neste Lataus. 2022. Neste Lataus – sähkölatausratkaisuilla kohti hiilineutraaliutta. Viitattu 21.9.2022. Saatavissa <https://www.neste.fi/yritysasiakkaat/tuotteet-ja-palvelut/palvelut-yrityksille/neste-lataus>

Nord Pool. 2022. Market Data | Day Ahead Prices. Viitattu 22.9.2022. Saatavissa <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/FI/Monthly/?view=table>

Paakkinen, M. 2021. Ilmansuojelu-lehti 3/2021. Liikenteen laajamittaisen sähköistymisen edellytyksenä on oikein toteutettu latausinfra. Ilmansuojeluyhdistys ry. Viitattu 13.10.2022. Saatavissa https://isy.fi/wp-content/uploads/2021/10/IS_3_2021_NETTI.pdf

Ramirent. 2022. Sähköpääkeskukset. Viitattu 20.9.2022. Saatavissa

<https://www.ramirent.fi/vuokraa/sahkoistys-ja-valaistus/sahkoistys/paakeskukset>

Rakennusteollisuus. 2020a. Rakennetun ympäristön hiilijalanjäljen nykytila. Viitattu 27.9.2022. Saatavissa

https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ajankohtaista/ajankohtaista-liitteet/2020/200423_rt_sankey.pdf

Rakennusteollisuus. 2020b. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Osa 4.

Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön tiekartta 2020 – 2035 – 2050. Lopullinen versio. Viitattu 8.11.2022. Saatavissa

https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyyys_uudet/rt_4.-raportti_vahahiilisyyden-tiekartta_lopullinen-versio_clean.pdf

Rakennustieto. 2003. Työmaan sähköistys. (Ratu 02-3037)

Rakennustieto. 2017. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. (Ratu C2-0454)

Renta. 2022. Sähköpääkeskukset. Viitattu 20.9.2022. Saatavissa

<https://www.rentaeasy.fi/vuokraa/paakeskus>

Seppänen, J. 2021. Sähköautojen lataamisen ominaispiirteet kylmissä ääriolosuhteissa.

Kandidaattityö. LUT School of Energy Systems. Viitattu 19.9.2022. Saatavissa

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/162459/Kandidaatinty%C3%B6_Sepp%C3%A4nen_Joni.pdf

Scania. 2021. Battery electric truck. Viitattu 19.9.2022. Saatavissa

<https://www.scania.com/group/en/home/products-and-services/trucks/battery-electric-truck.html>

SFS 6000-7-722. 2017. Pienjänniteasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Sitoumus 2050. 2022. Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -

sopimus. Viitattu 9.10.2022. Saatavissa: <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/>

SESKO. 2021. Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2021. Viitattu 16.9.2022. Saatavissa:

<https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/>

Tilastokeskus. 2022. Sähköautojen ensirekisteröinnit kasvussa, mutta sähköautoja vielä harvoilla. Viitattu 13.9.2022. Saatavissa:

<https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2022/sahkoautojen-ensirekisteroinnit-kasvussa-mutta-sahkoautoja-viela-harvoilla/>

Valtioneuvosto. 2019. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Viitattu

13.9.2022. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnonmonimuotoisuuden-turvaava-suomi>

Virta Global. 2022a. Virran latausliiketoiminta palveluna. Viitattu 21.9.2022. Saatavissa

<https://www.virta.global/fi/latausratkaisu>

Virta Global. 2022b. Virta. Maksaminen ja laskutus. Viitattu 27.9.2022. Saatavissa

<https://www.virta.global/fi/latausratkaisu/maksaminen-ja-laskutus>

Virta Global. 2022c. Virran älykkäät energianhallintaratkaisut. Viitattu 27.9.2022.

Saatavissa <https://www.virta.global/fi/latausratkaisu/energiahallinta>

Volvo Construction Equipment. 2022a. Electric machines. Viitattu 20.9.2022. Saatavissa

<https://www.volvoce.com/europe/en/products/electric-machines/>

Volvo Construction Equipment. 2022b. Volvo Electric Compact Wheel Loaders 4.5 – 5.4t.

L20 Electric, L25 Electric. Viitattu 4.10.2022. Saatavissa [https://www.volvoce.com/-](https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/products/electric-machines/electric-wheel-loaders/brochures/brochure_l20_electric_l25_electric_en_21_20059105_e.pdf)

[/media/volvoce/global/products/electric-machines/electric-wheel-](https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/products/electric-machines/electric-wheel-loaders/brochures/brochure_l20_electric_l25_electric_en_21_20059105_e.pdf)

[loaders/brochures/brochure_l20_electric_l25_electric_en_21_20059105_e.pdf](https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/products/electric-machines/electric-wheel-loaders/brochures/brochure_l20_electric_l25_electric_en_21_20059105_e.pdf)

Volvo Trucks. 2022. Volvo FMX Electric. Viitattu 26.10.2022. Saatavissa

<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/trucks/volvo-fmx/volvo-fmx-electric.html>

YIT. 2021. YIT sitoutuu tieteeseen perustuviin päästövähennystavoitteisiin (Science Based Targets initiative) ensimmäisenä suomalaisen rakennusyhtiönä. Viitattu 20.9.2022.

Saatavissa [https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/sijoittajauutiset/yit-sitoutuu-](https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/sijoittajauutiset/yit-sitoutuu-tieteeseen-perustuviin-paastovahennystavoitteisiin-science-based-targets-initiative-ensimmaisena-suomalaisena-rakennusyhtiona)

[tieteeseen-perustuviin-paastovahennystavoitteisiin-science-based-targets-initiative-](https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/sijoittajauutiset/yit-sitoutuu-tieteeseen-perustuviin-paastovahennystavoitteisiin-science-based-targets-initiative-ensimmaisena-suomalaisena-rakennusyhtiona)

[ensimmaisena-suomalaisena-rakennusyhtiona](https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/sijoittajauutiset/yit-sitoutuu-tieteeseen-perustuviin-paastovahennystavoitteisiin-science-based-targets-initiative-ensimmaisena-suomalaisena-rakennusyhtiona)