



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Lauri Loppi

Raide-Jokerin sähkötekniisten järjestelmien käytönaikaiset työturvallisuusohjeet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

14.1.2022

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Lauri Loppi Raide-Jokerin sähkötekniisten järjestelmien käytönaikaiset työturvallisuusohjeet 42 sivua + 2 liitettä 14.1.2022
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Projektipäällikkö Jore Aitamurto Yliopettaja Jarno Varteva
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena on Raide-Jokerin sähkötekniisten järjestelmien työturvallisuusohjeet. Työ on tehty selventämään työturvallisuusohjeita Raide-Jokeri Allianssin käyttöönotettujen jännitteisten sähköjärjestelmien lähellä työskentelyyn. Työn avulla pyritään perehdyttämään kohteissa toimivat tahot ja minimoimaan henkilövahinkoja Raide-Jokeri projektilla sekä vastaavilla tulevilla projekteilla.</p> <p>Jokainen Raide-Jokerin sähkö- ja tekninen järjestelmä esitellään lukijalle, jotta ymmärrys pikaraitiotien sähkörakentamisen mahdollisista riskeistä hahmottuisi paremmin. Osana opinnäytetyötä kehitettiin turvallisuustarkistuslista tarvittavista suojavarusteista ja työkohteeseen liittyvästä perehtyneisyydestä. Osa tässä opinnäytetyössä tuotetuista ja käytetyistä asiakirjoista on rajoitettu vain projektin käyttöön. Useita sähköalan ammattilaisia haastateltiin, jotta opinnäytetyöhön saatiin kattava näkemys raitioteiden sähkötyöturvallisuudesta ja -käytännöistä. Työn aikana havaittiin tarve työrutiinia tukevalle turvallisuusmenetelmälle, jonka avulla työntekijällä on helposti saatavilla työn aloittamiseksi vaaditut yhteystiedot ja turvallisuustoimenpiteet työkohteelle. Turvallisuusmenetelmässä läpikäydään toiminta hätätapauksessa, kohteen suojaus sekä suojauksen varmentaminen, työkalujen ja laitteiden kuntotarkastus, työalueen rajaukset, sähkötyöstä vastuussa olevien tahojen yhteystiedot sekä työntekijän perehtyneisyyden varmennus. Turvallisuusmenetelmä yhdistettiin turvallisuustarkistuslistaan laaja-alaisen maastotarkastuslistan luomiseksi.</p> <p>Raide-Jokerin työmaalla on käytössä opinnäytetyön aikana kehitetty turvallisuusmenetelmä sekä turvallisuustarkistuslista sähkö- ja teknisten järjestelmien töissä. Tarkastuslista tulee täyttää aina niiden töiden osalta, jotka suoritetaan jännitteisten osien mahdollisella vaikutusalueella.</p>	
Avainsanat	pikaraitiotie, turvallisuusnäkökulma, sähkötyöt

Author Title Number of Pages Date	Lauri Loppi Occupational Safety Instructions for Raide-Jokeri's Electrical Systems 42 pages + 2 appendices 14 January 2022
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Jore Aitamurto, Project Manager Jarno Varteva, Principal Lecturer
<p>This study's topic is occupational safety instructions for Raide-Jokeri's electrical systems. The study was produced to clarify the needed procedures for electrical safety while working near deployed electrical systems in Raide-Jokeri Alliance. The aim of the study was to acquaint the parties operating at the site to safety instructions and to minimize personal injuries with the Raide-Jokeri project and similar future projects.</p> <p>Each electrical and technical system of Raide-Jokeri will be introduced to the reader for better understanding of the possible risks involved in the light rails electrical construction. Safety checklist of needed equipment and familiarization for the work site were developed as a part of the thesis work. Some of the documents produced and used for this study are limited only for the project's use. Numerous electrical professionals were consulted to get a proper viewpoint on electrical work safety and practices in light rails. Need was found for a safety method that supports the work routine on work site. The aim of the method was to make it easy for the employee to have the contact information and safety measures required to start work at the work site. The safety method covers emergency operations, protection of the work site and assurance of protection, condition inspection of tools and equipment, demarcation of the work area, contact information of the parties responsible for electrical work and verification of the employee's knowledge. The safety method was combined with a safety checklist to compile a comprehensive checklist.</p> <p>Safety measures developed during this thesis work and the safety checklist for electrical and technical systems are used at the Raide-Jokeri's site. The checklist must always be completed for work that is carried out in the potential range of live parts.</p>	
Keywords	light rail, safety perspective, electrical work

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Raide-Jokeri hankkeena	2
3	Sähkötekniset järjestelmät	4
3.1	Sähkönsyöttöasemat	5
3.1.1	Sähkönsyöttö Raide-Jokerilla	5
3.1.2	Asennustöiden riskit ja vaarat	8
3.1.3	Käytönaikaisten töiden riskit ja vaarat	11
3.2	Ajojohdinjärjestelmä	12
3.2.1	Ajojohdinjärjestelmän rakenteet	12
3.2.2	Riskit ja vaarat	13
3.2.3	Sähkötekniset riskit	14
3.2.4	Mekaaniset riskit	14
3.3	Vaihteenohjausjärjestelmä	16
3.3.1	Varikonohjausjärjestelmä	17
3.3.2	Pohjavesikaukalon ja tunnelin suojalaitteet	18
3.4	Kisko- ja raideyhdistykset	19
3.5	Jännitteenrajoitinlaitteen-O+F-toiminnallisuudet	20
3.6	Maadoitukset	22
3.7	Kosketusjännitteet	22
3.8	Eristykset	23
3.9	Eroottimet	24
3.9.1	Pitkittäiserottimet ja poikittäiserottimet	24
3.9.2	Ryhmytyseristimet eli jaksonerottimet	25
3.10	Henkilö- ja omaisuusvahinkojen minimointi sähkötekni- sten järjestelmien asennustöissä	27
4	Työturvallisuus	28
4.1	Turvallisuus asiantuntijoiden silmin	28
4.2	Teoriaa	29

4.3	Työnaikainen työjärjestys ja viestintä	29
4.4	Työmaadoitus	30
4.5	Jännitteiset työt	30
4.5.1	Työskentely verkkoon kytketyssä järjestelmässä ennen luovutusta	31
4.6	Raitiotien käytönaikaiset sähkötyöt	32
4.6.1	Työskentely jännitteisessä järjestelmässä luovutuksen jälkeen	32
4.7	Käyttötoimenpiteet	32
4.8	Kytkenäohjelma	33
5	Turvallisuusmenetelmä	35
5.1	Turvallisuustarkastuslista	35
5.2	Soveltamisala	39
6	Yhteenveto	40
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Sähkö- ja teknisten järjestelmien turvallisuuskysely	
	Liite 2. Insinööritoöhön haastatteluja	

Lyhenteet

ATA	Avaintulosalue.
ATEX	Explosive atmospheres. Viittaa räjähdysvaarallisiin tiloihin.
CAT	Mittausluokka. Käytetään sähkötoihin soveltuvissa työkaluissa ja laitteissa määrittämään työkalun suojauksen soveltuvuuden sähköjärjestelmään jännitekestoisuuden kautta.
HKL	Helsingin kaupungin liikennelaitos. Tilaajan edustaja Raide-Jokeri-hankkeessa.
JKV	Junien kulunvalvonta. Suomessa rautateillä käytössä oleva kulunvalvontajärjestelmä.
kV	Kilovoltti.
KeVi	Keltavihreä. Suojamaadoitusjohdin.
LVIS	Lämpö, vesi, ilma, sähkö. Viittaa tyypillisesti rakentamisessa lämmitykseen, vesijohtoon, ilmanvaihtoon ja sähköjärjestelmiin.
MVR	Maa- ja vesirakennusala. Viittaa tyypillisesti maa- ja vesirakennusalan työmaan turvallisuusmittaukseen.
SAT	System Acceptance Testing. Järjestelmän hyväksyntätestaus.
SIT	System Integration Testing. Järjestelmän yhteensopivuustestaus.
SPD	Surge Protection Device. Ylijännitesuoja. Suojaa sähkölaitteistoihin kohdistuvilta ylijännitteiltä kuten salamat ja valokaaret.
SSA	Sähkönsyöttöasema. Raitiovaunun sähköistävän ajojohdinjärjestelmän syöttöpiste.

TR	Talonrakennusala. Viittaa tyypillisesti talonrakennusalan työmaan turvallisuusmittaukseen.
VAC	Voltage Alternating Current. Yksikkö kertoo jännitteen suuruuden vaihtovirtajärjestelmässä.
VA	Voltiampeeri. Näennäistehon yksikkö.
VATU	Ajojohdon ja virroittimen vaikutusalue. Alue jolle ajojohtimen ja virroittimen voidaan katsoa putoavan vikatilanteessa aiheuttaen sähkötapaturmavaaran.
VDC	Voltage Direct Current. Yksikkö kertoo jännitteen suuruuden tasavirtajärjestelmässä.
VLD	Voltage Limiting Device. Jännitteenrajoitinlaite. Maadoittaa raja-arvon ylittävän potentiaalieron sähkölaitteiston ja vuotavan jännitteen vaikutusalueella sijaitsevien henkilöiden suojaamiseksi.

1 Johdanto

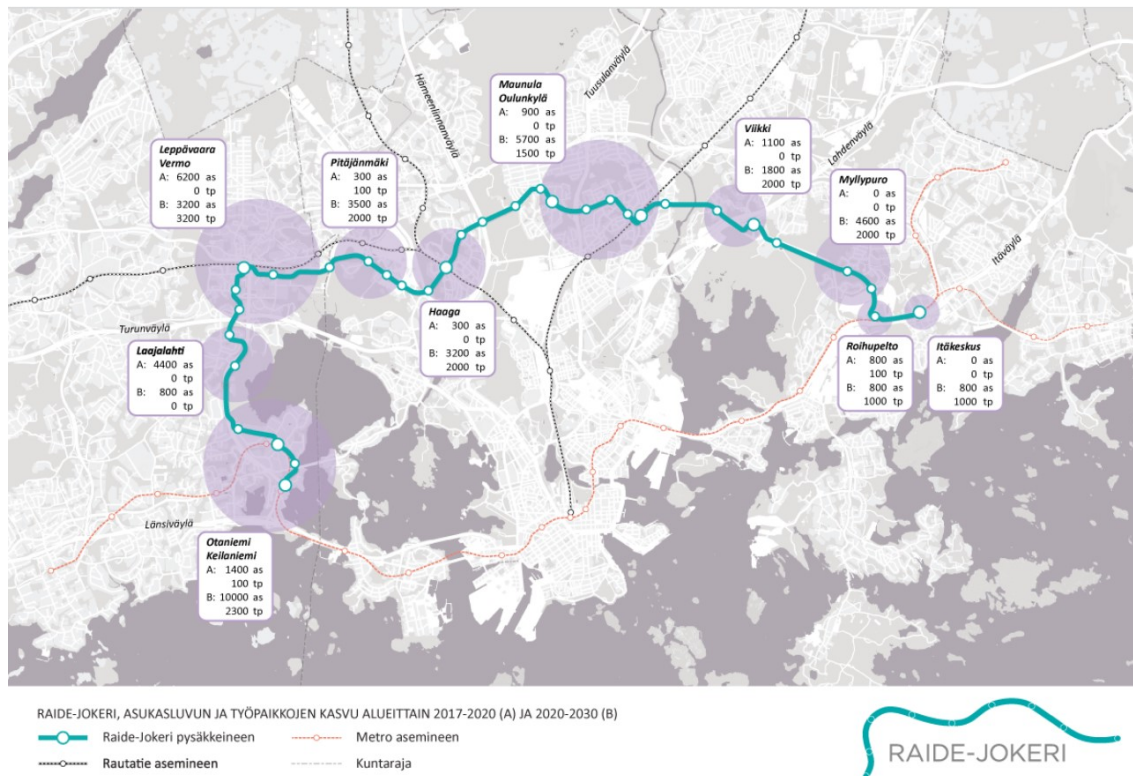
Tämän insinööri työn tavoitteena on laatia Raide-Jokeri-hankkeen sähköasennus- ja muutostöihin työturvallisuusohjeistus sähköurakointia ja käytönaikaisia töitä varten. Tavoitteenani on saada aikaan turvallisuusmenetelmä, jolla varmistetaan henkilö- ja omaisuusvahinkojen minimaalisin lopputulema sähkö- tai työtapaturman sattuessa. Pyrkimykseni on kuvata jokaista sähkö- ja teknisten järjestelmien urakointikohdetta tällä hankkeella pohjustaakseni työryhmien kohtaamia haasteita ja työympäristöjä. Tavoitteeni saavuttamiseksi läpikäyn suurimmat sekä spesifeimmät riskitekijät asennustöissä järjestelmäkohtaisesti. Lisäksi laadin kytkentäohjelman sekä selkeät ja helpot toimintamallit käytönaikaisiin töihin työturvallisuuden näkökulmasta. Haastattelen raitiotiealan huippuosaajia niin raitiotiesähkön kuin työturvallisuuden osalta saadakseni pitkien työurien tuomia näkemyksiä, kehitysehdotuksia ja vertailukohteita eri toimijoiden lähtökohtiin sähköasennustöiden työturvallisuuden saralla.

Haluan kiittää insinööri työssäni suurena tukena olleita kollegoitani, ohjaajiani sekä esimiestäni. Erityiset kiitokset Jore Aitamurrolle, Jari Moisiole, Joonas Riikoselle, Raimo Huhtamäelle sekä Jarno Vartevalle. Autoitte minua puskemaan työn maaliin saakka työkiireistä ja yksityiselämän kiemuroista huolimatta kannustavalla asenteellanne, vinkeillänne sekä ammattitaitoisilla näkemyksillänne. Toivon tämän työn tuovan esille hyviä lähtökohtia tulevaisuuden raitiotie hankkeiden työturvallisuuskulttuurin määrittelyyn.

2 Raide-Jokeri hankkeena

Raide-Jokeri on pikaraitiovaununlinja, joka tulee korvaamaan runkobussilinjan 550. Linja sisältää 34 pysäkkiä ja kulkee Helsingin Itäkeskuksesta Espoon Keilaniemeen 25 km pituisen matkan kuvan 1 mukaisella reitillä. Keskinopeustavoitteeksi on asetettu 25 km/h. Raitiovaunun päätepysäkiltä toiselle päätepysäkille kulkema matka pitäisi taittua tällöin tunnissa. Raitiotien sähköistys toteutetaan kaksiraiteisena 750 VDC -järjestelmänä. Raideleveys hankkeella tulee olemaan sama kuin kantakaupungin raitiotieverkolla (1 000 mm). [7.]

Hankkeen tarpeen selittää pääkaupunkiseudulla kasvavat asukas- ja työpaikkamäärät, sekä päästöjen vähentäminen nykyiseen bussiliikenteeseen verrattaessa. Tällä hetkellä runkobussilinjalla 550 tehdään yli 40 000 matkaa arkipäivänä. Tulevaisuuden ennusteet lupailevat noin 90 000 matkaa yhtenä arkipäivänä. Raide-Jokerin erikoiskohteina toimivat Patterinmäen tunneli, Huopalahden alikulkutunneli, Roihuvuoren pohjavesikaukalo, Espoon Sellon keskeltä kulkeva reitti katoksineen sekä sähkömagneettisen kompensaa-tion vaatimat alueet Otaniemessä ja Viikissä. Hankkeen tulisi olla valmiina liikennöimään kesällä 2024. Raide-Jokeri hankkeessa käytetään allianssimallia. Allianssiorganisaatio koostuu useasta yrityksestä, jotka yhdessä muodostavat allianssin, johon kuuluvat niin hankkeen tilaajat kuin suunnittelijat ja urakoitsijat. [7.]



Kuva 1. Raide-Jokerin kulkureitti ja liikennöintialueiden työpaikka- sekä asukastilastoja. [7.]

Raide-Jokeri allianssiorganisaatio koostuu kolmesta rakennuttajasta, kahdesta pääura-koitsijasta, pääurakoitsijoiden aliurakoitsijoista ja kolmesta suunnitteluorganisaatiosta. Jokaisen hankkeen pääroolin vastuu on jaettu kaikkien roolin edustajien kesken, siispä jokaisella roolilla on oma ryhmittymänsä. Rakennuttajaryhmittymän muodostavat Helsingin ja Espoon kaupungit sekä Helsingin Kaupungin Liikennelaitos -liikelaitos eli HKL. Pääurakoitsijaryhmittymänä ovat YIT Suomi Oy ja NRC Group Finland Oy. Suunnittelija-konsulttiryhmittymä muodostuu Sweco Oy:n, Ramboll Finland Oy:n ja Sitowise Oy:n koonpanosta. [7; 12.]

Raide-Jokeri on todella näkyvällä paikalla niin Espoon kuin Helsingin liikenteen solmu-kohdissa. Näkyvyys ja sijainti tuovat tiettyjä etuja sekä huomioitavia asioita. Sijainnin ja näkyvyyden etuina ovat hyvät kulkuyhteydet ja pelastusmahdollisuudet onnettomuuden sattuessa. Hankkeen keskeisen sijainnin haittoina ovat puolestaan sivulliset, jotka lisää-vät tapaturmien mahdollista vahingon suuruutta ja toisinaan myös aiheuttavat harmia ilkeiden tai työmaa-alueelle tunkeutumisen muodossa.

ATA-pistejärjestelmä eli avaintulosalue-pistejärjestelmä ohjaa hanketta pitämään huolta turvallisuusasioista, poissaoloon johtava tapaturma tuo merkittävän taloudellisen sanktion. Lisäksi hankkeella suoritettavat MVR- ja TR-kalibrointimittaukset, eli maa- ja vesirakennusala- sekä talonrakennusala-kalibrointimittaukset keskittyvät työmaan toimivuuteen, turvallisuuteen ja vaaratilanteiden ehkäisemiseen. Mitattavia sekä tarkasteltavia asioita ovat muun muassa kaivannot, jätehuolto ja kierrätys, työmaan siisteys, nostoapuvälineet, sammutuskalusto, aukkosuojaus, konekortit, työkalut, rakenteet, työmaakyltit ja opastus. [12.]

TR-kalibrointi on tilaajan suorittama katselmus maastoon, josta kirjataan positiiviset ja negatiiviset turvallisuushavainnot hankkeen työmaa-alueilta. Jos jokin merkittävä turvallisuutta vaarantava puutos maastokäynnillä havaitaan, seuraa siitä huomautus tai tarvittaessa sopimussakko. Sopimussakkoon johtavia puutoksia ovat muun muassa aukkosuojausten puuttuminen, liikenteen häiriöt, nostovälineiden viimeisen käyttöpäivän ylittyminen, työmaasähköjen sopimaton toteutus, suojauspuutteet kaivannoilla, työmaan suojavarusteiden puutos työntekijällä, työkoneiden ja -kalujen vaaraa aiheuttavat korjaamattomat osat (muun muassa kipinäsuojat työkaluilla ja kohinahälyttimet ajoneuvoissa). [12.]

Suojavarustepuutoksesta on niin henkilökohtainen kuin yrityskohtainen seuraamus. Henkilöä jolta suojavarusteet ovat puuttuneet, varoitetaan kirjallisesti ensimmäisen rikkeen sattuessa. Seuraavan suojavarustepuutoksen havaittuaan työntekijällä allianssin edustaja on veloitettu poistamaan työntekijä työmaalta ja ilmoittamaan asiasta työntekijän emo-organisaatiolle. Yritys saa tiedon suojainpuutoksesta yleensä allianssin turvallisuusvastaavan tai turvallisuuspäällikön kautta. Allianssin edustaja kirjoittaa allianssin määrittämän sopimussakon seuraavan suojainpuutteen ilmettyä yrityksen työntekijällä. Jokaisesta suojainpuutteesta kirjataan oma sopimussakko, joka vähennetään tulevista maksueristä. Myös pääurakoitsijaryhmittymä on määritellyt aliurakoitsijoilleen sopimussakot samoin ehdoin kuin allianssiorganisaation rakennuttajaryhmittymä. [2.]

3 Sähkötekniset järjestelmät

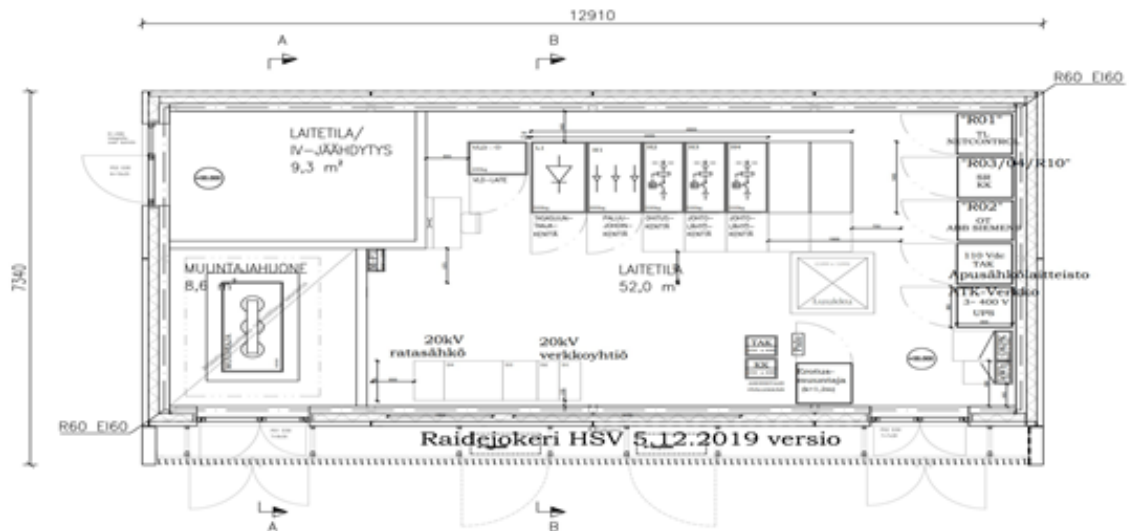
Jotta työn turvallisuusaspektia on helpompi hahmottaa, on syytä kuvailla sähkötekni-
 järjestelmien kokonaisuuksia ja toimintatarkoituksia. Jokainen osa järjestelmää palvelee

raitiotiekaluston sähköistyksessä tai sähköisten vikojen ja ilmiöiden suojaamisessa. Näistä tärkeimpiä sähköistyksen kannalta ovat sähkönsyöttöasemat ja ajojohdinjärjestelmä. Sähkönsyöttöasemat edustavat koko raitiotien voimanlähdettä kuin ihmisen sydän. Ajojohdinjärjestelmä puolestaan edustaa raitiotien sähköistyksessä ihmisen valtimoita, jotka kuljettavat voimalähteen tarjoaman energian raitiotiejärjestelmälle. Niinpä on syytä kiinnittää erityisesti huomiota näihin kahteen järjestelmään niiden laaja-alaisuuden, monipuolisuuden ja kriittisyyden vuoksi.

3.1 Sähkönsyöttöasemat

3.1.1 Sähkönsyöttö Raide-Jokerilla

Sähkönsyöttöasemat ovat sähköenergian jakelu- tai siirtoverkko-osia, joissa muun muassa muunnetaan sähköverkon syöttöjännitettä ja liitetään raitiotien sähköjärjestelmä paikalliseen jakeluverkkoon. Syöttöasema kytkeytyy ajojohtimeen ja paluuvirtakiskoon syöttöpistekaappien ja paluuvirtakaappien kautta. Ajojohtimet, paluuvirtakisko ja sähkönsyöttöasema muodostavat raitioiteillä suljetun virtapiirin jolta raitiovaunu saa sähköenergian liikennöintiä varten. Sähkönsyöttöasemat syöttävät raitiotien tarvitseman energian verkkoyhtiön keskijänniteverkosta tasasähkönä raitiotien ajolankaan. Sähköaseman pääkomponentit ovat 20kV -kojeisto, päämuuntajat, tasasuuntaajat, kaukokäyttölaiteisto, varavirtajärjestelmä apujärjestelmille, maadoitusverkko ja 750 VDC-tasasähkökojeisto, jotka sijoitellaan kuvan 2 mukaisesti. Lisäksi asemalla on 400 VAC-pienjänniteliittymä aseman omaa sähkökäyttöä varten sekä tarvittavia apusähköjärjestelmiä varten. [1; 4; 6.]



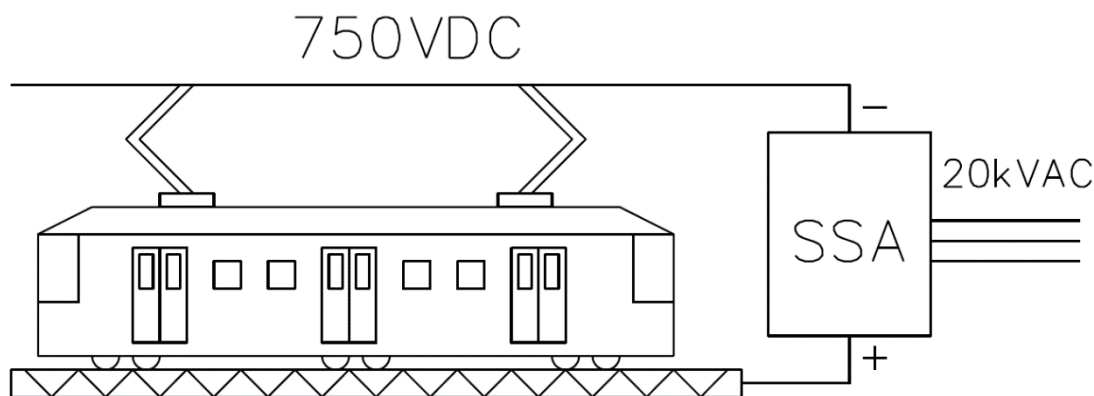
Kuva 2. Sähkösyöttöaseman esimerkkipohjapiirros laitesijoitteluiineen. [13.]

Raide-Jokerin linjalle rakennetaan 15 sähkösyöttöasemaa (SSA R01-R15) ja varikolle oma sähkösyöttöasema (SSA R16), jotka sijaitsevat noin 1,8 km:n välein. Kuvassa 3 SSA R06 Vermo on sisätiloiltaan valmiina kojeistohaalauksia varten. Syöttöasemat on toteutettu verkkoyhtiön keskijänniteliittymän rengasmaisena syöttönä eli syöttöasema on sähköverkkoyhtiön syöttörengas osana, jolloin asemaa voidaan syöttää kahdesta suunnasta ja parantaa näin käyttövarmuutta. Järjestelmän toimivuus on varmistettu sähkönsyötön simuloinnilla kuormituksen ja syötönvahvistusten osalta. Simuloinnissa varmistetaan muun muassa verkon toimivuus yhden syöttöaseman ollessa irti syöttörengasta. [1; 4; 6; 8]



Kuva 3. Sähkön syöttöaseman kojeistotilat valmisteltuna kojeistohaalauksille.

Sähköaseman tilantarve on noin 95 m². Suosituksena pidetään, ettei asema syöttäisi enempää kuin ~2 km molempiin suuntiin. Syöttöasemat ottavat jakeluverkosta 20 kVAC-jännitteen ja muuntavat sekä tasasuuntaavat sen raitiovaunulle 750 VDC-käyttöjännitteeksi. Suunnittelustandardin mukaan jännitteen sallitut raja-arvot ajojohtimella ovat 500–900 VDC. Sähkön syöttöasemat syöttävät virran ajojohtimille ja vastaanottavat paluvirran raitiotien kiskoilta. Raitiotien sähköpiiristä esimerkki kuvassa 4. Asemia pyritään sijoittamaan niille raiteen alueille, joissa tehoa tarvitaan eniten, kuten raitiovaunujen kiihdytysalueet, mutkat ja ylämäet. On tärkeä varmistaa muiden sähkön syöttöasemien tehonsyötön riittävyys vikatilanteessa, jossa yksi asema on pois käytöstä. [1; 4; 6; 8.]



Kuva 4. Sähköpiiri raitiotiejärjestelmässä. [13.]

3.1.2 Asennustöiden riskit ja vaarat

Sähkönsyöttöasemien asennustöissä on lukuisia toisistaan poikkeavia työvaiheita sähkölaitteiston toimintakuntoon saattamiseksi. Näihin työvaiheisiin lukeutuu muttei rajoitu seuraavat: syöttöasemien kaapelikellareihin tehtävät kaapelivetotyöt syöttö-, paluuvirta-, valvonta-, maadoitus- ja viestintäkaapeleille, kojeistojen sekä muuntajien haalaukset, kytkentätyöt kojeistoissa, varavirtalaitteistojen asennus sekä käyttöönotto-akustointi, LVIS-työt (lämpö, vesi, ilma ja sähkö) aseman sisätiloissa, tietoliikenneasennukset, maadoitukset VLD:n (jännitteenrajoitinlaite) kautta kiskoon, laitteiston käyttöönotto-vaiheet sisältäen SIT- ja SAT-tarkastukset, (järjestelmän yhteensopivuustestaus ja järjestelmän hyväksyntätestaus) ominaisvastus- ja ominaisimpedanssimittaukset sekä muut sähkölain 1135/2016 määrittämät tarkastus- ja mittaustoimenpiteet ennen laitteiston hyväksyttyä varmennustarkastusta. Lukuisat työvaiheet aiheuttavat alati muuttuvan työympäristön asennusryhmille ja täten myös runsaasti riskitekijöitä päivittäiseen työskentelyyn. Suurimmat riskit syöttöasemilla syntyvät kojeistojen haalauksissa sekä sähköverkko-yhtiön kytkiessä oman 20 kV-syöttönsä osaksi syöttöasemaa muiden asennustöiden ollessa vielä työn alla. [4; 6.]

Kojeistojen haalauksissa työntekijät joutuvat ahtaisiin tiloihin suurimassaisten kaappi- sekä kojeistokokonaisuuksien kanssa. Kojeistot nostetaan nostopuomilla nostoauton kyydistä syöttöasemien oviaukolle, josta kojeisto asetellaan kaappikuljettimien päälle, joilla se haalataan mahdollisimman lähelle lopullista sijoituspaikkaa. Nostopuomina hankkeella on käytetty muun muassa kuvan 5 mukaista pitkää puomia. Vaarana

kaappien sekä kojeistojen haalauksen aikana on nostoauton kaatuminen, kojeiston kaatuminen, puomin katkeaminen ja hydraulikan pettäminen. Työntekijän on tärkeää sijoittua haalaustilanteissa riittävän turvaetäisyyden päähän aina kun mahdollista ja tunnistaa vaaratilanteet kuten nostopuomin alla työskentelyn. Niinpä haalauksien parissa työskenteleviltä asentajilta vaaditaan alamiespätevyyttä, jotta mahdolliset riskitilanteet havaittaisiin jo työtä suunniteltaessa tai alustavassa keskustelussa työtä aloitettaessa. Lisäksi alamiespätevyyttä tarvitaan nostoissa, joissa nosturinkuljettajalla on rajoittunut näkemä nostokohteeseen eli kuski tarvitsee apua noston turvalliseen ja onnistuneeseen suorittamiseen. Syöttöasemien asennuslattiaissa on kojeistojen vuoksi useita läpivientejä, joista voi aiheutua alaraajoihin kohdistuvia vammoja alueella työskenteleville. Jokainen läpivientiaukko tulee aukkosuojata henkilön kantavalla suojalevyllä, joka on merkitty punaisella ristillä ja tuettu aukon reunoilta kannen liukumisen estämiseksi reiän päältä. [4; 6.]



Kuva 5. Haalauksiin käytettävä nostopuomi ojennettuna.

Kaapelivedot edustavat suurta osaa syöttöaseman riskialttiista töistä. Kaapelivetokoneella vedettäessä etenkin järjestelmän suurimpia kaapeleita (AXCMK 1x800/50 1kV Cca) kohdistuu vetovaijeriin suuri rasite vetovoiman ollessa maksimissaan 1 600 kg. Vetovaijerin katketessa vetokoneen läheisyydessä on työntekijä vaarassa saada sivaltaisan iskun teräsköydestä. Vetovaijerin aiheuttamaa vaaraa on pyritty minimoimaan asentamalla 5 mm paksu läpinäkyvä suojaplexi vetokoneen eteen siten, ettei konetta käytettäessä katkennut vaijeri voisi sinkoutua työntekijään. Kaapelinvetoryhmä suunnitteli

vetokoneen ohjauksen huomioonottavan raamin suojauspleksille, jotta koneen modifikaatio ei hidastaisi taikka hankaloittaisi työsuoritetta. Lisäksi kaapelivetoryhmän tulee huomioida kaapelikelojen aiheuttama vaara vetoa tehtäessä. Mikäli raskas kaapelikela pääsee karkaamaan kaapelipukilta tai vierii muutoin hallitsemattomasti työntekijöiden huomaamatta, on loukkaantumisriski suuri etenkin asennusmontussa työskentelevillä. Kaapelinvetoryhmästä tulee nimetä työryhmän jäsen, jonka vastuulla on kaapelikelojen valvominen ja niiden tuenta vedon aikana. Kuvan 6 mukainen kaapelivetosuorite kaapelikelat valvottuina ja tuettuina parantaa vedon turvallisuutta merkittävästi. [4; 6.]



Kuva 6. Kaapelivetosuorite, jossa kaapelikelat ovat vetomontun reunalla.

Sähkönsyöttöasemien kojeistoissa on monia hankkeelle erikseen tehtyjä poikkeavia ratkaisuja, jotka eivät ole laitetoimittajien tuotantolinjoille tyypillisiä vaan Raide-Jokerin tarpeille räätälöityjä. Syöttöasemien erityyppisten kojeistojen runsaus kasvattaa asennus- ja suunnitteluvirheiden määrää. Piilevä vika voi aiheuttaa tapaturman tai komponenttien vahingoittumisen käytön aikana. Tästä johtuen sähköurakoitsijan henkilöstön on varmistettava jokaisen kojeiston asianmukaisuudesta ja turvallisuudesta huolellisella vastaanottotarkastuksella. Myös asennusvaiheessa työntekijät läpikäyvät laitteet mahdollisten eristevikojen, kytkentävirheiden tai rikkiinäisten komponenttien varalta. Viimeisenä

mahdollisena ongelmatekijän löytymishetkenä voidaan pitää urakoitsijan sähkötekniisiä mittauksia ennen laitteen käyttöönottoa. Mikäli piilevää vikaa ei havaita ennen käyttöönottoa voi kojeiston komponentteja tuhoutua, kun kojeisto saatetaan jännitteiseksi. Tämä ehkäistään kytkentöjen läpisoittamisella ennen jännitteen kytkentää järjestelmään. [1; 4; 6.]

Syöttöasemien apusähköjärjestelmä on akkuvarmennettu. Hyytelöakut aiheuttavat työmaalle kemiallisen vaaratekijän akkuhappojen myötä. Akustoista voi esimerkiksi vapautua myrkyllisiä kaasuja tai ne voivat syövyttää akkuhapoille altistuneita työntekijöitä ja heidän varusteitaan mahdollisten vaurioiden yhteydessä. Riskeistä johtuen työntekijän on tärkeää noudattaa akkutyöskentelyohjetta ja välttää akkujen ulkopintojen vaurioita. Hankkeella käytettävät akut eivät muodosta syttymisherkkää vetykaasua, joten ATEX-suojaluokan tiloja ei tarvita. Vesitetyt akut muodostaisivat kuitenkin tarpeen suojaluokituksen mukaisille tiloille. [4; 6.]

3.1.3 Käytönaikaisten töiden riskit ja vaarat

Käytönaikaiset sähkötyöt ovat erityisen riskialttiita mahdollisten työkohteen lähellä sijaitsevien jännitteisten laitteistojen ja komponenttien vuoksi. Lisäksi muuntajien ja tasa-suuntauskomponenttien kanssa on aina takajänniteriski. Työmaadoitus ja jännitteettömyyden toteaminen ovat ensiarvoisen tärkeitä työkalut sähkötapaturman välttämiseksi tällaisessa kohteessa. Työnaikaisen jännitteettömyyden varmistamiseksi laaditaan valvomon toimesta kytkentäohjelma, jota kytkennöissä käytetään. Ohjelmaan on erikseen merkitty tarvittavat jännitteettömyyden toteamiset ja työmaadoitukset sekä tilanne, jossa itse työ tehdään ennen palautusta. Käytönaikaiseen kohteeseen tehdään tyypillisesti joko kunnossapito- tai muutostöitä. Tällaisia sähkötöitä varten tulee tehdä selkeät työalueen rajaukset ja varmistua kohteen jännitteettömyydestä erikseen jokaisen sähkötekniikan tilamuutoksen jälkeen. [1; 4; 6.]

Työntekijän on tärkeä tunnistaa jännitetyön rajat ja osata valita riittävät suojavaarusteet tapaturmariskialttiissa työssään. Jokaisessa käytönaikaisessa sähkötyöryhmässä tulee olla asennustyöntekijän lisäksi ensiaputaitoinen avustaja tapaturman varalta. Hankkeella kaikki sähköasentajat sekä työnjohtajat ovat ensiaputaitoisia eikä tarvetta erillisille ensiaputaitoisille täten ole. [1; 4; 6.]

3.2 Ajojohdinjärjestelmä

3.2.1 Ajojohdinjärjestelmän rakenteet

Ajojohdinjärjestelmä sisältää monta komponenttia, jotka muodostavat raitiovaunun liikennöintiin tarvittavat ajojohdinrakenteet. Ajojohdinrakenteet koostuvat ripustusorsista, mahdollisesta kannattimesta pylväsvälin sen salliessa, jousikiristyslaitteista, ankkuriköysistä ja ajolangasta. Järjestelmän tarkoitus on mahdollistaa raitiovaunuille tarvittava sähkönsyöttö ajolangasta raitiovaunun virroittimeen.

Ajojohtimille tulee 750 VDC -tasajännite kaapelisyöttönä syöttöasemilta. Järjestelmän paluuvirta kulkee maasta eristettyjen raiteiden kautta paluuvirtareittiä pitkin takaisin sähkönsyöttöosuutta syöttävälle sähkönsyöttöasemalle. Kiskot ovat yhdistetty kisko- ja raideyhdistyksillä koko linjan mittaiseksi paluuvirtatieksi. Poikkeuksena linjan toteutukseen; varikon raiteilla ei ole tarvetta maasta eristykselle, sillä varikko on sähkötekniisesti tarkasteltuna pieni alue, joten hajavirran hättäväikutusten riski on minimaalinen. Varikon raiteet tullaan kuitenkin varustamaan kammiokumein tärinän vähentämiseksi. [4; 6.]

Ajojohtimena Raide-Jokerin hankkeessa käytetään pääasiallisesti Valthermo- ajolankaa. Se on muutoin vastaava kupariköysi kuin tyypillisempi CuAg0.1, mutta Valthermon CuSn-rakenne on tutkitusti kulutuskestävyydeltään parempi. Suomessa tätä ajolankatyyppeä on ollut kokeilussa rajallisesti alle kymmenen vuotta, joten täyttä varmuutta kulutuskestävyydestä ei vielä voida todeta. Ajolankana kompensatioalueilla käytetään 100 mm²:n CuMg0.5-kupariköyttä, jonka sähköinen johtavuus on muita kupariköysiä heikompaa sähkömagneettisen kentän minimoimiseksi. Hankkeella käytettävien kupariköysien poikkipinnat ovat 120 ja 150 mm². Ajojohtimen nimelliskorkeutena on 5,8 m, ellei rata-geometrian vuoksi ole tarvetta nostaa tai laskea ajolankakorkeutta tyypillisestä korkeudesta muuksi. Ajojohtimen korkeus keskiverrolla sekaliikennealueella on 4,9–6,1 m, alin mahdollinen asennuskorkeus ajojohtimelle Raide-Jokerilla on 4,2 m [4; 6.]



Kuva 7. Ajojohdinjärjestelmä, ajolangan vetotyö käynnissä.

Ajojohtimet ripustetaan orsirakenteeseen, jotka kannattelevat ajojohtimia radan yllä. Kuvassa 7 ajolanka ripustetaan orsirakenteeseen kurottajaa sekä kiskotraktoria apuna käyttäen. Nämä ripustusrakenteet kuten orret ja jousikiristimet kiinnitetään pylväisiin, jotka sijaitsevat toisistaan 35–55 metrin välein. Ripustusrakenteet ovat kaksoiseristettyjä, jotta mahdollinen eristevika ei päästä potentiaalieroa orsien kautta pylväisiin. [4; 5; 6.]

Tyypillisessä orsirakenteessa pylvääseen on harustettu orsi yhdellä tai useammalla teräsvaijerilla, lukumäärä vaihtelee orren pituuden mukana. Orsi voi olla yhdelle tai kahdelle raiteelle ulottuva. Kahden raiteen orsi voi sijaita vain pylväässä, joka on raiteiden reunalla. Yhden raiteen orret voidaan kiinnittää yhteen pylvääseen, joka sijaitsee raideparin välissä tai kahdessa erillisessä pylväässä raiteiden reunoilla. Lisäksi pylväisiin voidaan asentaa orsirakenteiden yläpuolelle kannatinlanka. Kannatinlanka ripustetaan kahden pylvään välille, jotta pylväsväliä voidaan tarvittaessa kasvattaa. [4; 5.]

3.2.2 Riskit ja vaarat

Ajojohdinjärjestelmän kokoonpanotyöt sisältävät eniten vakaviin tapaturmiin johtavia riskitekijöitä koko sähkö- ja teknisten järjestelmien vastuualueelta. Ajojohdinjärjestelmän riskit jakautuvat sähkötekniisiin sekä mekaanisiin riskeihin, joita läpikäydään seuraavassa osiossa tarkemmin eriteltynä. [4.]

3.2.3 Sähkötekniset riskit

Sähkötekniisiä riskejä ajolankana toimivaan ilmajohtoon kohdistuu riittämiin. Näistä kuolemantapauksiinkin johtaneita vakavia tapaturmia ympäri maailman ovat aiheuttaneet ajojohdinjärjestelmän ulkopuoliset tekijät, kuten indusoitunut sähkö ilmajohtoon vierellä kulkevista jännitteisistä johtimista, salamaniskun ajolankaan tai sen läheisyyteen ja siitä muodostuvat askeljännitteet, pudonneet voimajohtot sähköratarakenteen päällä, erottimien huomaamatta jääneet erotusviat, työmaadoitusten unohtuminen sekä maadoitusviat, jotka ovat päästäneet vuotovirtoja raitiotien muihin sähkökomponentteihin. [1; 4; 5; 6.]

Sähkötekniset riskitekijät voidaan onneksi poissulkea jännitteettömyysmittauksilla ennen työkohteessa aloittamista. Suurimpina syinä jännitteettömyyden toteutuksen laiminlyönnille ovat kiire, valheellinen varmuus jännitteettömyydestä sekä vikaantuneet mittausrakenteet. On tärkeää valistaa mahdollisista tapaturman seuraamuksista ja ajolangan vaaroista kaikkia työmaa-alueella liikkuvia. Lisäksi mittausrakenteiden kalibrointiajankohtiin ja asianmukaiseen käyttöön tulee kiinnittää erityisesti huomiota, jotta jännitteettömyys todetaan varmuudella ajolankakohteissa. [1; 5.]

3.2.4 Mekaaniset riskit

Ajojohdinjärjestelmä koostuu painavista komponenteista, jotka roikkuvat yli neljän metrin korkeudessa sekä suurilla voimilla viritetyistä teräsköysistä. Kuvan 8 kaltainen jousikiristyslaite vetää kiristettävää lankaa tuhansien kilojen voimalla. Tästä syystä mekaanisten riskien tunnistaminen on olennainen osa asennustöiden tapaturmattoman toteutuksen onnistumisessa. Painavia komponentteja ajojohdinjärjestelmässä on satojen kilojen painoisten jousikiristyslaitteiden lisäksi myös orsirakenteissa, jotka ovat useita metriä pitkiä alumiiniputkia. Yksi orsi painaa tyypillisesti joitain kymmeniä kiloja. Työntekijöiden sormet voivat helposti liiskaantua orren nostotyössä. Kääntöorret voivat myös paiskautua tuulen voimasta korissa työskentelevää henkilöä päin.



Kuva 8. Jousikiristyslaite kääntöorren vieressä.

Ajolankojen kiristysvoimat voivat yltää 1 600 kilogrammaan asti. Niinpä mahdollisessa ajolangan katkeamisessa aiheutunut vaurio voi olla mittava. Katkennut ajolanka voi siivaltaa vakavia vammoja tielle osuvaan työntekijään tai vetää kääntöorren mukanaan, jolloin kääntöorsi voi osua voimalla nostokoriin tai siinä työskentelevään henkilöstöön. Mikäli ajolanka katkeaa jollain kiristysvälillä, se muodostaa vaaravyöhykkeen molempiin päihin kiristysväliä keskiankkuriin asti. Etenkin langan irrotessa ripustuksista mutkakohdassa piiskausilmiö on todennäköinen ja erityisen vaarallinen. Lisäksi katkennut ajolanka on jäykkä ja voi heilua arvaamattomasti satojen kilojen voimalla osuen sähköratarakenteisiin tai asennustöitä suorittaneeseen työryhmään. [3.]

Ajojohdinjärjestelmän työryhmän tulee käydä erillinen perehdytyskoulutus ennen lanka-työskentelyn aloittamista, jotta varmistutaan oikeaoppisista työmenetelmistä ja kaikki työryhmän jäsenet ovat tietoisia työkohteen riskeistä ja vaaroista sekä niiden ennaltaehkäisemisestä. Työryhmän tulee osata toimia onnettomuustilanteen varalta siten, ettei kukaan ole sijoittunut mutkakohdassa ajolankamutkan sisäpuolelle asettaen itsensä vaaraan. Myös turvaetäisyyksiä asennusajoneuvoista tulee noudattaa, ellei työntekijä joudu asennustyön vuoksi olemaan ajolangan vaara-alueella.

3.3 Vaihteenohjausjärjestelmä

Raitiovaunukalustoa ajetaan rautateistä poiketen näkemällä, jolloin kuljettaja hallinnoi itse vaihteiden kääntöä, jarrutusta sekä kiihdytystä. Rautateillä junan kulunvalvonta eli JKV-järjestelmä huolehtii maksimijonopeudesta, asetinlaite varaa kulkutien kuljettajalle vaihteenkäännöillä, sivusuojaa ja tekee tarvittavat raiteensulut. Junakuljettajan vastuulle jää ajonopeuden säätely, opasteiden noudattaminen automaattisten hätäjarrutusten välttämiseksi, itsenäinen jarruttaminen tasaisemman kyydin takaamiseksi ja pysäkkitoiminta. Raitioteillä kuljettajan apuna ei ole yleensä järjestelmää, joka huolehtisi turvallisesta ajosta, jarruttamisesta, ajonopeuksista ja sivusuojusta. Tällaista järjestelyä kutsutaan näkemällä ajamiseksi. [13.]

Vaihteenohjausjärjestelmän linjalla on seitsemän suunnanvaihtopaikkaa. Neljä sähköistä ja kolme manuaalista, joita ohjataan raitiovaunujen käyttöpisteistä. Mekaaniset vaihteet eivät käänny sähköisillä komendoilla, vaan ne raitiovaunun kuskin pitää käydä kääntämässä manuaalisesti kääntötangolla. Kääntäminen tangolla ei ole yleistä, vaan lähinnä erityisissä poikkeustapauksissa tehtävä toimenpide, kun kalusto tulee ajaa normaalista poikkeavaa reittiä. [13.]

Käyttöpisteiden lisäksi ohjausjärjestelmää voidaan valvoa liikenteenohjauskeskuksesta. Keskus puuttuu lähinnä ongelmatilanteisiin vain silloin, kun alueen raitiovaunukuskit eivät pysty poikkeustilannetta havaitsemaan riittävän ajoissa. Liikenteenohjauskeskus pystyy tiedottamaan vaunun kuljettajia mahdollisesta poikkeustilanteesta puhelimitse tai radiolla.

Raide-Jokerin linjan päätepysäkeillä toiminta on automatisoitu. Tällöin järjestelmä ohjaa kaluston oikealle laiturille eikä kuljettajan tarvitse tehdä itse vaihteenkääntöjä. Vaihteet kääntyvät automaattisesti kääntöä edellyttäviin asentoihin ja mahdollistavat nopean raitteen vaihdon kalustolle. Linjalta saapuva vaunu ohjataan vaihteiden kautta oikeaan laituriiin. Ajo on kuitenkin kuljettajan näkemän varassa. [13.]

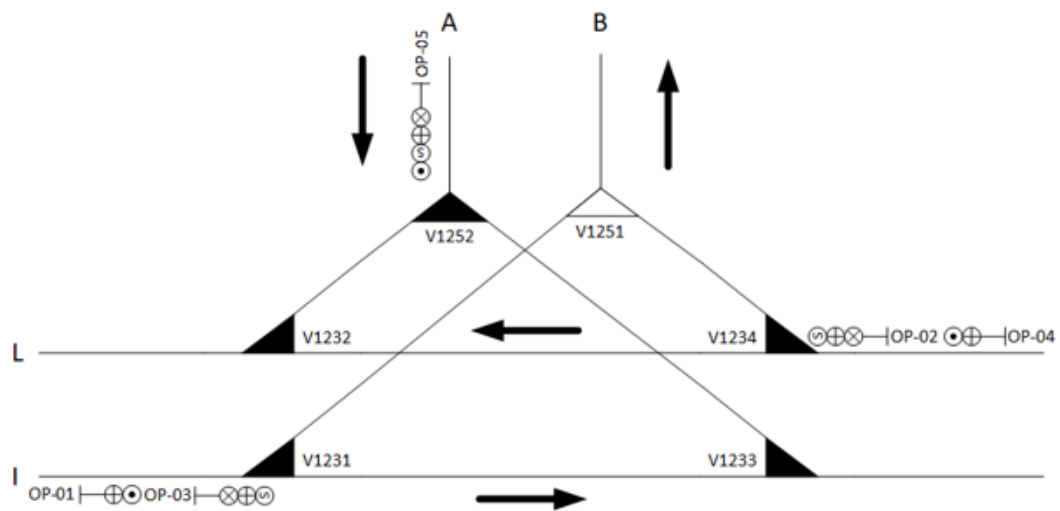
3.3.1 Varikonohjausjärjestelmä

Varikonohjausjärjestelmä on oma itsenäinen järjestelmä, joka hallinnoi kaikkien raitiovaunujen liikettä varikon alueella. Varikonohjausjärjestelmästä on rajapinta varikon risteykseen, joka kuuluu osaksi toista vaihteenohjausjärjestelmää linjalla. Varikon ohjausjärjestelmää voidaan ohjata ohjaustyöpisteellä, paikalliskäyttötaululla, ja mahdollisesti myös mobiililla ohjaustyöasemalla. Ohjaustyöpiste on pääroolissa kulkuteiden asettajana Raide-Jokerin varikon ohjausjärjestelmässä. [13.]



Kuva 9. Varikon säilytyshallin länsipään kulku

Varikon ohjausjärjestelmä kykenee myös näyttämään vaunujen sijainnit halleissa. Kuvan 9 säilytyshallin lisäksi varikolla sijaitsee pesuhalli sekä raskas- ja kevythuoltohallit. Paikatietojärjestelmä liittyy huoltotoimenpiteiden vauhdittamiseen ja tuotannonohjaamiseen. Kuvan 10 sisään- ja ulosajoristeys toimii varikonohjausjärjestelmän rajapintana linjan vaihteenohjausjärjestelmään.



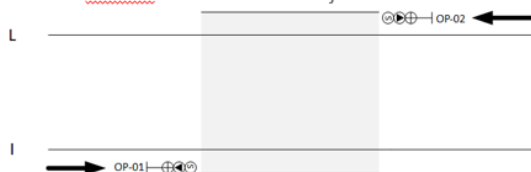
Kuva 10. Varikon sisäänajosteys, linjan raiteet L ja I, varikon raiteet A ja B. [13.]

3.3.2 Pohjavesikaukalon ja tunnelin suojalaitteet

Kaukalon ja tunnelin näkemä ei riitä turvalliseen ajoon, joten niissä toimitaan perinteisistä raitioteistä poiketen tuomalla raidevirtapiirit ja liikenteenohjausjärjestelmä hoitamaan kulunvalvontaa. Kaluston kiskopyörästön ja akseliston muodostaessa oikosulun raidevirtapiiriin raideosuus varautuu, varautunut osuus välittää tiedon kulunvalvontajärjestelmälle, joka sytyttää "SEIS"-opasteet muulle liikenteelle. [4.]

Kulunvalvontajärjestelmä ilmaisee ajo-opastimissa opastinkäsitteet kuljettajalle tilatietoihin pohjautuvien ilmaisimien avulla. Kulunvalvontajärjestelmän ansiosta vastaan tuleva kalusto ei törmää havaitsemattomaan kalustoon. Kun kalusto poistuu viimeisenä varautuneen raidevirtapiirin alueelta, myös oikosulku poistuu kulunvalvontajärjestelmästä. Kulunvalvontajärjestelmä vapauttaa opastimen "SEIS"-käsitteen "AJA"-käsitteeseen. Kulunvalvonta helpottaa kuskin työtä ja pienentää kolaririskiä, mutta se ei ole varsinainen turvalaite ja onnettomuus voi kulunvalvonnasta huolimatta tapahtua. Pohjavesikaukalon ja tunnelin kulunvalvontajärjestelmien toimintaperiaatteet hahmottuvat hyvin kuvasta 11. Pohjavesikaukaloon tulee lisäksi vedenpoistopumppaamo ja keräys- sekä poistoputkiston sulanapito. Kaukaloon kerääntyvästä vedestä sekä laitevioista tulee tieto raitioliikenteen valvomoon.

- Patterimäen tunnelissa ja Varikkotien kaukalossa järjestelmät, jotka mahdollistavat vain yhden samaan suuntaan ajavan kalustoyksikön olemisen tunnelissa/kaukalossa
- Ilmaisee kun ajo sallittu tai ajo estetty tunneliin/kaukaloon
- Mahdollista asettaa seis tilaan LOKista tai sallia kaluston ajaminen tunneliin



Kuva 11. Tunnelin suojalaitteiden toimintaperiaatekuva. [13.]

3.4 Kisko- ja raideyhdistykset

Kiskojen väliset poikittaisyhdistykset tehdään 95 mm²:n eristetyllä kuparijohtimella, joka asennetaan suojaputkeen. Kiskojen välinen yhdistys tehdään 100 m:n välein. Kuitenkin yksittäisten kiskoyhdistysten välinen etäisyys saa olla maksimissaan 125 m, mutta kolmen peräkkäisen kiskoyhdistyksen maksimietäisyys ei saa olla suurempi kuin 200 m. Kiskoliitokset voi tarvittaessa tehdä kiintoraidelaatta-alueella kiskokotelossa. Kun liitos tehdään ilman kiskokoteloä, on huolehdittava radan eristyksen toteutumisesta. VLD-F-laitteen kiskoliitos pitää tehdä kiintoraidelaatta-alueella kiskokotelossa. Yhdistysten tarkemmat tekniset toteutusohjeet on esitetty kiskoyhdistyksien periaatekuvassa ja kiskoliitoksen asennusperiaatekuvassa. Kiskoliitoksen toteutukseen käytettävät kiskoyhdistyskaapeli kaapelikenkineen sekä kiskoyhdistysliitin esitettynä kuvassa 12. Kiskojen yhdistys pitää tehdä aina seuraavissa paikoissa: VDL-F-laitteiden kiskoliitoksien kohdalla sekä raiteiden yhdistyksen kohdalla. [5.]



Kuva 12. Kiskoyhdistyskaapeli ja -liitin.

Vaihdeohjausjärjestelmän ja kulunvalvontajärjestelmän raidevirtapiirien kohdalla tehdään kisko- ja raideyhdistykset laitetoimittajan ohjeistuksen mukaan. Mitään suunniteltuja kiskoyhdistyksiä ei saa poistaa käytön ja kunnossapidon aikana. Raiteiden väliset poikittaisyhdistykset tehdään kahdella 95 mm² eristetyllä kuparijohtimella, jotka asennetaan suojaputkeen. Raiteiden välinen yhdistys tehdään 200 m välein. Kuitenkin yksittäisten raideyhdistysten välinen etäisyys saa olla maksimissaan 250 m, mutta kolmen peräkkäisen raideyhdistyksen maksimietäisyys ei saa olla suurempi kuin 400 m. Kiskoliitokset voi tarvittaessa tehdä kiintoraidelaa-alueella kiskokotelossa. Kun liitos tehdään ilman kiskokotelo, on huolehdittava radan eristyksen toteutumisesta. [5.]

3.5 Jännitteenrajoitinlaitteen-O+F-toiminnallisuudet

Raitiotiejärjestelmässä maadoitus eroaa rautatieverkon tyypillisestä toteutuksesta, sillä kaupunkialueilla sähköratarakenteet ovat lähempänä ihmisiä ja kulkuneuvoja sekä muita johtavia rakenteita, joille ei saa aiheutua vaaraa sähköradasta. Kaikki johtavat VATU-

alueella (vaaraturvaulottuma-alueella) sijaitsevat isot osat maadoitetaan VLD-laitteiden kautta kiskopotentiaaliin. [5.]

VLD-O (voltage limiting device) suojaa raitiotien laitteistoa. VLD tarkkailee näiden välistä potentiaalieroja ja jos määritetyt arvot ylittyvät se tasaa potentiaalieron. VLD-O on tarkoitettu suojaamaan suurempia jännitteen nousuja vastaan kiskoilta. Näitä voi tapahtua käyttö- tai vikatilanteissa, jolloin VLD-O kytkee paluujohtimen raitiojärjestelmän maihin väliaikaisesti. VLD-O-laitteet on sijoitettu syöttöasemille. [5.]



Kuva 13. VLD-laite paluuvirtakaapissa.

VLD-F on tarkoitettu suojaamaan ihmisiä vaarallisilta kosketusjännitteiltä pysäkeillä DC-raitiojärjestelmässä. Näitä voi esiintyä paluujohtimien eli kiskojen ja lähellä olevan maadoitetun osan välillä. VLD-F on kytketty kiskon ja pysäkillä olevien maadoitettujen paljaiden johtavien osien välille, jolloin näiden välille ei pääse syntymään liian suurta potentiaalieroja ennen tasausta, jonka raja-arvona on hankkeella käytetty tasajännitteen vaarallisenä potentiaalierona yleisesti pidettyä 120 VDC. VLD-F-laitteet asennetaan maastoon pylväs- tai kaapelikaivoasennuksina. Lisäksi VLD-laite voidaan asentaa

kaappiasennuksena kuten kuvassa 13. VLD-F sisältää yleensä vastarinnan kytketyn varistorin, joka toimii ylijännitesuojana ja josta käytetään lyhennettä SPD (surge protection device). [5.]

3.6 Maadoitukset

Maadoituksien tarkoituksena on tasata potentiaalierot Raide-Jokerin sähköteknisissä järjestelmissä. Maadoituksen tulee olla jatkuva suojakokonaisuus rakenteille. VATU-alueen johtavat rakenteet kytketään VLD-laitteen kautta paluukiskoon, jotta ihmisille vaaralliset sähköenergiat maadoittuvat sähkötapaturman ehkäisemiseksi. Maadoitus tulee asentaa myös haastavasti maadoitettaviin kokonaisuuksiin kuten siltojen, tunneleiden, katosten ja kaukalon rakenteisiin. Maadoitus toteutetaan 95 mm²:n kuparilla ja potentiaalierojen taseaus 25 mm²:n kuparilla. Maadoittavat johtimet ovat ulkona mustalla suojavaipalla ja sisätilojen maadoituksissa käytetään kirkasta kuparia tai mustaa kaapelia kohteesta riippuen. KeVi (keltavihreä) on käytössä vain suojamaadoituksissa. [4.]

3.7 Kosketusjännitteet

Sähkölaitteiston runkoon tai osaan voi syntyä jopa vaarallinen kosketusjännite eristyksen vioituessa. Suojamaadoittamattomassa järjestelmässä työntekijän koskettaessa samanaikaisesti viallista osaa laitteistosta ja maapotentiaalissa olevaa kohdetta henkilön läpi kulkee hengenvaarallinen vikavirta. Puutteellisesti suojamaadoitettu laitteisto on suuri riski huolto- ja muutostöitä suorittaville työntekijöille ja tulisi suojamaadoittaa sekä päivittää standardinmukaiseen suojaluokkaan laitteiston päivittämisen yhteydessä, kun puhutaan yli 50 VAC- tai 120 VDC -järjestelmistä. [4.]

Suojamaadoituksen tärkeimpänä tarkoituksena on taata vian kytkeytyminen pois oikosulku tai maasulkusuojauksen kautta. Suojamaadoitus luo suljetun vikavirtapiirin, jossa vikavirta kulkee vikakohdan kautta suojajohtimen välityksellä verkon nollajohtimeen, eikä ajaudu työntekijään saaden hänet osaksi vikavirtapiiriä. Maadoituksilla voidaan myös pienentää kosketusjännitteiden potentiaaliero vikatilanteissa. [4; 5; 6.]

3.8 Eristykset

Eristyksillä taataan sähköteknisen järjestelmän turvallisuus kohteissa, joissa jännite ei saa kulkeutua järjestelmän ulkopuolelle. Eristeinä tyypillisesti käytetään kumikerroksia, muovikoteloita, kaapelin suojaputkituksia tai suojasukituksia sekä erilaisia kombinaatioita edellä mainituista. Kiskojen kumieristämisestä esimerkki kuvassa 14. Eristykset tulee tehdä jokaiselle johtavalle rakenteelle, jonka katsotaan voivan välittää vaarallisia jännitteitä järjestelmän ulkopuolisiin kohteisiin. Ulkopuolisten kohteiden potentiaalierot vaarantavat sivullisia ja muuta irtaimistoa. [5.]



Kuva 14. Kammiokumi kiskoeristeenä.

Koska Raide-Jokeri kulkee keskeisten kaupunkialueiden läpi, on kaksoiseristys monessa tilanteessa tarpeen. Kaksoiseristys toteutetaan joko kahdella tappieristimellä, muovikoteloinnin ja suojaputituksen kombinaatiolla, tai vastaavalla kumi + muovikotelosuojauksella. [13.]

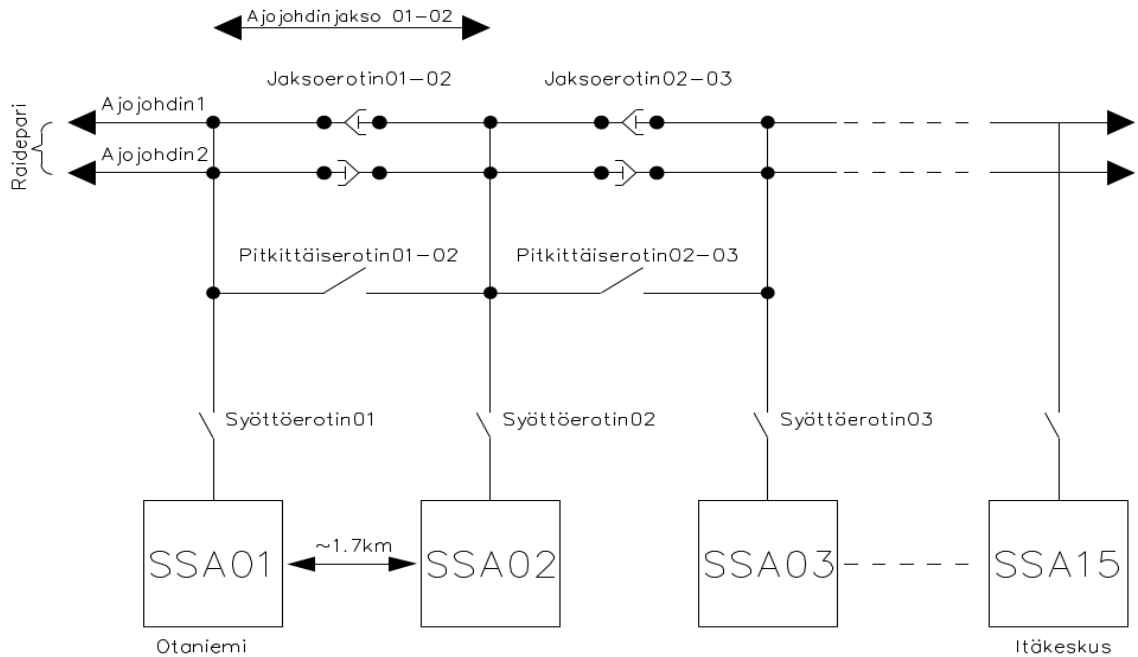
3.9 Erottimet

Erottimilla varmistetaan sähkönsyötön katkaisu Raide-Jokerin syöttöjaksoilla. Erottimilla turvataan järjestelmiä ja työntekijöitä kunnossapitotilanteissa. Erottimet koostuvat eristimistä, erotinvarsista, koskettimista ja erotinmoottorista syöttöineen. Erottimet jakautuvat kahteen pääluokkaan Raide-Jokerin sähkönsyöttöjärjestelmässä. Ensimmäisessä erotinluokassa ovat pylväserottimet, jotka asennetaan erottamaan ajolankajaksot toisistaan pylväiden väleillä. Toinen luokka on kaappierottimet, jotka ovat syöttö- ja paluuvirtakaappien sisuksissa kosketussuojattuja kokonaisuuksia. Syöttöpistekaappien erottimet ovat moottoriohjattuja ja paluuvirtakaapeissa manuaalisia, käsin käännettäviä erottimia. [6.]

Erottimilla luodaan riittävä erotusväli, jota katkaisijan kärkien välissä ei katsota syntyvän, ellei katkaisijavaunua ole vedetty kojeistosta ulos. Erottimilla aikaan saadaan nopea ja riittävä erotus jotta työskentely syöttöjaksolla on turvallista. [4.]

3.9.1 Pitkittäiserottimet ja poikittaiserottimet

Syöttöerottimella voidaan erottaa sähkönsyöttöasema ajojohtimesta huollon tai vian ajaksi, jolloin pitkittäiserottimella voidaan yhdistää vierekkäiset sähkönsyöttöasemat, jotka korvaavat huollettavan aseman ajojohdinosuuden syötön. Mikäli esimerkiksi kuvan 15 sähkönsyöttöasema SSA02 olisi pois käytöstä, paikkaisivat SSA01 ja SSA03 sen syötön huollon ajaksi. [13.]



Kuva 15. Erottimien periaatekuva. [13.]

3.9.2 Ryhmitseristimet eli jaksonerottimet

Jaksonerottimet tai toiselta nimeltään ryhmitseristimet erottavat erilliset ajojohdinjaksot toisistaan. Jaksonerottimet asennetaan ajolankaan kuten kuvassa 16. Ajojohdinjaksolla tarkoitetaan kahden sähkönsyöttöaseman välistä ajojohdinosuutta, kuten kuvassa 15 on merkitty SSA01:n ja SSA02:n välinen ajojohdinjakso. Mikäli toisella sähkönsyöttöasemalla halutaan syöttää suurempaa ajojohdinosuutta, ohitetaan jaksoerotin/ryhmitseristin pitkittäiserottimella, jotta saadaan jätettyä yksi sähkönsyöttöasema tällä osuudella välistä. Tällöin voi olla tarpeen avata myös paluuvirtaerotin, jotta kiskopotentiaali ei pääse johtumaan kojeistoon. [13.]



Kuva 16. Jaksonerotin asennettuna ajolankaan kahden syöttökaapelin välissä.

Jaksonerotit jaetaan sähkötekniisesti kahteen eri luokkaan, siltaaviin ja ei-siltaaviin erottimiin. Näissä suurimpana erona on sähköisen johtavuuden jatkuvuus. Jatkuva sähköinen johtavuus luo työturvallisuusriskin paljasjohtimisessa ajojohdinjärjestelmässä kunnossapito- sekä asennustöiden aikana. Työntekijän on tärkeää erottaa erotintyypit toisistaan ja varmistaa sähköisen kontaktin estyminen turvallisen työskentelyn takaamiseksi jännitteettömässä työkohteessa. [13.]

3.10 Henkilö- ja omaisuusvahinkojen minimointi sähkötekniisten järjestelmien asennustöissä

Henkilö- ja omaisuusvahinkojen minimointi tapaturmien varalta vaatii laajaa ennakointia monien riskien mahdolliset toteutumiset huomioiden. Kaikkein tärkeintä on määrittää sellainen suojavarustekokonaisuus, ettei se aiheuta työntekijälle tarpeetonta fyysistä haittaa ja hidasta työskentelyä perusteetta. Lähtökohtaisesti kaikissa asennustöissä olisi hyvä kantaa mukanaan niin kutsuttua ”henkilökohtaista piippariturvaa” eli jännitteenilmaisinta, joka varoittaa, mikäli työkohteen läheisyydessä on ihmiselle turvalliset raja-arvot ylittäviä potentiaalleroja. Lisäksi etenkin jalkineiden ja käsineiden tulee olla työkohteessa esiintyvien jännitteiden mukaisesti eristävät ja työvaatteiden valokaarisuojattuja. Hankkeen työt tehdään jännitteettöminä, jolloin vain työkalujen kuuluu olla työhön soveltuvaa CAT-luokitusta. Mikäli kohteessa voi esiintyä valokaarivaara, tulee työntekijän käyttää valokaarisuojaavaa visiiriä. Jännitteettömyyden toteaminen testerillä riittää valokaarivisiirin turvalliseen poistamiseen niin pitkäksi aikaa kuin kytkentätilanne ei kohteessa muutu tai kohde jää asennusryhmältä valvomatta. [6.]

Toinen näkökulma keskittyy jo tapahtuneen tapaturman vahinkojen minimointiin ensiapuun panostamalla, tähän liittyen kaikilta sähköasennustöissä toimivilta vaaditaan vähintään voimassa oleva hätäensiapukoulutus. Mielestäni on tarpeellista varustaa jokainen asennusryhmä, joka voi kohdata vaarallisia jännitteitä työkohteessaan työryhmäkohtaisella defibrillaattorilla. Näin taataan sähköiskun toisinaan aiheuttaman kammiovärinän ensihoito työryhmän toimesta, kun ensipelastus on vasta matkalla tapaturmakohteeseen. Nykyiset elvytyslaitteet ovat hinnoiltaan kohtuullisia ja lisäksi varustettu sydämen toiminta-analysaattorilla, joka ei mahdollista sydämeen kohdistuvaa elvytysimpulssia, ellei laite havaitse laitteen käyttöön soveltuvaa häiriötoimintaa tapaturman uhrissa. [2; 3.]

4 Työturvallisuus

4.1 Turvallisuus asiantuntijoiden silmin

Saadakseni työturvallisuuteen sähkötöiden parissa näkökulmaa muustakin kuin standardeista ja sähköturvallisuuslaista haastattelin kuutta sähköurakointi-, sähkösuunnittelu- ja työturvallisuusosalalla pitkään toiminutta henkilöä Raide-Jokerin sekä NRC Group Finland Oy:n riveistä. Ennen haastatteluja toteutin liitteen 1 mukaisen kyselyn, jossa kartoitin pohjatietoa sähkötyöturvallisuuteen liittyvistä vaaratilanteista, parannusehdotuksista ja näkemyksistä, joita haastateltavat ovat työuriensa aikana kohdanneet. Haastatelluilla on takanaan yhteensä vuosisadan verran työkokemusta ja näkemystä. Haastattelut toteutettiin poikkeusolojen mukaisesti etänä. Haastattelut olivat äärimmäisen tärkeitä sillä käytännönkokemus tuo usein esille ongelmakohtia ja työkaluja työolosuhteiden parantamiseen.

Haastateltujen työntekijöiden työtehtävät sisältävät työturvallisuuspäällikön, sähkötöidenjohtajan, tekniikkalajivastaavan, käyttöönottoinsinöörin, maadoitus- ja vahvavirtasuunnittelijan sekä työmaapäällikön vastuut ja velvoitteet. Liitteessä 2 on otteita kahden haastateltavan antamista lausunnoista, jotka vaikuttivat turvallisuusmenetelmän kehitykseen merkittävästi. Oli mielenkiintoista kuulla useita poikkeavia näkökulmia ja lähestymistapoja sähköturvallisuuteen liittyen. Jokaisella toimijalla on oma taustansa sähkötekniikan parissa ja haastatelluista valtaosa on sähköalan ammattihenkilöitä.

Selkeänä erona suunnittelun ja urakoinnin välillä oli pysyvien ja väliaikaisten maadoitusten korostaminen. Siinä missä suunnittelu haluaa taata laitteiston, jossa sähköturvallisuus olisi jo mallikkaasti toteutettu, urakointi ja kunnossapito puolestaan vannoo lisäsuojaukseen väliaikaisilla työmaadoituksilla työntekijöiden turvaamiseksi. Suunnittelu toteuttaa vain välttämättömät vioista johtuvien vaarajännitteiden havaitsemiseksi ja poiskytkemiseksi tarvittavat järjestelmät. Poikkeuksena ovat Patterinmäen tunneli sekä Huopalahden alikulkusillan luoma ahtaiden tilojen haastavuus. Näissä kohteissa varaudutaan mahdollisiin onnettomuuksiin hätämaadoitusjärjestelmän tuomalla lisäsuojauksella.

4.2 Teoriaa

Sähkötöihin liittyvää työturvallisuusteoriaa voidaan ammentaa suoraan sähköturvallisuuslaista 1135/2016. Laki määrittelee selkeät raamit sähköturvallisuudesta niin urakoinnille, käyttöönotolle, käytölle kuin suunnittelulle. Lain selkeät linjat jaottelevat sähkölaitteistot kolmeen pääluokkaan (1, 2 ja 3). [9] Luokat määräytyvät sähköjärjestelmän koon, käyttötarkoituksen, sijainnin ja toteutuksen mukaan. Näihin pääluokkiin kohdistuu eri vaatimukset turvallisuutta edistävästä huoltotoimenpiteistä, varmennustarkastuksista, suojaus- ja kotelointiluokista, sähkölaitteiston käytöstä sekä siihen liittyvistä sähkötöistä. Lyhyesti kerrottuna luokka 3 sisältää verkkoyhtiöiden sähköverkot. Luokka 2 suurjänniteliittyjät eli yli 1000 V:n osia sisältävät sähkölaitteistot rakennuksissa tai rakennusten ulkopuolella sekä pienjänniteliittyjät, jotka ovat teholtaan yli 1600 kVA. Viimeisenä luokka 1, joka käsittää luokkaa 2 pienemmät sähkölaitteistot, kuten asuinrakennukset, joissa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa sekä muut kuin asuinrakennuksien sähkölaitteistot, joissa pääsulakkeet ovat yli 35 A. [9; 10; 11.]

Kuten jo aiemmin tässä insinööriyössä on mainittu, Raide-Jokerin ajojohdinjärjestelmä saa käyttöjännitteensä verkkoyhtiöiden 20 kVAC:n sähköjakelusta, josta käyttöjännite muunnetaan 750 VDC:ksi 1800 kVA-muuntajilla ja tasasuuntauksella sähkönsyöttöasemilla. [4][6]. Sähkönsyöttöasemilla on lisäksi omakäyttömuuntajat sähkönsyötön valvontaan, ohjaukseen, LVIS ja tietoliikenneverkkojen sähkölaitteistoille soveltuvan jännitteen muuntamiseksi. Raitiotie ja sitä myötä myös sähkönsyöttöasemien sähkölaitteisto kuuluu luokkaan 2C. [4; 6.]

4.3 Työnaikainen työjärjestys ja viestintä

Työnaikaisen viestinnän onnistumiseksi tarvitaan mahdollisimman selkeä ja toimiva kaava viestinnälle. Toimivin toteutusmalli on yhden henkilön viestintävastuu, jotta hän on perillä kaikista työalueella meneillä olevista töistä. Yksi henkilö voi kuitenkin viestiä vain rajallisen työryhmämäärän kanssa yhtä aikaa. Työryhmien on tehtävä selkeät ilmoitukset viestintävastuussa olevalla työaloituksen, keskeyttämisen sekä lopettamisen osalta. Tämä onnistuu parhaiten työryhmän nokkamiehen ilmoittamalla jokaisesta työvaiheen muutoksesta. Turvallisen työskentelyn takaamiseksi nokkamiehen on saatava hyväksyvä kuittaus yhteyshenkilöltä ennen puhelun päättämistä.

4.4 Työmaadoitus

Työmaadoitus Raide-Jokerilla toteutetaan ajojohdinjärjestelmän osalta maadoittamalla ajojohdin kiskoon tai syöttö- ja paluuvirtakaappien maadoituspalloihin. Maadoitusta ei saa poistaa, jos alueella työskentelee muita työryhmiä. Niinpä vain maadoituksen tehnyt työryhmä saa sen poistaa. Jotta maadoitusten ennenaikaisesta poistamisesta johtuvat tapaturmat välttyttäisiin, tulee ajolangan maadoituksille määrittää vastuuhenkilö ja maadoitukset tarvittaessa lukita työryhmäkohtaisella lukolla. Vastuuhenkilön tehtävänä on pysyä ajan tasalla työmaa-alueen tilapäismaadoituksista ja kommunikoida jokaisen työryhmän kanssa ennen kuin myöntää luvan maadoitusten poistolle. Työalueella työskentelevistä työntekijöistä tulee pitää seurantakirjausta vastuuhenkilön toimesta. [4; 6]

Sähkönsyöttöasemilla tyypilliset työmaadoitukset ovat työryhmäkohtaisia ja jokainen työryhmä vastaa niiden toteuttamisesta ja poistamisesta itsenäisesti sähkötyönvalvojan ohjeistuksien sekä hyväksynnän mukaisesti. Poikkeavuutena katkaisijoihin, erottimiin sekä muihin sähkönsyöttöllisiin komponentteihin tehtävät käyttö- ja korjaustoimenpiteet, jotka vaativat monistajalukon käyttöä, syöttöasemasta vastaavan valvomon laatiman kytkentäohjelman noudattamista sekä työalueella työskentelevistä henkilöistä tehtävän seurantakirjauksen turvallisen työskentelyn takaamiseksi. Kytkentäohjelman mukainen keskeytys siirtää syötönohjauksen paikalliskäyttöön kaukokäytön virheohjausten estämiseksi. [1; 4; 6.]

4.5 Jännitteiset työt

Jännitteiset sähköasennus- sekä muutostyöt ovat aina vaaran paikka sähkötyöntekijälle. Lisäksi myös laitteiston rikkoutuminen on todennäköisempää työkalujen ja muiden työaikaisten instrumenttien muodostaman oikosulku- ja valokaarivaaran vuoksi. Raide-Jokerin hankkeella vältetään kaikissa asennustoimenpiteitä vaativissa töissä toteutukset, joissa työstettävä kohde olisi jännitteinen. Jännitteettömyyden toteutukseksi työntekijä suorittaa kullekin laitteistolle erikseen määritetyt tarvittavat jännitteettömyysmittaukset ja työmaadoittaa työkohteen työalueen rajausten mukaisesti. [4.]

Vaikka jännitteisiä töitä vältetään ja työsuoritteet toteutetaan jännitteettömissä järjestelmissä, on hyvä käytäntö kouluttaa ainakin yksi asennusryhmästä

jännitetyökoulutuksella, jotta hän osaa tunnistaa ja ennakoida mahdollisen tahattoman jännitetyön vaaran. NRC Group Finlandin linjauksen vuoksi jännitetöitä saa tehdä vain työkohteesta vastuussa olevan sähkötöidenjohtajan erillisellä luvalla. Hankkeen linjana sähköasennustöitä tekeväälle on valokaarikestoiset varusteet ja työkohteella vaaditun CAT-luokan mukaiset työvälineet sekä riskinarvion laatiminen työn aloituksessa. Kehittämälläni turvamenetelmällä kiinnitetään etenkin huomiota jännitetyön riskiin ja varmistetaan työntekijälle paras mahdollinen valmius tapaturman sattuessa vahinkojen minimoimiseksi ja välttämiseksi. [3; 6.]

4.5.1 Työskentely verkkoon kytketyssä järjestelmässä ennen luovutusta

Verkkoon kytketty järjestelmä luo suuremman riskin kuin kytkemätön rakentamisvaiheinen järjestelmä. Riskeinä ovat muun muassa työmaadoitusten epäonnistuminen, vikavirtojen ilmeneminen tai erotuksen epäonnistuminen. Näitä riskejä voidaan minimoida riittäväällä varmentamisella niin jännitteettömyyden toteamisessa kuin sen työnaikaisessa takaamisessa.

Varmentamiseen tulee käyttää jännitteettömyyden toteamiseen soveltuvaa mittauslaitetta useasta mittauspisteestä työalueen rajaukset huomioiden. Lisäksi kaikki jännitteettömyyssuojausmenetelmät tulee toteuttaa hyväksytyllä ja opetetulla tavalla, perehdytyksen mahdolliset täsmennykset huomioiden. Nuori työntekijä ei saa tehdä jännitteisessä järjestelmässä töitä yksin, vaan vasta kun kokemusta on kertynyt riittävästi.

Jännitteettömyyden takaamiseen soveltuvia menetelmiä ovat esimerkiksi monistajalukko, jolla varmistutaan, ettei kukaan kytke järjestelmää verkkoon toisen työryhmän ollessa sähkönsyötön vaikutusalueella. Tämä taataan työryhmäkohtaisella munalukolla, joka kiinnitetään katkaisijassa olevaan monistajalukkoon. Monistajalukko mahdollistaa useamman työryhmän itsenäisen työturvallisuuden takaamisen sillä monistajalukkoa ei saada katkaisijan kytkemistä estämästä ennen kuin jokainen työryhmä on oman lukkonsa monistajalukosta irrottanut. [1; 4.]

Jännitteettömyyden takaaminen työkohteessa voidaan hoitaa myös nimetyn henkilön toimesta ilman lukkoja, jos lukitusta ei ole mahdollista toteuttaa. Nimetyn henkilön pitää varmistaa, että kaikki työryhmät ovat poistuneet työalueelta ennen jännitteiden uudelleen

kytkemistä. Työmaadoitus poistetaan työryhmän toimesta viimeisenä työvaiheena vasta kun oma työ kohteessa on valmis.

4.6 Raitiotien käytönaikaiset sähkötyöt

Raitiotien käytönaikaisissa sähkötöissä on ensisijaisen tärkeää varmistaa työkohteen jännitteettömyys riittävin jännitteettömyysmittauksin. Työalue tulee turvata kosketusjännitteiltä, takajännitteiltä, indusoitumiselta sekä heikoilta eristyksiltä ja maadoituksilta riittävällä työmaadoituksella ja kosketussuojauksella. Väliaikaiset maadoitus- ja eristystyöt tulee määrittää tapauskohtaisesti vastaavan työnjohtajan ja sähkötöidenvalvojan kanssa. [3.]

Jotta käytönaikaiset sähkötyöt onnistuvat asianmukaisesti, tulee Raide-Jokerin kytkentäohjelman noudattaa tarkkaa järjestystä varman sähköttömyyden takaamiseksi koko muutostyön ajaksi.

4.6.1 Työskentely jännitteisessä järjestelmässä luovutuksen jälkeen

Luovutuksen jälkeisessä sähköjärjestelmässä Raide-Jokerin alueella toimii kunnossapitäjä. Lähtökohtaisesti samat säännöt pätevät työturvallisuuden näkökulmasta muutamaa lisäystä lukuun ottamatta. Erona rakentamisen aikaiseen järjestelmään on luovutuksen jälkeisessä jännitteisessä järjestelmässä se, kuinka kaikki kytkentätoimenpiteet tehdään valvomon laatiman kytkentäohjelman mukaisesti. Paikalliskytkijä ja valvomo ovat puhe- linyhteydessä toisiinsa kytkentätoimenpiteiden sitä vaatiessa. [4.]

4.7 Käyttötoimenpiteet

Käyttötoimenpiteistä vastaa syöttöasemasta vastuussa oleva verkkoyhtiön valvomo. Espoolla valvomoa hallinnoi Caruna Espoo Oy ja Helsingillä Helen Oy. Syöttöverkon erottimien ohjaus on kunkin verkkoyhtiön valvomolla.

HKL:n valvomoon ilmoitetaan syöttöaseman sähkösyötön erottamisesta huoltotöiden vuoksi. Aseman ollessa erotettuna ja paikallisohjauksessa, ei HKL:n käyttökeskukseen

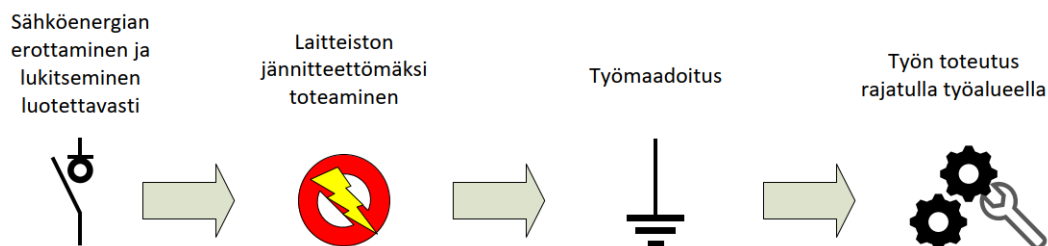
tarvitse ilmoittaa huoltotoimenpiteinä tehdyistä ohjauksista. Muulloin kuin huoltotoimenpiteinä tehtävät ohjaukset tulkitaan käyttötoimenpiteiksi. Näihin lasketaan kaikki sähköjärjestelmän tilanmuutoksiin johtavat toimenpiteet kuten katkaisijan sulkeminen tai avaaminen, kaukokäyttö tai syöttö- ja jaksonerotimien ohjaus. Kaikissa käyttötoimenpiteissä tulee noudattaa kytkentäohjelmaa. KytKentäohjelmasta lisää seuraavassa osiossa. [1; 4.]

4.8 KytKentäohjelma

Jotta syöttöaseman kojeistot voidaan kytkeä auki-asentoon, tulee suorittaa joka kohteelle vähintäänkin seuraavat toimenpiteet:

Sähköenergia on kytketty auki luotettavasti sähkönsyöttöaseman kojeistoista. Tähän ei tarvita verkkoyhtiön toimesta verkkokatkoa, mikäli työkohde on syöttöaseman omien syöttökatkaisijoiden sekä syötön lukituksen turvaama. Järjestelmän erotusmenetelmä pitää olla lukittu tai varmennettu vastuuhenkilön toimesta. Ulkopuoliset tahot eivät saa pysyä kytkemään jännitteitä järjestelmään lukituksen tai valvovan tahon ansiosta.

Kuvassa 17 on esimerkkisuorite kytkentäohjelmasta katkaisijan auki-asentoon saattamiseksi:

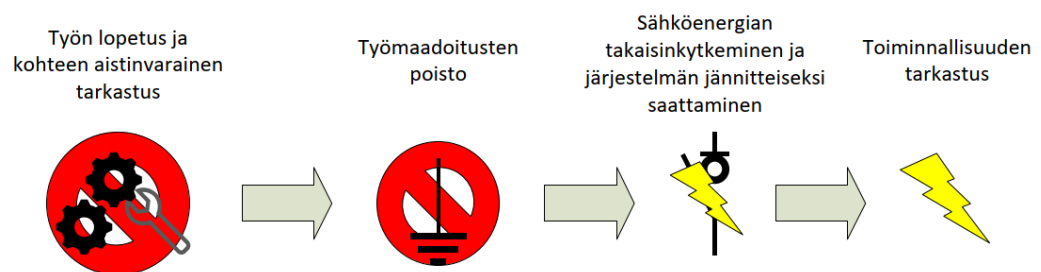


Kuva 17. Työn aloittaminen välivaiheineen kytkentäohjelman mukaisesti.

- Ilmoitus valvomoon kytkentätoimenpiteestä
- Katkaisija auki
- Katkaisijan lukitus auki-asentoon

- Erotin auki
- Erottimen lukitus auki-asentoon
- Jännitteettömyysmittaus syötön puolelta
- Työmaadoitus
- Kohteessa työskentely

Kuvassa 18 on esimerkksisuorite kytkentäohjelmasta katkaisijan kiinni-asentoon saattamiseksi:



Kuva 18. Työn lopettaminen välivaiheineen kytkentäohjelman mukaisesti.

- Ilmoitus valvomoon kytkentätoimenpiteiden päättämisestä
- Työmaadoituksen purku
- Erottimen lukituksen purku
- Erotin kiinni
- Katkaisijan lukituksen purku
- Katkaisijan lukitus auki
- Katkaisija kiinni
- Toiminnallisuuden toteaminen

5 Turvallisuusmenetelmä

5.1 Turvallisuustarkastuslista

Turvallisuusmenetelmää lähestyttiin useammasta näkökulmasta, jotta tarkastuslistalomakkeessa voitaisiin huomioida sähköjärjestelmissä esiintyvät mahdolliset riskit ja vaarat työntekijälle. Näiden kysymysten pohjalta muodostui turvallisuusmenetelmän pohja: Miten toimimme välttääksemme henkilö- ja omaisuusvahingot tapaturman sattuessa? Kuinka varmistamme, ettei sähköiskua tai muuta vahingollista tapaturmaa pääse sattumaan työntekijällemme?

Menetelmästä muodostui eräänlainen rutiinia tukeva ja työsuorituksen onnistumisen varmistava tarkastuslista. Listassa läpikäydään vaatimukset työn aloitukselle sekä varmistetaan varusteiden ja perehtyneisyyden taso ennen työn suorittamista. Lihavoidut tekstiosiot on määritelty työn aloittamiseksi välttämättömiksi.

Listan voi täyttää työryhmä tai työntekijäkohtaisesti, maksimissaan viikoksi kerrallaan. Viikko katsottiin olevan sopiva aikamääre yhdelle tarkistukselle, jotta viikonlopulta palautumisesta johtuvat inhimilliset virheet vältettäisiin. Työnjohtaja vakuuttaa tarkistaneensa työntekijän merkitsemät kohdat ja molemmat allekirjoittavat tarkastuslistan. Työmaahenkilöstön kenttäkokeilu oli menestyksekkäs. Yhdeltä työryhmältä löydettiin yli kaksi vuotta vanha kypärä, joka tarkoittaa sähköasentajan käytössä vanhentunutta suojavaarustetta.

Perehtyneisyys työkohteeseen (pakollinen)

Työkohte ja päivämäärä: _____ . ____ . ____ . 202__ - ____ . ____ . 202__

☐ Työntekijä on perehdytetty työkohteeseen

☐ Työntekijä on perehdytetty tehtävään työhön

☐ Työntekijä tietää työnsä riskit ja osaa välttää vaarat

Työnaikaisen sähkötyöturvallisuuden valvojan nimi ja puhelinnumero:

Sähkötöiden johtajan nimi ja puhelinnumero:

Kuva 19. Turvallisuusmenetelmässä läpikäydään työkohteeseen perehtyneisyys.

Menetelmä aloitetaan kuvassa 19 perehdytyksien läpikäynnillä ja työmaan vastuuhenkilöiden selvennyksillä. Tämän jälkeen siirrytään työntekijän tai työryhmän henkilökohtaisten suojarusteiden tarkastukseen kuvassa 20.

Kypärä:

☐ On asianmukainen, valmistuspäivä: _____ ☐ Leukahihna kiinni

☐ Työsuorite voidaan tehdä ilman kypärää ja työstä on tehty pikariskienarviointi

Peruste kypärän poistosta: _____

Silmäsuojaus:

☐ Suojalasit ☐ Valokaarivisiiri

Työvaatetus:

☐ Työtakki on valokaarisuojattu ☐ Työhousut on valokaarisuojattu

☐ Alusvaatteet ovat luonnonkuitua

Kuva 20. Suojarustevaatimukset.

Kuvassa 21 jatketaan suojarustuksen läpikäyntiä. Tällöin työnjohtaja voi varmistaa varusteiden soveltuvuuden aloitettavaan työhön. Lisäksi työntekijä pystyy kertaamaan suojarusteiden vaatimukset ennen työn aloittamista.

Työkäsineet, pakolliset kaikessa työssä:

☐ Viiltosuojattu, minimiluokka B ☐ Valokaarisuojattu

Työsuorituksen asianmukaiset käsiineet: _____

Työkengät:

☐ Turvakengät ☐ Nilkan peittävät ☐ Antistaattiset Vuodenaika: ☐ Talvi ☐ Kesä

Muu, mikä: _____

Kuva 21. Suojavarusteiden läpikäynti.

Jännitteettömyys todettu (jos työkohteen vaikutusalueella on jännitteellisiä osia):

Mittalaite: _____ Keskustunnus: _____

Mittauspisteet:

Mittaukset suoritetaan **työn aloituksessa** ja tarvittaessa tauolta palatessa.

Työalueen rajaukset:

Kuva 22. Jännitteettömäksi toteaminen ja työalueen rajaukset.

Kun suojavarusteet on tarkastettu, aloitetaan kuvan 22 mukaisesti jännitteettömäksi toteaminen mittaamalla kohteen vaaditut mittapisteet. Tämän jälkeen merkitään työkohteen rajaus, joka pohjautuu mitattuihin jännitteettömäksi todettuihin komponentteihin järjestelmässä.

Kohteessa on (lihavoidut pakollisia):

<input type="checkbox"/> Hätäensiapu-koulutettu	<input type="checkbox"/> Ensiapuvälineet
<input type="checkbox"/> Työnaikaisen sähkötyöturvallisuuden valvoja nimetty ja tiedossa	
<input type="checkbox"/> Puhelin tai muu hätäyhteys	<input type="checkbox"/> Työmaadoitettu
<input type="checkbox"/> Työ käynnissä- kyltitys katkaisijalla/kytkimellä	<input type="checkbox"/> Defibrillaattori
<input type="checkbox"/> Monistajalukko työryhmän asettamana	<input type="checkbox"/> Sammutusvälineet

Työntekijöillä on:

<input type="checkbox"/> Pelastautumisreitti selvillä	<input type="checkbox"/> Kokoontumispaikka tiedossa
--	--

Kuva 23. Vaaditut varotoimenpiteet.

Kuvassa 23 käsitellään varotoimenpiteitä. Turvallisuusmenetelmä varmentaa tarvittavat ensiapuvälineet sekä työnjohtaja kertaa työryhmän kanssa tarvittavat toimintaohjeet ja yhteystiedot hätätapauksen varalta ennen työn aloitusta.

Mittauslaitteen nimi: _____

Mittauslaite on kalibroitu (päivämäärä): _____

Mittauslaite on silmämääräisesti kunnossa:

<input type="checkbox"/> Laitteen runko	<input type="checkbox"/> Näyttö ja painikkeet	<input type="checkbox"/> Johtimet	<input type="checkbox"/> Anturit
---	---	-----------------------------------	----------------------------------

Muita huomioita: _____

Työkalut:

☐ **Eristettyjä** CAT-luokka joka työhön vaaditaan: _____

☐ Havaittu sopimaton työkalu, mikä? _____

Miksi työkalu on sopimaton? _____

Työkalu on poistettu käytöstä: ☐ Kyllä ☐ Ei

Perustele miksei: _____

Kuva 24. Mittauslaitteiden ja työkalujen tarkastelu.

Kuvassa 24 tarkastetaan käytettävät mittauslaitteet sekä työkalut ennen kohteen mittamista. Työn toteuttaminen turvallisesti vaatii jännitemittarin kunnon varmistamisen. Lisäksi mittarista tulee kertoa nimi ja tyyppi sekä todentaa kalibroinnin olevan edelleen voimassa. Samalla tarkastellaan työnsuoritukseen vaaditut työkalut ja niiden sopivuus työhön. Mikäli puutoksia esimerkiksi CAT-luokassa havaitaan, kirjataan se tarkastuslistaan ja pyritään löytämään tilalle korvaava ja työhön soveltuva työkalu. Jos parempaa vaihtoehtoa työnsuorittamiseksi kohteella ei löydy, tulee työntekijän varustautua esimerkiksi jännitetyökäsinein. Turvallisuustarkistuslistan viimeistelee kuvassa 25 työntekijän tai työryhmän vakuutus työn suorittamisen mahdollisuudesta ja molempien tahojen allekirjoitukset vakuuttamaan tarkastuslistan paikkansapitävyyden.

Päivämäärä: _____	
Työntekijä kokee työn suorittamisen onnistuvan näissä olosuhteissa: <input type="checkbox"/> Kyllä <input type="checkbox"/> Ei	
Korjattava: _____	
Työntekijät:	Työnjohtaja:
_____	_____

Kuva 25. Dokumentin loppuosa.

5.2 Soveltamisala

Turvallisuusmenetelmä soveltuu kaikille Raide-Jokerin sähköasentajatoille, joissa tehdään johtaviin rakenteisiin asennus- tai muutostöitä. Turvamenetelmän täyttäminen on ehdottoman tärkeää kohteissa, joiden työalueella on jännitteisiä komponentteja sekä muita rakenteita. Turvallisuusmenetelmän hyödyntäminen soveltuu vain sähköasennustöihin, joissa työkohteena ei ole paljas jännitteinen osa, eikä turvallisuusmenetelmä siten ota kantaa jännitetyöhön. Jännitetyötä ei hyväksytä Raide-Jokerin eikä NRC Group Finland Oy:n sähköurakoinnissa ilman erillistä lupaa työkohteesta vastuussa olevalta sähköidenjohtajalta.

Tulevaisuuden projektit, joihin menetelmää voidaan käyttää, sisältävät pääosin raitiotie- ja rautatiesähköurakointiin liittyvät työt, sillä turvallisuusmenetelmä on koottu huomioiden ratateknisen sähköurakoinnin tyypilliset työkohteet ja -menetelmät. Tällaisia urakointitöitä on luvassa Suomessa seuraavan kymmenen vuoden aikana ainakin Tampereen Ratikan jatkotöissä, Kruunusillat-hankkeessa, Vihdin katubulevardihankkeessa sekä Vantaan Ratikassa. Turvallisuusmenetelmä on otettu käyttöön vuonna 2021 Raide-Jokerin sähköteknisissä työtehtävissä, joissa työkohteen läheisyydessä on jännitteisiä osia.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli parantaa hankkeen sähkötekniisten järjestelmien asennus- ja yleisturvallisuutta. Tavoitetta lähestyttiin rutiinia tukevan tarkastuslistan luonnilla sekä eri järjestelmien turvallisuustarkastelulla. Insinööriyötä varten tehtiin pohjatyötä niin maastokierroksilla kuin haastatteluiden ja kyselyiden muodossa. Työn tavoitteet saavutettiin ja turvallisuusmenetelmä otettiin hankkeella onnistuneesti käyttöön. Lisäksi insinööriyössä kuvattiin sähkötekniisten järjestelmien turvallisuusnäkökulmat ja riskit järjestelmäasennuksissa työvaihekohtaisesti. Työn myötä tunnistettiin uusia kehityskohteita työhön perehdytyksessä.

Työturvallisuuden kehittäminen sekä turvallisuustason parantaminen vaativat jatkuvaa ylläpitoa ja työtä. Parannettavaa löytyy aina niin työvaiheiden turvallisuudesta kuin yleisestä turvallisuuskulttuurista. Tapaturmataajuuden saavuttaminen huipputuloksiin ja jopa nollaan tapaturmaan urakoinnissa on suuren työn takana. Tämä vaatii toimivaa ja laaja-alaisesti vaikuttavaa turvallisuusorganisaatiota ja turvallisuuden toteuttajia sekä valvojia urakoinnin työvaiheiden yhteyteen. On tärkeää oppia jo toteutetuista työkohteista ja rakennushankkeista, jotta aiemmin kohdatut virheet saadaan neutralisoitua. Nolla tapaturmaa kokonaisen rakennushankkeen aikana saavutetaan ainoastaan vahvan turvallisuusjohtamisen, toimivan ja alati kehittyvän turvallisuuskulttuurin sekä riittävän ennakkoinnin ja varautumisen kautta. Jokainen tapaturma alentaa työn teon motivatiota työntekijöissä ja tekee urakoinnista siten haastavampaa niin aikataulullisesti kuin kustannuksellisesti.

Jotta jatkuvaa turvallisuuden kehitystä saadaan aikaiseksi, vaaditaan työyhteisöltä vahva yhteisen hyvän tavoittelu eri motivaattoreiden kautta. Näitä ovat esimerkiksi urakapalkkiot, turvallisuuspalkinnot, positiivisen palautteen runsaus, kun asiat tehdään hyvin sekä hyvähenkinen kilpailu turvallisuustason ylläpidossa eri tiimien välillä. Työntekijöiden sekä työryhmien turvallisuussaavutukset tulee huomioida riittävällä taajuudella ja tavoittelemisen arvoisilla tunnustuksilla.

Tämän insinööriyön tuottaminen opetti tarkastelemaan turvallisuutta eri toimijoiden näkökulmasta. Jokaisella toimijalla on omat päätavoitteensa, riskinsä ja roolinsa hankkeen toteutuksessa. Eri näkökulmiin asettuminen auttoi päättämään turvallisuusmenetelmässä vaaditut tarkastuskohdat sekä muut täydennettävät tiedot työntekijälle. Esimerkiksi ilman nollatapaturma-ajattelua suojavarusteiden vaatimukset tai jännitteettömyyden todentamiset eivät olisi riittävässä painoarvossa, eikä siten turvallisuuskulttuuri olisi nykyisellä tasollaan.

Haastattelut toivat laajan tietokokoelman käytettäviini, mutta samalla tarpeelliset kysymykset ja ratkaisut katosivat asiasisällön paljouteen. Kartoitustyötä tehdessä tuli oppia kysymään vain olennaisesta ja jättää turhat sivuhaarat läpikäymättä haastateltavien kanssa, vaikka kiinnostusta ohimenevääinkin asiaan olisi. Huomasin haastattelujen yhteydessä, että haastateltavien työhistorialla ja taustaopinnoilla on suuri merkitys heidän muodostamiinsa turvallisuusnäkökulmiin sekä mielipiteisiin turvallisuuden kehittämisestä. Lisäksi mahdolliset haasteet sähkötekniikan ymmärryksessä loivat välimatkaa keskustelujen kohdennuksessa sähkötekniisten järjestelmien käytönaikaisiin töihin. Pelkkänä haastattelijana toimiminen ei siis ollut riittävää, vaan minun tuli luoda vuoropuhelu jokaisen toimijan tai tahon kanssa ja selvittää yhteiset raamit keskustelulle.

Lähteet

- 1 Riikonen Joonas, käyttöönottoinsinööri, Raide-Jokeri Allianssi. Haastattelu 19.2.2021.
- 2 Salomäki Marko, työturvallisuuspäällikkö, Raide-Jokeri Allianssi. Helsinki. [Liite 1]. Haastattelu 22.2.2021.
- 3 Asikainen Esa, sähkötöidenjohtaja, NRC Group Finland Oy. Helsinki. [Liite 3]. Haastattelu 24.2.2021.
- 4 Aitamurto Jore, sähkö- ja teknisten järjestelmien tekniikkalajivastaava, Raide-Jokeri Allianssi. Helsinki. Haastattelu 24.3.2021. Toinen haastattelu 29.9.2021.
- 5 Huhtamäki Raimo, vahvavirta- ja maadoitus suunnittelija, Raide-Jokeri Allianssi. Helsinki. Haastattelu 26.3.2021.
- 6 Lilja Kari, sähkönsyöttöasemien työmaapäällikkö, Raide-Jokeri Allianssi. Helsinki. Haastattelu 25.3.2021.
- 7 Raide-Jokeri Info. 2021. Verkkoaineisto. Raide-Jokeri. <<https://raidejokeri.info/>>. Luettu 22.2.2021.
- 8 Syöttöasemien tekninen määrittely. 2021. Tekninen määrittely. Hankkeen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri. Luettu 4.6.2021.
- 9 SFS 6002:2015 + A1:2018. Sähkötyöturvallisuus. 2015. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Luettu 6.6.2021.
- 10 Sähkölaitteisto. 2021. Verkkoaineisto. Tukes. <tukes.fi/sahko/sahkolaitteistot>. Luettu 30.9.2021.
- 11 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. 2016. Finlex. Luettu 20.3.2021.
- 12 Allianssisopimus. 2018. Hankkeen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri. Luettu 30.9.2021.
- 13 Sähkö- ja teknisten järjestelmien perehdytysmateriaali. 2019. Hankkeen sisäinen dokumentti. Raide-Jokeri. Luettu 10.11.2021.

Sähkö- ja teknisten järjestelmien turvallisuuskysely

Hei. Tässä kyselyssä kartoitan tapaturmia, vaaratilanteita ja muita turvallisuuskriittisiä havain-
toja insinööriyötäni varten. Kaikki vastaukset ovat anonyymejä ja käytän työssäni kerto-
maanne ainoastaan tarkasteluna sähköturvallisuuteen ja sen parantamiseen. Pysin luomaan
turvallisuusmenettelyn, jolla ehkäistään henkilö- ja omaisuusvahingot projektillamme.

***Pakollinen**

1. Olen: *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Toimihenkilö
- ☐ Työnjohtaja
- ☐ Asentaja
- ☐ Muu: _____

2. Olet: *

Merkitse vain yksi soikio.

- ☐ Sähköalan ammattihenkilö
- ☐ Sähköalan opiskelija/ Opastettu henkilö
- ☐ Maallikko

3. Minkälaisia sähköturvallisuuteen liittyviä tapaturmia, vaaratilanteita, läheltä pititi-
lanteita tai merkittäviä turvallisuushavaintoja olet työurasi aikana kohdannut? Ta-
pauksen ei ole tarvinnut sattua sinulle, vaan myös työkaverillesi tai muulle yh-
teistyökumppanille sattunut tilanne, josta olet tietoinen käy. Jos vastauksia on
useampi, käytä järjestyslukua tapausten erotteluksi. Tapauksen ajankohdalla ja
projektilla ei ole väliä, kunhan kyseessä on sähköalaan liittyvä turvallisuusha-
vainto. *

-
-
4. Tapahtuiko henkilö- tai omaisuusvahinkoa? (Jos vastasit "Ei", voit ohittaa seuraavat kaksi kysymystä) * *Merkitse vain yksi soikio.*

☐

Kyllä

☐

Ei

☐

Muu vahinko, mikä?

5. Mitä henkilö- tai omaisuusvahinkoja sattui?

6. Miten asia korjattiin jatkoa varten? (Esimerkiksi turvallisuusohjeiden päivitys, turvavartti, työvälineiden tarkastukset/päivitykset tai muut toimenpiteet)

7. Koetko tämänhetkisessä turvallisuustilanteessa työkohteessasi/ kotiorganisaatiossasi parantamisen tarvetta? (Jos vastasit "En", voit jättää seuraavan kohdan tyhjäksi) * *Merkitse vain yksi soikio.*

☐ Kyllä

☐ En

8. Mitä parantaisit ja kuinka?

9. Onko vastaasi tullut tilannetta, jossa epäilit työn turvallisuutta (Jos vastasit "Ei", voit ohittaa seuraavan kysymyksen) * *Merkitse vain yksi soikio.*

☐ Kyllä

☐ En

10. Kerroitko huolesi ja kieltäydyit työn suorittamisesta? Miten asiaan reagoitiin?

11. Jos olet kiinnostunut vastaamaan kysymyksiini haastattelun muodossa, jätä alle nimesi, jotta voin ottaa sinuun yhteyttä.

Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

Google Forms

Insinööriyöhön haastatteluja

Osa insinööriyöhön haastatteluista kirjattiin erilliseen dokumenttiin muiden haastattelujen täydentäessä insinööriyöhön varsinaista dokumenttia:

Työturvallisuuspäällikkö:

Mitä turvallisuusriskejä näet hankkeemme sähkötöiden osalta mahdollisiksi tapahtua?

- Korkealla työskentely, jännitteettömäksi toteamisen ongelmat, ajolanka-asennukset ja niiden työmaadoitukset.

Puutteellinen tieto ammattihenkilöillä ja kuinka korjata sitä?

- Nuori ja/ tai kokematon työporukka. Työnjohtajan avainasema. Työvaihekortin laatiminen. Työskentelyjärjestys ja sen läpikäynti porukalla.

Jännitteelliseksi julistaminen kohteelle -> tiedonkulku kaikille työryhmille

Kuinka valvotaan asennusten oikea toteutus? Kuinka valvotaan, ettei virheitä tapahdu ja uusi asennusryhmä altistu virheelle.

Jännitteettömäksi toteaminen

- Jos jännitteettömyys on samalta työkohteelta todettu työvaiheen aloituksessa, tarvitsee työkohteelta poistuttua mitata jännitteettömyys.
- Taukojen jälkeen kohteen jännitteettömäksi varmistaminen.

Turvallisuuden kehittäminen sähkölle:

- Ajo johdinjärjestelmän työryhmistä kirjaukset kenen kanssa tehneet ja mitä. Aiempi kokemus ja hankkeen aikaiset työt. Varmistetaan työvaiheista kokemus, jos aiempaa kokemusta ei ole, aloitetaan työ valvottuna.

Tärppejä aiemmista hankkeista/ töistä sähköön osalta?

- Jännitekynä-testeri mittauksia tukemaan
- Oikeanlaisten työkalujen varmistaminen
- Henkilösuojaimet: kotiin lähettäminen, mikäli hankkeen määrittämien suojava-rusteiden pitämisessä vaikeuksia
- Kaapelitykki, kaapelipurku, maalattava purettava ja varmistettu kaapeli kauttaal-taan

Turvallisuusasenteet ja sähköön vaarojen vuoksi työstä pidättäytyminen:

- Työstä pidättäytyminen
- Pelisäännöt:
 - Kun törmätään tilanteeseen, jossa työtä ei voida tehdä riittävällä turvalli-suustasolla, voi työntekijä pidättäytyä työstä, kunnes puitteet työn

suorittamiselle ovat kunnossa. Työntekijä ilmaisee tahtotilan muiden töiden suorittamisesta turvallisuuden varmistuksen ajalle. Esimiehellä ei ole valtuuksia tai lupaa rankaisuun/ seuraamuksien järjestämiseen.

- Mahdollisen konfliktitilanteen sattuessa. Ensisijaisesti yhteys tekniikkalajivastaavaan/ TLY-vastaavaan sekä turvallisuuspäällikköön

Sähkötöiden johtaja:

- Korkeatyöskentelyn ja ajojohdinjärjestelmän osalta maadoitussuunnitelman ja jännitekatkolomakkeeseen maadoituspaikkojen täsmennys
- Siltakohteista ja telineistä maadoitussuunnitelmissa kuvaus
- Sähkörataosuudella kun ylitetään tai alitetaan tai siivutetaan jännitteiset kaapelit tai ilmajohdot, tarvitaan maadoitusten osalta lisätyömaadoitukset ja niiden kuvaus työselostuksessa
- Työnaikaisen sähkötyöturvallisuuden valvojan riittävät resurssit
 - Jaottelu, työnaikaisen sähkötyöturvallisuuden varmistaminen
- Osajännitteellisten laitteiden käyttöönoton suuret riskit, kun osa kennoista jännitteisiä ja osa ei.
 - Selkeästi merkittävä jännitteiset kaapelit ja kennostot
- Urakisko-osuuksilla ongelma työmaadoituksissa kiskoon. Syöttöasemien syöttöpisteiden oletetut maadoituspaikat uritettuna.
- Kunnossapidolliset työmaadoitukset.
- Hätämaadoitusten kuvauksen tarpeellisuus.
- Tuki nuorelle. Pitää saada epäselviin tilanteisiin halu- ja tahtotila soittaa ja uskaltaa kysyä. Työnjohtajalta kysymyksiin vastaus tilanteessa kuin tilanteessa.
- Jännitetyökoulutus. Lähityökoulutus kulkee käsi kädessä jännitetyökoulutuksen kanssa.
 - Tärkeää havaita milloin siirrytään jännitetyöalueelle. Työsuunnitelma ja STJ lupa oltava!
 - Vaaran paikan tunnistamisen tärkeys!