



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Paavo Onkinen

Pikaraitiotien tilaajan perehdyttäminen sähkötekniisiin järjestelmiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

18.9.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Paavo Onkinen Pikaraitiotien tilaajan perehdyttäminen sähkötekniisiin järjestelmiin 42 sivua + 5 liitettä 18.9.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	projektipäällikkö Jore Aitamurto yliopettaja Jarno Varteva
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää sähköurakoitsijan käytön opastusvelvoitteita eri toimialoilla ja kerätyn tutkimustiedon valossa kehittää case-yritykselle raitiotierakentamiseen suunnattu käytön opastussuunnitelma.</p> <p>Tutkimus toteutettiin laadullisen tutkimuksen menetelmää soveltaen. Tutkimuksessa paneuduttiin Suomen sähkötyötä sääntelevään lainsäädäntöön ja sen nojalla velvoittaviksi säädetyihin asiakirjoihin. Lisäksi työtä varten tehtiin teemahaastatteluita alan käytäntöjen selvittämiseksi.</p> <p>Suunnitelma case-hankkeen käytön opastuksesta tehtiin tutkimustiedon perusteella ja käytön opastuksen suunnitellut sisällöt määritettiin perehtymällä rakennettavan järjestelmäkokonaisuuden tekniisiin ratkaisuihin.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin, että sähköalan käytön opastusta ei säännellä lainkaan lainsäädäntötasolla. Urakoitsijan velvoite käytön opastuksen antamiseen katsotaan yleensä syntyvän sopimusperusteisesti. Käytön opastuksen antaminen on vakiintunut tapa varsinkin kulluttaja-asiakkaille tehtävässä urakoinnissa. Tätä näkemystä edelleen puoltaa käytön opastuksen huomioiminen jo sähköalan ammatillisessa perusopetuksessa. Sähköverkkoalalla vastaavanlaista vakiintunutta toimintamallia ei ole. Nämä erot johtuvat todennäköisesti tilaajien ammattitaustasta ja hyvin erityyppisestä hankintaprosessista. Parhaimmillaan käytön opastus pidentää laitteiston käyttöikä ja energiatehokkuutta.</p> <p>Insinööriyötä ja syntynyttä suunnitelmaa voidaan käyttää case-yrityksen ja Raide-Jokeri-hankkeen luovutus- ja käyttöönottoprosessien kehittämiseen.</p>	
Avainsanat	käytön opastus, perehdytys, sähköturvallisuus, käyttötyö

Author Title	Paavo Onkinen Electric systems introduction for light rail client
Number of Pages Date	42 pages + 5 appendices 18 September 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Jore Aitamurto, Project Manager Jarno Varteva, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis work was to research electrical contractor's guidance obligations on different branches of industry, as well as to develop a guidance plan for tramway construction for the case-company, in light of the collected research data.</p> <p>The study was carried out using qualitative research methods. The study focused on the Finnish legislation regulating electrical work and other legally binding documents. In addition, thematic interviews were carried out to further research field practices. The guidance plan for the case-project was made using the research data and the contents were decided on basis of the technical solutions applied in the case-project.</p> <p>The results of this study show that guidance in the electrical field is not regulated by law in Finland. Usually, the contractor's obligation to carry out guidance is contract based and it is well established practice to give guidance especially when the client is a consumer. It is also part of the basic vocational education in electrical engineering, which further establishes the role of guidance. No such practice exists in the field of electrical grids, for example. This is most likely due to the differences in the professional backgrounds of the clients and the differences in the delivery process. At best, proper use of guidance can improve the lifespan and energy efficiency of the equipment.</p> <p>This thesis and the guidance plan in it can be used to develop the handover and implementation processes in the case-company and Jokeri light rail project.</p>	
Keywords	Use of guidance, introductory training, electrical safety, Operational Work of Electrical Installations

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Hankkeen ja toteutusmallin esittely	3
2.1	Allianssitoteutusmallin esittely	3
2.2	Raide-Jokeri-allianssi	6
3	Pikaraitiotien sähkö- ja teknisten järjestelmien kuvaus	8
3.1	Sähkönsyöttöasemat ja ajojohdinjärjestelmä	8
3.2	Turva-, ohjaus- ja tukijärjestelmät	10
4	Tutkimustulokset	11
4.1	Sähkölaitteistoja ja niiden rakentamista koskeva lainsäädäntö Suomessa	12
4.2	Tilaaajan käyttöopastusta koskevat standardit	14
4.3	Alan käytännöt ja suositukset sekä tutkimukset aiheesta	15
4.3.1	ST-kortiston aineisto ja rakennusalan sähköistysopas	15
4.3.2	Tampereen raitiotieallianssi	17
4.3.3	Käytön opastus ammatillisen perustutkinnon tutkintoperusteissa	18
4.3.4	Käytön opastus alan opinnäytetöissä	18
4.3.5	Tukesin tutkimusprojekti sähköasennustöiden tasosta 2016	19
4.4	Allianssisopimuksen asettamat vaatimukset	20
4.5	Päätelmät kirjallisuuskatsauksesta ja haastatteluista	21
5	Suunnitelma tilaaajan perehdyttämiseksi	23
5.1	Järjestelmäkohtaiset vaatimukset	23
5.1.1	Sähkönsyöttöasemat	24
5.1.2	Vaihteenohjaus ja -lämmitys	38
5.2	Suunnitelma käytön opastuksen antamisesta	39
6	Yhteenveto	40
7	Lähdeluettelo	42

Liitteet

Liite 1. Raitiovaunun sähkönsyötön periaatekaavio

Liite 2. Haastattelurunko

Liite 3. Sähkönsyöttöaseman maadoituskaavio

Liite 4. Käytön-opastussuunnitelma Raide-Jokerin sähkö- ja teknisiin järjestelmiin 1. osa

Liite 5. Käytön-opastussuunnitelma Raide-Jokerin sähkö- ja teknisiin järjestelmiin 2. osa

Lyhenteet

HKL	Helsingin kaupungin Liikennelaitos.
KAS	Allianssin kehitysvaihe.
KJ	Keskijännite (1000 V – 20 kV).
kV	Tuhat volttia.
kVA	Tuhat voltiampeeria.
LOK	HKL:n liikenteenohjauskeskus.
PJ	Pienjännite (60 VAC – 1000 VAC / 120 VDC – 1500 VDC).
RJ	Raide-Jokeri.
SCADA	Valvomo-ohjelmisto.
SSA	Sähkösyöttöasema.
STL	Sähköturvallisuuslaki (1135 / 16.12.2016).
TAS	Allianssin toteutusvaihe.
TATE	Talotekniikka.
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.
UPS	Uninterruptible Power Supply. Varavirransyöttöjärjestelmä.
VLD	Voltage limiting device.
VNA	Valtioneuvoston asetus.

1 Johdanto

Käytön opastus on yleisesti muuttunut yhä merkittävämmäksi osaksi sähkölaitteistojen käyttöönottoa ja luovutusta. Vuosien saatossa laitteistot ovat kehittyneet teknisesti monimutkaisemmiksi samalla kun turvallisuuskeskeisyys on myös korostunut. Käytön opastuksella pyritään varmistamaan, että laitteiston käyttäjällä on edellytykset tehdä tarvittavat käyttö- ja huoltotoimenpiteet turvallisesti aiheuttamatta turhaa häiriötä muulle ympäristölle.

Käytön opastuksen toteutustapa ja laajuus vaihtelee riippuen laitteistosta, asiakkaasta ja tarpeesta. On luonnollista, että kuluttaja-asiakkaalle rakennettavan aurinkosähköjärjestelmän käytön opastuksessa keskitytään eri asioihin verrattuna raitiotiejärjestelmän ammattimaisen tilaajan opastamiseen. Opastuksen toteutus voi vaihdella lyhyestä suullisesta käyttökytkinten esittelystä useiden päivien pituisiin käyttökoulutuksiin. Hyvin toteutettu käytön opastus ottaa huomioon asiakkaan yksilölliset tarpeet ja tavoitteet.

Tämä insinööriyö on tehty NRC Group Finland Oy:n Raitiotie-divisioonan palveluksessa Raide-Jokeri-allianssin sähkö- ja tekniset järjestelmät -tekniikkalajille. NRC Group on pohjoismainen infrarakentamiseen keskittynyt yritys. Sen Suomen toiminnot saivat alkunsa yrityskaupassa, kun VR Group myi rakentamisliiketoimintansa NRC:lle (VR Track Oy).

NRC Group Finland Oy on mukana Raide-Jokeri-allianssissa, joka rakentaa pääkaupunkiseudulle 25 kilometriä pitkän pikaraitiotielinjan. Allianssin tilaajina toimivat; Espoon ja Helsingin kaupungit.

Insinööriyön ensimmäinen tavoite on selvittää sähkölaitteiston rakentajalle asetettuja käytön opastusvelvoitteita ja alalla olevia käytäntöjä aiheeseen liittyen. Selvityksessä keskitytään sähkötyötä sääntelevään lainsäädäntöön, standardeihin ja alalla yleisesti hyväksytyihin suositusluontoisiin julkaisuihin. Lisäksi selvitetään alan käytäntöjä vastaavan kaltaisissa hankkeissa tekemällä haastatteluja. Opinnäytetyö ei käsittele varsinaisen opetus- tai perehdytysmateriaalin tuottamista, eikä raitiotiesähköjärjestelmien teknisiä yksityiskohtia.

Työn toisena tavoitteena on laatia toimeksiantajan käyttöön selvityksen pohjalta suunnitelma tilaajalle annettavasta käytön opastuksesta. Suunnitelman tulee ottaa kantaa annettavan opastuksen riittävään laajuuteen sekä toimia esimerkkinä, kuinka käytön opastus on hyvä toteuttaa.

Opinnäytetyössä esitettyjä johtopäätöksiä ja tehtyä suunnitelmaa voidaan käyttää Raide-Jokerin ja NRC:n luovutusprosessien kehittämisessä. Suunnitelma on tehty Raide-Jokerin sähkötekniisiä järjestelmiä varten, mutta sen perusrakennetta pystyy hyödyntämään myös muissa samankaltaisissa hankkeissa.

Haasteena on ollut aihetta käsittelevän kirjallisuuden vähäisyys sekä kirjavat käytännöt alalla. Tämä taas saattaa johtua siitä, että käytön opastusta ei ole juuri säännelty.

2 Hankkeen ja toteutusmallin esittely

Raide-Jokeri-pikaraitiotielinja rakennetaan allianssimuotoisena työyhteenniittymänä. Allianssimuotoinen urakointi on Suomessa vielä suhteellisen tuore tapa tilata ja toteuttaa hankkeita. Allianssin tärkein toimintaedellytys ovat yhteistyökykyiset ja ratkaisuhenkiset ihmiset.

2.1 Allianssitoteutusmallin esittely

Allianssimuotoinen toteutustapa sai alkunsa Australian öljyteollisuudessa, jossa havahduttiin monimutkaisten ja riskipitoisten hankkeiden päättyvän usein vasta oikeuskäsittelyn jälkeen. Hankkeiden osapuolten välisiä ristiriitoja syntyi varsinkin tilanteissa, joissa kustannusennusteet olivat ylittyneet, tai laadulliset tavoitteet jääneet saavuttamatta. Perinteisten sopimusmallien ongelmiksi havaittiin päätöksenteon kankeus ja osapuolten haluttomuus ongelmanratkaisuun hankkeen parhaaksi. (12, s. 57.)

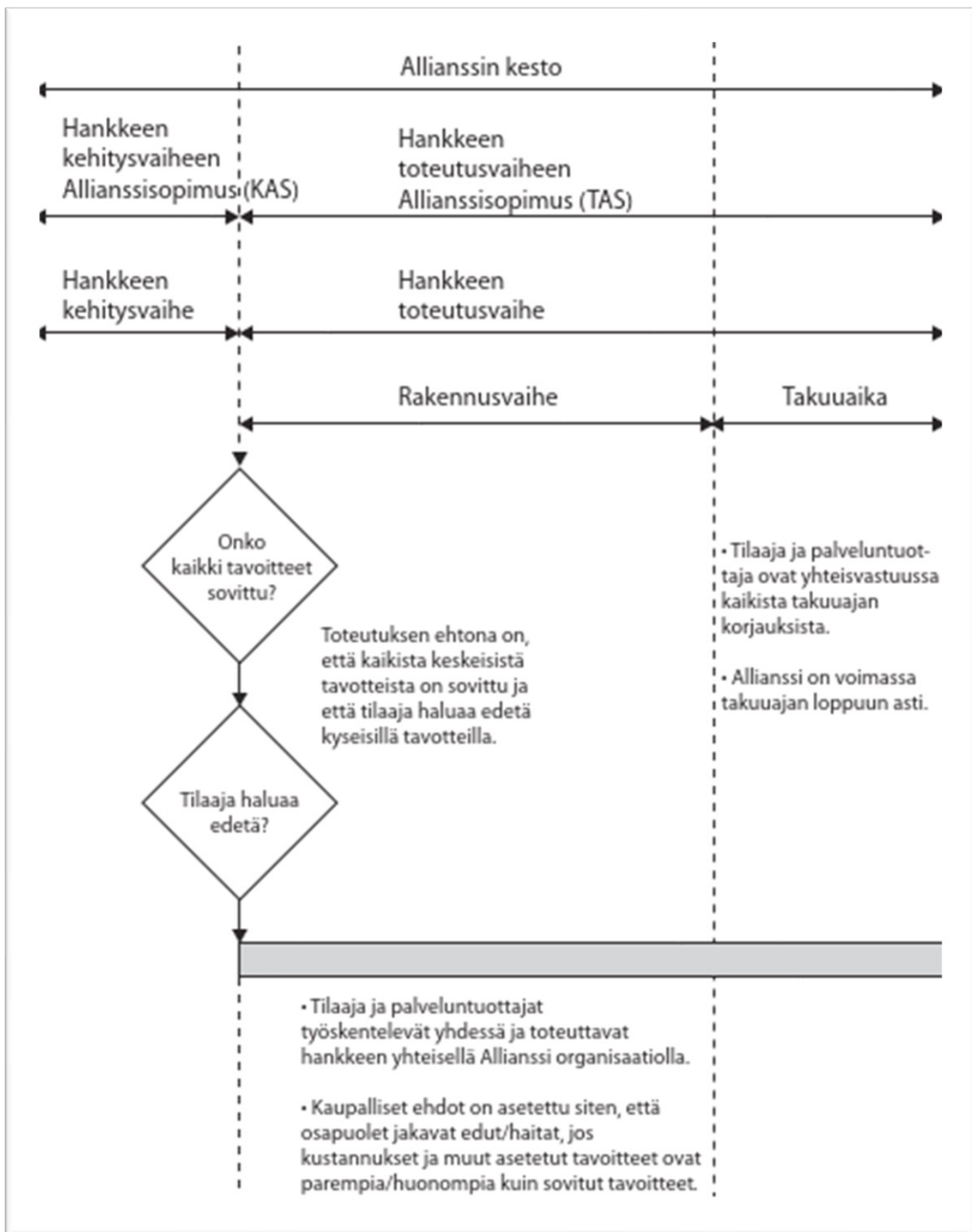
Yli-Villamon ja Petäjämäen (12, s. 58.) mukaan allianssi perustuu osapuolten väliseen sopimukseen, jossa on määritelty riskien ja hyötyjen jaosta eri osapuolille. Infrahankkeissa osapuolet ovat usein tilaaja, suunnittelutoimisto(t) ja urakoitsija(t). Allianssisopimus ohjaa hankkeen osapuolia toimimaan yhdessä sovittujen periaatteiden mukaan. Alalla yleisiksi allianssitoiminnan periaateiksi ovat muodostuneet avoimuus, luottamus, yhteisvastuullisuus ja ongelmanratkaisu yhdessä. (12, s. 59.)

Allianssin tavoitteena on koota hanketta toteuttamaan organisaatio, joka pystyy toimimaan yritysrajoista huolimatta hankkeen parhaaksi ja jonka sisäinen luottamus on vahva. Näiden ominaisuuksien pohjalta voidaan muodostaa organisaatio, joka kykenee ketterään päätöksentekoon ja tehokkaaseen ongelmanratkaisuun. (12)

Rohkaisevat kokemukset maailmalta ja kotimaasta ovat saaneet allianssimallin yleistyämään. Suomeen allianssimalli tuotiin Liikenneviraston pilottihankkeen myötä vuonna 2011. Virasto halusi parantaa hankkeidensa tehokkuutta ja asetti tavoitteen olla vuonna 2015 Euroopan paras infra-alan tehokkuudessa mitattuna. (12, s. 57–59.)

Allianssi soveltuu parhaiten suuriin, monimutkaisiin ja paljon riskejä sisältäviin hankkeisiin. Hankkeen pitää olla sellainen, että allianssilla riskejä voidaan hallita yhteistyöllä paremmin ja osapuolten yhteistyöllä voidaan saavuttaa merkittävää lisäarvoa. Korkeariskisiä suuria hankkeita ovat varsinkin tiiviisti rakennettuun kaupunkiympäristöön toteutettavat hankkeet, kuten raitiotielinjat ja suuret tunnelihankkeet. Tällaisissa hankkeissa korostuu myös hankkeen läpimenoajan merkitys, jota voidaan yhteistyöllä hallita. Myös hankkeen kustannustason varmuus voi olla tekijä, joka kannustaa allianssimalliin. Varsinkin suuret infrahankkeet julkisina hankintoina edellyttävät kustannusraameissa pysymistä hankkeen hyväksyttävyyden näkökulmasta. Tavanomaisiin, matalariskisiin ja selväpiirteisiin hankkeisiin allianssi ei välttämättä ole tehokkain ratkaisu. (12; 25.)

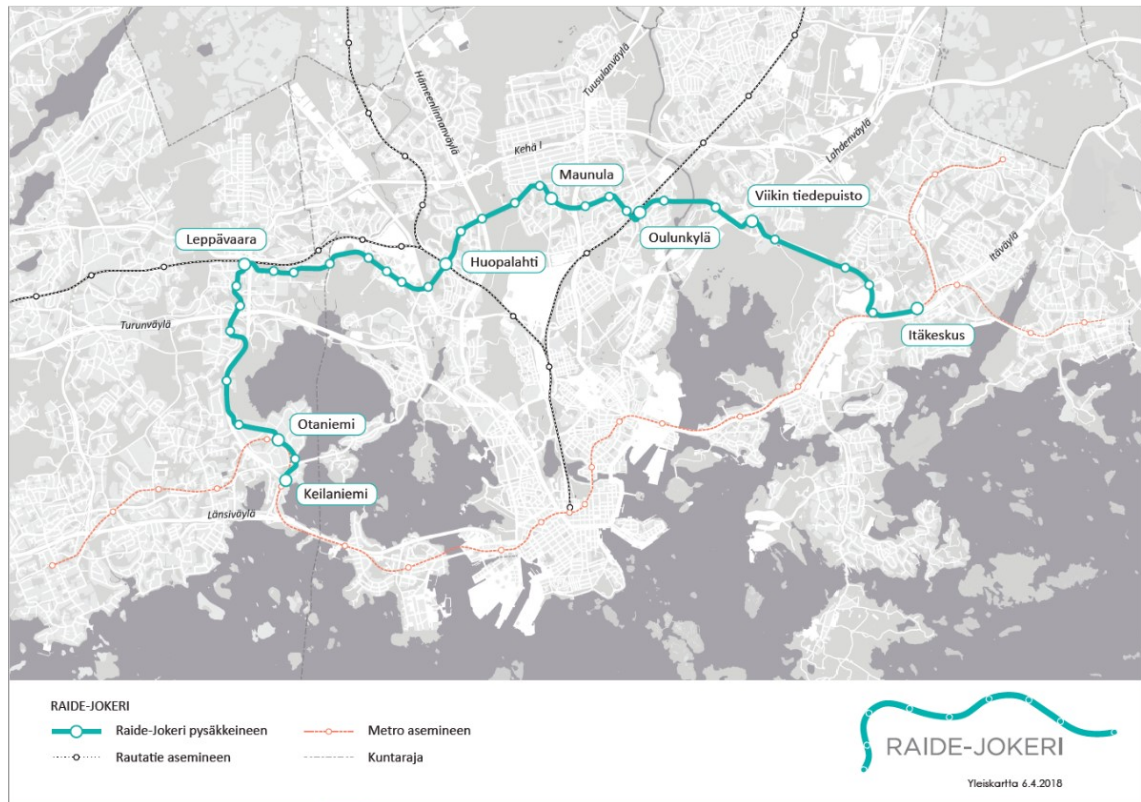
Rakentamisallianssin elinkaari koostuu yleensä kolmesta pääosasta: hankkeen kehitysvaiheesta (KAS), hankkeen toteutusvaiheesta (TAS) ja takuuajasta. Kuvassa 1 on esitetty allianssin elinkaaren olennaisimmat sopimusperusteiset rajapyykit. Sopimusmielessä KAS-sopimus kattaa kehitysvaiheen ja TAS-sopimus kattaa toteutusvaiheen ja takuuajan. KAS- ja TAS-sopimusten vaihtuessa kaikki tuotantovaiheen tavoitteet ja ehdot on sovittu. (12.)



Kuva 1. Allianssin elinkaari tärkeimpien sopimusperusteisten rajapyykkien mukaan esitettyinä (12 s. 59).

2.2 Raide-Jokeri-allianssi

Raide-Jokeri-allianssi rakentaa Helsingin Itäkeskuksen ja Espoon Keilaniemen välille 25 kilometriä pitkän pikaraitiotielinjan, jonka tarkoituksena on korvata pääkaupunkisedun ensimmäinen poikittainen runkobussilinja 550. Kuvassa 2 on esitetty rakennettava linja karttapohjalla. Linjan varrelle tulee 34 pysäkkiä ja 15 sähkönsyöttöasemaa sekä yksi raitiovaunuvarikko. (26)



Kuva 2. Raide-Jokerin yleiskartta (26).

Raide-Jokeri-allianssi on poikkeuksellinen siinä mielessä, että tilaajia on useampi kuin yksi: Helsingin ja Espoon kaupungit. Palveluntuottajiltaan allianssi on lähes saman sisältöinen kuin Suomen ensimmäinen raitiotierakentamisen allianssi Tampereen raitiotieallianssi. (26; 27.) Kuvassa 3 on esitetty Raide-Jokeri-allianssin osapuolet graafisesti osapuolten roolien perusteella jaoteltuna.

Raide-Jokeri-allianssin osapuolet:



Kuva 3. Raide-Jokeri-allianssin eri osapuolet muodostavat työyhteisöliittymän (27).

Allianssin varsinaisten osapuolten lisäksi hanketta on toteuttamassa suuri määrä eri alojen yrityksiä aliurakoitsijoina. Niin kuin allianssimuotoiselle toteutustavalle on tyypillistä, allianssisopimuksen henki voitaisiin kiteyttää ”me yhdessä” -ajatukseen. Tämä tarkoittaa yksinkertaistetusti sitä, että hankkeen osapuolet onnistuvat ja epäonnistuvat yhdessä. Tämä ajatusmalli tarkoittaa myös sitä, että palveluntuottajan ja tilaajan edut eivät tulisi olla ristiriidassa keskenään. Myös avoimuus osapuolten välillä on ensiarvoisen tärkeää, kun allianssissa noudatetaan ns. ”avoimen kirjan” periaatetta. (27 s.18.)

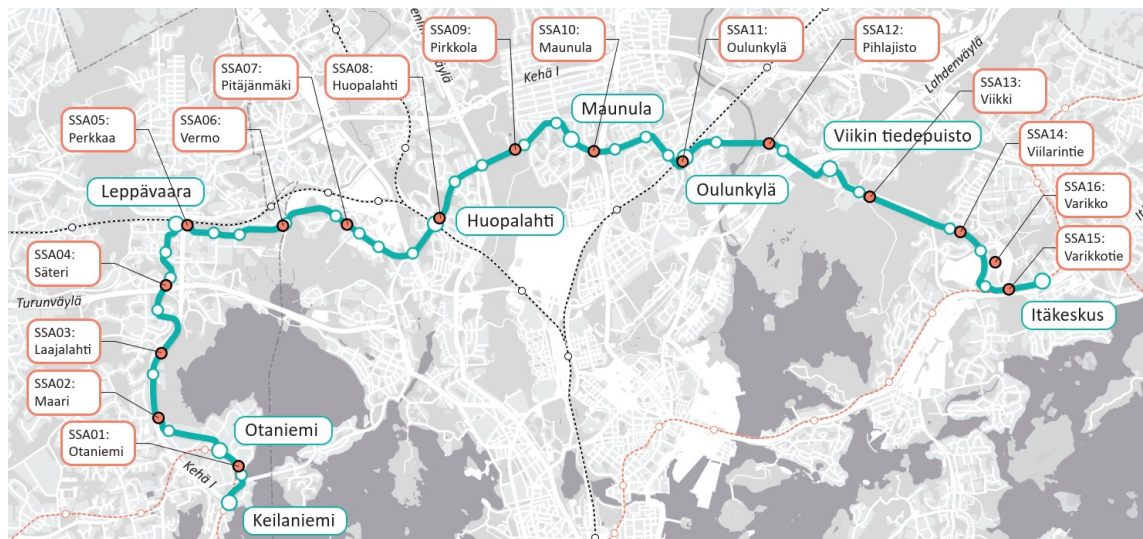
Helsingin kaupunkia allianssissa edustaa Helsingin kaupungin liikennelaitos HKL ja kaupunkiympäristön toimiala. HKL:lla on yli sadan vuoden kokemus raitiotierakentamisesta, kunnossapidosta ja operoinnista (28). Espoon kaupunki eroaa tilaajana HKL:sta siinä, että Espoo on nyt tilaamassa ensimmäistä raitiotietään.

3 Pikaraitiotien sähkö- ja teknisten järjestelmien kuvaus

Pikaraitiotiejärjestelmä vaatii toimiakseen useita monimutkaisia sähköteknisiä järjestelmiä. Nämä järjestelmät voidaan jaotella karkeasti kahteen osaan: raitiovaunun tehonsyöttöön sekä turva- ja ohjaujärjestelmiin.

3.1 Sähkösyöttöasemat ja ajojohdinjärjestelmä

Sähkösyöttöasema tarkoittaa sähköasematyypistä kokonaisuutta, joka pitää sisällään alla luetellut toiminnalliset osakokonaisuudet. Sähkösyöttöaseman perustarkoitus toiminnallisena kokonaisuutena on toimia syöttävänä tehonlähteenä raitiotiejärjestelmälle. Raide-Jokeri-linjalle tulee yhteensä kuusitoista syöttöasemaa, joista yksi sijoitetaan varikolle. Loput viisitoista syöttöasemaa on pyritty sijoittamaan tasaisesti linjan varrelle siirtohäviöiden ja jännitteenalenemien ehkäisemiseksi. Asemien sijoittelu on esitetty karkealla tasolla kuvassa 4. Varikon syöttöasema eroaa prosessisähkölaitteiden mitoituksen osalta jonkin verran linjan vastaavista. Varikon syöttöasema on normaalitilanteessa irti kytketty linjan tehonsyötöstä, mutta se voidaan tarvittaessa kytkeä osaksi linjaa jännitteenaleneman ehkäisemiseksi.



Kuva 4. Sähkösyöttöasemien sijoituskartta (27).

Linjan sähkösyöttöjärjestelmä on suunniteltu n-1-periaatteella. Eli järjestelmää voidaan operoida häiriöttä minkä tahansa syöttöaseman ollessa irti kytkettynä järjestelmästä. Jokaisen syöttöaseman DC-kojeisto on varustettu myös varakatkaisijakentällä, joka mahdollistaa huoltotoimet aiheuttamatta häiriöitä sähkösyöttöaseman toimintaan. (8; 9; 17.)

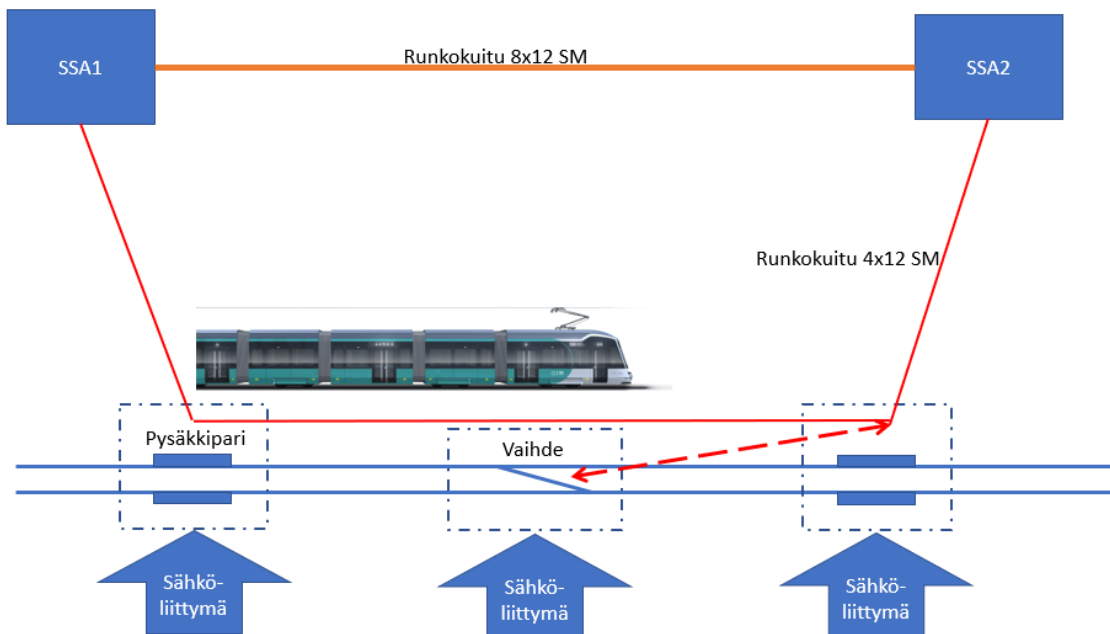
Sähkösyöttöaseman tarkoitus on muuntaa alueellisen keskijännitejakeluverkon jännite raitiotielle sopivaksi. SSA:t on liitetty RJ:lla aina 20 kV:n jakeluverkkoon. Ratasähkömuuntajalla jännite lasketaan 635 VAC:ksi. Muuntaja syöttää dioditasasuuntaaja, jonka nimellinen ulosottojännite on standardin EN 50163 mukainen 750 VDC, jossa negatiivinen napa on kytketty ajolankaan. Sähköradan puoleisena turvalaitteena toimii DC-katkaisijat. Katkaisijoita on joka asemalla kaksi kappaletta ja yksi varakatkaisija. Kumpikin katkaisijakenttä syöttää erillistä syöttöpistekaappia, jossa on moottoriohjatut erottimet. Syöttöpistekaappien erottimien avulla ratajohto voidaan luotettavasti erottaa syöttökentistä. Syöttöpistekaapeista teho siirretään suoraan ajolankaan kaksoiseristetyillä kumi-kaapeleilla. (9 s.9–10.) Sähkösyöttöasemien toiminnallinen periaate on kuvattu liitteen 1 periaatekaaviossa.

Ajojohdinjärjestelmä käsittää sähköratapylväät, johtimen ripustusrakenteet sekä itse ajojohteen. Ripustus toteutetaan yleensä kääntöorsilla, jotka on kiinnitetty pylväisiin. Lisäksi tunneliosuuksilla on käytössä kiintoajojohdin, joka on siis kiinteästi tunnelin kattorakenteisiin kiinnitetty alumiiniprofiilikisko. Ripustusrakenteiden eri tyyppisiä on pelkästään case-hankkeella kymmenkunta. Lisäksi rakenteisiin kuuluu myös muita osia, kuten jaksoeristimiä, jousikiristyslaitteita ja pylväserottimia.

3.2 Turva-, ohjaus- ja tukijärjestelmät

Moderni pikaraitiotie-liikennöinti vaatii toimiakseen tehonsyötön lisäksi monia muitakin sähkötekniisiä järjestelmiä, jotka muodostavat yhdessä toiminnallisen kokonaisuuden. Näistä olennaisimmat ovat vaihteenohjausjärjestelmä, tietoliikenneyhteydet, kamerajärjestelmä, liikennevalot ja julkisen liikenteen etuusjärjestelmä sekä pysäkkien sähköjärjestelmät. Kuvassa 5 on esitetty linjan varrella toistuvien järjestelmien väliset tietoliikenneyhteydet.

Linjalla on seitsemän suunnanvaihtovaihdetta, joita käytetään vain poikkeustilanteissa. Vaihteiden tilatiedot välittyvät liikenteenohjauskeskus LOK:iin. Vaihteita voi ohjata vain paikallisesti vaunusta tai manuaalisesti. Koko linja on katettu kahdella tietoliikenneverkolla, joilla infraa valvotaan ja ohjataan. Jokainen pysäkki on varustettu sähkö- ja tietoliikennekeskuksella, jolla saadaan toteutettua pysäkkialueiden sähköistys ja tarvittavat tietoliikenneyhteydet muun muassa matkustajainformaatiojärjestelmää varten.



Kuva 5. Kaaviokuva raitiotien sähkötekniisistä järjestelmistä radan eri vaiheilla. Kuva havainnollistaa kuinka eri järjestelmät muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden. Kuvaan on rajattu olennaisimmat järjestelmät, jotka toistuvat linjan varrella.

4 Tutkimustulokset

Tämä tutkimus on toteutettu kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää soveltaen. Analysoitavaksi aineistoksi on valittu sähkötyöhön sovellettava lainsäädäntö, lainsäädännön nojalla velvoittaviksi luokitellut standardit, alalle yleisesti vakiintuneet muut suositusluontoiset teokset sekä teemahaastattelut.

Tässä tutkimuksessa laadullisen tutkimuksen menetelmin perehdytään kirjallisuuskatsauksen ja teemahaastatteluiden avulla sähköurakoitsijan käytön opastusvelvoitteisiin ja alalla yleisesti hyväksytyihin käytäntöihin liittyen käytön opastukseen.

Laadullisella tutkimussuuntauksella pyritään saamaan käsitys tutkittavasta ilmiöstä aineistoanalyysin avulla. Aineistoksi valittiin ensisijaisesti sähköurakoitsijaa velvoittavat määräysluontoiset lähteet, koska tutkimuksen ensisijainen tavoite oli selvittää käytön opastusvelvoitteet ja toissijainen tavoite oli selvittää alalle syntyneet vakiintuneet tavat käytön opastusta koskien.

Kaikki haastattelut toteutettiin Microsoft Teams -palvelun avulla. Kaikille haastateltaville lähetettiin kutsu sähköpostitse ja sähköpostin liitteenä haastattelun kysymys-/haastattelurunko. Kysymysrunko on liitteenä 2. Kutsut haastatteluun lähetettiin helmikuun 2021 aikana ja haastattelut toteutettiin aikavälillä 26.2.2021–28.7.2021. Kysymysrunko laadittiin niin, että haastateltavat valittiin case-hankkeen ja samankaltaisten hankkeiden edustajista. Case-hankkeen osalta haastateltavia valittiin sekä tilaaja- ja palveluntuottajataus- taorganisaatioista. Kutsu haastatteluun lähetettiin seitsemälle henkilölle, joista kaikki myös osallistuivat haastatteluun. Yksi haastatteluista toteutettiin aikatauluhaasteiden takia parihaastatteluna, eli haastatteluun osallistui samaan aikaan kaksi haastateltavaa. Haastattelut tallennettiin Microsoft Teams -kokoussovelluksen tallennustoiminnolla. Haastateltavilta pyydettiin suostumus tallentamiseen ennen haastattelun ja tallentamisen aloittamista.

Haastattelutilanteet tutkija pyrki pitämään vapaina ja keskustelunomaisina, antaen näin tilaa haastateltavien omille näkemyksille ja pohdinnalle.

Haastateltavat valittiin niin että heillä olisi luonnostaan oman työtehtävän asettamien vastuiden kautta paras tieto käsiteltävään aiheeseen. Haastateltavien valinnassa kiinnitettiin myös huomiota heidän ammattitaitaustaansa, jotta saataisiin mahdollisimman laaja näkemys sähköurakointialan eri sektoreilta. Haastatteluun valittiin lopulta case-hankkeelta sähkötekniikan järjestelmien tilaajan projektipäälliköt, työmaapäällikkö, järjestelmäpäällikkö, työmaamestari, sähkötyöiden johtaja sekä toiselta raitiotiehankkeelta käyttöönotosta vastaava projekti-insinööri.

Aineiston analysointi on perustunut lähinnä teemoitteluun ja tutkijan tekemiin päätelmiin. Päätelmät on tehty peilaamalla tehtyjä havaintoja teoriaan ja päinvastoin. Teemahaastattelun aineisto on analysoitu pääasiassa teemoittamalla. Teemoittelu noudatti haastattelurunkoa (kts. liite 2) ja teemoittelussa kiinnitettiin erityisesti huomiota haastattelujen välisiin eroavaisuuksiin. Haastatteluista ei litteroitu täydellisesti, koska teemoittelun kannalta ei ole merkitystä yksittäisillä sanoilla tai lauseilla. Merkitystä on haastateltavan näkemyksellä asiakokonaisuudesta.

4.1 Sähkölaitteistoja ja niiden rakentamista koskeva lainsäädäntö Suomessa

Sähkölaitteistoja ja niiden rakentamista, huoltoa, käyttöä ja kunnossapitoa lainsäädäntötasolla sääntelee sähköturvallisuuslaki (1135/2016, STL). Lisäksi säädösten tasolla tarkentavia määräyksiä annetaan valtioneuvoston asetuksissa sähkölaitteistoista, sähkötyöstä ja käyttötyöstä sekä sähkölaitteiden turvallisuudesta.

Sähköturvallisuuslain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallisuus. Laissa säädetään vaatimuksista sekä sähkölaitteille ja -laitteistoille, että myös sähkötyölle. Laki sääntelee myös laitteiston haltijan vastuuta vahingonkorvaukseen ja laitteiston kunnossapitoon sekä turvalliseen käyttöön. (1, 1 §.)

Sähköturvallisuuslaissa ei säännellä sähkölaitteiston rakentajan käytön opastusveloitteesta erikseen mitään. Rakentaja on vastuussa vain oman henkilöstönsä ammattitaidosta ja rakentamiensa laitteistojen turvallisuudesta luovutushetkellä (1, 55 § ja 59 §). STL:ssa ja sähkölaitteistoista annetussa valtioneuvoston asetuksessa vaaditaan, että laitteistosta on laadittava sellaiset käyttöohjeet ja kaaviot, joilla laitteiston käyttö ja huolto on turvallista (1; 3).

Laitteiston haltijalle ja käytönjohtajalle on STL:ssa asetettu vaatimus huolehtia laitteiston turvallisuudesta ja käyttöhenkilöstön perehdytyksestä. Tältä pohjalta voidaan ajatella, että urakoitsijan kannattaa edesauttaa laitteiston haltijaa täyttämään tälle asetetut vaatimukset. (1, 47 § ja 61 §.)

STL:ssa velvoitetaan laitteiston haltijaa antamaan käytön johtajalle riittävän mahdollisuuden täyttää lakisääteiset tehtävät. Olennainen käytön johtajan tehtävä on vastata käyttöitä tekevien henkilöiden ammattitaidosta ja tehtäviin opastuksesta. (1, 61 § ja 62 §.)

Tämä edelleen korostaa sitä, että laitteistoissa, joissa vaaditaan käytön johtajan nimeämistä, on opastus laitteiston haltijan vastuulla, eikä laitteiston rakentajan vastuulla.

Sähkölaitteiston haltija on vastuussa laitteiston turvallisuudesta, sen ylläpitämiseksi tarvittavasta kunnossapidosta ja siitä, että laitteisto täyttää tämän lain vaatimukset. Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkailaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. (1, 47 §.)

Käytön johtaja

Käytön johtaja on STL:ssa määritelty sähkölaitteiston käytöstä vastaava henkilö, jonka olennaisimpina tehtävinä on varmistua laitteiston turvallisuudesta ja henkilökunnan osaamisesta sekä riittävästä opastuksesta. (1, 61 § ja 62 §.)

Käytön johtaja tulee nimetä laitteistoille, joissa on yli 1000 V:n nimellisjännitteisiä osia tai jos laitteiston liittymisteho on vähintään 1 600 kVA (1, 60 §). Käytännössä käytön johtajan nimeäminen tulee lähtökohtaisesti kyseeseen vain kaupallisessa käytössä oleviin laitteistoihin. Tämän perusteella voitaisiin siis ajatella, että tällä lain kohdalla pyritään turvaamaan suurten ja potentiaalisesti käyttäjälleen vaaraa aiheuttavien sähkölaitteistojen ammattimainen käyttö. Tämä seikka edelleen vahvasti puoltaa sitä, että perehdytysvastuu on laitteiston haltijalla.

"Kyl mä lähdin pohtimaan tota vähän sitä kautta et riippuu paljon siitä et kuka on se tilaaja, ja siitä et millanen on se laitteisto, joka on rakennettu. Et tuol sähköverkkopuolella ei oo minkään näköstä käytäntöä siitä, että urakoitsijan toimesta annetaisiin mitään käytön opastusta." "Jos kyseessä on uusi tekniikka, niin laitetoimitaja pitää käyttökoulutuksen verkkoyhtiön henkilöstölle. Usein tosin käytön johtaja

on siin hankinta- ja rakennusprosessia niin vahvasti mukana alusta asti, että tällä on valmiudet huolehtia oman porukan perehdyttämisestä.”

Tässä vastauksessa sähkötöiden johtaja J tuo esille juuri tätä lain henkeä, joka on havaittavissa käytön johtajan nimeämistä vaativien pykäliden taustalla. Lain henki korostaa laitteiston haltijan vastuuta laitteiston turvallisuudesta ja käytön johtajan merkityksestä kaupallisessa käytössä olevien laitteistojen käytön valvojana. Vastauksessa kuvataan käytön johtajan aktiivista roolia laitteiston käytön valvojana jo hankintaprosessin aikana. Laki edellyttää käytön johtajan nimeämistä laitteistoihin, jotka teknisten ominaisuuksien puolesta voivat aiheuttaa vaaraa väärin käytettynä. Esimerkiksi sähköverkkoyhtiön sähkölaitteistot ovat poikkeuksetta sellaisia, joiden käyttö on sallittua vain sähköalan ammattihenkilöille, koska ne sisältävät suurjännitteisiä osia. Koska vastuu laitteiston turvallisesta käytöstä on laitteiston haltijalla, voidaan päätellä, että ei ole syytä velvoittaa urakoitsijaa antamaan käytön opastusta.

4.2 Tilaajan käyttöopastusta koskevat standardit

Säihköturvallisuuslaki antaa säihköturvallisuusviranomaiselle (jäljempänä Tukes) valtuuden määritellä laitteistoihin sovellettavat standardit. Standardia noudattamalla katsotaan tämän lain vaatimukset täyttyvän. (1, 33 §.)

Tukes on julkaissut luettelon (luettelo S10-2019) sovellettavista standardeista. Tukes on luettelossa nimennyt säihköturvallisuutta käsitteleväksi velvoittavaksi standardiksi SFS 6002 (2015) + A1 (2018):n ja säihköasennuksia käsitteleviksi standardeiksi SFS 6000 (2017) ja SFS 6001 (2018). Näistä jälkimmäiset käsittelevät lähinnä asennusten ja laitteistojen teknisiä vaatimuksia, kun taas SFS 6002:n sisältö painottuu säihkötyöhön. (18.)

Edellä mainituissa standardeissa ei mainita laitteiston rakentajan käytön opastusveloitetta lainkaan. SFS 6002 velvoittaa säihköasennusliiketoimintaa harjoittavaa huolehtimaan ainoastaan oman henkilöstönsä pätevyydestä ja opastamisesta työtehtäviin. Tämä on luonnollisesti linjassa STL:n kanssa, koska standardien tarkoitus on tarkentaa lain vaatimuksia. (5.)

Niin kuin STL:ssa veloitetaan, myös SFS 6002:ssa veloitetaan laitteiston haltijaa ja tämän nimeämää käytön johtajaa huolehtimaan oman käyttöhenkilöstön opastuksesta ja siitä, että käyttötyössä noudatetaan standardin ohjeita. (5 s.53.)

Käyttönottotarkastusta käsitellään laajasti myös SFS 6000 -standardin kuudennessa osassa. Tässä standardissa ei kuitenkaan mainita käytön opastusta osana laitteiston tai sähköasennuksen käyttöönottoa. Standardi keskittyykin teknisiin vaatimuksiin, eikä ota kantaa työskentelyyn. (29 s.439–464.)

4.3 Alan käytännöt ja suositukset sekä tutkimukset aiheesta

Sähköalalla on viranomaisten määrittelemien, usein velvoittavien standardien ja ohjeiden lisäksi paljon suositusluontoisia ohjeita ja materiaalia. Nämä ohjeistavat hyvin menettelytapoihin, jotka on yleisesti alalla hyväksytyjä. Lisäksi tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään, onko sähköalalle muodostunut kirjoittamattomia sääntöjä tai käytäntöjä käytön opastusta koskien.

4.3.1 ST-kortiston aineisto ja rakennusalan sähköistysopas

ST-kortistossa on lomakepohjat pienjännitteisten ja suurjännitteisten sähkölaitteistojen käyttönottotarkastuspöytäkirjoille. Pienjännitteisille laitteistoille laaditussa lomakepohjassa ST 51.21.05 on kohdassa 15 oma tarkastustehtävä käytön opastukselle, joka on esitetty kuvassa 6 (20 s. 4). Suurjännitteisiä sähkölaitteistoja varten laaditussa lomakepohjassa ST 51.21.07 tätä kohtaa tai käytön opastuksen mainintaa ei ole (21).

15. LUOVUTUSMERKINTÄ	
a)	Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkoyhtiö <input type="checkbox"/> Verkkoyhtiön nimi _____
b)	Käytön opastus <input type="checkbox"/> Sovittu pidettäväksi pvm _____
c)	Käyttönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen <input type="checkbox"/> Liitteet: _____
d)	Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu <input type="checkbox"/> Luettelo piirustuksista ja dokumenteista:

Kuva 6. ST 51.21.05 kohdan 15 luovutusmerkinnät

Koska pienjännitteisten sähkölaitteistojen haltijat ovat huomattavasti useammin kuluttaja-asiakkaita, on luontevaa, että näiden laitteistojen käyttöönottoon sisältyy käytön

opastus. Suurjännitteisten laitteistojen haltijat ovat lähes poikkeuksetta ammattimaisia, ja laitteiston haltijan on kuitenkin kaikissa tapauksissa nimettävä kelpoisuusehdot täyttävä käytön johtaja (1 60 §).

Näiden kahden dokumenttipohjan eroavaisuus tukee sitä päätelmää, että suurjännitteisten laitteistojen tilaajat ovat riittävän perehtyneitä hallintaansa hankkimien sähkölaitteistojen ominaisuuksista ja käytöstä, ettei käytön opastusta ole tarpeen järjestää.

"Et se (käytön opastus) menee siellä (sähköverkkoalalla) tavallaan takaperin, et laitetoimittaja opastaa sen verkkoyhtiön henkilöstön ja verkkoyhtiön henkilöstö (kunnossapito) urakoitsijan."

Sähkötöiden johtaja J korostaa tällä maininnalla sitä, että käytön opastus riippuu todella paljon tilaajasta. Sähköverkkoyhtiön substanssia on se tekniikka, jota he hankkivat, jolloin käytön opastus ei ole tarpeen. Laitteiston asennuksesta vastaava urakoitsija ei siis tällä sektorilla pidä käytön opastuksia. Vastauksesta ilmenee myös se, että verkkoyhtiöt todella huolehtivat lain mukaisesta perehdyttämismenettelystä.

Aivan yhtä relevanttia on myös olettaa, että suurjännitteisten laitteistojen tilaajien oletetaan osaavan ammattilaisina vaatia opastusta jo urakka- tai hankintasopimuksen tekovaiheessa. Toisin kuin kuluttaja-asiakas, joka saattaa olla tilaamassa ensimmäistä sähkötyötä, ei muutoin ymmärtäisi vaatia käytön opastusta.

"Kyllä se (käytönopastus) on aina isoissa urakoissa mainittu ainakin sähköselosteissa, joskus myös sopimuksessa"

Kiinteistösähköistyksen parissa työskennellyt työmaamestari A korostaa tässä vastauksessaan, että kiinteistösähköistysalalla on selvästi vakiintunut tapa sopia käytön opastuksessa jo sopimusvaiheessa. Vastauksesta näkyy hyvin, että isoissa urakoissa asia osataan ottaa huomioon.

ST-kortistoon kuuluu myös käsikirjoja, jotka täydentävät varsinaisia ST-kortteja ja ovat laaja-alaisempia kuin pelkät kortit. ST-käsikirja 34 käsittelee hyviä asennustapoja. Käsikirja käsittelee pienjännitteisiä sähköasennuksia, mutta käsikirjan peruseriaatteita voidaan soveltaa myös suurjännitteisiin asennuksiin. (19 s. 13.)

Mäkinen ja Koivisto (19 s. 153) käsittelevät käyttöönoton viimeisenä vaiheena käytön opastusta. Käsikirja suosittelee käytön opastuksen keskittyvän asioihin, joita vastaanotettava taho ei ennestään hallitse. Käytön opastus tulisi suunnitella niin, että siinä otetaan huomioon myös asiat, jotka ovat itsestään selviä rakentajalle, mutta ei välttämättä tilaajalle. Käsikirjassa on listattu asioita, joita on ainakin syytä käydä läpi. Nämä kaikki ovat sellaisia asioita, jotka ovat olennaisia laitteiston turvallisen ja tarkoituksenmukaisen käytön kannalta. (19 s. 153–154.)

Tämä seikka edelleen alleviivaa käytön opastuksen perustarkoitusta, joka on varmistaa käyttäjän turvallisuus ja laitteiston oikea ja tarkoituksenmukainen käyttö.

Rakennusalan sähköistysoppaassa opastusvelvoite todetaan syntyväksi sopimusperusteisesti. Tästä seuraa usein se, että sopimustekstille tyypillisesti velvoitteen laatu ja ajallinen laajuus on määritelty varsin epätäsmällisesti. Tästä johtuen laatu ja laajuus voivat vaihdella varsin paljon. Ei ole myöskään tavatonta, että käytön opastuksesta laaditaan erillinen suunnitelma. Myös Rousku määrittelee kuitenkin opastuksen perustavoitteeksi opastaa käyttäjät laitteiston turvalliseen ja tarkoituksenmukaiseen käyttöön. (22 s. 78.)

”Itelle käytönopastus tulee tavallaan niin automaationa, että en oo edes miettinyt sen säädöstaustaa. Et se on vaan aina annettu, ja sitä ei ole tavallaan kyseenalaistanut. Mut en mä lähtis sellasta antamaan, jos kyseessä olis vaikka yhden pistorasian lisääminen. Et tilannekohtaista harkintaa käyttäen aina, ei se asiakas ihan tyhmäkään ole.”

Tämä työmaamestari A:n vastaus tuo hyvin esille sen, että käytön opastus on alalla yleinen normi, vaikka siitä ei ole laissa tai standardissa määrätty. Vastauksen lopussa toki korostetaan myös todellisen tarpeen määrittämistä ja annettavan opastuksen suhteuttamista tilaajan ymmärrykseen.

4.3.2 Tampereen raitiotieallianssi

Tampereen raitiotie toteutetaan lähes kokonaan samojen palveluntuottajien toimesta kuin case-hankekin ja monella tavalla kyseessä onkin niin sanotut sisarhankkeet. Eroavaisuutena on, että Tampereen raitiotien tilaaja on asiantuntijaorganisaatio, joka ei huolehdi suoraan raitiotien liikennöintiä eikä kunnossapitoa. Projekti-insinööri B:n mukaan kunnossapitoa varten Tampereen raitiotielle on perustettu kunnossapitoallianssi, joka

koostuu samoista palveluntuottajista kuin rakentamisallianssi. Tämä seikka muuttaa Tampereen hankkeen käytön opastuksen periaatteita jonkin verran.

Koska kunnossapitäjä on sama kuin rakentaja, ei käytön opastusta ole niin tarkasti määritelty kuin Raide-Jokerilla. Tampereen hankkeella opastuksia on järjestetty kunnossapitäjien tarpeiden mukaan varsin joustavasti (työmaapäällikkö C).

Opastuksen sisältö on pyritty räätälöimään osallistujien tarpeiden mukaisesti sekä vastaamaan mahdollisimman hyvin osaamistarpeita (projekti-insinööri B).

4.3.3 Käytön opastus ammatillisen perustutkinnon tutkintoperusteissa

Suomessa koulutetaan sähköalaa kaikilla perusopetusasteen jälkeisillä koulutusasteilla. Sähköalan ammatillisen perustutkinnon suorittaneet valmistuvat sähköasentajiksi. Sähköasentajan tyypilliseen työnkuvaan kuuluu suunniteltujen asennusten rakentaminen, käyttöönotto ja luovuttaminen asiakkaalle.

Opetushallituksen tutkintoperusteissa on sähköasentajan pakolliseen tutkinnon osaan määritelty osaamisvaatimukseksi käytön opastuksen antaminen asiakkaalle (30). Koska käytön opastus on otettu huomioon jo ammatillisen koulutuksen sisällössä, voidaan tästä päätellä, että käytön opastus on alalla hyvin vakiintunut käytäntö, vaikka asiaa ei säädstasolla säännellä. Tämän argumentin painoarvoa nostaa se, että tutkintoperusteiden laadintaan osallistuu myös työ- ja elinkeinoelämän edustajia sekä työelämätoimikunnat. (33.)

4.3.4 Käytön opastus alan opinnäytetöissä

Tässä alaluvussa perehdytään käytön opastusta käsitteleviin tekniikan alan viitekehyyksestä poimittuihin opinnäytetöihin. Käytön opastusta käsitteleviä tekniikan alan opinnäytetöitä on tehty vain muutamia.

Moisio (32) on insinöörityössään tutkinut sähköurakoinnin eri vaiheita. Yhtenä urakoinnin vaiheena hän käsittelee käytön opastusta. Moisio toteaa urakoitsijan käytön opastusvelvoitteen syntyvän yleensä sopimusperusteisesti. Myös Moisio nostaa käytön opastuksen

perustarkoitukseksi asiakkaan opastamisen laitteiston turvalliseen ja tarkoituksenmukaiseen käyttöön. (32, s. 21.)

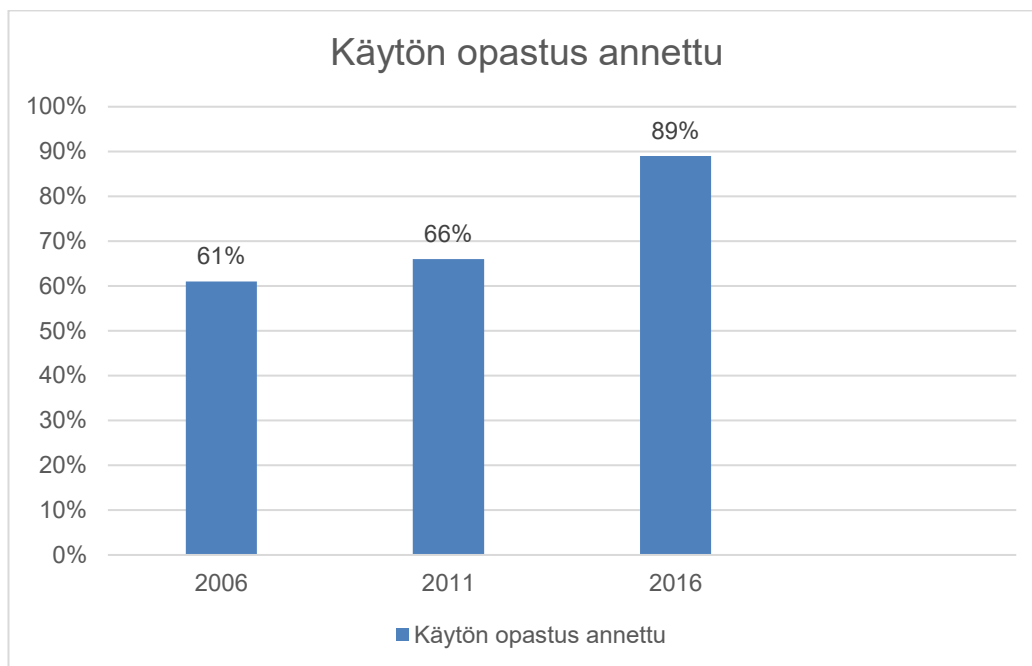
Jari Niinikosken insinööriyön yhtenä tavoitteena oli tuottaa käytön opastusmateriaali Valtajakosken Sähkö Oy:n käyttöhenkilöstölle. Työssä on tunnistettu ja listattu eri järjestelmäosien käyttöön vaikuttavat olennaiset asiat. Työssä listatut asiat ovat sellaisia, jotka mahdollistavat laitteiston turvallisen ja häiriöttömän käytön. Vikadiagnostiikkaa helpottamaan oli kerätty myös eri järjestelmäosissa esiintyviä tyypillisiä ongelmia. (31.)

Niinikoski korostaa koulutuksen merkitystä varsinkin voimalaitoksen käyttöhenkilöstölle, koska toiminnan tehokkuus riippuu paljolti prosessien toimintavarmuudesta ja keskeytymättömyydestä. Prosessien keskeytymättömyyteen voidaan vaikuttaa käytön opastuksella. (31.)

4.3.5 Tukesin tutkimusprojekti sähköasennustöiden tasosta 2016

Tukes on tehnyt vuodesta 1999 alkaen viiden vuoden välein otantatutkimuksen pienkohteiden käyttöönoton säädöstenmukaisuudesta. Yksi tutkittava mittari oli käytön opastuksen riittävyys, jota mitattiin kyselyllä tutkimukseen otettujen laitteistojen haltijoilta. Käytön opastuksen riittävyyden arviointi perustui kyselytutkimukseen osallistuneiden laitteiston haltijoiden omiin arvioihin. (26.)

Riittäväksi katsottu käytön opastus on vuonna 2016 toteutunut 89 % tapauksista. Trendi on selvästi nouseva, koska vuonna 2006 vastaava luku oli vain 61 % ja 66 % vuonna 2011. (26.) Tämän tuloksen voidaan ajatella kertovan siitä, että alan yritykset ovat havahtuneet käytön opastuksen merkitykseen muun muassa asiakastytyväisyyden näkökulmasta, ja käytön opastuksen antaminen on vakiintunut toimintatavaksi alalla. Käytön opastusta koskevat tulokset on esitetty kuvassa seitsemän.



Kuva 7. Tuloksia: Loppukuvat ja käytönopastus (24, Liite s. 3)

4.4 Allianssisopimuksen asettamat vaatimukset

Raide-Jokeri-projektin toteutusvaiheen allianssisopimus (edellä allianssisopimus), joka sisältää raitiotielinjan ja raitiotievarikon suunnittelemisen ja rakentamisen, luo raamit allianssin toiminnalle. Allianssisopimuksen keskeisenä tavoitteena on ohjata allianssiosapuolten toimintaa ”hankkeen parhaaksi”-periaatteen mukaiseksi. (6.)

Allianssisopimuksessa toteutusvastuu on kuvattu tarkasti liitteessä 3.1 (tekninen laajuus), joka on teknisistä liitteistä määräävin. Tekninen laajuus määrittää allianssin toteutusvastuulle käytön opastuksen seuraavasti: ”Laajuuteen kuuluu tilaajan osoittaman käyttäjän perehdyttäminen ja kouluttaminen Allianssin toteuttamiin järjestelmiin yhden (1) kerran” (7 s.40). Koska toteutustapaa ei ole tarkemmin määritelty, jää toteutustavan määrittely tilaajan ja palveluntuottajien eli rakentajan ja suunnittelijan yhteisvastuulle.

Sopimuksen ja yleisen sekä vakiintuneen allianssitoimintamallin mukaisesti, on pyrittävä laadullisesti riittävään lopputulokseen.

4.5 Päätelmät kirjallisuuskatsauksesta ja haastatteluista

Sähköalalla käytön opastus on vakiinnuttanut asemansa osana rakennushankkeiden luovutus- ja käyttöönottoprosessia, vaikka sitä ei ole määrätty säädösten avulla suoritettavaksi. Alaa sääntelee sähköturvallisuuslaki sekä tietyt valtioneuvoston asetukset, jotka asettavat vaatimuksia laitteiden ja laitteistojen valmistajille, rakentajille ja haltijoille. Käytön opastusta ei ole säädetty näissä rakentajan vastuulle.

Sääntelyn puutteen vuoksi alalla on varsin kirjavat käytännöt käytön opastuksen toteuttamisesta. Ohjeistava kirjallisuus on pääosin keskittynyt kuluttaja-asiakkaille rakennettaviin laitteistoihin, kuten asuinrakennusten sähköistykseen. Teollisuusmittakaavan laitteistojen osalta käytön opastusta ei ole kirjallisuudessa määritelty juuri ollenkaan. Tämän voi katsoa johtuvan kahdesta syystä:

- Tilaajien katsotaan olevan ammattimaisia, ja tuntevan hankkimansa laitteistot riittävän hyvin myös ilman käytön opastusta.
- Tilaajien uskotaan osaavan vaatia sopimusneuvotteluvaiheessa urakoitsijalta riittävän laadukkaan ja laajan käytön opastuksen, joka vastaa tilaajan tarpeita.

Tarkastellusta aineistosta käy ilmi, että vastuu laitteiston turvallisesta käytöstä ja käyttöhenkilöstön riittävästä opastuksesta on haltijalla ja mahdollisella käytön johtajalla. Rakentajan vastuulle jää laitteiston turvallisuus (luovutettaessa), tarvittavien käyttödokumenttien luovuttaminen ja oman henkilöstönsä pätevyys sekä opastus.

Aineiston perusteella voidaan päätellä, että alalla uskotaan käytön opastuksen olevan tarpeellinen osa luovutusprosessia, ja ammattitaitoisen urakoitsijan tunnusmerkki, vaikka sitä ei ole lain puolesta pakolliseksi määrätty. Alan oma ohjeistava kirjallisuus antaa ohjeita hyvän käytön opastuksen antamiseksi ja se on otettu huomioon jo tulevien ammattilaisten koulutuksessa.

Käytön opastusvelvoite syntyy urakoitsijalle usein sopimusperusteisesti. Tästä johtuen usein määrittely on tehty sopimustekstille tyypillisen epätarkasti. Tämä tarkoittaa sitä, että opastuksen laajuus, laatu ja määrä jää usein urakoitsijan määriteltäväksi. Ei ole myöskään tavatonta, että opastuksen suorittamista varten laaditaan erillinen koulutus-suunnitelma.

Olennaisinta on kuitenkin, että rakennettavasta laitteistosta annetaan käyttäjälle riittävä käytön opastus, joka opastaa laitteiston turvalliseen ja tarkoituksenmukaiseen käyttöön. Laadukkaasti toteutettu käytön opastus ottaa myös huomioon käyttäjäkohtaiset tarpeet.

5 Suunnitelma tilaajan perehdyttämiseksi

Tilaajan perehdytys suunnitelman ensimmäisenä tarkoituksena on toimia luovutusprosessissa työkaluna, joka mahdollistaa laadukkaan ja tehokkaan käytön opastuksen toteuttamisen. Suunnitelmalla määritellään muun muassa perehdytyksen peruseriaatteen, sisältö, laajuus ja toteutustapa. Suunnitelman tulisi toimia siis käsikirjaluonteisena oppaana perehdytysten toteutuksesta vastaaville henkilöille.

Toisena tavoitteena on osoittaa tilaajalle tavat, joilla perehdytys toteutetaan esittelemällä perehdytysprosessi ja järjestelmäkohtaisten perehdytysten keskeisimmät sisällöt. Varsinaisen suunnitelman on opinnäytetyön liite nro. 3 ja 4.

Käytönopastusmenetelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen lajiin: käytännön opastukseen ja teoreettiseen koulutukseen. Case-hankkeen laajojen järjestelmien opastusta annettaessa on usein perusteltua hyödyntää molempia lähestymistapoja. Käytännön opastus on maastossa tapahtuvaa laitteistojen esittelyä ja eri käyttö- ja huoltotoimenpiteiden demonstrointia. Tällöin voidaan puhua kädestä käteen -opetuksesta. Teoriakoulutuksessa voidaan hyödyntää mm. suunnitelmia, prosessikaavioita, käyttöohjeita, valokuvia ja videoita. Teoriakoulutuksella pyritään pääsääntöisesti esittelemään suuria toiminnallisia kokonaisuuksia ja ne ovat lähtökohtaisesti suunnattu kunnossapidosta vastaaville toimihenkilöille.

5.1 Järjestelmäkohtaiset vaatimukset

Suunnitelman lähtökohtana on ollut aineistotutkimuksesta ja haastatteluista kerätyt toteutustavat ja -periaatteet. Suunnitelman tekemisessä kiinnitettiin erityisesti huomiota tilaajalle uusien järjestelmien ja asioiden tunnistamiseen, jotta käytön opastuksien sisällöt vastaisivat mahdollisimman hyvin tilaajan tarpeita.

Tässä luvussa perehdytään järjestelmäkohtaisesti sisällön määrittämiseen vaikuttaneisiin asioihin ja esitellään tekniset lähtökohdat.

5.1.1 Sähkösyöttöasemat

Sähkösyöttöasemien sisältövaatimukset on määritetty siten, että asemia käsitellään toiminnallisina kokonaisuuksina, jotka edelleen jaettiin osajärjestelmiin. Osajärjestelmille määritettiin olennaisimmat käyttöön liittyvät asiat, jotka tulee käydä opastuksessa läpi. Läpi käytäviksi asioiksi pyrittiin tunnistamaan sellaisia seikkoja, jotka vaikuttavat laitteistojen turvalliseen käyttöön ja huoltoon.

Osajärjestelmät:

Keskijännitekojeisto (20 kV)

Sähkösyöttöasemien keskijännitekojeisto on tyypillinen Siemensin SF6 eristeinen kytkinkojeisto, jonka nimellinen mitoitusjännite on 24 kV (35 s.27). Kytinkojeiston tärkeimmät osat ovat katkaisijat ja maadoitus(erottimet). Näistä ensimmäisellä voidaan katkaista myös vikavirta. Lisäksi kojeistossa on suojarele, joka mittamuuntajien avulla valvoo kojeiston pääpiirin sähköisiä arvoja. Releen havahtuessa se antaa katkaisijalle käskyn aueta, jolloin vika saadaan irrotettua verkosta. (34 s. 25)

Sähkösyöttöaseman keskijännitekojeisto on erilainen riippuen siitä, kumman kaupungin alueella kyseinen asema sijaitsee (kts. kuvat 8 ja 9). Ero johtuu siitä, että eri kaupunkien alueilla on eri jakeluverkkoyhtiöt. Näillä yhtiöillä on puolestaan eri käytännöt liittymärajojen määrittämisessä. Helen sähköverkko Oy:n KJ-liittymissä liittytäpiste on syöttävien kaapeleiden kaapelipäätteillä. Caruna Oy:n KJ-liittymissä liittytäpiste on vasta ratasähköä syöttävän katkaisijan jälkeen kahden kojeiston välikaapelissa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että Carunan verkkoon kytketyillä asemilla 20 kV -kojeisto on kaksiosainen. Verkkoyhtiö omistaa näistä toisen osan. Carunan kojeisto on osa 20 kV:n jakeluverkkoa muodostaen siihen verkon toimintavarmuutta parantavan syöttörenkaan.

Tämä tarkoittaa sitä, että HKL:n käyttöhenkilöstö ei pysty tekemään ratasähkön 20 kV:n kojeistoa jännitteettömäksi ilman Carunalle tehtävää kytkentäpyyntöä. HKL:n omistaman kojeiston maadoituserottimen ja Carunan kojeiston syöttökatkaisijan välillä ei ole myöskään keskinäistä lukitusta. Tämä tarkoittaa, että maadoituserotin voidaan kääntää maadoitusasentoon, vaikka syöttökatkaisija on kiinni. Nämä ovat laitteiston käyttötyöhön huomattavasti vaikuttavia seikkoja.

Muuten SSA:n 20 kV:n kojeistot ovat tilaajalle tuttuja, koska HKL on käyttänyt saman valmistajan laitteistoja myös muissa kohteissa. Tämän takia keskijännitekojeiston käyttöön ei paneuduttu sen tarkemmin.



Kuva 8. Espoon puolen kaksi osainen KJ-kojeisto. Sähköverkkoyhtiön omistama osuus on rajattu muusta laitetilasta kalteriseinin. Kalterikopin takana näkyy sähköradan päämuuntajaa syöttävä D-katkaisijakenttä.



Kuva 9. Helsingin puolen yksi osainen KJ-kojeisto, jossa jakeluverkon rengasverkon osa ja sähköradan puoleinen osa ovat yksi kokonaisuus.

Keskijännitekojeistosta käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- Valmistajan käyttö- ja asennusohjeet
- Releiden kuittaukset ja releen käyttöohje: Suojarele havahtuu, kun mitattava suure ylittää releen asetteluarvon. Havahtuessaan rele antaa katkaisijalle laukaisuvirikkeen, jolloin virtapiiri katkeaa katkaisijan alueella.
- Virtamuuntajan sijainti kaapelikellarissa: Kojeistossa on virtamuuntaja, jolla pääpiirin virta saadaan muutettua pienjännitteellä toimivien suoja-laitteille sopivaksi mittausdataksi (37 luku 10). Virtamuuntaja on näin ol- len varsin tärkeä osa kojeistoa. Koska se on sijoitettu kaapelikellariin, on sen sijainti asemalla esiteltävä.
- Espoon puolella otettava huomioon Carunan osuus 20- kV:n kojeistosta ja tämän vaikutukset esim. kytkentätoimenpiteiden tekemiseen yms.

Oleennaista on esitellä sovitut menettelyt Carunan kanssa. Näitä on mm. kytkentäpyyntöjen tekeminen ja valvomon yhteystiedot.

Päämuuntaja (20 kV / 635 V)



Kuva 10. Ensiöpuolelta työmaadoitettu SSA:n päämuuntaja.

Sähkönsyöttöasemilla päämuuntajana toimii Italialaisen Tesarin 1,8 MVA:n kuivamuuntaja (kts. kuva 10). Muuntajan perusrakenne ei ole tavallisesta poikkeava, joten erityisen merkittäviä asioita ei ole. Muuntaja syöttää 12- pulssi dioditasasuuntaajaa.

Päämuuntajasta käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- Muuntajan perustiedot ja valmistajan ohjeet/dokumentit. Kunnossapitäjän tulee kyetä irti kytkemään muuntaja, ja korvaamaan se vian sattuessa. Muuntajan käsittelylle on valmistajan ohjeet, jotka on esiteltävä. Myös muuntajan kaapelointijärjestelmä tulee käydä läpi, jotta tilaaja osaa tarvittaessa korvata osat oikein. Muuntajan kaapelijärjestelmä koostuu itse kaapeleista, kaapelipäätteistä ja kaapelikannattimista.
 - Esitellään muuntajan nimellisarvot ja väliottojännitetasot. Kuvassa 11 muuntajan arvokilpi.

Tesar		AREZZO-ITALY		Ratasähkömuuntaja																			
Sarjanumero		Vuosi		Tyyppi TRX 1800																			
Nimellisteho kVA 1800/900-900		Taajuus Hz 50		Vaiheet 3																			
Yläjännite			Alajännite																				
Nimellisjännite V	20000±2x2,5%		Nimellisjännite V	635	635																		
Nimellisvirta A	52,0		Nimellisvirta A	1636,6	1636,6																		
Kytkeä			Kytkeä																				
Kytkeäryhmä	Yd11y0		Impedanssi	5,5 - 5,5 - 6 %																			
Lämpöluokka F	Lämpenemä	100	Lämpöluokka F	Lämpenemä	100																		
Eristystasot kV (Y/J/AJ)	24-50-125 / 1,1-3-5		Luokka	E2 - C2 - F1																			
Jäähdytys	AN		Käyttötapa	Jatkuva																			
Kokonaispaino (kg)	7750	Johdinpaino / materiaali (kg)	970/330-340 / Al																				
Sydänpaino / materiaali (kg)	4200/GO		Aseennustapa	Sisä																			
Tyhjäkäynninhäviöt (kW)	4,3	Kuormitushäviöt (kW)	13	-120°C	Oikos. kesto (s)	2																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>V</th> <th>A</th> <th>Asento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>21000</td> <td>49,5</td> <td>5 - 6</td> </tr> <tr> <td>20500</td> <td>50,7</td> <td>5 - 7</td> </tr> <tr> <td>20000</td> <td>52,0</td> <td>4 - 7</td> </tr> <tr> <td>19500</td> <td>53,3</td> <td>4 - 8</td> </tr> <tr> <td>19000</td> <td>54,7</td> <td>3 - 8</td> </tr> </tbody> </table>						V	A	Asento	21000	49,5	5 - 6	20500	50,7	5 - 7	20000	52,0	4 - 7	19500	53,3	4 - 8	19000	54,7	3 - 8
V	A	Asento																					
21000	49,5	5 - 6																					
20500	50,7	5 - 7																					
20000	52,0	4 - 7																					
19500	53,3	4 - 8																					
19000	54,7	3 - 8																					

Kuva 11. Muuntajan arvokilpi

- Muuntajan ensiö- ja toisiokaapelointi
 - Esitellään työmaalla muuntajan kaapelointijärjestelmät (kaapelityypit, kaapelipäätteet ja kaapelikannatinratkaisut).
 - Käydään läpi muuntajan siirtoa ja säilyttämistä koskevat ohjeet.

- Työmaadoitus

Työmaadoitus on olennainen sähkötyöturvallisuutta lisäävä toimenpide, jolla varmistetaan työkohteen jännitteettömyys, joka tulee tehdä aina suurjännitteisiin laitteistoihin ennen työn aloittamista (5 s.23–24). Käytön opastuksessa esitellään työmaadoitusvälineet, niiden sijainti SSA:lla ja työmaadoitusmenetelmät sekä muuntajan maadoituspisteet. Käytön opastajan on hyvä mainita, että viimekädessä laitteiston haltijan nimeämä käytön johtaja on kuitenkin vastuussa työmaadoitusmenetelmien kouluttamisesta.

- Lämpötilanvalvonta

Lämpötilan valvonta on olennainen osa muuntajan suojausta. Lämpötilan valvonnalla muuntajaa suojataan ylikuormitukselta. Pitkään jatkunut ylikuormitus vanhentaa mm. muuntajan eristemateriaaleja ennen aikaisesti. (36 s. 36 ja 37.)

Käytön opastuksessa käydään läpi suunnitelmien/dokumenttien perusteella muuntajan lämpötilanvalvontareleen sijoitus ja toiminta- sekä kytkentäperiaatteet. On myös mainittava lämpötilanvalvonnan toteutustapa (Pt 100 anturit) ja antureiden sijoituspaikat muuntajan sydämessä ja käämeissä. Myös releen toimintatasot käydään läpi (Lämpötilavalvontareleen asetteluarvot: hälytys= 80 °C laukaisu= 110 °C). (9.)

DC-kojeisto

Raide-Jokerin syöttöasemille on hankittu sveitsiläisen Sécheron SA:n DC-kojeisto, joka eroaa kantakaupungin raitioverkon vastaavista kojeistoista jonkin verran”. Merkittävimmät eroavaisuudet liittyvät suojareleen erilaiseen käyttöliittymään. Varsinainen fyysinen rakenne mm. katkaisijavaunujen ja kiskoston osalta on hyvin samankaltainen kuin HKL:n muissakin kohteissa. DC-kojeiston käytön opastuksessa kiinnitetään erityistä huomiota rakennetun kojeiston erityispiirteisiin ja eroavaisuuksiin tilaajan tyyppiratkaisuun nähden. Kojeisto koostuu tasasuuntaajasta, syöttökatkaisijakentistä ja paluuvirtakentästä. Lisäksi syöttöasemat varustetaan maasta erotetun ratasähköjärjestelmän takia VLD-laitteilla sekä hajavirran valvonnalla. Kojeisto esitetty kuvassa 12.

DC-kojeistosta käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- Perustiedot kojeistosta

- Kiskoston tyyppi sekä rakenne ja varakatkaisijakenttä
- käydään läpi merkittävimmät eroavaisuudet HKL:n tyyppiratkaisuun
 - Uusi suojarahle, jossa on erilainen paikalliskäyttöliittymä. Perehdytykseen pitää sisältyä asiat, joilla tavalliset huolto- ja käyttötoimenpiteet voidaan suorittaa. Erityisesti erotusasentoon saattaminen on opetettava.
 - Hätä-seis-painikkeen toiminta, joka toimii eri tavalla kuin HKL:n tyyppiratkaisu.
- Valmistajan käyttö- ja asennusohjeet
- Kaapelijärjestelmät sekä Roxtec-tiivisteet
- Syöttöpiste- ja paluuvirtakeskukset sekä syöttöpylväs
 - Käydään suunnitelmien perusteella läpi asemakohtaisesti kaappien sijainnit maastossa.
 - Esitellään syöttöpylväiden pitkittäiserottimet ja niiden ohjaaminen. Pitkittäiserottimilla voidaan yhdistää kaksi syöttöjaksoa poikkeustilanteessa. Tällöin väliin jäävä asema voidaan erottaa sähköradasta vian tai huollon ajaksi liikenteen häiriintymättä.
 - Työmaalla perehdytään kaappien rakenteeseen ja toimintaperiaatteeseen.
 - Erottimien ohjaus ja käyttäminen (käsikäyttö ja sähköisesti ohjattu)
 - Maadoitus
 - Työmaadoituksen toteuttaminen hyödyntäen paluuvirtakeskuksen EB6-liitintä.
- VLD-O laite (Voltage limiting device)

Syöttöasemat varustetaan maasta erotetun ratasähköjärjestelmän ta-
kia VLD-laitteilla. Koska tilaajan muissa järjestelmissä ei ole vastaa-
vanlaista laitetta, tulee tähän kiinnittää erityistä huomiota.

- Valmistajan ohjeet ja käyttötoimenpiteet
 - Asetteluarvojen muuttaminen, paikalliskäyttöliittymä.
- Toimintaperiaate
- Hajavirranvalvonta
- Syöttökaapeleiden kunnonvalvonta
 - Käydään läpi kunnonvalvontareleen toimintaperiaate ja releen toiminta vikatilanteissa.



Kuva 12. DC-kojeisto R09-PKA -kennot järjestyksessä vasemmalta oikealle: tasasuun-
taaja, paluuvirtakenttä, varakatkaisijakenttä ja lähtökentät H3 ja H4

SSA:n maadoitus

Tilaajalle esitellään sähköaseman maadoitusperiaate yleisellä tasolla hyödyntäen maadoituskaaviota. Työmaalla erityistä huomiota on kiinnitettävä suojaerotusmuuntajaan ja paluuvirtakiskon sekä EB0:n (Verkkoyhtiön PMK) väliseen VLD-F laitteeseen ja Q90 erottimeen. Työmaalla käydään läpi maadoitetut johtavat rakenteet läpi yleisellä tasolla ja opastetaan maadoituksen yleiset käyttö- ja huoltotoimenpiteet. Olennaista on, että tilaaja ymmärtää sähkönsyöttöaseman maadoitusperiaatteen ja osaa ottaa huomioon maadoituksen osana käyttö- ja huoltotoimenpiteitä. Syöttöaseman maadoituskaavio on liitteenä 2.

Läpikäytävät asiat:

- Sähköaseman maadoituskytkin ja VLD-F laite (maadoitusjärjestelmä)
- Maadoitussuunnitelmat

Talotekniset sähkö- ja automaatioasennukset

Raide-Jokerilla syöttöasemien tate-urakka on ulkoistettu allianssin ulkopuoliselle urakoitsijalle. Aliurakoitsijan urakkasopimuksen laajuuden osalta käytön opastuksesta vastaa aliurakoitsija itse. Allianssi on määrittänyt talosähköistyksen käytön opastuksen sisällön seuraavasti:

- Pääkeskus
 - Käyttökytkimet, suojalaitteet ja huoltokohteet.
- Installaatioasennukset
- Vara- ja turvavalaistus
- Erotusmuuntaja
- Paloilmoitinjärjestelmä
- Kiinteistöautomaatiojärjestelmä
- Ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmä

Kaukokäyttölaitteisto

Kaukokäyttölaitteisto hankitaan Netcontrol Oy:ltä. Hankinnan yhteydessä allianssi päätti hankkia optiona tarjotun käyttökoulutuskokonaisuuden järjestelmätoimittajalta. Päätös tehtiin, koska allianssilla ei ollut riittäviä resursseja koulutuksen järjestämiseen tässä laajuudessa. Koulutus pitää sisällään kolme koulutuskokonaisuutta, joista kaksi pidetään toimittajan tiloissa Helsingin Pitäjänmäellä ja yksi laitteistonhaltijan valvomotiloissa ylläpitotyöasemilla. Lähtökohtaisesti koulutuskokonaisuus on tarkoitettu valvomohenkilökunnalle. Tilaaja määrittelee osallistujat.

Koulutuskokonaisuudet:

1. SCADA-koulutus (kuvat ja tietokanta, ylläpito), etäkoulutus, 4 hlöä, 3 pvä
2. Ala-asemakoulutus, etäkoulutus, 3 hlöä, 3 pvä (ala-asema esitetty kuvassa 13).
3. Käyttäjä (Valvomo-operaattorit), lähitoteutus HKL:n järjestelmässä, 4 hlöä, 1 pvä



Kuva 13. Kaukokäytön ala-asema, jossa HMI käyttöliittymä.

Kaukokäytön ala-asemasta kunnossapitohenkilöstön kanssa läpi käytävät asiat käytön opastuksessa:

- Valmistajan käyttö- ja asennusohjeet
- Paikalliskäyttö ja -näyttö
- Releväylät
- Hälytykset

Apusähköjärjestelmä

Syöttöasemat on varustettu 110 VDC:n apusähköjärjestelmällä. Apusähköjärjestelmän tarkoituksena on syöttää pienoisjännitteellä muun muassa kojeistojen suojarkeitä ja erottimien moottoreita. Järjestelmä on toteutettu alalla yleisesti käytössä olevalla tavalla, eikä se eroa teknisesti juurikaan tilaajan käytössä olevista vastaavista ratkaisuista. Erona tavanomaiseen ratkaisuun on keskuksiin lisätty invertteri, jolloin keskuksen akustoja voidaan hyödyntää myös poistumisvalaistuksen ja muiden verkkosähköä käyttävien laitteistojen varavirtalähteenä.

Apusähköjärjestelmästä käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- Akusto -> akuston huolto- ja määräaikaistarkastustoimet sekä akuston elinkaari.
- Invertteri
 - sijoitus keskuksessa
 - huolto-ohjeet
- Keskuksen paikalliskäytön käyttöliittymä.
- Valmistajan käyttö- ja asennusohjeet

Tietoliikenne

Rakennettavat tietoliikenneverkot ovat laajennuksia tilaajan omistamiin verkkoihin. Tämän takia tilaajalle ei ole tarkoituksen mukaista järjestää kovinkaan syvällistä koulutusta tästä aiheesta. Läpikäytävät asiat painottuvat fyysisten rakenteiden sijoitteluun ja tekniisiin ominaisuuksiin. Toimintaperiaatteita ei käydä läpi.

Tietoliikennelaitteista käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- Esitellään tietoliikennekaapin sijainti syöttöasemalla ja esitellään sen sisältö yleisellä tasolla.
- Esitellään valmistajan toimittamat dokumentit yleisellä tasolla

Erityiskohteet

Johtuen linjan paikallisista poikkeusoloista on tietyillä syöttöasemilla jouduttu tekemään poikkeusratkaisuja. Nämä poikkeusratkaisut on käytävä riittävän tarkasti käytön opastuksessa läpi, jotta tilaaja voi suorittaa tarvittavat käyttö- ja huoltotoimenpiteet turvallisesti. Näitä erityiskohteita on syötönvahvistusrakenteet linjan molemmissa päissä ja huopalahden tunnelin hätämaadoitusjärjestelmä.

Huopalahden tunnelin hätämaadoitusjärjestelmä vaikuttaa SSA08:aan siten, että sinne on sijoitettu UPS-laitteisto ja hätämaadoituksen ohjauskeskus. UPS-laitteisto muuttaa 400 VAC:n keskusta ja sen käyttötoimenpiteitä, koska keskukselle tulee PJ-liittymän lisäksi syöttö UPS-laitteistolta. Hätämaadoituksen ohjauskeskus muuttaa SSA08:n DC-kojeiston kaukokäyttöä niin, että kaukokäytön ohjaussignaalit kulkevat ohjauskeskuksen kautta.

Hätämaadoitusjärjestelmästä käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- UPS- järjestelmä
 - Huoltotoimet
 - Käyttö-ohjeet
 - Irtikytkentä ja pj-keskuksen jännitteettömäksi tekeminen
- Huopalahden tunnelin hätämaadoitusjärjestelmä
 - Suunnitelmat ja käyttöohjeet

Syötönvahvistukset jouduttiin toteuttamaan linjan molempiin päihin poikkeustilanteissa esiintyvien jännitteenalennemien välttämiseksi. Itä- ja länsipäiden ratkaisut eroavat toisistaan jonkin verran.

Syötönvahvistuksesta käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- Syötönvahvistuksen toimintaperiaate ja tarkoitus
- Toteutustapa ja rakenne kohde kohtaisesti
- Syötönvahvistuksen huoltokohteet
- Kaapeleiden kunnonvalvonta

Ajojohdinjärjestelmä

Ajojohdinjärjestelmä on toteutettu pääosin seuraavilla komponenteilla (kuvassa 14 on esitetty eräitä alla lueteltuja komponentteja asennettuna):

- Elektrolinen kannatin- ja orsirakenne komponenteilla
- Pfistererin jousikiristimillä
- Arthur Fluryn jaksonerotimilla ja kannattimilla
- Siemensin pylväserotimilla
- Arruti Catenarian kiintoajojohtimilla
- Elcowiren ajojohtimilla



Kuva 14. Jousikiristyslaite asennettuna sähköratapylvääseen. Kiristyslaite on kytketty ajolankaan ja tukijohtimeen, joita se vetää 1600 kg voimalla pitäen johteet kireänä.

Osa komponenteista on tilaajalle ennestään tuttuja, mutta suurin osa komponenteista on ensimmäistä kertaa käytössä HKL:n hallinnoimilla rataosuuksilla. Näitä ovat muun muassa Elektrolinen toimittamat orsirakenteet ja Pfistererin jousikiristimet.

Tilaaja perehdytetään järjestelmään valmistajien dokumentteja ja tyyppikuvia käyttäen sekä mallikomponentteja hyödyntäen. Lisäksi maastossa tutustutaan rakennettuihin ajo-lankarakenteisiin.

Sähköratarakenteista käytön opastuksessa käydään läpi seuraavat asiat:

- Eri rakennetyyppiratkaisut (orsi- ja kiintoajojohdintyyppikuvat)
- Jousikiristimen huolto- ja korjaus sekä tarkastustoimet
- Pääteankkurirakenteet
- Pylväserottimien toiminta, huoltaminen ja rakenne
- Jaksoerottimien rakenne

5.1.2 Vaihteenohjaus ja -lämmitys

Allianssi hankki vaihteenohjaus ja -lämmitysjärjestelmät toiminnallisena kokonaisuutena. Hankintaan kuuluu myös järjestelmätoimittajan pitämä käyttökoulutus sekä linjan, että varikon järjestelmille. Käyttökoulutuksen sisältö räätälöidään järjestelmätoimittajan toimesta Raide-Jokeri-projektia varten. Kaikki koulutusmateriaali jää loppukäyttäjän haltuun. Materiaalin kielenä on suomi. Periaatteena on, että koulutukseen osallistujat voivat materiaalin avulla jälleen kouluttaa muita henkilöitä.

Koulutus on jaettu kolmeen osaan:

- Käyttäjäkoulutus, jossa keskitytään järjestelmän perusrakenteeseen ja käyttötoimenpiteisiin, joita kuljettaja joutuu tekemään. Koulutus antaa perustiedot järjestelmästä. Ajallinen laajuus on 1 päivä. Tämä koulutus on suunnattu kuljettajien koulutuksesta vastaaville henkilöille.
- Valvomokoulutus, jossa käydään läpi koko käyttäjäkoulutuksen sisällön lisäksi myös valvomoympäristön käyttö. Ajallinen laajuus on 1 päivä.
- Kunnossapidon ja huollon koulutus, jossa käydään läpi koko käyttäjäkoulutuksen sisällön lisäksi myös järjestelmän arkkitehtuuri ja komponentit. Koulutuksessa keskitytään ensisijaisesti eri järjestelmäosien

huoltoon ja korjaamiseen sekä vikadiagnostiikkaan. Koulutukseen kuuluu myös käytännön harjoitusosa. Ajallinen laajuus on 2 päivää.

5.2 Suunnitelma käytön opastuksen antamisesta

Suunnitelma toteutettiin kaksiosaisena kokonaisuutena. Ensimmäinen osa on tekstimuotoon laadittu kuvaus annettavan käytön opastuksen sisällöistä ja laajuudesta (liite 4). Toinen osa on toteutettu taulukkomuotoisesti kuvaamaan käytännön toteutuksen kannalta olennaisia asioita, kuten aikataulua, sijaintia ja opastustilaisuuksien keskeisiä teemoja (liite 5).

Suunnitelman perusajatus on listata tekniset yksityiskohdat, jotka on syytä käydä läpi tilaajan edustajien kanssa. Suunnitelma toimii siis muistilistana ja käsikirjoituksena opastuksen suorittajalle. Suunnitelmassa osajärjestelmät on esitetty samoissa kokonaisuuksissa kuin edellä kappaleessa 9.1.

Sisällön suunnittelussa pyrittiin tunnistamaan tilaajalle uudet tekniset ratkaisut, jotta käytön opastus palvelisi tarkoitustaan mahdollisimman hyvin. Määrittämisessä käytettiin hyväksi tässä insinööriyössä tehtyjä havaintoja ja päätelmiä hyvästä käytön opastuksesta sekä käytön opastukselle asetetuista vaatimuksista. Lisäksi suunnittelutyössä hyödynnettiin haastatteluita, jotka edelleen nostavat suunnitelman painoarvoa. Työtä varten haastateltiin hankkeen työntekijöitä, Tampereen Raitiotieallianssin työntekijöitä ja tilaajan edustajia.

Suunnittelutyön haasteena on ollut aihetta käsittelevän kirjallisuuden vähäisyys sekä kirjavat käytännöt alalla. Laadullisten kriteerien määrittämistä vaikeutti edelleen sääntelyn vähäisyys ja hankekohtaisen sopimusperusteisen velvoitteen epätarkka kuvaus.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteina oli tuottaa case-hankeen käyttöön pikaraitioteiden sähkötekni-
ten järjestelmiin suunnattu käytön opastus suunnitelma ja tutkia urakoitsijaa koskevia
velvoitteita sekä alan käytäntöjä koskien käytön opastusta.

Työssä tutkittiin sähkötyötä sääntelevää lainsäädäntöä ja lain nojalla velvoittaviksi mää-
rättyjä standardeja urakoitsijaa koskevien käytön opastus velvoitteiden selvittämiseksi.
Alan käytäntöjä selvitettiin perehtymällä muun muassa ohjeluontoisiin dokumentteihin,
aihetta käsitteleviin opinnäytetöihin ja teemahaastatteluihin.

Tutkimuksessa havaittiin, ettei suoraa velvoitetta käytön opastuksen antamiselle löydy
Suomen lainsäädännöstä, mutta tästä huolimatta käytön opastus on vakiintunut tapa,
etenkin kuluttaja-asiakkaille tehtävässä urakoinnissa. Käytön opastus on otettu huomi-
oon jo ammatillisen perustutkinnon perusteissa ja useissa sähköistysalan arvostetuissa
oppaissa. Tutkimuksessa selvisi, että alalla vallitsevan näkemyksen mukaan käytön
opastuksen ensisijainen tarkoitus olisi osaltaan varmistaa laitteiston turvallinen ja tarkoi-
tuksenmukainen käyttö kouluttamalla tulevia käyttäjiä laitteiston erityispiirteisiin. Laaduk-
kaasti toteutettuna käytön opastuksella voidaan pidentää laitteiston elinkaarta ja pienen-
tää energiankulutusta.

Johtuen käytön opastuksen sääntelyn puutteesta on alalle muodostunut varsin kirjavat
käytännöt. Pientalokohteiden osalta Tukesin tutkimuksen mukaan riittävän käytön opas-
tuksen määrä on merkittävästi lisääntynyt, mutta sähköverkkoalalla puolestaan käytön
opastus ei ole lainkaan urakoitsijan vastuulla. Myös annettavan opastuksen laajuus vaih-
telee paljon, joka on luonnollista, koska opastuksen tulisikin vastata asiakkaan tarpeita
suhteessa rakennettuun laitteistoon.

Tutkimustulosten pohjalta tehtiin suunnitelma tilaajalle annettavasta käytön opastuk-
sesta. Suunnitelma räätälöitiin vastaamaan erityisesti case-hankeen tarpeita, mutta sen
perusrakennetta voidaan hyödyntää myös muissa vastaavanlaisissa hankkeissa ja NRC
Groupin luovutusprosessin kehittämisessä. Suunnitelmaa voidaan jatkokehittää opas-
tuksen jälkeen toteutettavalla opastukseen osallistujille suunnatulla tyytyväisyysky-
selyllä.

Opinnäytetyö mahdollisti syventymisen case-hankkeen monipuolisiin sähkötekniisiin järjestelmiin ja alan käytäntöihin sekä lainsäädäntöön käytön opastuksesta.

7 Lähdeluettelo

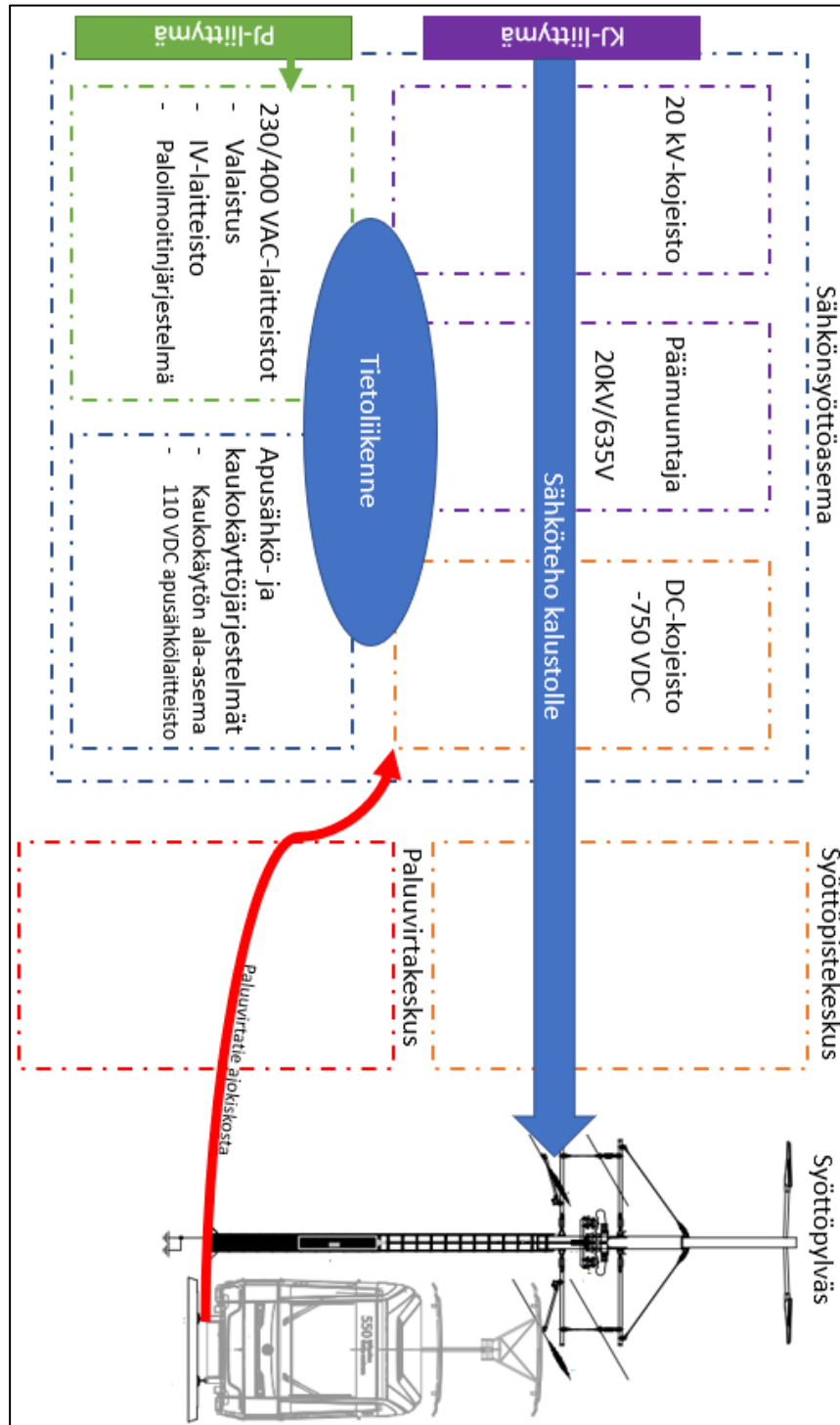
- 1 Sähköturvallisuuslaki. 2016. 1135/16.12.2016.
- 2 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta. 2016. 1437/21.12.2016.
- 3 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistosta. 2016. 1434/21.12.2016.
- 4 Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä. 2016. 1435/21.12.2016.
- 5 SFS 6002:2015 + A1:2018. Sähkötyöturvallisuus. 2015. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- 6 Allianssisopimus. 2018. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 7 Toteutusvaiheen tekninen laajuus. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 8 R06-VMO 20 kV 750 V Pääkaavio. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 9 Tekninen määrittely, syöttöasemat. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 10 TEKNONET-kuituverkon periaatekuva. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 11 HELNET-kuituverkon periaatekuva. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 12 Yli-Villamo, Harri & Petäjaniemi, Pekka. 2013. Allianssimalli. Helsinki: Rakentajain kalenteri.
- 13 Brunnila, Petra. 2021. Projektinsinööri, NRC Group Finland, Tampereen raitiotieallianssi. Keskustelu 30.3.2021.
- 14 Lilja, Kari. 2021. Työmaapäällikkö, NRC Group Finland, Tampereen raitiotieallianssi. Keskustelu 26.2.2021.
- 15 Kaljunen, Olli. 2021. Järjestelmäpäällikkö, YIT Oyj, Raide-Jokeri-allianssi. Keskustelu 9.3.2021.

- 16 Tekninen määrittely, Ratajohdon kaukokäyttö. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 17 Suunnitteluperusteet. 2018. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 18 Luettelo S10-2019, Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit. 2019. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.
- 19 Mäkinen, Markku & Koivisto, Pekka. 2020. ST-käsikirja 34 Hyvät asennustavat. 3., uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 20 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja, ST 51.21.05. 2019. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 21 Suurjännitelaitteiston käyttöönottotarkastuspöytäkirja, ST 51.21.07. 2019. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 22 Rousku, Henrik. Rakennusalan sähköistysopas. 2014. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 23 Paananen, Henri. 2021. Projektipäällikkö, HKL, Raide-Jokeri-allianssi. Keskustelu 8.4.2021.
- 24 Pietilä, Timo; Iholin, Timo & Iivonen, Esko. 2016. Pienkohdeprojekti, loppuraportti. Helsinki: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.
- 25 Allianssi hankkeen toteutusmuotona. Verkkoaineisto. 2021. YIT Oyj. <<https://www.yit.fi/infrapalvelut/allianssi-hankkeen-toteutusmuotona>>. Luettu 15.5.2021.
- 26 Raide-Jokeri-allianssin hankesivut. Verkkoaineisto. 2021. Raide-Jokeri-allianssi. <<https://raidejokeri.info/>>. Luettu 13.4.2021.
- 27 Allianssiperehdytysmateriaali. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri-allianssi.
- 28 Tietoa HKL:stä. 2021. Verkkoaineisto. HKL. <<https://www.hel.fi/hkl/fi/tama-on-hkl/>> Luettu 7.6.2021.
- 29 SFS-käsikirja 600-1-1 Pienjännitesähköasennukset. 2018. 1., painos. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- 30 Sähkö- ja automaatioalan perustutkinnon perusteet. 2019. OPH-2595-2019.


- 31 Niinikoski, Jari. 2010. Vatajakosken sähkö Oy:n Honkajoen höyrykattilakaitoksen PI-kaaviot ja käytön opastus. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 32 Moisio, Ville. 2014. Sähköurakoinnin vaiheet ja asiakirja. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 33 Uudistettavat tutkinnon perusteet. Verkkoaineisto. 2021. Opetushallitus. < <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/uudistettavat-tutkinnon-perusteet>>. luettu 3.8.2021.
- 34 Heikkilä, Jani. 2004. 7. vuosikerta. Kantaverkon ABC, Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet. Fingrid Oyj.
- 35 Käyttö- ja asennusohje, 8DJH. 2020. Yrityksen sisäinen dokumentti. Siemens Oy.
- 36 Kupari, Sampsa. 2018. Suojausjärjestelmät. Luentoaineisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 37 ABB TTT-käsikirja. 2000. ABB Oyj.

Liite 1. Raitiovaunun sähkösyötön periaatekaavio

Sähkösyöttöjärjestelmän periaate kaavio (8) mukailten. Kaavio havainnollistaa kuinka syöttöaseman eri laitteet muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden, jonka tietoliikenneyhteydet sitovat yhteen.



Liite 2. Haastattelurunko

	Asialista/Muistio 30.3.2021	1 (1)
---	--------------------------------	-------

Haastattelu:

Aika	XX.XX.XXXX klo XXX
Paikka	Teams
Osallistujat	Paavo Onkinen XXX

- 1 Kuinka määrittelisit hyvin toteutetun käytön opastuksen?**
- 2 Käytön opastuksen ajallinen laajuus?**
- 3 Mitä säädöspohjaa olet hyödyntänyt aiemmin arvioidessasi käytön opastuksen riittävyyttä? (Jos olet)**
- 4 Opastettavien kokonaisuuksien ryhmittely**
Minkälaisina kokonaisuuksina perehdytykset pidettiin?
- 5 Tilaajalta saatu palaute?**
Onko tilaaja kokenut annetun käytön opastuksen riittävän laajaksi?
- 6 Käytännön toteutus?**
Kuinka käytön opastus toteutettiin käytännössä? Hyviä käytäntöjä?
Kuinka määrittelisit hyvin toteutetun käytön opastuksen?
- 7 Kokemuksia muista hankkeista?**

Lisäkysymyksiä:

- Onko alalla mielestäsi vakiintunut tapa hoitaa käytön opastus?
- Tunnetko tai onko sinulla kokemuksia ulkomaisista toimintatavoista?

Raide-Jokerin projektitoimisto
Valimotie 1, 00380 Helsinki
PL 1400, 00099 Helsingin kaupunki
raidejokeri(a)hel.fi <http://www.raidejokeri.info/>

Liite 3. Sähkösyöttöaseman maadoituskaavio

Liite vain työn tilaajan käyttöön.

Liite 4. Käytön-opastussuunnitelma Raide-Jokerin sähkö- ja teknisiin järjestelmiin 1. osa

Liite vain työn tilaajan käyttöön.

Liite 5. Käytön-opastussuunnitelma Raide-Jokerin sähkö- ja teknisiin järjestelmiin 2. osa

Liite vain työn tilaajan käyttöön.