



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jani Holappa

Sähkötyöt ja työturvallisuus 0,4 kV:n ja 20 kV:n saneeraushankkeissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

2.2.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jani Holappa Sähkötyöt ja työturvallisuus 0,4 kV:n ja 20 kV:n saneeraus- hankkeissa 65 sivua 2. helmikuuta 2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Osmo Massinen
<p>Insinöörityön aiheena oli jakeluverkkoasentajien sähkötyöt ja niiden turvallinen tekeminen 0,4 kV:n ja 20 kV:n saneeraushankkeissa. Ohjeistuksen tekeminen keskittyi tässä opinnäytetyössä pääpainoisesti 20 kV:n verkon saneeraustöihin. Tavoitteena oli saada asentajille sekä projektijohdolle ohjekirja, joka selkeyttäisi sähkötöiden kulkua saneerausprojekteissa. Työssä haluttiin käydä läpi tarkasti sähköverkon saneeraustöiden perehdytys- ja turvallisuusasiat, sähköasennustyöt, maakaapeleiden rakenteet, jatkojen teot sekä kytkennät. Lisäksi opinnäytetyössä oli tarkoitus kertoa muuntamoiden sekä jakokaappien kytkennöistä ja kalustamisesta. Tavoitteena oli myös tuoda esille sähkötyöturvallisuuden tärkeys sekä sähköturvallisuusvastuut sähköverkon saneerausprojekteilla toimiville henkilöille. Lisäksi oli tarkoitus tuoda esille mahdolliset maakaapeliviat sekä vian paikannus ja korjaus. Työn toteutukselle tärkeänä asiana oli tuoda esille sähköverkon maakaapeleiden käyttöönottojen suorittamisen eri vaiheet, käyttöönottojen suunnittelusta niiden turvalliseen toteutukseen. Lisäksi ajatuksena oli, että opinnäytetyötä voi halutessaan käyttää saneerausprojektien asentajien perehdytykseen sekä ohjeistukseen.</p> <p>Prosessia olisi helpottanut huomattavasti, mikäli käytössä olisi ollut sähköurakoitsijoiden sähköverkon rakentamiseen liittyvät kumppaneiden verkkosivustot, kirjat, urakointi ohjelmat sekä jakeluverkon rakentamisessa käytettävät laitteet ja mittarit.</p> <p>Sähköverkon saneerausprojekteilla tehtävien asentajien työvaiheiden esittäminen opinnäytetyössä osoittautui haasteelliseksi tarvittavan kirjallisuuden löytämisen vaikeuden vuoksi. Lähdemateriaalina opinnäytetyössä on käytetty kirjamateriaalia, verkkosivustoja sekä aiempia aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin, työstä tuli jakeluverkon saneerausprojektin sähköasennuksia koskeva työ- ja turvallisuusohje. Opinnäytetyön hyödynnettävyyttä työelämässä tulee urakoitsijoiden itse harkita.</p>	
Avainsanat	saneeraustyöt, sähkötyöt, sähkötyöturvallisuus, maakaapeli, keskijännite, pienjännite, sähköjakeluverkko

Author Title	Jani Holappa Electrical Works and Safety in 0.4kV and 20kV Renewal Projects
Number of Pages Date	65 pages 2February 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The subject for this thesis study is the electrical installations of distribution network installers and the safe execution of these installations in 0.4kV and 20kV renovation projects. The aim was to create a manual, which would clarify the work in renewal projects for installers and project managers. Introduction of renovation work, safety, electrical installation, underground cable structure, making cable joints and coupling are key topics of this thesis. The coupling of transformer substations and distribution cabinets play important roles of the thesis as well. Another aim was also to highlight the importance of safety and responsibilities in electrical installation for those active in electrical installations of distribution. Possible disorders of underground cables, fault localization and fixing faults are also handled. An important issue is to describe different steps concerning commissioning of underground cables. The purpose is that this thesis could be used as an instruction manual in renovation projects.</p> <p>The study was done using the author's work experience and the help of a thesis supervisor. The sources used in this thesis study were literary material, web sites, contracting programs and earlier theses on the subject.</p> <p>The presentation of the steps of the installations of the electricity network in renovation projects proved to be challenging due to the difficulty of finding the necessary literature. The process would have been much easier with access to working life electrical contractor partner websites, books, contracting programs, meter, software and equipment.</p> <p>The result is a work and safety manual concerning electrical installations of distribution network and the goals were achieved. The benefit and usability of the thesis in working life must be considered by the contractors themselves.</p>	
Keywords	rebuilding work, electrical Installation, Safety at Work, underground cable, mid voltage, low voltage, electric distribution network

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähkötyö	1
3	Saneerausprojektin sähkötöiden perehdytys	2
4	Saneerausprojektin työvaiheet ja rakenteet	7
4.1	KJ-jatkon tekeminen	7
4.2	KJ-kaapelin rakenne	8
4.3	KJ-kaapelin käsittely ja jatkoksen tekeminen	9
4.4	Muuntamoiden rakenne ja kalustus	19
4.5	KJ-tilan kytkennät	22
4.6	Muuntajatilän kytkennät	24
4.7	Muuntamon PJ-tilän kytkennät	25
4.8	PJ-jakokaapin kytkennät	26
4.9	PJ-liittymisjohtojen kytkennät	27
4.10	KJ- ja PJ-verkon maadoitukset	28
4.11	Puistomuuntamon viimeistely	29
4.12	Kaapeleiden ja muuntajien mittaaminen	30
5	Käyttöönottojen suunnittelu	31
5.1	KJ-käyttöönottojen suunnittelu	35
5.2	PJ-käyttöönottojen suunnittelu	35
6	Käyttöönottotarkastus	37
7	Käyttöönottojen suoritus saneerausprojektilla	39
7.1	KJ-verkon käyttöönotot ja töiden kulku	39
7.2	Kytkenänjohto	40
7.3	Paikalliskytkennät	41
7.4	Työalueen ja erotuskohdan varmistaminen	41
7.5	Päätyömaadoitus	42
7.6	Työalueen rajaaminen ja merkitseminen	43
7.7	Työkohteen opastus	43
7.8	Työnvalmistelulupa	44

7.9	Työnaikaisen sähköturvallisuudenvälvojan tehtävät	44
7.10	Työkohteen turvallisuuden varmistaminen	45
7.11	Työluvan antaminen	46
7.12	Työnaikaiset turvallisuus toimet	46
7.13	Suunnitellun työn toteutuksen muutokset	47
7.14	Työn valmistuminen	48
7.15	Käyttöönottolupa	48
7.16	Palautuskytkennät	49
7.17	Käyttöönottojen suoritus PJ-verkossa	49
7.18	KJ- ja PJ-verkon tarkistukset ja raportointi	52
8	Sähköverkon purkutyöt	53
9	Sähkötyöturvallisuus ja siitä vastaavat henkilöt saneerausprojektilla	55
10	Saneeraustöiden maakaapeliviat	55
11	Sähköverkon saneeraustöiden tulevaisuuden näkymät	55
12	Yhteenveto	55
	Lähteet	64

Lyhenteet

AMKA	Eristepäällysteinen riippukierrekaapeli.
EV	Energiavirasto.
JK	Jakokaappi.
KJ	Keskijännite (20 kV).
NIS	Network Information System, Verkkotietojärjestelmä Trimble NIS.
PJ	Pienjännite (0,4 kV).
UTG	Utility To Go, Integroitu mobiili sovellus Trimble NIS-verkkotietojärjestelmän rinnalle.
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.

1 Johdanto

Sähköverkon rakenteeseen kuuluu valtakunnallinen 110–400 kV:n kantaverkko ja 110 kV:n alueverkot, joita hallinnoi Fingrid Oy sekä paikallisten sähköyhtiöiden hallitsemat 0,4–70 kV:n jakeluverkot. Osalla paikallisista sähköyhtiöistä on hallinnassa myös osia 110 kV:n verkoista. Nykyiset jakeluverkkojen ilmajohdot ovat laskennallisesti keski-ikänsä noin 30 vuotta vanhoja, ja olosuhteisiin vaikuttavat tekijät huomioiden niiden käyttöikä on noin 42 vuotta. Tämä tarkoittaa sitä, että sähköverkkojen kunto alkaa huononemaan tulevina vuosina nopeasti. Pelkästään tämä jo nopeuttaa sähköverkkojen saneeraustöiden käynnistymistä ja säävarmempien verkkojen rakentamisaikataulua. Huonokuntoiset verkot aiheuttavat sähkönjakeluun suurempia häiriöitä ja pidempiä asiakaskeskeytyksiä etenkin voimakkaiden sääilmiöiden vuoksi. Sääolosuhteiden aiheuttamat sähkönjakelu keskeytykset vuosien 2008–2011 aikana johtivat siihen, että uusi sähkömarkinalaki astui voimaan vuonna 2013, jossa sähköverkon toimintavaatimuksia kiristettiin huomattavasti. Sähköyhtiöt joutuvat nyt investoimaan säävarmojen verkkojen rakentamiseen, koska vuoteen 2028 mennessä kaikki sähkönkäyttöpaikat täytyy olla säävarmemman verkon parissa. (Kivioja 2017, s.1.)

Opinnäytetyössä keskitytäänkin säävarmemman verkon rakentamisessa tehtäviin asennustöihin sekä työturvallisuuteen 0,4 kV:n ja 20 kV:n jakeluverkon saneerausprojekteilla. Työn tavoitteena on tehdä asentajille ja projektin vastuuhenkilöille ohjeistus sähköverkon maakaapeliurakan saneeraustöiden, sähköasennusten ja maakaapeloinnin läpiviemiin ohjeiden ja turvallisuusmääräysten mukaisesti. Ohjeistuksella on tarkoitus nopeuttaa uusien työntekijöiden oppimista ja projektien sisälle pääsemistä. Opinnäytetyötä on mahdollisuus hyödyntää sähköverkon saneeraustöissä asentajien käyttöön soveltuvana ohjekansiona ja sen on tarkoitus soveltua uusien työntekijöiden perehdyttämiseen sähköverkon saneeraustöissä.

2 Sähkötyö

Sähkötyö on Suomessa määritelty säännellyksi toiminnaksi. Sähkötyöksi määritellään sähkölaitteen sekä sähkölaitteistojen rakennus ja huoltotyöt, sekä sähkölaitteiston rakennus, huolto- ja korjaustyöt. Suomessa noudatetaan sähkötöissä

sähköturvallisuudessa standardia SFS6002. Sähkötöiden tekeminen vaatii sähkötoita pääurakoitsijana tekevältä yritykseltä sähkötöiden johtajan, jolla on toiminnanlaajuuden kattava pätevyystodistus. Ennen sähkötöiden aloittamista täytyy Tukesille ilmoittaa sähkötöiden tekemisestä. Mikäli sähkötöiden johtaja vaihtuu, muutoksistakin täytyy ilmoittaa Tukesille. Sähköturvallisuusmääräyksien noudattamista Suomessa valvoo Tukes. Sähkötoita sähköverkkojen parissa saa tehdä vain Tukesin rekisteriin kuuluvat urakoitsijat. Rekisteriin täytyy urakoitsijalla itsellä ilmoittautua ja osoittaa Tukesille pätevyystodistus rekisteriin pääsemiseksi. Sähkötyö on Suomessa erittäin tarkkaan valvottua työtä, johon on tehty erillinen sähkötyöturvallisuusstandardi SFS6002. Tämän standardin määräyksiä tulee noudattaa jokaisella sähkötoita tekevällä asentajalla saneerausprojekteilla. (Sähköalan Säännökset 2019, s.114–123.; Sähkötyöt ja urakointi 2018.)

3 Saneerausprojektin sähkötöiden perehdytys

Sähköverkon 0,4 kV:n ja 20 kV:n saneerausprojektille työskentelemään tulevat henkilöt tulee perehdyttää työtehtäviin työturvallisuuslain 14. §:n mukaan ennen töiden aloittamista, oli kyseessä maanrakentaja, konemies, apumies, suunnittelija, sähköasentaja tai projektin johtoon liittyvä henkilö. Jokaisen sähköverkon saneeraustöitä tekemään tulevan henkilön on lisäksi käytävä Sähkötyöturvallisuus SFS6002-kurssi, Työturvallisuuskortti ja Tieturvakortti 1 (työnjohdolla tulee olla Tieturvakortti 2), Hätä EA tai Ensiapukoulutus 1, sekä käytävä verkonhaltijan järjestämä sähköverkon perehdytyskurssi, mikäli verkkoyhtiö tällaisia järjestää ja tätä vaatii. (Sähköverkon turvallinen käyttö 2019.)

Työnantajan on velvollinen huolehtimaan työntekijöiden turvallisesta työskentelystä työssä ja huomioitava työhön, työolosuhteisiin sekä työympäristön liittyvistä turvallisuusseikoista. Perehdytys työntekijälle on järjestettävä sähköturvallisuuslain (738/2002 18§) määrätyn mukaan, jossa työntekijän on noudatettava työnantajan ohjeita ja määräyksiä, turvallisuuden ja terveydellisyyden edellyttämää järjestystä ja siisteyttä sekä muutenkin huolellisuutta ja varovaisuutta. Työntekijän perehdytys voidaan käydä perehdytykseen suunnitellun perehdytyslomakkeen avulla, joka esitetään kuvissa 1 ja 2. Perehdytyksessä on hyvä käydä läpi kaikki sähköverkon rakentamiseen liittyvät asiat, joihin kuuluvat rakennettava verkko, verkon osat, syöttösuunnat, käytettävät laitteistot ja kojeistot, mitauslaitteistot, sekä maadoituslaitteet ja mahdolliset tulevat jännitetyöt. Lisäksi perehdytyksessä on käytävä läpi verkonrakennuksessa huomioitavat turvallisuutta heikentävät

asiat, kuten risteilevät voimajohdot tai takasyötön mahdollisuus saneeraustöitä tehdessä. Perehdytyksessä käydään myös läpi saneerausprojektin työturvallisuusorganisaatio, työmaan kaikki vastuuhenkilöt pääurakoitsijan sekä maanrakentajan puolelta. Perehdytyksestä tulee selvittää sähköturvallisuudesta vastaavat henkilöt, kuka on projektipäällikkö, sähkötöidenjohtaja, sekä asentajien keskuudessa sähkötyöturvallisuudesta vastaava henkilö ja tämän varahenkilö, mikäli vastaava asentaja vaihtuu saneerausprojektin aikana. Lisäksi käydään läpi ilmoittamiskäytäntö, läheltä -piti tilanteissa sekä tapaturmien sattuessa. (Sähköalan säännökset 2019, s.114–117.)

Perehdytyslomakkeella käydään läpi projektin yleiset asiat, turvallisuus, rakentamisen perusasiat, materiaalien käsittely ja varastointi, materiaalien säilytyspaikat ja mihin verkon rakentamisesta aiheutuvat jätteet viedään. Lisäksi käydään läpi työntekijöille kuuluvat mahdolliset sosiaaliset tilat rakentamisen aikaiselle ruokailulle ja henkilöstöhuollolle sekä peseytymismahdollisuudelle. Nämä tilat täytyy työntekijälle osoittaa ennen työmaan käynnistymistä.

Mikäli sähköasentajat yhdessä maanrakentajien kanssa työskentelevät sähköverkon alueella, missä työnteosta voi aiheutua työntekijöille tai ulkopuolisille vaaraa, tästä on tehtävä aina turvallisuusilmoitus (esitetty kuvassa 3.). Esimerkiksi jos asentajat ja maanrakentajat menevät työskentelemään sähköasemalle keskijännitekaapelin jatkamista, missä työskennellään jännitteisten linjojen läheisyydessä työkoneella, on tästä tehtävä verkonhaltijalle turvallisuusilmoitus pari arkipäivää ennen töiden aloittamista.

Purkutöihin perehdytetään erikseen, kun sähköverkon rakentaminen on saatu valmiiksi ja sähköverkko käyttöön otettua. Purkutyöperehdytys käsitellään kohdassa 9. Purkutyöt.

Projektikohtainen perehdytys		
Projektin nimi:		
Yleiset asiat		
Perehdytettävät asiat	Tarkennus perehdytykseen	Kuittaus
Työstä vastaava	Kuka toimii projektipäällikkönä ja on vastuhenkilö projektilla.	<input type="checkbox"/>
Työmaan kärkimies	Kuka työmaan sähkötöiden kärkimies.	<input type="checkbox"/>
Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja	Käydään läpi kuka on ensisijainen Työnaikaisesta Sähköturvallisuudesta vastaava ja ketkä ovat korvaavia valvoja.	<input type="checkbox"/>
Työkohde	Käydään läpi missä työkohde on:	<input type="checkbox"/>
Työmaan laajuus ja aikataulu	Käydään läpi kaapelimäärät, rietit ja pituudet rakennettavalla projektilla.	<input type="checkbox"/>
Työturvallisuus		
Asiakkaan turvallisuusohjeet / vaatimukset	Käydään läpi turvallisuusohjeet	<input type="checkbox"/>
Pääurakoitsijan työturvallisuusohjeet / vaatimukset	Käydään läpi pääurakoitsijan turvallisuusohjeet ja poikkeamat mikäli tilaajalla poikkeamia	<input type="checkbox"/>
Turvallisuushuomiot ja Suojelukohteet	Käydään läpi mahdolliset turvallisuushuomioita vaativat kohteet. Vesistö-silta, tiealue työskentely, risteilevät Sj- johdot, Avi-alueet sekä mahdolliset luonnonsuojelu alueet.	<input type="checkbox"/>
Tapaturma ohjeistus	Varmistetaan työntekijöiltä Ensiapukoulutus ja toimintamalli ja ohjeistus tapaturmien varalle	<input type="checkbox"/>
Läheltäpiti ohjeistus	Toiminta läheltäpiti tilanteissa, ilmoituskäytäntö ja raportointi	<input type="checkbox"/>
Materiaalit		
Materiaalien varastointi ja sijainti sekä kuittaukset	Käydään läpi materiaalien sijainti, kuittaukset ,sekä valmiudet varaston käyttöön	<input type="checkbox"/>
Materiaalien seuranta ja tilaaminen	Materiaalien tilaamiskäytäntö, ilmoittaminen materiaalipuutteista, ennakointi, ilmoitusjärjestys	<input type="checkbox"/>
Jätehuolto, kontit ja kierrätys	Käydään läpi varastointi, jätehuolto sekä työmaalta kierrätykseen lähtevät materiaalit	<input type="checkbox"/>
Sosiaaliset tilat ja työmaaajärjestys	Missä on työnaikaiset sosiaaliset tilat, suihku, WC, ruokapaikat ja huolotilat, mikäli näitä vaaditaan	<input type="checkbox"/>

Kuva 1. Perehdytyslomake malli 1/2.

Rakentaminen												
Verkonrakennuksen yleinen ohjeistus kunnossa	Varmistetaan että henkilöillä on oikeudet kunnossa ja pääsee etsimään verkon porttaalista ohjeita ja tietoa. (Headpower)							<input type="checkbox"/>				
Tilaaajan käyttämät rakenteet	Käydään läpi tilaaajan määrittämät vakiorakenteiden poikkeamat ja vaatimukset projektilla käytettävistä materiaaleista.							<input type="checkbox"/>				
Tilaaajan kanssa sovitut työmenetelmät	Käydään tarvittaessa läpi tilaaajan kanssa sovitut poikkeavat työmenetelmät, sekä suojavaatetukseen vaatimukset / ohjeet.							<input type="checkbox"/>				
Tilaaajan merkintäohjeet	Käydään läpi ja toimitetaan merkintäohjeet kentälle							<input type="checkbox"/>				
Rakentamisen järjestys projektilla	Käydään läpi rakentamisen järjestys ja reitit							<input type="checkbox"/>				
Projektin aikataulu ja tavoitteet	Käydään läpi valitavoitteet, sekä aikataulussa pysymisen tärkeys, miten se vaikuttaa kaikkien projektilla työskentelevien tekemiseen.							<input type="checkbox"/>				
Ohjeet, työkuvat, työmaakansiot sekä käytettävä materiaali	Käydään läpi yhteiset tallennuspaikat, minne työkuvat, punakynät, pöytäkirjat sekä raportit lähetetään ja missä aikataulussa toimitaan.							<input type="checkbox"/>				
Maarakentajien toiminta projektilla	Käydään läpi maarakentajien toimintamalli ja tehtävät jotka heillä kuuluu hoitaa ja kuinka toimitaan yhteistyötä vaativissa töissä.							<input type="checkbox"/>				
Sähkötyöt ja työjärjestys	Rakennetaan verkkoa maarakennusporukan mukana. Tehdään verkko kerralla valmiiksi ja vältetään ylimääräistä työtä ja hukkaa							<input type="checkbox"/>				
Purkutöiden tekeminen ja työjärjestys	Purkutöiden tekeminen ja työjärjestuksen läpikäynti sekä purkutöyoperehdytys hoidetaan ennen töiden aloitusta, kun rakennettu verkko on otettu käyttöön.							<input type="checkbox"/>				
Kortit ja Kurssit			Tilaaajan verkkokurssi	Asiakaskohtaamisen verkkokurssi	Työruuvailisuus	Tieturva 1	Tieturva 2	Hätäensiapu / EA1	Tulityökortti	Työmaan perhdytyskansion läpikäynti	Sähkööturvallisuus kortti	Maailikon perhdytys sähköisiin
			Perehdytetty	Perehdyttäjä	PVM	Kurssit	Kortit					

Kuva 2. Perehdytyslomake malli 2/2.

TURVALLISUUSILMOITUS

1 (1)

	Käyttöä valvovan henkilön täyttämät rivit		
	Työnsuorituksesta vastaavan täyttämät rivit		
Työ tehdään (yksi valinta)	<input type="checkbox"/> Sähköasema-alueella	<input type="checkbox"/> Voimajohdolla (110 kV)	<input type="checkbox"/> Muuntamolla / Jakelujohtolla
Ajankohta	Työ alkaa klo	Työ päättyy klo	
Työkohte	Sähkösema, voimajohto tai muuntamo / jakelujohto: Tarkenne:		
Työn kuvaus	Työ liittyy kytkentäohjelmaan: <input type="checkbox"/> Työhön liittyy jälleenytkentöjen poistoja <input type="checkbox"/> Työhön liittyy palo- tai sammutuslaitteiston irtikytkentöjä <input type="checkbox"/> Työ sisältää jännitetyötä <input type="checkbox"/> Työstä aiheutuu häilytyksiä kaukokäyttöön		
Vaara-alue	Työ vaarantaa työryhmään kuulumattomien turvallisuutta metrin etäisyydellä työkohteesta		
Työn riskitekijät	<input type="checkbox"/> Purkutyö <input type="checkbox"/> Nostotyö <input type="checkbox"/> Muu korkealla tehtävä työ <input type="checkbox"/> Kaivuutyö <input type="checkbox"/> Muu putoamisvaara <input type="checkbox"/> Ei erityisiä riskitekijöitä		
	<input type="checkbox"/> Tulityö <input type="checkbox"/> Muu palovaara <input type="checkbox"/> Räjäytystyö <input type="checkbox"/> Melu <input type="checkbox"/> Tärinä		
	<input type="checkbox"/> Korkeat ajoneuvot, koneet ja/tai niiden varusteet <input type="checkbox"/> Vaarallinen ulottuva kone tai työväline <input type="checkbox"/> Asbesti <input type="checkbox"/> Vaaralliset aineet Muu erityinen riskitekijä, mikä		
Työkohteen yhdyshenkilö	Nimi	Yritys	Puh.
Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja	<input type="checkbox"/> Sama kuin työkohteen yhdyshenkilö		
	Nimi	Yritys	Puh.
Turvallisuus-toimenpiteitä työkohteessa			
Työkohteen erityiset vaaratekijät			
Työkohteen rinnakkaiset toimittajat	Yritys	Ajankohta	
Työkohteen merkitseminen	<input type="checkbox"/> Sähkölaitteiston haltijan puolelta ei ole tarvetta merkitsemiseen		
	Tekijä:	Merkintätapa:	
Työtä koskeva paikallisopastus	<input type="checkbox"/> Tuttu työkohte: sähkölaitteiston haltijan puolelta ei ole tarvetta sähköturvallisuusopastukseen		
	Opastuksen työkohteessa antaa:		
Sähkölaitteiston valvonta	Puh.		
Laatijat	Työsuorituksesta vastaava tai hänen valtuuttamansa henkilö:		Yhtiö
	Nimi		Päiväys
	Puh.		Lomakkeen tunnistus
	Käyttöä valvova henkilö tai hänen valtuuttamansa henkilö:		Yhtiö
	Nimi		Päiväys
	Puh.		Lomakkeen tunnistus
Turvallisuusilmoitus on päivitettävä ja uudelleen jaeltava, mikäli sen tiedot muuttuvat tai tarkentuvat.			Tietojen tallennus
Jakelu: Laatija jakaa täydentämänsä ilmoituksen myös kaikille omille osapuolilleen.			VERSIO: 1

Kuva 3. Turvallisuusilmoitus. (Sähköverkon turvallinen käyttö 2019, s.31.)

4 Saneerausprojektin työvaiheet ja rakenteet

Sähköverkon saneerausprojektin työt koostuvat pääsääntöisesti KJ- sekä PJ-kaapeleiden jatkoksien tekemisestä, muuntamoiden kalustamisesta, jakokaappien kalustamisesta ja kytkennöistä sekä liittymien kytkennöistä, kun liitytään olemassa olevaan sähköverkkoon niin KJ- kuin PJ-verkon puolella. Lisäksi sähköverkon kaapeleiden ja laitteistojen mittaukset ovat myös yksi erittäin tärkeä ja esille nostettava työvaihe sähköverkon maakaapelointiprojektissa. Mittauksilla varmistetaan rakennettavan sähköverkon turvallisuus ennen käyttöönottoja. Sähköverkon käyttöönotot suoritetaan lopuksi, kun sähköverkko on käyttöönotettavalta osalta tehty valmiiksi, verkko on tarkastettu ja mitattu, käyttöönottopöytäkirjat tehty ja käyttöönotoista sovittu sähköverkon tilaajan kanssa. Kun käyttöönotot on suoritettu, tarkastetaan vielä käyttöönotettu verkko jännitteiden ja pyörimissuuntien osalta, että verkko toimii oikein ja kaikilla asiakkailla on sähkö. Eniten asentajia kuitenkin työllistää maakaapelointiprojektissa KJ-maakaapeleiden jatkoksien ja päätteiden tekemiset sekä muuntamoiden kytkentä ja kalustustyöt.

4.1 KJ-jatkon tekeminen

Kaapeleiden jatkojen tekeminen vie paljon aikaa normaalissa keskijänniteprojektissa. Jatkojen tekeminen on tarkkaa työtä, johon koulutetaan työntekijät erillisellä KJ-jatkojen tekemiseen perehdyttävällä koulutuksella. KJ-jatkot tehdään aina kaapelivarusteen valmistajan laatiman asennusohjeen mukaisesti. Merkittävimpiä huomioita oletetun kylmän kaapelin jatkon teossa on maakaapelin koestaminen ja maadoittaminen molemmista päistä ennen töiden aloittamista. Maakaapeliin on voinut indusoitua jännitettä jonkin verran, varsinkin kesällä ukonilmalla. Sähkökaapelin varaus täytyy purkaa varauksenpurkutyökalulla, jonka voi asentajat itse tehdä tai ostaa suoraan sähkötarvikeliikkeestä. Tavoite on sähköturvallisesti johtaa maahan sähkökaapeliin indusoitunut jännite, jotta työskentely jatkon teossa on turvallista. (Monni 2018, s.131–132.)

Keskijänniteverkossa kaapelireiteille tulee paljon jatkoja erityisesti haja-asutusalueilla, kun välimatkat ovat pitkiä ja kaapeleiden valmispituus ei välttämättä riitä asennettavalle välille. Kaapeleiden jatkamiseen käytetään eri valmistajien kylmäkutistejatkvoja, hybridi-jatkvoja sekä lämpimiä jatkvoja. Joissakin tapauksissa jatkos tehdään sekajatkona, kun

kaapelityyppi vaihtuu toiseen. Näistä tarkemmat tiedot löytyvät kaapelinvalmistajien ohjeista ja luetteloista, millaisen jatkon mikäkin kaapelityyppi tarvitsee.

Jatkoksen valintaan vaikuttavat seuraavat asiat:

- kaapelin nimellisjännite
- kaapelin lajimerkintä (rakenne, eristys, suojaus)
- asennuspaikka (sisällä, ulkona)
liitoksen tekomahdollisuudet (ruuviliitos, puristettava liitos)
- erikoistyövälineiden tarve, esim. hohtosuojan kuorintalaite
- erikoisasennustaitojen tarve.
(Monni 2018, s.132.)

Ennen kaapelijatkon tekemistä on tarkistettava, että kaikki asiaan kuuluvat osat ovat mukana ja varmistettava tarvitaanko kyseisen jatkon tekemiseen lisäosia. Lisäosia ei saa ottaa valmiista jatkospakkauksista, koska vikakeikalle lähtiessä puutteellisen pakkauksen mukaan ottaminen voi estää vikatyön tekemisen ja aiheuttaa lisäkustannuksia viankorjaukseen, koska matkat voivat olla hyvinkin pitkiä. Lisätarvikkeet on tilattava erikseen tukusta ja huolehdittava siitä, että jatkoksen tekoon lähdetessä on kaikki tarvittavat osat mukana. (Monni 2019, s.132.)

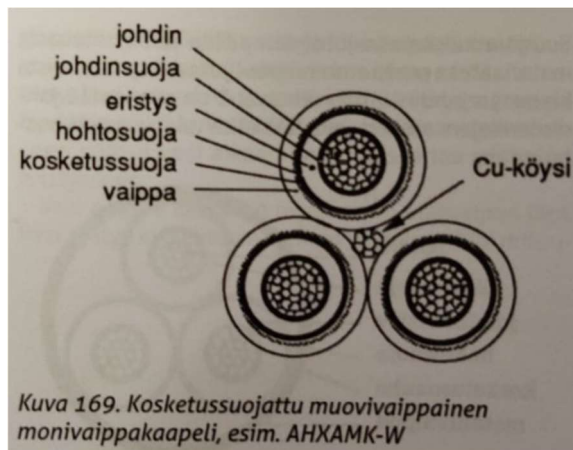
Sähkökaapeleissa on monia eri tyyppisiä, joita eri verkkoyhtiöt käyttävät. Sähköverkon projekteissa käytetään yleisesti tyyppin AHXAMK-WP-kaapeleita 50 neliöstä 240 neliöön. Jatkoina voi käyttää esimerkiksi tälle kaapelille soveltuvia ENSTO Hybridijatkoja, jotka ovat osoittautuneet erittäin toimiviksi ja nopeiksi tehdä saneerausprojekteilla.

Jatkon tekemisessä on tärkeää estää kosteuden pääsy jatkokseen. Kostealla säällä jatkot tehdään jatkosteltassa säältä suojassa. Myös pakkasella jatkokset on hyvä tehdä teltassa, jolloin jatkokseen ei vaikuta pakkasilma ja jatkosta on helpompi käsitellä. Jatkosteltan on oltava kuitenkin paloturvallinen, hengittävä ja teltassa työskennellessä on huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta ja valaistuksesta. (Monni 2018, s.131–132.)

4.2 KJ-kaapelin rakenne

KJ-kaapelin rakenne koostuu useasta eri kerroksesta, joka on esitetty kuvassa 4. Sisimpänä on sähköä johtava johdin, seuraavassa kerroksessa puolijohtava johdinsuoja, jonka jälkeen eristävä eristys kerros. Tämän jälkeen sähkömagneettisen kentän

voimakkuuden huippuja tasoittava hohtosuoja, jonka päällä poikittaissuuntaisena vesitiivistyksenä toimiva alumiinimuovilaminaatti, jota kutsutaan kosketussuojaksi. Päällimmäisenä mekaanisena suojana toimiva johtimen vaippa. (Monni 2018, s.88.)



Kuva 4. KJ-kaapelin rakenne (Monni 2018, s.88.)

4.3 KJ-kaapelin käsittely ja jatkoksen tekeminen

Jatkoksen tekemiseen tarvitaan aina erikseen jatkoskoulutuksessa koulutettu sähköasentaja. Ensimmäisenä jatkoksen tekemisessä varmistetaan, että kaapeliin ei ole induoitunut jännitettä ja suoritetaan kaapelien päiden maadoittaminen. Tämä varmistuttua huomioidaan kaapelijatkon tekopaikka ja kohta, jossa jatko tehdään. Kun jatkon tekopaikka on selvillä, kaapeli mitoitetaan oikean mittaiseksi ja katkaistaan molemmista suunnista tulevat päät puukkosahalla tai siihen sopivalla muulla työkalulla oikean mittaiseksi, huolehtien että kaapelia ei jää liikaa ylimääräistä tai että sitä ei katkaista liian lyhyeksi. KJ-jatkos avataan kerroksittain asennuspakkauksessa tulevien valmistajan ohjeiden mukaisiin mittoihin. Ennen kuin kaapeli kuoritaan, varmistetaan kuorintapituudet tarkasti ja merkitään4 mitat kaapeliin merkkauksynällä. Kaapelin kerrokset tulee kuoria siten, että alempi kerros ei vaurioidu ylemmää kerrosta kuoriessa. Muovivaipan poistaminen tehdään turvallisimmin kuorintanaruä käyttäen, mutta tämän voi hätätapauksessa tehdä myös kuorimaveitsen avulla. Kuorintanaru ei riko kaapelin alempia kerroksia ja näin kuorinta on turvallista. (Monni 2018, s.131–135.)

Kaapelissa (AHXAMK-WP) muovivaippa lämmitetään ensiksi nestekaasuliekillä pehmeäksi ja katkaistaan sitten vaippa katkaisunarulla merkitystä kohdasta ja vedetään katkaisunarulla voilemmalla kaistale pois ja kääritään nytkemällä tämän jälkeen jäljelle jäänyt vaippa pois varoen vahingoittamasta alumiinifoliota vaipan alla. (Monni 2018, s.131–135.)

Kaapelissa (AHXAMK-WP) oleva alumiinifolion päälle laitetaan 40 mm:n päähän vaipasta vakiovoimajousi siten, että jousen uloin laita on kaapelin vaipasta 40 mm:n päässä. Jäljelle jäänyt alumiinifolio liuskoitetaan käsin vetämällä ja katkaistaan jousista vasten repäisemällä tai saksia apuna käyttäen. Tämän jälkeen vakiovoimajousi otetaan irti. (Monni 2018, s.131–135.)

Kaapelissa (AHXAMK-WP) seuraavana on alumiinivaipan alla kaapelin rakenteellisena osana eristekerroksen päällä puolijohtava hohtosuojakerros, joka jatkostöissä poistetaan hohtosuojan kuorintalaitteella pakkauksen ohjeen mukaan. Kuorintalaitteessa on säädettävä kuorinta-asteikko, ja laite säädetään aina kaapelin halkaisijan mukaan. Kuoriminen tapahtuu siten, että pyöritetään kuorintalaitetta kiertämällä sitä kaapelin ympärillä, jolloin hohtosuoja irtoaa yhtenä pitkänä kierteisenä lastuna. Laitteen terän vinouden ansiosta pitkittäis-suuntainen liike syntyy itsestään eikä laitetta tarvitse työntää erikseen pyörittäessä hohtosuoja pois kaapelin päältä. Mikäli kaapelin eristyksen pinnalle jää hohtosuoja vielä hiukan, poistetaan hohtosuojan jäämät lasinsärmällä pois ja hiotaan eristyspinta jatkospaketin mukana tulevalla hiontanauhalla siten, ettei eristyksen pinnalle jää pitkittäisviiltoja. Hohtosuojan poistamisessa on oltava erittäin tarkka, koska eristyspintaan ei saa jäädä kuoppia, jotka jatkos-teossa voivat jättää jatkokseen ilmakuplia. Ilmalla on erilainen sähkönlujuus ja nämä ilmakeuopat voivat aiheuttaa kaapelin lämpenemistä ja aiheuttaa kaapeliin vaikeasti korjattavan vian. Puhdistettaessa hohtosuoja on käytettävä vain jatkospakkauksen mukana tulevia puhdistusliinoja. Eri kaapeleille on käytössä useita erilaisia kuorintalaitteita, joista kullekin kaapelille on valittava sopivin laite. (Asennusohje 2016, s.5.; Monni 2018, s.131–135.)

Eristeen poistaminen tapahtuu AHXAMK-WP -kaapeleissa joko katkaisunarua tai PEX-eristyksen poisto työkalua apuna käyttäen. Eristeen poisto katkaisunarulla tapahtuu siten, että leikataan eriste katkaisukohdasta poikki ja sahataan katkaisunarulla johtimen pintaa myöten eriste pitkittäis-suunnassa pois. Kuoriminen PEX-eristyksen poistotyökalua apuna käyttäen on helpompi ja nopeampi tapa. Suoritukseen on valittava

oikeaneliöinen holkki ja pyöräytettävä eristeen poistotyökalua käyttäen pois kaapelista. Eristeen terävät kulmat pyöristetään hiomapaperilla, puukolla tai siihen sopivalla työkalulla. Tämän jälkeen johdin harjataan vielä teräsharjalla. (Asennusohje 2016, s.7.; Monni 2018, s.131–135.)

Hybridijatkoa tehdessä mukana tulee putkimainen kuparipalmikko, joka asetetaan näiden työvaiheiden jälkeen kaapelin vaipan päälle, jonka jälkeen vedetään vielä kuparipalmikon päälle ulkovaippaletku CPEEPL. Tämän jälkeen CJS-jatkosrunko vedetään vastapuolelle jatkosta ulkovaipan päälle ja aloitetaan liittämään liittimiä. (Asennusohje 2016, s.8.)

Johtimien liittäminen kaapeleissa (AHXAMK-WP) tapahtuu seuraavasti. Kaapelin mitat vielä tarkistetaan ennen lopullista asennusta. Tämän jälkeen jatkosholkit harjataan teräsharjalla, koska johtimen pinnalle muodostuu normaalitilassa oksidikerros, joka muodostaa ylimenovastusta. Johtimen pää ja liitin suojataan liitosrasvalla, mikä estää johtimen oksidoitumisen. Liitosrasvassa on lisäksi pieniä sinkkihiukkasia, jotka parantavat johtavuutta ja rikkovat liitoksessa oksidikerrosta. Alumiinikaapelissa saa käyttää vain alumiiniliittimiä. Kupariliittimillä liitettäessä alumiinikaapeli alkaa elektrolyytin vuoksi syöymään ja näin ollen liitos ei ole pitkäikäinen. (Monni 2018, s.135.; Asennusohje 2016, s.9.)

Liittimiä valittaessa on otettava huomioon johtimien kuormitus- ja oikosulkulämpötilat, johtimen materiaali ja poikkipinta, korroosio, sekä käytettävissä olevat työkalut. Liittimen valinnassa on aina noudatettava valmistajan antamia asennusohjeita tarkasti. (Monni 2018, s.135.)

Seuraavassa muutama tärkeä lisäohjeistus. (Monni 2018, s. 135):

- Liitin valitaan aina nimellispoikkipinnan ja johdinalueen mukaan.
- Tarkistetaan, että johdinpoikkipinta ja valmistusmateriaalin merkintä löytyy liittimestä
- Johtimen eristysainetta poistettaessa on varottava johdinaineen pinnan rikkomista, koska se heikentää vaurioituessaan oikosulkukestoisuutta.
- Sektorijohtimia liitettäessä liittimiin on käytettävä varsinkin suurilla poikkipinnoilla siirtoleukapihtejä tai erikoistyökalua johtimen muokkaamiseen, jotta saadaan luotettava liitos liittimeen.

- Liittimiä ei saa muokata lyhentämällä, poraamalla liittimen reikiä suuremmiksi tai muutenkaan, vaan valitaan aina oikea liitin asennettavaan kohteeseen.
- Jatkosholkin asennuksessa on muistettava poistaa johdineristys ohjeen mukaan johtimen päältä oikeamittaisesti.
- Ennen liittämistä on varmistettava, että kutisteletkut ovat paikoillaan kaapelissa ennen liitoksen lopullista tekemistä.
- Jatkoksen holkkeja puristettaessa puristetaan aina ensin kaapelista katsottuna kauimmainen kiinnitys eli keskimmäiset puristettavat kohdat. (Monni 2018, s.135.)

Liittimien asentamisessa alumiinikaapeliin on tärkeää muistaa seuraavat asiat liittimiä kiristäessä. Ruuvien kiristys on oikea ja liitin oikean kokoiselle johtimelle. Liittimiä on monenlaisia, joissa osassa on momenttiruuvit, jotka katkeavat, kun oikea kiristyslujuus on saavutettu. Mikäli liittimissä ei ole momentissa katkeavia ruuveja, tulee liittimien ruuvit kiristää momenttiavaimella oikeaan kaapelivalmistajan ohjeen mukaiseen kireyteen. Ruuviliittimien kiristysjärjestys on päinvastainen kuin puristettavissa liittimissä. Ensin kiristetään reunimmaisat ruuvit ja sitten vasta keskimmäiset ruuvit. Ruuviliitäntäiseen jatkosholkkiin ei tarvitse erikoistyökaluja, vaan jatkoksen teko onnistuu normaalilla räikällä ja oikealla hylsillä. (Monni 2018, s.136.)

Jatkosholkkien asennuksen jälkeen poistetaan holkeista mahdolliset terävät kulmat hiomapaperilla tai sopivalla työkalulla. Tämän jälkeen puhdistetaan kaapelijatkoksen osat jatkospaketin mukana tulevalla puhdistuspyyhkeellä, eristysosasta aloittaen hohtosuojan suuntaan edeten varoen, että hohtosuojasta ei siirry hiukkasia eristyksen päälle. Tämän jälkeen puhdistetaan vielä jatkosholkit puhdistusliinalla. Kun jatkos on puhdistettu, asetetaan jatkosholkkien päälle liimallinen suojalevy kietoen se 5 mm:n etäisyydelle reunimmaisten ruuvien yläpuolelle. (Asennusohje 2016, s.7.)

Seuraavaksi merkitään linja hohtosuojan katkaisukohtaan taulukon mukaisen mitan päähän, esim. 25 mm:n jatkos molemmille puolille. Kun merkkaukset on tehty, lisätään eristeen ja hohtosuojan päälle tasainen kerros silikonirasvaa ja jatketaan rasvan levitystä lopuksi vielä jatkosholkin päälle. (Asennusohje 2016, s.8.)

Jatkosrunko CJS asennetaan seuraavaksi ja siirretään jatkosrunko merkatuille kohdille 25 mm:n päähän hohtosuojan laidasta. Jatkosrunko kutistuu 1–2 cm:n matkalta alas ja

tässä vaiheessa asetetaan vielä jatkosrunko oikealle kohdalle, mikäli runkoa täytyy vielä siirtää. Kun runko on paikoillaan, lähdetään vetämään sen sisästä spiraali ulos ja samaan aikaan käännetään spiraalia vastapäivään. Kun spiraali on vedetty ulos, on jatkosrunko paikoillaan. Mikäli jatkosrunkoa täytyy vielä siirtää, tämä onnistuu vielä tässä vaiheessa, eikä aiheuta vikatilannetta. (Asennusohje 2016, s.8.)

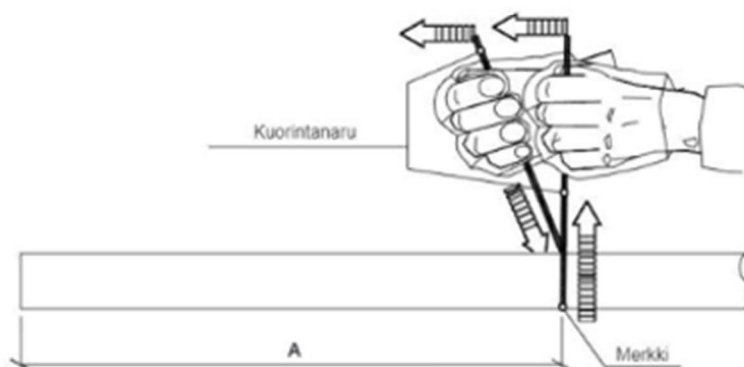
Seuraavana työvaiheena on putkimaisen kuparipalmikon asentaminen jatkoksen päälle. Kuparipalmikko keskitetään jatkoksen päälle. Tässä vaiheessa kuparipalmikon voi tilapäisesti kiinnittää sähköteipillä, mutta tätä ei välttämättä tarvitse tehdä. Kun palmikko on paikoillaan, otetaan vakiovoimajousi ja kiinnitetään kuparipalmikko kireälle toisesta päästä jatkoksen yli alumiinifolion päälle. Jouta pyöritetään aluksi vain hieman ja taivutetaan kuparipalmikon ylimenevä osa jousen yli ja sitten kierretään jousi loppuun. Tämän jälkeen kuparipalmikko kiristetään tiukasti jatkoksen päälle ja kiinnitetään kuparipalmikko jatkoksen toiseen päähän alumiinifolion päälle tiukalle vakiovoimajousen avulla samalla tavalla kuin toisessakin päässä tehtiin. (Asennusohje 2016, s.8.)

Seuraavaksi peitetään näkyvissä oleva alumiininauha itsevulkanoituvalla nauhalla (SSATA10) jatkaen kuparipalmikon suuntaan samaan suuntaan kuin jousen kiristyskin tapahtuu, tällöin vältetään jousen löystymiseltä. Muistettava on, että nauhan täytyy peittää palmikon terävien kuparilankojen päät. (Asennusohje 2016, s.9.)

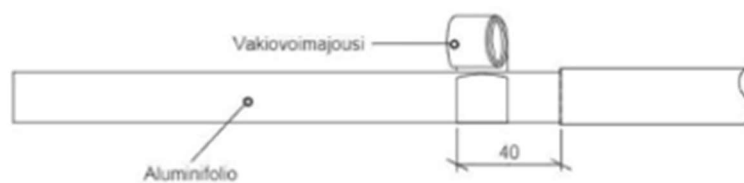
Seuraavaksi asennetaan CPEEPL-vaippaletku jatkoksen päälle. Tätä ennen karhennetaan kaapelin vaippaa molemmilta puolilta jatkosta 100 mm:n matkalta ja lämmitetään karhennetut alueet kevyesti nestekaasulämmittimellä. Kun nämä työvaiheet on tehty, asetetaan vaippaletku paikoilleen ja aloitetaan kutistamaan letkua keskeltä ja siirrytään jatkon päitä kohti. Vaippaletku on kutistunut kunnolla, kun jatkoksen päistä tulee ulos liimaa. Näiden työvaiheiden jälkeen jatkos on valmis. Kuvissa 5–7 esitetään jatkoksen teko vaiheet alusta loppuun. Jatkoksen täytyy antaa jäähtyä ennen kuin sitä siirrellään tai asennetaan maahan. (Asennusohje 2016, s.9.)

KAAPELIJATKON TEKOVAIHEET

Kaapelini vaipankuorinta kuorintanarua käyttäen

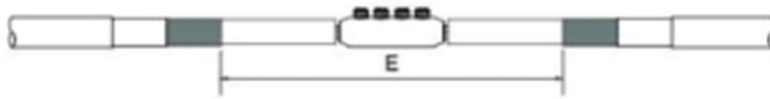


Alumiinifolion mitoitus ja katkaisu repäisemällä tai saksia käyttäen.

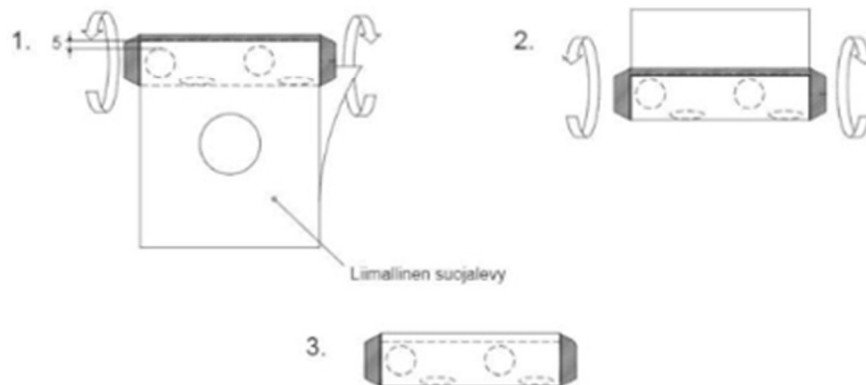


Kuva 5. KJ-kaapelin kuorinta kuorintanarulla sekä alumiinifolion mitoitus ja katkaisuohe. (Asennusohje 2016, s.5.)

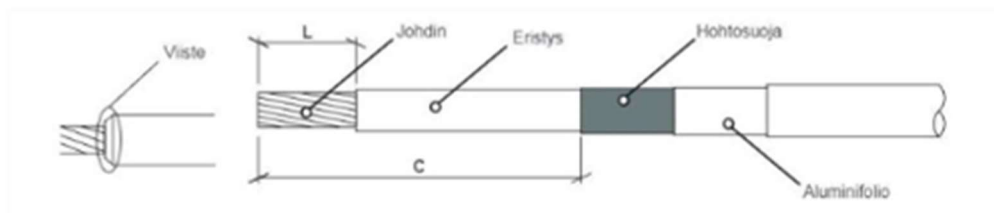
Jatkosholkin kiinnittämisen esimerkkikuva. Muista tarkistaa pituus E ennen Jatkosrunгон kiinnittämistä lopullisesti.



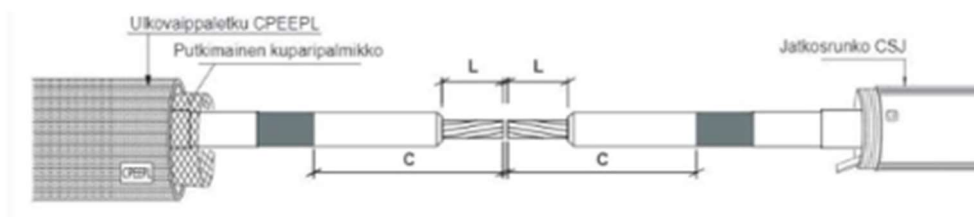
Tarralevyn kiinnittäminen jatkosholkin päälle.



Kaapelin eri kerrosten kuorinta ja mitoitus katsotaan valmistajan ohjeen mukaisesti.

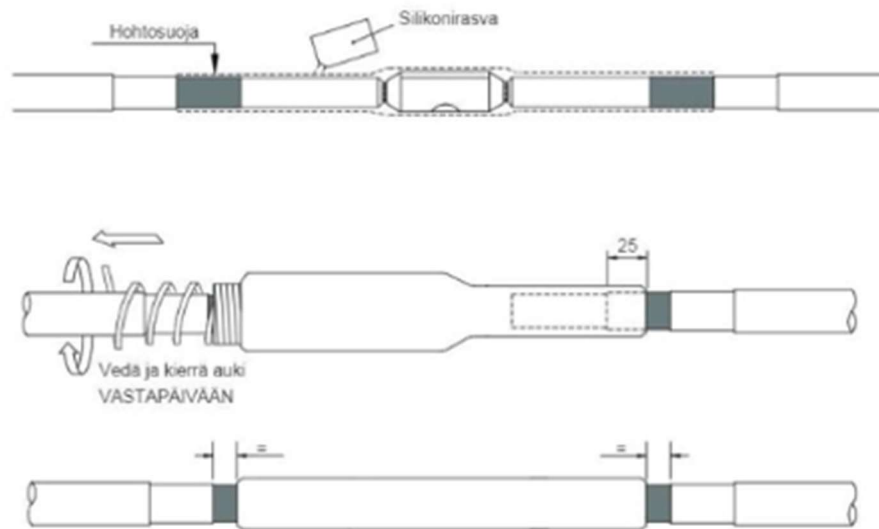


Muistettava vetää Ulkovaippaletku CPEEPL, kuparipalmikko sekä jatkosrunçon CSJ kaapelin vaipan päälle ennen jatkosholkkien asentamista.

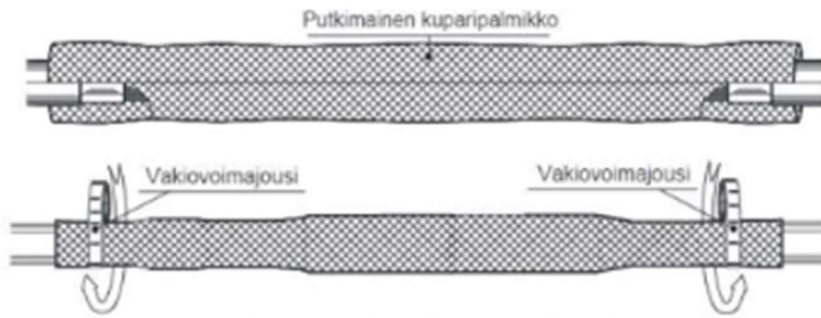


Kuva 6. Jatkosholkkien kiinnitys, kerrosten kuorinta sekä kuparipalmikon asennus. (Asennusohje 2016, s.6–8)

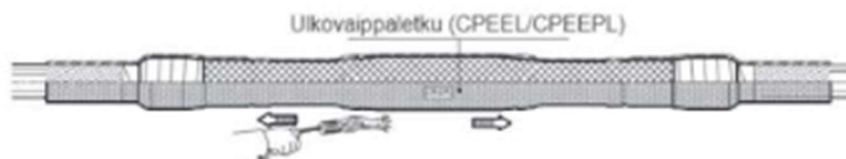
Jatkoksen silikonirasvan levittäminen eristyksen, hohtosuojan ja jatkosholkin päälle. Jatkos rungon asentaminen oikealle kohdalle.



Putkimaisen kuparipalmikon kiinnittäminen vakiovoimajousella.

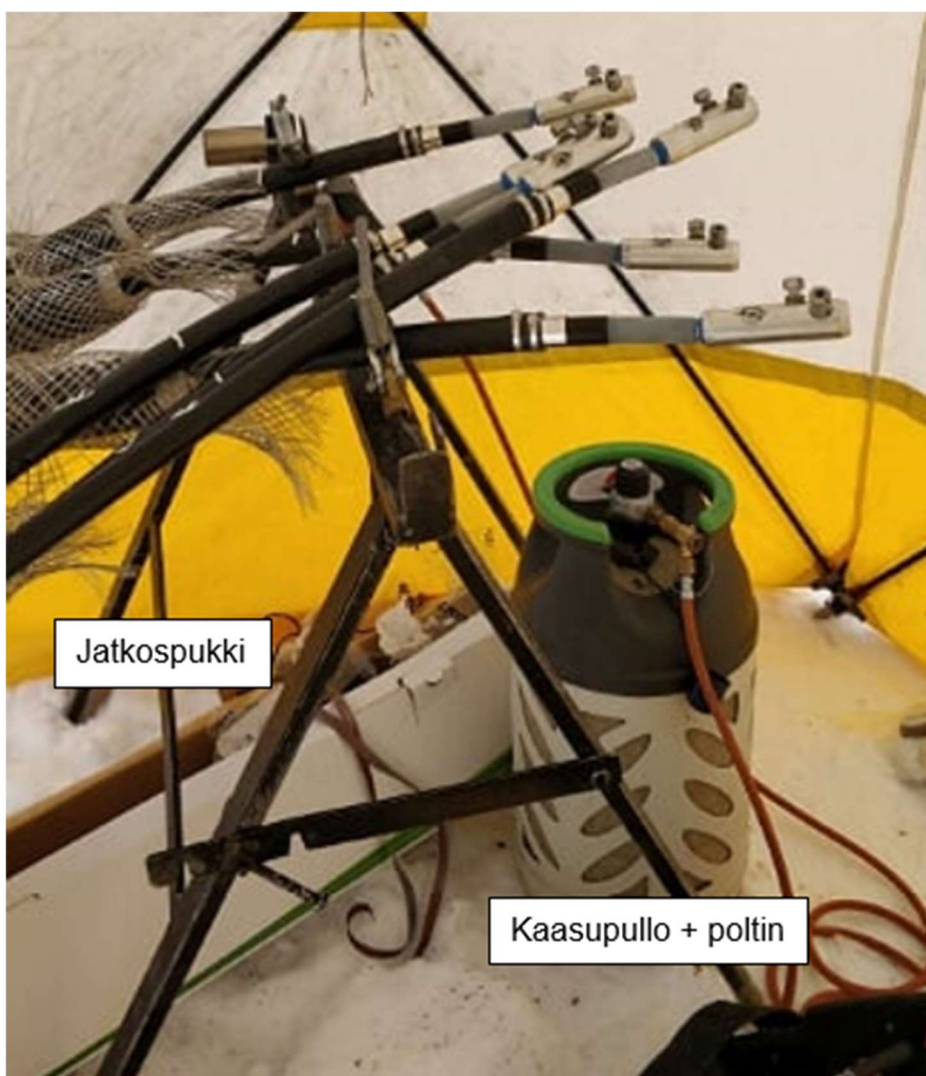


Ulkovaippaletkun asentaminen paikoilleen. Varmista että kutisteletku on keskellä jatkosta.

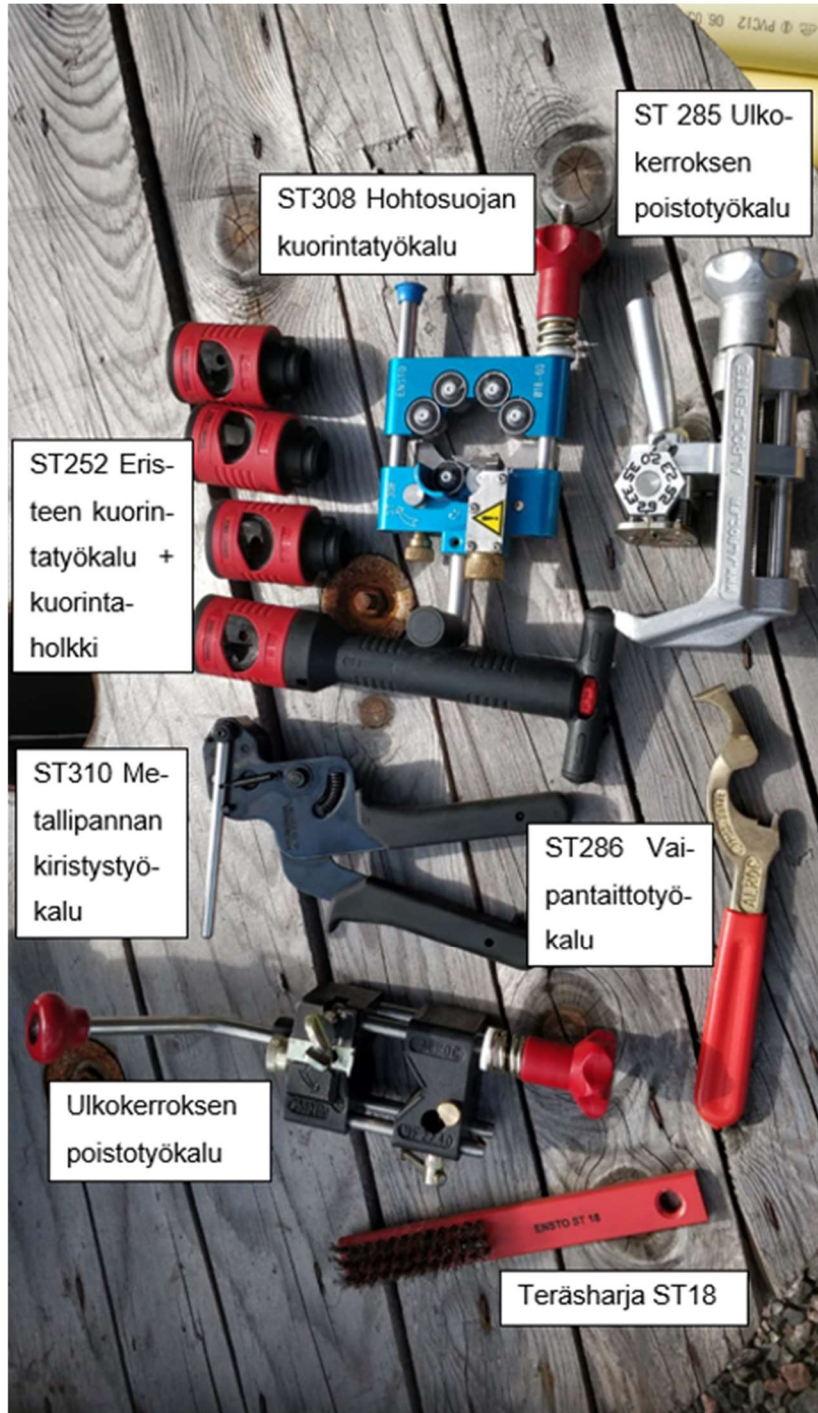


Kuva 7. Jatkosrunгон, putkimaisen kuparipalmikon sekä vaippaletkun asentaminen. (Asennusohje 2016, s.8–9.)

KJ-kaapelijatkon tekeminen onnistuneesti vaatii oikeat työkalut ja välineet esitetty kuvissa 8–10. Työn tekeminen on aikaa vievää, joten työolosuhteet on hyvä järjestää kuntoon ennen jatkoksen teon aloittamista. Asennuspaikka tulee varmistaa ja työskentelyasento ja ergonomia olisi saatava mahdollisimman hyväksi. Ennen jatkon teon aloittamista varmistetaan, että mukana on jatkospukki, johon kaapelit saa kiinnitettyä tukevasti kiinni ja jatkon tekeminen onnistuu näin helpommin. Mikäli jatkospukkia ei ole saatavilla, käy jatkospukin tilalle normaali kuormalava. Kuormalava asetetaan vaaka-asennossa pystyyn, johon kaapeleiden päät kiinnitetään nippusiteitä käyttäen, jolloin jatkon tekeminen onnistuu myös kätevästi. Näillä toimenpiteillä ja ohjeilla jatkoksen tekeminen onnistuu ja saadaan toimiva ja kestävä jatkos. (Monni, 2018, s.132.)



Kuva 8. Tärkeät KJ-maakaapelijatkon tekemiseen tarvittavat työvälineet.



Kuva 9. Tärkeät KJ-maakaapelijatkon tekemiseen tarvittavat työvälineet.



Kuva 10. Tärkeitä KJ-maakaapelijatkon tekemiseen tarvittavat työvälineet.

4.4 Muuntamoiden rakenne ja kalustus

Puistomuuntamon rakenne on nykyisin joko maaperustalle suoraan asennettava valmis-muuntamo tai teräsbetonalustalle asennettava tehdasvalmisteinen muuntamo. Muuntamon kalustaminen on sähköverkon saneerausprojekteissa yksi pisimpään kestävimistä ja haastavimmista työvaiheista sähköasentajan töissä. Muuntamot toimitetaan verkkoyhtiön tarpeiden, ohjeiden sekä suunnittelijoiden suunnitelmien mukaisesti työmaalle joko lanskille tai muuntamon asennuspaikalle. Ennen muuntamoiden tilaamista suunnittelijat ovat tehneet muuntamoista muuntamokaaviot KJ- ja PJ-verkon osalta. Muuntamot tilataan näiden kaavioiden mukaisesti kentälle asennettavaksi. Muuntamoon tulee muuntamokaavion mukaisesti KJ- ja PJ-kaapeleita, muuntaja, jonovarokkeet sekä mahdolliset johdonsuojat. Muuntaja tilataan erikseen verkkoyhtiön ja verkon tarpeiden mukaisesti toimittajalta. Muuntamot ovat tehtaalta tullessa merkitty nimellä ja muuntamotunnuksella. Tunnukset ja merkkaukset täytyy aina tarkistaa muuntamokohtaisesti,

että merkkaukset ovat kunnossa. Muuntamosta täytyy myös tarkistaa ennen kytkennän aloittamista muuntamon kennojen lukumäärä ja järjestys sekä muuntamolle tulevien kaapeleiden lukumäärä, että nämä täsmäävät muuntamokaavion mukaisesti. Myös muuntamon Pj-puolelle tulevien kaapeleiden ja jonovarokeytkimien määrät täytyy täsmätä, että on oikea määrä Pj-lähtöjä merkattu muuntamon tilauslomakkeeseen. Muuntamoon asennettavasta muuntajan tyyppikilvestä otetaan kuva ja se lähetetään suunnitteluun verkon dokumentointia varten. Muuntajasta mitataan eristysvastusmittaus ennen muuntajan kytkemistä, tällä varmistetaan, ettei käämit ole oikosulussa ja muuntaja on kunnossa. Muuntamolle tehdään ennen asennusta myös silmämääräinen tarkastus kunnan tarkistamiseksi sekä varmistetaan, että muuntamossa on mukana kaikki tarvittavat kalusteet, dokumentit ja käyttöohjeet. (Monni 2018, s.61.)

Muuntamon asennuspaikka, sijainti sekä hoito ja asennustapa määrittelevät yhdessä muuntamon rakenteen. Muuntamot jaetaan asennustavan perusteella osittain maahan upotettaviin tai maan pinnalle asennettaviin muuntamoihin. Asennettavia muuntamoita on verkossa välille asennettavia sekä päättyviä muuntamoita. Erottimettomat satelliitti puistomuuntamot ovat yleensä päättyviä muuntamoita linjan haaran perällä, missä ei tarvita erottimia tai katkaisijoita. Muuntamoita on kiinteästi kiskoon kytkettäviä, erottimellisia sekä katkaisijalla varustettuja muuntamoita. Muuntamoissa täytyy aina olla toimituksessa mukana muuntamon erottimien ohjaukseen tarvittava kampi, että kytkennät kentällä onnistuu. (Monni 2018 s.61.)

Muuntamon rakenne koostuu seuraavista elementeistä (Monni 2018, s.61.):

- keskijännitetila
- muuntamotila
- pienjännitetila
- hoitokäytävä (vain sisältä hoidettavat muuntamot)

Muuntamon keskijännitetilan laitteiston elementit riippuvat täysin verkon kytkennästä. Yleensä siihen kuuluvat seuraavat laitteistot ja kojeet, jotka asentajan tulee tiedostaa ja oppia tuntemaan eri muuntamotyypeillä. (Monni & Ketola 2019, s.30.)

Muuntamon rakenteeseen liittyvät seuraavat muuntamon osat:

- kaapelipäätteet
- kuormaerottimet
- varokekuormaerottimet
- maadoituserottimet
- mittamuuntajat
- kokoojakiskosto
- kauko-ohjausyksikkö (Monni 2018, s.30.)

Muuntamon keskijännitetilän alalaitaan tuodaan kaapelit, joihin asentajat tekevät kaapelipäätteet ja kytkevät kuormaerottimelle tai suoraan kiskoon. Erottimen/kiskon kautta kaapeli liittyy muuntamon kokoojakiskoon. Erottimien ohjaukset tehdään yleensä keskitetysti yhdestä paikasta muuntamolla. Yleensä keskijännitekojeistot ovat suljettuja. Kyt kentätilan voi tarkistaa myös erottimien mekaanisista asennonosoittimista, joista näkee erottimen tilatiedon kytkentää tehdessä. Asennon osoittimia on sekä ilmaeristeisissä että SF₆ -eristeainetta käyttävissä keskijännitekojeistoissa. Kuorma-erottimen asennon voi tarkistaa myös erikseen ohjauspaneelin aukkojen kautta. (Monni & Ketola 2019, s.30–31.)

Muuntamon muuntajatilaan on tehtaalla jo valmisteltu muuntajan liittämismahdollisuus keskijännite- sekä pienjännitelaitteisiin. Monissa muuntamoissa on varauduttu suurempien muuntajien varalle siten, että muuntamokennon oviin on rakennettu tuuletusrilät, jotka tehostavat muuntamotilan jäähdytystä kuormien kasvaessa. (Monni & Ketola 2019, s.31.)

Muuntamon pienjännitetila ja pienjännitekeskuksen koko vaihtelevat jakeluverkon rakenteen ja koon perusteella. Joissakin muuntamoissa voi olla pienjännitekeskuksessa useitakin lähtöjä, esimerkiksi joissakin muuntamoissa on käytössä vieläkin katuvalosovite. Tästä kuitenkin ollaan luopumassa muuntamoilla, koska katu- ja tievalaistus siirtyy suuremmissa mittakaavassa kuntien omistukseen. Muuntamolta lähtevät syötöt tuodaan pienjännitekeskuksen jonovarokeytkimille muuntamon alta, joihin asentajat kytkevät kaapelit muuntamoa kalustaessa ja kytkiessä. Pienjännitekeskuksien varusteisiin kuuluu yleensä huippuampeerimittari, Bi-metalli-huippuvirtamittari, jonka avulla voidaan mitata verkon hetkellinen suurin kuormitus. Joissakin pienjännitekeskuksissa asennetaan myös jännitemittari, joilla nähdään PJ-verkon jännite helposti ilman erillistä mittausta. Pienjännitekeskuksessa olevasta omakäyttöosasta syötetään yleensä muuntamotilan valaistus,

sekä tarvittaessa voidaan ottaa syöttö muuntamon pistorasioille sähkökoneiden käyttöä varten. (Monni & Ketola 2019, s.32.)

Muuntamon hoitokäytäviä ei yleensä ole maaseutumuntamoissa, koska muuntamoiden koot ovat niin pieniä, että suurin osa muuntamoista ovat ulkoa hoidettavia muuntamoita. Mikäli puistomuuntamo on sisältä hoidettavaa mallia, hoitokäytäviltä suoritetaan tällöin keskijänniteverkon erottimien ja katkaisijoiden ohjaaminen sekä pienjännitekeskuksen laitteiden ohjaukset. (Monni & Ketola 2019, s.32.)

4.5 KJ-tilan kytkennät

Muuntamon keskijännitetilän laitteisto määräytyy verkonkytkentöjen mukaan. Keskijännitetilassa on kaapelipäätteet, kuormaerottimet, varokekuormaerottimet, mittamuuntajat, sekä kokoojakiskosto. Keskijännitekennon kaapelipäätteet sijaitsevat kennon alalaidassa, jotta päätteiden asennus niihin onnistuisi mahdollisimman helposti.

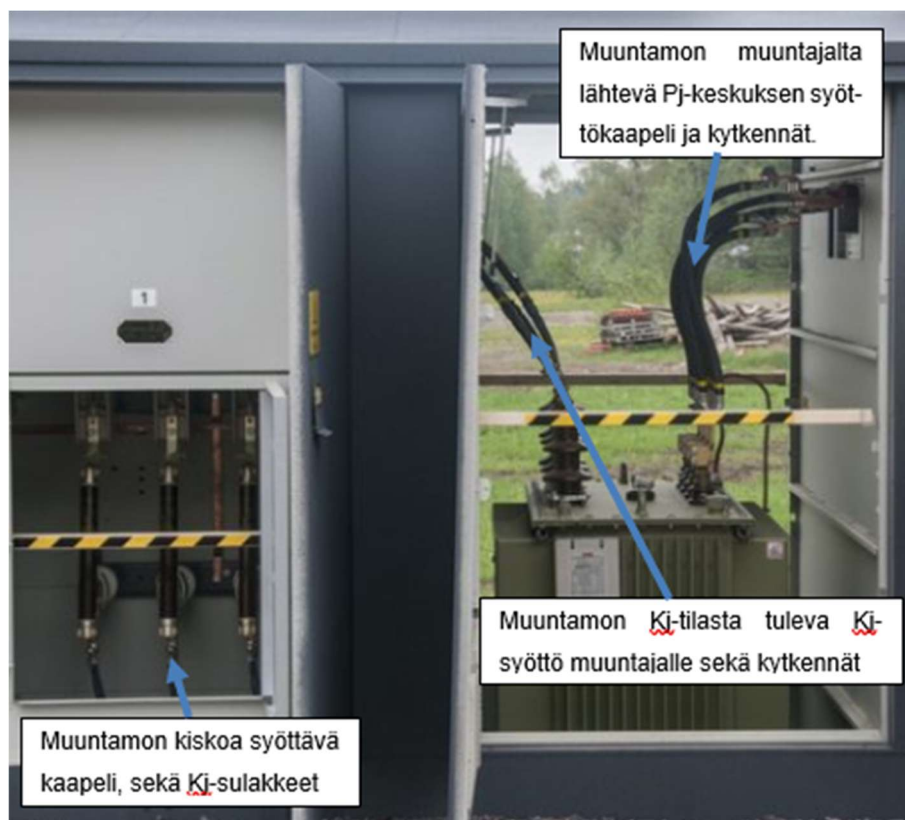
Lisäksi muuntamo voidaan varustaa kauko-ohjausyksiköllä, jolloin keskijännitetilasta käsitäytöllä normaalisti ohjattavat erottimet ohjattaisiin ja valvottaisiin kaukokäytön avulla. KJ-osan kytkennässä on olennaista tarkistaa ensimmäisenä, että maanrakentajat ovat kaivaneet ja tuoneet kaikki suunnitellut kaapelit muuntamolle putkessa muuntamokaa-vion sekä asennusohjeen mukaisesti, noudattaen standardia SFS6001. Tämän jälkeen varmistetaan kaapeleiden oikeaoppinen sisääntulo, että kaapelit tulevat muuntamo KJ-osaan oikeista kohdista ja ne saadaan kytkettyä niille tarkoitetuille lähdöille ja kennoille. Tämä tarkoittaa sitä, että kaapeleiden täytyy tulla maasta putkessa oikeasta kohdasta ylös kennoon, jolloin asentaminen on mahdollista. Kun on varmistuttu kaapeleiden oikeasta asennustavasta, kaapelit vaiheistetaan ja merkitään huopatussilla kaapelin kylkeen, L1-, L2- ja L3 -merkinnät oikean vaiheen merkiksi.

Lisäksi merkitään kaapeleiden syöttösuunnat, mikä kaapeli menee mihinkin kennoon. Seuraavaksi asennetaan kaapelipäätteet muuntamon KJ-tilaan. Päätteet valitaan tilaan vaatimusten mukaisesti ja päätteiden asentamisessa noudatetaan aina valmistajan laatimaa viimeisintä asennusohjetta. On tärkeää, että kaapelit asennetaan oikeisiin kennoihin, koska virheellisellä kytkennällä voi olla kohtalokkaat seuraukset, kun verkkoa otetaan käyttöön. Kun päätteitä aletaan tekemään, kaapelit täytyy mitoittaa tarkasti oikeisiin

kennoihin oikeanmittaisiksi. Kaapeli ei saa jäädä liian lyhyeksi tai pitkäksi. Lisäksi kaapeleita kytkettäessä täytyy muistaa tarkistaa kaapeleiden etäisyydet toisiinsa, päätteiden etäisyydet toisiinsa, vaihevälit sekä jännitteisen osan etäisyys runkoon ja rakenteisiin. Turvaetäisyydet löytyvät helpoiten sähköurakoitsijoilla käytössä olevasta HeadPower-verkko-ohjelmasta, jossa on kattavasti ohjeita sähköverkon rakentamiseen ja tarkastuksiin liittyvistä asioista. Tätä portaalaa käyttävät myös useimmat infraverkonhaltijat tehdessään verkon tarkastuksia alueillaan.

Ennen muuntamon KJ-kaapeleiden lopullista asentamista varmistetaan mittaamalla kaapeleiden eristysvastus ja osittaispurkaus. Mittauksilla varmistetaan, että eristystila on kaapelissa, jatkoissa sekä päätteissä asetettujen vaatimusten mukainen ja kaapelin voi ottaa käyttöön. Mittauksista kerrotaan tarkemmin kaapeleiden mittausosiossa. Kun kaapelit on mitattu ohjeistuksen mukaan, kaapelit voidaan kytkeä niille tarkoitetuille paikoilleen. (Monni & Ketola 2019, s.29–31.)

Kuvassa 11 on kuvattu vasemmalla KJ-syöttökaapelin tulo muuntamon KJ-sulakkeille. Lisäksi kuvasta näkee KJ-tilasta tulevan KJ-syöttökaapelin tulon muuntamotilaan muuntajalle. Lisäksi kuvan oikeassa laidassa on muuntajalta lähtevä Pj-syöttökaapelin kytkennät ja syöttökaapelin reitti Pj-keskukseen.



Kuva 11. Muuntamon KJ-puolen ja muuntamotilan kytkentöjä.

4.6 Muuntajatilän kytkennät

Muuntajatilän kytkennät tehdään, kun muuntaja on nostettu katon kautta muuntamon sisälle muuntajatilään. Muuntaja voidaan myös työntää muuntajatilään muuntajakennon oven kautta, mutta yleensä maaseutumuuntamoiden muuntajat nostetaan nosturilla muuntamoon katon kautta sisään. Muuntamoiden katot on tehty helposti irrotettaviksi. Muuntaja asennetaan ilman pyöriä muuntajatilän pohjalle, yleensä 2x4-lankkujen päälle. Muuntajan vaihtokin suoritetaan yleensä katon kautta nostaen, koska se on paljon helpompi tapa kuin ahtaan oven kautta työntäen. Kun muuntaja on nostettu paikoilleen, pyritään ensisijaisesti tekemään muuntajan kytkennät heti katon ollessa irti, koska kytkennät on tällöin helpompi suorittaa. Käytännössä saneerausprojekteilla tämä ei ole kuitenkaan mahdollista, koska maanrakentajat nostavat muuntajat ohjeistetusti paikoilleen samalla kun he tekevät muuntamon perustukset ja kaapeloinnin. Usein muuntajakoneen kytkennät tehdään asentajien toimesta katon ollessa jo paikoillaan, koska asentajat eivät

välttämättä ehdi olla juuri muuntajan nosto hetkellä muuntamalla tekemässä kytkentöjä. (Monni & Ketola 2019, s.45–48.)

Muuntajatilán keskijännitekaapelien asentaminen posliinilápivientieristimille tehdään joko maakaapelipááteilla tai metallikiskoilla liittäen. Nykyään suositaan jonkin verran jakelumuuntamorakentamisessa kosketussuojattuja rakenteita, jolloin asennuksessa käytetään KJ-puolellakin pääterakenteilla taipuisaa kaapelia. Mikáli kyseessä on avorakenneinen muuntaja, joka on varustettu pistokepááteilla, asennetaan pistokepááteisiin eristinadapterit, joiden avulla kaapeli voidaan liittää muuntajaan. Tätä kyseistä kytkentää käytettäessä muuntaja on ilmaeristeinen ja kytkennät voi suorittaa vanhempaankin kojeistoon avoeristeisellä kytkennällä. Saneerauskohteissa tämä on otettava huomioon erityisesti silloin, kun muuntaja vaihdetaan uudeksi aikaisemmin kuin keskijännitekojeisto saneerataan esimerkiksi SF₆-kojeistoksi. (Monni & Ketola 2019, s.45–48.)

Muuntajatilán pienjännitekytkennät on yleensä toteutettu taipuisilla kupariliuskoilla, joita on helppo lisätä, kun muuntamon kokoa täytyy suurentaa verkon kapasiteetin kasvassa. Saneerausprojekteille tulevissa muuntamoissa PJ-kaapelit ovat jo valmiina, ja niihin täytyy asentajilla asentaa kaapelikengät paikoilleen ennen muuntajan kytkentää. Muuntajan maadoitusliitin täytyy muistaa myös kytkeä paikoilleen ja muuntamon maadoitusten kytkeminen tarkistaa tilaajan maadoitusohjeen mukaan. Muuntajan pienjänniteliittimet sekä sähköiset liitokset suojataan yleensä kosketussuojauksella, mikäli tilaaja tätä vaatii asennustapana. (Monni & Ketola 2019, s.46.)

4.7 Muuntamon PJ-tilán kytkennät

Muuntamon PJ-kaapelit tuodaan muuntamon alakautta varokekytkimille. Kaapeleiden kytkentä voidaan toteuttaa irrottamalla kennon alapalkki, jolloin on helpompi saada kaapelit kytkettyä oikeille paikoilleen ja välttää näin liialliselta pujottelulta kytkentää tehdessä. Kytkennöistä ensimmäisenä on PEN-johdin, joka liitetään paikoilleen alimmaiseksi. PEN-johtimeen jätetään aina kytkennässä vedon varmistuslenkki, jotta tärkein johdin ei irtoaisi ensimmäisenä, mikäli kaapeliin kohdistuisi jostain syystä vetoa. Varokekytkimissä tulee tehtaalta mukana liittimet, jotka ovat tilaajan hyväksymiä ja standardin mukaisia. Liitokset täytyy myös aina varmistaa, että kaapeli on luotettavasti kytketty, eikä kaapeli pääse irtoamaan itsestään. Kytkentöjen valmistuttua aloitetaan PJ-keskuksen

merkitseminen. PJ-keskuksessa merkitään varokekytkimeen johtosuunnan tieto sekä käytettävä sulakekoko tilaajan ohjeistuksen mukaisesti. Lisäksi merkitään lähdön numero, mikäli sitä ei ole tehtaalla jo merkattu. Lisäksi merkitään varokekytkimen yläpuolella olevaan merkintätauluun samat tiedot kuin varokekytkimeen. Tilaajakohtaisesti voidaan vielä kaapeli merkata nippusiteellä kiinnitettävällä kaapelimerkillä, josta selviää mistä kaapeli tulee ja mihin se kytketään. Tällä varmistetaan, että kaikilla kytkentöjä ja viankorjauksia tekemään tulevilla on tieto kaapeleiden osoitteista. (Monni & Ketola 2019, s.49.)

4.8 PJ-jakokaapin kytkennät

Kaapelijakokaapit ovat nykyään kehittyneet, ja niihin voi käyttöönottojen jälkeenkin lisätä lähtöjä ilman käyttökeskeytyksiä. Esimerkiksi jonovarokeytkimiä ja kaapeleita voidaan lisätä tai poistaa jakokaapeista jännitetyönä. Jakokaappien merkkaukset tulee huolehtia tilaajan ohjeistuksen mukaisesti kuntoon. Nykyään käytetään paljon moduulirakenteisia jakokaappeja, joissa käytetään eristettyä kiskostoa, joka mahdollistaa erikokoisten varokekytkimien sekä kaapeleiden liittämisen. Näissä kaapeissa ei tulevaa tarvetta tarvitse ennakoida kasausvaiheessa, koska nämä voidaan lisätä kaappiin helposti jälkikäteenkin. Jakokaappeihin on helppo asentaa päätteet, koska ne voidaan työntää kaapin sisään alakautta irrotettavan kynnyksen ansiosta. (Monni 2018, s.144.)

Kaapelit asennetaan jakokaappiin siten, että ne eivät risteile toistensa yli. Niille on jätettävä riittävästi löysää kytkennän jälkeen, jotta kiinnityskohtiin ei kohdistuisi täytön jälkeen vetoa. Mikäli kaapelipäätteitä ei tehdä kaapin ulkopuolella, kaapelit viedään kaapin sisään, mitoitetaan ohjeistuksen mukaisesti jättäen kaapeleihin kytkentävarat, kaapeli kuoritaan ja tehdään kaapeliin tilaajan vaatimusten ja asennusohjeiden mukaisesti kutistemuovipäätteet. Kaapeli kiinnitetään tämän jälkeen kaapelin kiinnityskiskoon joko nippusiteillä tai vedonpoistokiinnikkeellä tilaajan ohjeistuksen mukaisesti. Jakokaapin kytkennöistä ensimmäisenä tehdään maadoituselektrodien kytkeminen PEN-kiskoon.

Sen jälkeen kaapelista kytketään ensimmäisenä PEN-johdin, joka jää asennuksessa vaihejohtimien alle alimmaiseksi ja kaapelia irrottaessa viimeisenä poistettavaksi. (Monni 2018, s.147.)

Muuntamolta tai toiselta jakokaapilta tuleva syöttökaapeli voidaan kytkeä kiskoon. Jakokaapilta ei tällöin saa kiskoa jännitteettömäksi, vaan se tulee erottaa jännitteettömäksi sitä syöttävältä kaapilta/muuntamolta. Syöttökaapeli voidaan myös kytkeä jakokaapin varokeyttimeen, johon merkataan pääkytkin, jolloin jakokaapin kiskostonkin saa jännitteettömäksi paikanpäältä. (Monni 2018, s.147.)

Lähtökaapelit liitetään yleensä suoraan jonovarokeytkimen kytkentäliittimiin, mutta joissakin tapauksissa käytetään kaapelikenkiä ja ne liitetään suoraan liittäen kaapelikenkä jonovarokeytkimen ruuviliittimiin. Kaapin asennusohjeessa on ohjeistus liittimien valintaan. Mikäli jakokaapista lähtevien kaapeleiden kuormitusvirtoja mitataan pihtiampeerimittarilla, tulee kaapelipäätteen ja liittimen väliin jättää kytkentävaiheessa riittävästi löysää, että virtamittarin pihti mahtuu johtimien ympärille virtoja mitattaessa. (Monni 2018, s.148.)

4.9 PJ-liittymisjohtojen kytkennät

Kuten muutkin kaapelit, myös PJ-liittymiskaapelit täytyy tarkastaa ennen niiden kytkentää. Käyttöönottotarkastus tehdään ennen uuden johdonosan käyttöönottoa. Saneerausprojektissa liittymisjohto asennetaan yleensä jakokaapilta tai päätepylvään juurelta jatkettuna jo olemassa olevaan kaapeliin.

Ensisijaisesti maakaapeliverkon saneerausprojektilla liittymisjohdot ovat jo olemassa asiakkaiden pääkeskuksilta tonttien nurkalla oleville pylväille saakka, eikä liittymisjohtoja tarvitse kytkeä talopäissä asiakkaiden pääkeskukseen. Tällaisissa kohteissa uusi liittymiskaapeli liitetään jo olemassa olevaan liittymiskaapeliin kaapelijatkolla tontin nurkalla.

Liittymisjohto on liittyjän ja jakeluverkon välinen sähköjohto, jonka avulla asiakas liitetään jakeluverkkoon. Liittymisjohto on asiakkaan / liittyjän omaisuutta ja jakeluverkon saneerausprojekteilla jakokaapilta tuleva liittymiskaapeli jatketaan asiakkaan liittymisjohtoon tontin nurkalla sijaitsevan pylvään juurella, jossa olemassa oleva liittymisjohto tulee alas sähköpylvästä. Joissakin tapauksissa vanha asiakkaan liittymisjohto tulee ilmajohtoa pitkin talon seinälle ja siitä kaapelilla pääkeskukseen. Tällöin asentajat kytkvät uuden maakaapelin asiakkaan seinälle asennettavassa kytkentäkotelossa, missä asiakkaan syöttöjohto liitetään uuteen maakaapeliin. Mikäli uusi liittymisjohto tulee suoraan

jakokaapilta, kaapeli kytketään jakokaapilla jonovarokeytkimelle ja tontin päässä jollakin edellä mainituista tavoista. Mikäli liittymisjohto viedään asiakkaan pääkeskukseen, sen ehtona on, että kytkentähetkellä pääkeskuksen kosketussuojaukset ovat suojausluokan mukaiset ja kunnossa. Vaaditaan, että maadoitusten pitää olla valmiiksi asennettu sekä sähkötilojen ovien lukituksien kunnossa standardin SFS6000-8-801 kohdan 801.411.4 vaatimuksien mukaisella standardin SFS6000-4-41 kohdan 411.4.2 tavalla. (Monni 2018, s.150–151.)

4.10 KJ- ja PJ-verkon maadoitukset

Suojamaadoituksena keskijännitekaapeliverkkoon kytketyllä puistomuuntamalla käytetään yhdistettyä suojamaadoitusta keskijännitteelle alttiiden osien suojauksena, sekä pienjänniteverkon maadoitusta. Muuntamon perustuksen yhteydessä muuntamolle rakennetaan tai pyritään rakentamaan aina paikallinen maadoituselektrodi kuvan 12 mukaisesti. Maadoituselektrodi viedään muuntamon maadoituskiskoon ja liitetään kaapelikengällä tai yhdistysliittimellä. Myös keskijänniteverkon mahdolliset keskusköydet yhdistetään maadoituskiskoon erillisellä maadoitusjohtimella. (Monni 2018, s.64–65.)

Puistomuuntamon maadoitusasennukset toteutetaan siten, että perustuksen kaivannon pohjalle asennetaan maadoitusta parantavat pystymaadoitukset sekä renkaan muotoinen maadoituselektrodi. Mikäli maaperän koostumus ja kerrostumat tunnetaan, voidaan jo yhdellä tarpeeksi syvälle saadulla pystymaadoituksella saada parempi maadoitusarvo kuin neljällä lyhyellä. Kun rakennetaan potentiaalinojauselektrodia, sen asennussyvyys on enintään 0,5 metriä ja etäisyys muuntamon seinästä noin metrin päässä. Lisäksi on muistettava, että maadoituselektrodeina ei saa käyttää maanalaisia viemäri- ja vesiputkia. Maadoitus arvoja voidaan tarvittaessa parantaa asentamalla muuntamolta lähtevien PJ-liittymiskaapeleiden mukaan maadoituskuparit, jolloin maadoitusarvot sekä asiakkaiden liittymistä mitattavat oikosulkuvirrat paranevat. (Monni 2018, s.64–65.)

että työmaadoitusvälineet ovat paikoillaan (mikäli muuntamossa sellaiset on varusteena, kaikissa ei ole). Tarkistetaan, että muuntamosta löytyy PJ-sulakkeiden vaihtokahva tai sulakkeen vaihtopihdit (tilaaja kohtainen). Varmistetaan, että muuntamolta on poistettu kytkennän ajaksi laitettut ”Älä kytke, työ käynnissä” -laput ja nämä löytyvät niille tarkoituilta paikoiltaan. ”Älä kytke, työ käynnissä” -laput ovat henkilökohtaisia, ja ne voi poistaa vain lapun laittanut henkilö tai laput laittaneen henkilön pyynnöstä muu kytkentään osallistuva henkilö. Lopuksi asennettu muuntamo tarkastetaan, mitataan ja tehdään käyttöönottotarkastuspöytäkirja, josta tarkemmin käyttöönottotarkastus osiossa. (Monni & Ketola 2019, s.50.)

4.12 Kaapeleiden ja muuntajien mittaaminen

Saneerausprojektin kaikki kaapelit tarkistetaan ja mitataan kaapeleiden eristysvastusmittarilla, että kaapeleiden eristystilat vastaavat niille asetettuja vaatimuksia. Tällä varmistetaan kaapeleiden käyttönotettavuus. Usein joudutaan laskemaan erikseen eristysresistanssin arvo kilometriä kohden, koska mittaustuloksissa ei huomioida päätteiden ja jatkoksien vuotovirtojen aiheuttamaa mittaustuloksen huononemista. Taulukoissa mittaustulokset on tehty puhtailla materiaaliarvoilla, joissa ei näitä häviöitä ole huomioitu. (Monni & Ketola 2019, s.48–49.)

Tarkka eristysresistanssi lasketaankin kilometriä kohden kaavalla 1.

$$Re = \frac{R}{M\Omega} \times \frac{l}{km} G\Omega m \quad (1)$$

Re on eristysresistanssi, R on mitattu eristyksen resistanssi ja l on kaapelin pituus. Lasketut vähimmäisarvot resistansseille ovat massakaapeleissa 5,8/10 kV:n kaapelilla 100 GΩm, sekä 11,6/20 kV:n kaapelilla 300 GΩm. (Monni 2018, s.48.)

Mikäli asennuksessa on vanhoja kaapeleita käytössä, näiden kaapeleiden mittaustulokset voivat olla huomattavasti huonompia kuin uusien kaapeleiden eristysresistanssi arvot, mutta tämä ei kuitenkaan aiheuta vaaraa kaapelin käyttövarmuudelle. Eristysvastusmittauksessa eristysvastus mitataan maan ja äärijohtimen väliltä 500–5000 V:n tasajännitettä käyttäen riippuen kaapelin jännitteestä. Mittausta suoritettaessa on huolehdittava sähkötyöturvallisuudesta vaatimusten mukaisesti, sekä maakaapelin työmaadoittamisesta niin, että se ei sekoita mittaustulosta. Maakaapeli täytyy olla aina maadoitettu tehtäessä eristysresistanssimittauksia. Lisäksi maakaapelin molemmissa päissä on varmistettava turvallisuudesta mittauksesta ja mittauspäätt oltava valvottuna, ettei mittaus aiheuta sähköiskun vaaraa. Lisäksi ennen käyttöönottoa maakaapeleille, kaapeleihin kytkeville jatkoille sekä päätteille tehdään yleensä vaipaneheysmittaus. Toimella varmistetaan, että asennuksessa ei ole vaippavikoja, kaikki jatkot on asennettu maahan vaurioittamatta niitä sekä päätteet on tehty oikein. Lisäksi voidaan myös tehdä VLF- ja osittaispurkausmittauksia, joilla varmistetaan maakaapeleiden sekä päätteiden kunnosta ja oikeasta asennustavasta. (Monni & Ketola 2019, s.49.)

Muuntajista mitataan aina ennen käyttöönottoa eristysvastusmittaus. Muuntamon maavastuksen mittaus, sekä suojajohtimen jatkuvuuden mittaukset. Kun muuntamolle on kytketty jännitteet päälle, mitataan lähtöjen jännitteet, oikosulkuvirrat sekä testataan vikavirtasuojien toiminta. (Simolin 2017, s.23.)

5 Käyttöönottojen suunnittelu

Sähköverkon laitteistojen käyttöönottojen toteuttaminen ja suunnittelu vaatii sähköverkon saneerausprojektin toteutusryhmältä selkeästi organisoitua ja hyvin toteutettua käyttöönottosuunnittelua. Käyttöönotoista tehdään ennen projektin töiden aloittamista käyttöönottosuunnitelma, jossa käydään läpi tarkasti sähköverkon käyttöönottojen aikataulu, rakentamisjärjestys, käyttöönottojen toteutustapa sekä se, kuka työn toteuttaa. Sähköverkossa tehtävät rakennus- ja kunnossapitotyöt sekä käyttöönotot aiheuttavat kytkentätarpeita sähköverkkoon, joiden toteuttaminen vaatii suunniteltuja käyttökeskeytyksiä. Käyttöönotot voivat siis aiheuttaa sähköverkkoon keskeytyksiä, mutta joissakin tapauksissa nämä kytkennät voidaan tehdä myös hyväksytyä jännitetyömenetelmää käyttäen, jolloin asiakaskeskeytyksiltä vältytään. (Monni 2019, s.50–52.)

Sähköverkon ja sähkölaitteistojen käyttöönotot eivät aina onnistu jännitetyöllä turvallisesti, jonka vuoksi sähköverkko täytyy saada jännitteettömäksi. Suunnitellut käyttökeskeytykset aiheuttavat verkkoon käyttöhäiriöitä ja haittaa sähkökäyttäjille. Näitä haittavaikutuksia voidaan kuitenkin lieventää ennen suunniteltua keskeytystä. Käyttökeskeytysajan minimoimiseksi ja työn keston lyhentämiseksi keskeytykset valmistellaan sekä suunnitellaan ennakkoon huolella. Keskeytysalue jää mahdollisimman pieneksi, kun huolehditaan siitä, että keskeytyksessä käytetään varasyöttöjä. Keskeytysajankohdan tulee olla sellainen, että keskeytyksellä vältetään aiheuttamasta sähkökäyttäjille kohtuutonta haittaa. On hyvä olla ennakkoon yhteydessä ja keskustella sellaisten sähkökäyttäjien kanssa, joiden toimintaa ei voida keskeyttää, ja se on riippuvaista häiriöttömästä sähkön jakelusta, kuten kauppa, palvelut, teollisuus, eräät maatalouden erikoisalat tms. Jotta sähkökäyttäjät voivat varautua tulevaan katkoon, heille pyritään aina ilmoittamaan käyttökeskeytyksestä hyvissä ajoin. Kun tehdään käyttökeskeytys alueella keskeytyksen aikana kaikki jännitteettömyyttä vaativat työt, ei tarvitse organisoida enää uusia keskeytyksiä muiden töiden takia. (Monni 2015, s.50–51.)

KytKentäsuunnittelun eri vaiheet esitetään Sätky-ohjelehtiön mukaisesti kuvassa 14.

Työ- ja kytkentätarpeet
<ul style="list-style-type: none"> • Verkon kytkentätilan muutosta edellyttävät rakennus- ja kunnossapitotyöt • Työ- ja kytkentätarpeiden yhteensovittaminen
Toteutuksen esisuunnittelu
<ul style="list-style-type: none"> • Työn ennakkosuunnittelu • Verkon käyttötilanteen suunnittelu, erottaminen, päätyömaadoittaminen • Turvallisuuden ennakkosuunnittelu
Toteutus päätös
<ul style="list-style-type: none"> • Vahvistus työn ja kytkentöjen toteutuksesta
Yksityiskohtaiset suunnitelmat
<ul style="list-style-type: none"> • Työ- ja turvallisuussuunnitelmat • Turvallisuus- ja yhteyshenkilöiden nimeäminen • Kirjallinen suunnitelma kytkentätoimenpiteistä

Kuva 13. KytKentäsuunnitelman eri vaiheet. (Monni 2015, s.50.)

Jännitetyön tekeminen 0,4 kV:n ja 20 kV:n verkossa edellyttää tekijöiltä jännitetyökoulutuksen. Jännitetyöhön täytyy olla myös kirjalliset ohjeet ennen toteutusta. Lisäksi ennen 20 kV:n jännitetyön tekemistä on varmistettava verkon rakenteesta ja relesuojauksesta ennen työn toteutusta verkossa. Ennen käyttökytkentöjen toteuttamista pääurakoitsijalla täytyy olla nimettynä sähköturvallisuushenkilöstö, jotta jokainen kytkentään osallistuva tietää oman tehtävänsä ja kaikki puhuvat samaa kieltä. (Monni 2015, s.36.)

Käyttöönottojen suunnittelun aikataulutuksesta päättää verkkoyhtiön käytönjohtaja. Käytönjohtajan ohjeistuksen mukaan määritetään, kuinka paljon ennakkoon saneerausprojektin kytkentätarpeet tulee ilmoittaa sähköverkon käyttöön, että kytkentöjen toteutus on mahdollista. Käyttöönottoja suunnitellaan jo alustavasti heti, kun verkkoyhtiöltä on saatu alueen saneerausprojekti itselle toteutukseen ja on saatu tarkat tiedot verkon rakenteesta ja komponenteista. Kun verkko on tiedossa, suunnittelijat tekevät rakennettavasta verkosta käyttöönotettavaa verkkoa kuvaavan verkkokaavion, mistä näkee kaikki rakennettavat muuntamot sekä johtovälit saneerausprojektilla. Kun pääurakoitsijan sähköverkon suunnittelu on tehnyt sähköverkon suunnitelmat valmiiksi, projektin johto käy ensin yhdessä suunnittelijoiden kanssa verkon syöttösuunnat ja kytkentätilanteet läpi. Tällöin tiedetään, kuinka sähköverkon käyttöönotot voidaan toteuttaa turvallisesti aiheuttamatta turhia keskeytyksiä asiakkaille säilyttäen sähkönjakelun varmuus sekä rengasverkon toimivuus käyttöönottojen aikana ja niiden jälkeenkin. Samalla tarkistetaan jännitetyöllä tehtävien käyttöönottojen mahdollisuus verkossa, tavoitteena välttää turhia keskeytyksiä. Käyttöönotoista keskustellaan tilaajan käyttöhenkilöstön kanssa aina etukäteen ja tilaaja määrittää aina ensisijaisesti käyttöönottojen toteutuksen. Tämän jälkeen käydään asentajien kanssa käyttöönottosuunnitelmat läpi, kuinka käyttöönotot toteutetaan kentällä turvallisesti ja suunnitelmien mukaisesti. (Monni 2015, s.50.)

Käyttöönottoihin vaikuttaa myös verkon rakenne, kytkentätilanteet, verkon kunto sekä myös erittäin tärkeänä asiana syötettävät kohteet, esimerkiksi sairaalat, vanhainkodit ja muut yhteiskunnallisesti tärkeät kohteet, jotka eivät kestä sähkökatkoksia. Erityisesti edellä mainituissa kohteissa täytyy käyttöönotot suunnitella erittäin hyvin, jotta vältetään turhia keskeytyksiä. Suunniteltuihin käyttöönottoihin voi tulla projektin eri osa-alueilla muutoksia kesken rakentamisen, mikäli jokin rakentamisen osa-alue ei onnistukaan toteutuksessa suunnitelmien mukaan ja joudutaan muuttamaan alkuperäistä käyttöönottosuunnitelmaa. KJ-verkon käyttöönotto tehdään aina ennen PJ-verkon käyttöönottoja, joten PJ-verkon käyttöönottosuunnittelu varmistuu vasta siinä vaiheessa, kun keskijänniteverkon syöttö saadaan tuotua muuntamoille ja siitä syötöt PJ-verkon puolelle ovat mahdollisia. (Monni 2015, s.50–51.)

5.1 KJ-käyttöönottojen suunnittelu

Ennen kuin sähköverkko otetaan käyttöön, täytyy verkon jokaiselle käyttöönotettavalle laitteelle tehdä käyttöönototarkastus. Tarkastuksesta vastaa urakoitsijan sähkötöiden johtaja viime kädessä, mutta tarkastuksen tekevällä asentajallakin on vastuu, joten on aina parempi, että tarkastuksen tekee asentaja, joka on ollut työkohteessa mukana alusta asti ja tietää asennukset ja tarkastettavan laitteiston. Tällä varmistetaan, että sähköverkon käyttöönotosta ei aiheuteta vaaraa kenenkään terveydelle eikä omaisuudelle sekä varmistetaan myös, että käyttöönotosta ei aiheudu häiriöitä ihmisille tai muille laitteistoille. Lisäksi ennen käyttöönottoa verkosta täytyy olla toimitettu rakentamisen tarkepiirustukset dokumentointiin (eli punakynät). Punakynät toimitetaan dokumentointiin, jotta rakennetun verkon tilanne saadaan ajan tasalle NIS-verkkotietojärjestelmään. Kun verkkotietojärjestelmä on päivitetty ajan tasalle rakennetun verkon osalta, lähetetään verkkoyhtiölle työpyyntö riittävän ajoissa ennen käyttöönottoa. Tämän ajan määrittää verkkoyhtiön käytönjohtaja, ja hän ilmoittaa, kuinka monta päivää ennen työpyyntö täytyy toimittaa käytönsuunnitteluun, että suunnittelu-aika riittää keskeytykselle. Kun työpyyntö on toimitettu, käytönsuunnittelijat tekevät työpyynnöstä kytkentäsuunnitelman ja toimittavat kytkentäsuunnitelman työn toteuttajalle. Kytkentäsuunnitelman mukaan sähköurakoitsijan työryhmä toteuttaa kytkennän sähköverkossa kytkennänjohtajan ohjeistuksella. Kytkentäsuunnitelma suoritetaan täsmällisesti kohta kohdalta sähköverkon kytkennänjohtajan kanssa. (Laine 2018, s.2.)

5.2 PJ-käyttöönottojen suunnittelu

PJ-käyttöönottojenkin suunnittelu aloitetaan jo hyvissä ajoin ennen verkon maakaapeloinnin valmistumista. Käyttöönotoista tehdään alustavat suunnitelmat ja kuinka ne toteutetaan kentällä. Käyttöönotettavassa maakaapeliverkossa voi olla jakokaappeja, liittymäjakokaappeja, haaroituskaappeja, pylväsnousuja sekä asuntojen seinille asennettavia liittymän kytkentärasioita joihin maakaapelit nousevat talon kivijalasta. Nämä kaikki vaikuttavat PJ-käyttöönottojen toteutukseen käytännössä. Tavallisesti jakeluverkossa syöttökaapelit ketjutetaan jakokaappien kautta. Jakokaapit ovat PJ-maakaapeliverkon jakopisteitä, joissa on toteutettu selektiivinen sulakesuojaus liittymisjohdoille sekä haaroitusjohdoille. Nämä kaapelit haaroittuvatkin jakokaapeilta maakaapelijakeluverkossa joko haaroituskaapeille tai kuluttajille. Sähköverkon selektiivisyydellä suojauksessa

tarkoitetaan sitä, että mikäli sähköverkossa tapahtuu ylikuormitusta tai oikosulku, lähinnä vikapaikkaa oleva sulake katkaisee sähköt vain vikaantuneelta johdolta. Näin sähköverkon keskeytys haittaa pienintä mahdollista sähköverkon osaa. Esimerkiksi muuntamolla on 80 A:n kahvasulakkeet johdonsuojana, jakokaapilla 63 A:n kahvasulakkeet liittymisjohdonsuojana ja asiakkaan pääkeskuksella on 25 A pääsulakkeet kiinteistönsuojana. Mikäli asiakkaan pääkeskusta syöttävällä liittymisjohdolla tulee oikosulku, 63 A:n sula-kesuojaus toimii jakokaapilla, eikä tämä vaikuta koko muuntopiiriin PJ-lähtöön. (Monni, 2018, s.106.)

Ensimmäisenä PJ-verkon käyttöönotoissa huolehditaan käyttöönotettavan verkon turvallisuus asiat. PJ-verkon laitteistoille tehdään käyttöönototarkastus koko käyttöönotettavan sähkölaitteiston osalta. Verkossa kaikki kytkettävät kaapelit ovat turvallisesti kiinni, kaapit suljettu sekä jatkot ja kaapeliojat peitetty. Avonaiset jatkojen kaivannot merkattu lippusiimoilla tai varmistettu, että ne ovat asentajien valvonnassa. Kytkettävät kaapelit merkattu. PJ-verkon kaapeloinnista, sekä muutoksista on toimitettu punakynät käytönsuunnitteluun. Punakynistä täytyy selvittää maakaapeliverkon reittien muutokset, pituudet, jakokaapit, jakokaappikaaviot, muuntamon pj-keskuksen kaaviot sekä verkon rakenteet. Lisäksi on täydennettävä käyttöönottopöytäkirjat ja liitettävä verkonhaltijan järjestelmään ennen käyttöönottoja. Vasta, kun verkko on dokumentoitu, voidaan sähköverkon käyttöönottoja alkaa suorittamaan.

Ennen käyttöönottojen aloittamista sähköverkon asiakkaille täytyy lähettää keskeytysilmoitus, mikä toteutetaan tilaajan PJ-verkon suunniteltuja keskeytyksiä varten tarkoitulla keskeytysohjelmalla, joka lähettää asiakkaille tekstiviestillä tarkan tiedon tulevasta jakeluverkon keskeytyksestä. Toinen vaihtoehto on, että toteutetaan keskeytysilmoitukset asentajien toimesta kentällä toimittamalla asiakkaiden postilaatikkoihin keskeytysilmoitukset, joissa on kerrottu päivämäärä, kellonaika ja keskeytyksen syy. Joskus keskeytysilmoitusta ei erikseen tarvitse tehdä, kun asiakas on itse paikalla ja hän antaa luvan sähkökatkolle, jonka aikana käännetään esimerkiksi liittymäkaapeli vanhasta syö- töstä uuteen. (Rutanen 2015, s.8.; Monni 2018, s.105–106.; SFS6000 2012, s.565.)

PJ-verkko (0,4kV) koostuu seuraavista verkon osista. (Monni 2018, s. 105):

- Jakokaapeleista, jotka syöttävät muuntamoiden PJ-keskuksien ja jakokaappien välistä yhteyttä. Jakokaapeleita voidaan käyttää PJ-yhdyskaapeleina muuntamoiden välissä
- Liittymisjohdoista, jotka syöttävät jakokaapilta tai muuntajalta sähkökäyttäjän PJ-keskusta
- Ulkovalaistusta syöttävistä ulkovalaistuskaapeleista (Monni 2018, s.105.)

6 Käyttöönottotarkastus

Kun KJ- ja PJ verkon sähkölaitteistoon kytketään jännite päälle suunniteltua käyttöä varten, se katsotaan käyttöönotetuksi. Ennen sähköverkon käyttöönottoa täytyy verkon jokaiselle käyttöönotettavalle laitteelle tehdä käyttöönottotarkastus. Tarkastuksesta vastaa urakoitsijan sähkötöiden johtaja viime kädessä, mutta tarkastuksen tekevällä asentajalla on myös vastuu, joten on aina parempi, että tarkastuksen tekee asentaja, joka on ollut työkohteessa mukana alusta asti ja tietää asennukset ja tarkastettavan laitteiston. Tällä varmistetaan, että sähköverkon käyttöönotosta ei aiheuteta vaaraa kenenkään terveydelle, omaisuudelle sekä varmistetaan myös, että käyttöönotosta ei aiheudu häiriöitä ihmisille tai muille laitteistoille.

Ennen käyttöönottoa täytyy tehdä käyttöönottotarkastus ja käyttöönottotarkastuspöytäkirja sähköasennuskokonaisuudelta tai asennuskokonaisuuden osalta. Tarkastuksen tekee asennuksen aikana ja sen valmistuttua sähkötöiden tekijä itse. Tarkastuksella varmistutaan sähköturvallisesta ja vaatimusten mukaisesta asennuksesta. Ainoastaan sähköalan ammattihenkilö voi suorittaa käyttöönottotarkastuksen. Sähköverkon käyttöönottotarkastukseen kuuluu silmämääräiset tarkastukset asennuksen aikana ja töiden valmistuttua, sekä lisäksi on tehtävä erilaisia mittauksia ja testauksia. Sähkötöiden aloitusvaiheesta saakka tehdään aistinvaraisia tarkistuksia, että rakenteiden sisäiset osatkin tulee tarkastettua. Aistinvaraiset tarkastukset tehdään jännitteettömänä ennen testauksien aloitusta. Aistinvaraisen tarkastuksen lisäksi täytyy tarkistaa asennettujen ilmajohtojen mekaaniset rakenteet. Ilmajohtojen asennuskorkeudet, pylväiden kunto, upotussyvyys, johtimien kunto, harusten kunto sekä mahdollisten erillisten suojajohtimien kunto

sekä suojaus ja liitokset. Tarkastuksella varmistetaan, että asennukset on tehty turvallisesti ja asianmukaisesti alusta alkaen. Lisäksi ilmajohtojen käyttöönottotarkastuksessa tarkistetaan johtokatuksen leveys, että se on riittävä. Käyttöönottotarkastuksessa on myös tarkastettava maa- ja vesistökaapeleiden asennussyvyudet sekä onko kaapeleiden mekaaninen suojaus riittävä. Maakaapeliverkon asennuksissa täytyy aina mitata kaapeleista eristysresistanssi. Ilmajohtoverkon kaapeleista tarvitsee mitata eristysresistanssi vasta, kun kaapelin nimellisjännite on yli 230–400 V. Suoja- tai PEN -johtimen jatkuvuutta ei välttämättä tarvitse mitata, jos mitataan silmukkaresistanssi tai oikosulkuvirta mittarilla, joka kuormittaa riittävästi. Näin toimittaessa varmistetaan kaapelin oikosulkuvirran riittävyys sekä voidaan verrata mittaustuloksia suunnittelulaskennassa saatuihin arvoihin. Muuntopiireistä täytyy mitata maadoitusimpedanssi ja mitatun maadoitusimpedanssiarvon täytyy vastata suurjänniteasennuksia koskevia standardeja. (Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset 2019.; SFS6000, s.567.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan ei tarvitse olla määrämuotoinen, mutta siitä on käytävä ilmi nämä seuraavat vaaditut asiat (Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset 2019):

- kohteen yksilöintitiedot (mitä on tehty ja missä)
- sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot
- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräystenmukaisuudesta
- sovelletut standardit
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset
- tarkastuksen tekijän allekirjoitus

Kun käyttöönottotarkastuspöytäkirja on tehty valmiiksi, varmistettu tietojen oikeellisuus sekä pöytäkirja on allekirjoitettu, se luovutetaan sähkötyön tilaajalle. Myös SFS6000- käsikirjan mukaiset dokumentit sekä muut tarpeelliset tiedot on annettava käyttöönottotarkastuksessa tilaajalle. Lisäksi käyttöönottotarkastuksessa täytyy vertailla mittaustuloksia vaatimusten mukaisiin tuloksiin. Näin menettelemällä varmistetaan SFS6000 standardin vaatimusten täyttyminen. (SFS6000 2012, s.567.)

Mikäli työ katsotaan vähäiseksi, kuten esimerkiksi yksittäisen kalusteen lisäys tai vaihto, ei tästä edellytetä tehtäväksi käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa. Tilaajalle on kuitenkin tarvittaessa luovutettava tarkastuspöytäkirja, mikäli tilaaja sitä vaatii. (Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset 2019.)

7 Käyttöönottojen suoritus saneerausprojektissa

Sähköverkon käyttöönottojen sekä kytkentöjen suorittaminen edellyttää tarkkaa ja yksityiskohtaista suunnittelua KJ- ja PJ-verkossa, niin kuin edellä jo käytiin läpi. Kytken-täsuunnitelmasta tulee sitä laajempi, mitä suurempi on työalue ja mitä enemmän työkoh-teessa on työntekijöitä. Kytkentöjen tekemisessä tärkein asia on se, että työt tehdään turvallisesti. Tämä edellyttää sitä, että kaikki kytkentöihin osallistuvat tietävät omat teh-tävänsä ja sitä myötä myös oman tekemisen vaikutuksen muiden tehtäviin. Keskeytys-työssä ja jännitetyössä on erilainen toteutuksen kulku, ja ne vaativat erilaisia varmistuk-sia. Jännitetyön tekeminen suurjännitelaitteistoissa vaatii aina vähintään kaksi sähkö-alan ammattihenkilöä, joilla on käytynä suurjännitetöihin soveltuva jännitetyökoulutus. (Monni 2015, s.56.)

7.1 KJ-verkon käyttöönotot ja töiden kulku

KJ-verkossa tehtävien käyttöönottojen, sekä kytkentöjen suorituksessa työsuoritteiden tekeminen siirtyy työvaiheiden aikana sähköverkon käytön- ja sähkötöiden välillä. KJ-verkon kytkentäsuunnitelman aloituskytkennöissä toteutetaan sähköverkon erotuskyt-kennät, huolehditaan ohjattujen ja suunnitelmassa lukittaviksi pyydettyjen laitteiden lu-kinnat, varmistetaan koestamalla jännitteettömyys työskenneltävältä johto-osalta kai-kista syöttösuunnista, kytketään päätyömaadoitukset työskenneltävälle johdolle, jolla varmistetaan, ettei käyttöjännite pääse työn aikana työkohteeseen. Tämän jälkeen var-mistetaan, onko työskenneltävällä alueella lähellä jännitteisiä osia. Mikäli on, jännitteiset osat suojataan sekä annetaan tarvittava opastus työskentelyyn. (Monni 2015, s. 56.)

Kytken-täsuunnitelman vastuunsiirto kohtaan kuuluvat työt, kun päätyömaadoitus on pai-koillaan ja asentajat ilmoittavat nämä suoritetuksi, kytkennän johtaja antaa työryhmän yhteyshenkilölle työnvalmisteluluvan, jolloin työkohteen työryhmän yhdysenkilö vas-taanottaa työnvalmisteluluvan kytkennänjohtajalta ja vastuu työn toteutuksesta siirtyy kentälle. Kohdassa kytkentäsuunnitelman työt tehtäviin toimiin kuuluu, että työryhmä varmistuu turvallisuudesta koko työryhmän kanssa, kun turvallisuus on varmistettu, kyt-ketään lisätyömaadoitukset paikoilleen ja tehdään ennakkoon sovitut turvallisuustoimen-piteet. Tämän jälkeen tehdään sovitut korjaus- huolto- tai rakennustyöt. Kytken-nänjoh-taja on työn toteutuksen aikana yhteydessä paikalliskytkijään työntoteutuksen edistystä

seuraten sekä tarvittaessa kytkentään kuuluvien muiden sähkölaitteistojen kytkennänjohtajiin. Kun työkohteen työt on tehty valmiiksi kohteessa, työkohde tarkastetaan töiden osalta, että kaikki on tehty oikein ja verkko on käyttöönottavissa. Tämän jälkeen poistetaan lisätyömaadoitukset verkosta sekä poistetaan jännitteisten osien suojaukset. Vastuunsiirto-osiossa työryhmän varmistuttua käyttöönotosta antaa työryhmä kytkennänjohtajalle käyttöönottoluvan. Kytkennänjohtaja varmistaa, että työt on tehty ja vastaanottaa käyttöönottoluvan. Palautuskytkennät-osiossa käytönjohtajan ohjeistuksella poistetaan päätyömaadoitukset verkosta ja suoritetaan sähköverkon käyttöönottokytkennät. (Monni 2015, s. 56.)

Keskijänniteverkon saneerausprojektissa sähköverkon muuntamoiden käyttöönotoissa sähköasentajat suorittavat kytkennänjohtajan ohjeistamana yleensä edellä luetellut työvaiheet. He tekevät erotinohjauksia ja erottimien lukituksia, lisäävät kieltokylttejä, varmistavat jännitteenkoettimella jännitteettömyyden työkohteesta. Kun jännitteettömyys on koestettu asentajat liittävätkin päätyömaadoituksen ja ottavat vastaan kytkennänjohtajalta työnvalmisteluluvan. Tässä vaiheessa kytkennänjohtaja on antanut työnvalmisteluluvan, jolloin asentajat ottavat kentällä tehtävistä töistä vastuun ja liittävätkin vielä lisätyömaadoitukset työkohteeseen. Tämän jälkeen asentajat tekevät tarvittavat työt työkohteessa, esim. liittävätkin maakaapelipääterakenteen KJ-jomppien avulla avojohtolinjaan tai kytkevätkin maakaapelipäätteet muuntamon kennoon. Kun työt on suoritettu, asentajat poistavat lisätyömaadoitukset, tekevät silmämääräisiä tarkastuksia sekä aistinvaraisia tarkastuksia ja poistavat lukitukset sekä merkkaukset verkosta. Kun edellä mainitut vaiheet on tehty, asentajat antavat käyttöönottoluvan kytkennänjohtajalle. Kytkennänjohtaja antaa asentajille luvan poistaa päätyömaadoituksen kohteesta ja sen jälkeen luvan ottaa sähkölaitteiston käyttöön. Kun käyttöönotto on tehty, asentajat suorittavat jännitteen mittauksia ja tarkastavat pyörimissuunnan käyttöönotetuilta muuntamoilta. (Monni 2015, s.56–57.)

7.2 Kytkennänjohto

Mikäli kytkentätyöt suoritetaan jännitetyönä, täytyy kytkennänjohtajalla tehdä ensiksi jännitetyöpäätös. Tässä kytkennänjohtajan tulee varmistaa säätötilan sopivuus työhön, varmistua siitä, että verkossa ei ole maasulkua, toteuttaa jännitetyön vaatimat suunnitellut relesuoja-asettelut kuntoon, sekä kytkeä jälleenkytkennät pois päältä. Lisäksi kytkennänjohtajan on pitänyt ennakkoon varmistua, että verkon rakenne ei jännitetyössä aiheuta

ferroresonanssista johtuvaa ylijännitettä. Kytkennänjohtajan johtaessa kytkentöjä toimii hän myös samalla käyttöä valvovana henkilönä. (Monni 2015, s.56.)

7.3 Paikalliskytkennät

Paikalliskytkennät johtaa kytkennänjohtaja ja hänen pyynnöstään kytkennät kentällä suorittaa paikalliskytkijä. Käytönsuunnittelu pyrkii toimittamaan kytkentäsuunnitelman paikalliskytkijälle hyvissä ajoin ennen kytkentöjä, koska paikalliskytkijän pitää ehtiä perehtyä tähän. Paikalliskytkijä selvittää ajatuksissaan oma-aloitteisesti tehtävänsä suunnitelman toteuttamisessa ennen kytkennän toteuttamista sekä varmistuu kytkentäkohteesta. Mikäli kytkentäsuunnitelmassa on jotain epäselvää, paikalliskytkijä pyytää kytkennänjohtajalta tarkennusta ja selvennystä tehtäviinsä. Paikalliskytkijän täytyy käyttää kytkentätöitä tehdessä sähköverkkotöissä vaadittavaa suojavaatetusta ja henkilösuojaimia tehdessä sekä tarvittaessa kasvojen suojana visiiriä tai silmäsuojaimia, mikäli verkkoyhtiö tätä vaatii. Ennen kytkentätöiden aloittamista kytkentäkohteesta on varmistettava esteetön poistumistie sekä tarkistettava kytkinlaitteen kunto silmämääräisesti, että siinä ei ole näkyviä vikoja. Paikalliskytkijän on varmistuttava myös, että kaikki erottimet ovat auenneet ja niissä on näkyvä ilmaväli tai vastaava eristys. Lisäksi on varmistettava, että erotuslaitteessa oleva mekaaninen asennonosoitus osoittaa auki asentoa ja on toiminut luotettavasti. Paikalliskytkijän tulee tarvittaessa varmistaa kytkennänjohtajalle kauko-ohjattujen erottimien toiminnasta, että erottimet ovat kaikinapaisesti auki erotuskohdassa. Jännitetyön paikalliskytkijänä voi toimia myös jännitetyöryhmän jäsen, mikäli hänellä on jännitetyökoulutus ja kytkentään oikeuttava lupa. Kytkinlaitteiden erotuskohdan kaikki vaiheisen oikein toiminnan varmistaa aina kytkennänjohtaja. Kytkentöjä suoritettaessa yhteydenpito kytkennänjohtajan ja paikalliskytkijän välillä täytyy olla selkeää ja keskustelujen oikein ymmärtämisen varmistamiseksi, täytyy vastaanottajalla toistaa saamansa käskyn tai tehdyn toimenpiteen, että tieto varmasti menee oikein perille. (Monni 2015, s.56–57.)

7.4 Työalueen ja erotuskohdan varmistaminen

Paikalliskytkijän tehtävänä on hoitaa kytkentäohjelman mukaisesti kytkinlaitteiden lukitseminen. Tällä varmistetaan, että jännitettä ei kytketä työalueelle. Erottimeen, erotuskohdan tai ohjauselimeen on lisättävä kieltokilpi, jossa lukee esim. ”Älä kytke, miehiä

työssä” tai ”Älä kytke, työ käynnissä”. Tällä estetään jännitteen kytkeminen työkohteeseen ja työalueelle. Näiden edellä mainittujen vanhojen kieltokilpien rinnalle on tulossa uusi kaksipuolinen kieltokilpi, jossa kielletään kytkimen asennon muuttaminen ja varoitetaan jo käynnissä olevasta työstä sähköverkossa. Molempia kieltokilpiä voidaan kuitenkin käyttää sähköverkon ohjauselimien lukitsemisessa. Erotuskohdan toimilaitteiden asennosta, sekä kaikki vaiheisesta toiminnasta varmistuksen tekee kytkennänjohtaja, joko teknisesti kaukovalvotuissa kohteissa tai paikalliskytkijän kanssa. Kun kieltokilvet on asetettu, tahaton ohjaus estetty, paljaat jännitteiset osat suojattu koteloilla, suojuksilla, esteillä tai estetty muuten riittävällä työskentelyetäisyyksillä, on tällöin sähköturvallisuus työkohteessa varmistettu. (Monni 2015, s.57.)

Paikalliskytkijällä, joka asentaa työmaadoituksen, on aina varmistettava jännitteettömyys kaikki napaisesti/vaiheisesti työkohteen johto-osasta ja koestettava siihen tarkoitetulla jännitteenkoettimella. Jännitteenkoetin ilmaisee vain käyttöjännitteen, mutta eivät ilmaise sitä, jos johtimeen on varautunut jostain syystä latausjännitettä. Tämän vuoksi työkohteeseen ei saa mennä työskentelemään ennen kuin lisätyömaadoitus on kytketty jokaiseen vaiheeseen paikoilleen. Kun työskennellään suurjännitelaitteistoissa, täytyy kaikkiin johtoihin ja sähkölaitteiston osiin suhtautua kuin niissä olisi jännite päällä, ennen kuin työkohde on koestettu ja maadoitettu turvallisesti. (Monni 2015, s.57.)

7.5 Päätyömaadoitus

Päätyömaadoituksessa käytettävien maadoitusvälineiden mitoitus sekä sijoituspaikka on määritelty kytkentäsuunnitelmassa. Maadoitusvälineiden mitoituksen ohjeena on se, että niiden pitää kestää niiden asennuspaikan vikavirran suurin arvo. Työmaadoituksen voi kiinnittää vasta, kun työkohteen jännitteettömyys on todettu luotettavalla tavalla. Työmaadoituksia liitettäessä kiinnitetään aina ensin työmaadoitusvälineissä oleva maaliitin maadoituspisteeseen luotettavasti ja vasta sitten kiinnitetään maadoitukset vaiheliittimiin. Kun maadoitus on kytketty kaikkiin vaiheisiin, on maaliittimen kiristäminen tai irrottaminen hengenvaarallista eikä sitä saa tehdä. Maadoituksen asennuspaikka vaatii oikeanlaiset maadoitusvälineet. Sähköasemilla ja muuntamoilla katkaisija kennoissa maadoitukset hoidetaan omanlaisilla maadoitusvälineillä ja ilmajohdoilla on omat maadoitusvälineet. Mikäli päätyömaadoituksessa on mahdollista käyttää kiinteitä maadoituskytkimiä, tämä on paras tapa maadoittaa verkko. (Monni 2015, s. 57–58.)

7.6 Työalueen rajaaminen ja merkitseminen

Työalue rajataan työmaadoittamisen jälkeen. Vastuu työalueen rajaamiseen tarvittavien merkintöjen tekemisestä tai teettämisestä on sähkölaitteiston käyttöä valvovalla henkilöllä. Monessa työkohteessa pelkkä suullinen työalueen selittäminen ja läpikäynti ei riitä, vaan työskentelyalue tulee merkitä kaiteita, varoituspuomeja, köysiä, lippusiimaa tai muita turvarakenteita apuna käyttäen. Etenkin pidempiaikaisissa töissä, kuten sähköasemilla, kytkinlaitoksilla tai muuntamoissa työskennellessä, on hyvä rajata työskentelyalue, jos työskentelyalueen kaikkia kennoja ja alueita ei ole tehty jännitteettömäksi ja työmaadoitettu. Työalue merkitään niin selkeästi, että jännitteisiin osiin ei voi kukaan vahingossakaan mennä. Merkintöjen varmistamiseksi ja välttämällä erehdystä työalueen vieriset jännitteiset kennot erotetaan lisämerkinnöillä selkeyttäen työaluetta. Mikäli merkinnät ovat työsuorituksesta vastaavan tai työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan mielestä riittämättömät, voivat he lisätä merkintöjä ja kilpiä oman harkintansa mukaan. Merkinnöistä ja niiden ylläpidosta vastaa työkohteen sähköturvallisuuden valvoja tai henkilö, joka on nimetty tähän tehtävään. Mikäli käyttötilanne muuttuu kesken työn, paikalliskyt-kijä tai erikseen sovittu henkilö tekee uudet merkinnät kohteeseen. Jännitetyötä tehdessä työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan tehtäviin kuuluu huolehtia jännitetyön turvaetäisyyksien merkinnöistä pylväisiin sekä rakenteisiin. Turvaetäisyysmerkillä rajataan työskentelyetäisyys yhteen metriin jännitteisistä osista 20 kV:n jännitetöissä. (Monni 2015, s.58.)

7.7 Työkohteen opastus

Sähköturvallisuus on varmistettava työryhmälle ennen töiden aloittamista ja annettava riittävä opastus työkohteen sähköisistä vaaratekijöistä ja kerrottava miten työkohteen vaaratekijät on otettu huomioon. Mikäli päätetään, että työntekijä ryhdytään opastamaan työtehtävään, tulee selvittää, millaisen opastuksen kukin työryhmän jäsen tarvitsee kohdallaan. Työntekijöiden taustat, työkokemus, paikallistuntemus sekä työmaan laajuus vaikuttavat opastuksen laajuuteen. Opastuksen antamisesta sopivat keskenään käyttöä valvova henkilö yhdessä työnsuorituksesta vastaavan henkilön kanssa. Opastuksessa käydyt ja sovitut asiat kirjataan työturvallisuusilmoitukseen tai vastaavaan asiakirjaan. Työkohteen opastajan tulee olla sähkölaitteiston käyttöä valvova tai hänen valtuuttamansa henkilö, joka tuntee paikalliset olosuhteet työkohteessa. Työkohteen

työsuorituksesta vastaavalla henkilöllä on vastuu opastaa työhön kaikki työntekijät ja ali-hankkijat valvomissaan töissä. Opastajan tulee varmistaa opastettavilta henkilöiltä, että he ovat ymmärtäneet opastuksen sisällön ja tietävät sen missä on turvallista työskennellä. Lisäksi opastettavat henkilöt ja opastuksessa käytyjen asioiden laajuus tulee kirjata muistiin. Opastuksessa on tärkeää, että jokainen tietää ja tuntee työkohteessa toimivat eri yritysten työntekijät ja heidän työnsä. Näin työryhmän työturvallisuus on helppompi huomioida eri työvaiheita tehtäessä. (Monni 2015, s.58–59.)

7.8 Työnvalmistelulupa

Kytkennäjohtaja antaa jokaiselle työalueen tai kohteen yhdyshenkilölle työnvalmisteluluvan, kun kaikki käytön vastuulla olevat työn edellyttämät kytkennät, työmaadoitukset, sekä turvallisuustoimenpiteet on saatu tehtyä. Luvassa on selvitykset kaikista erotuskohdista, päätyömaadoituksista sijaintitietoineen, sekä käytön tekemistä turvallisuustoimenpiteistä. Mikäli työkohteessa tehdään jännitetyönä kytkentöjä, työnvalmisteluluvassa kytkennäjohtaja varmistaa työkohteessa olevalta työryhmältä työkohteen oikeellisuuden, tekee jännitetyöpäätöksen mukaiset käyttötoimenpiteet, kuten releasettelut tai jälleenytkentöjen estot, sekä varmistaa, että sääolosuhteet ovat vielä sallitut jännitetyön tekemiseen. (Monni 2015, s.59.)

Kytkennäjohtaja ilmoittaa työryhmän yhdyshenkilölle työnvalmisteluluvan. Kun yhdyshenkilö on saanut luvan, hän varmistaa tiedot, että heidän välillään on yhteinen näkemys kohteesta sekä tehdyistä kytkennöistä ja turvallisuus toimenpiteistä. Työnvalmisteluluvan saatuaan vastuu sähköturvallisuudesta siirtyy kytkennäjohtajalta työryhmälle. (Monni 2015, s.59.)

7.9 Työnaikaisen sähköturvallisuudenvalvojan tehtävät

Sovittujen sähköturvallisuustoimenpiteiden varmistaminen kuuluu työnaikaiselle sähköturvallisuuden valvojalle ennen töiden aloittamista, työn aikana sekä työtä lopetettaessa. Valvojan läsnäolo työkohteessa on kuitenkin tärkeintä. Valvoja voi olla valvomassa turvallisuutta, olla osallisena työssä, tai hoitaa työn kokonaan itse. Työryhmässä täytyy jokaisella jäsenellä olla tiedossa, kuka toimii työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojana.

Mikäli valvojan täytyy poistua työkohteesta, hänen tilalleen pitää valita toinen henkilö ja tästä vaihdoksesta tiedottaa koko työryhmälle. (Monni 2015, s.59.)

7.10 Työkohteen turvallisuuden varmistaminen

Työsuorituksesta vastaava henkilö laatii turvallisuussuunnitelman. Turvallisuussuunnitelma ja työnvalmisteluluvan sisältö käydään läpi työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan, työryhmän sekä työryhmän yhdyshenkilön kanssa. Kun on varmistettu työkohteen oikeellisuudesta, sovitaan työryhmän kanssa ketkä tekevät turvallisuussuunnitelmassa edellytety toimenpiteet. Näitä toimenpiteitä on ennalta laaditun suunnitelman mukaiset lisätyömaadoitusten kytkennät, jännitteettömyyden varmistaminen, työkohteeseen tulleet mahdolliset lisämerkinnät, tilapäissuojien asettaminen, työkoneiden maadoittamiset sekä vaarallisiin paikkoihin pääsyn estäminen sivullisilta työkohteessa. Lisäksi huomioon otetaan tai poistetaan työkohteessa havaitut turvallisuutta vaarantavat tekijät. (Monni 2015, s.59.)

Päätyömaadoitukset eivät välttämättä poista johdosta vaarallisia latausjännitteitä, mutta käyttöjännitteen pääsyn työkohteeseen ne estävät. Lisätyömaadoitukset sen sijaan poistavat vaaralliset latausjännitteet. Lisätyömaadoitusten tarpeesta työkohteessa, kytkemisestä, valvomisesta sekä poistamisesta vastaa työkohteessa toimiva työryhmä. Lisätyömaadoituksessa käytettävien maadoituslaitteiden johtimien poikkipinnan tulee olla vähintään 16mm². Niin kuin ennen päätyömaadoituksien kytkentää, on jännitteettömyys varmistettava aina lisätyömaadoituksiakin laittaessa. Vaikka jännitteenkoettimella varmistettaisiin linjan jännitteettömyys, on muistettava, että koetin ei aina näytä vaarallisia latausjännitteitä ja tästä syystä linja on aina lisätyömaadoitettava latausjännitteiden poistamiseksi. Mikäli johtimia joudutaan katkaisemaan tai liittämään kesken työn, ne pitää yhdistää tai työmaadoittaa, jotta estetään vaarallisten jännite-erojen syntyminen. (Monni 2015, s.60.)

Työkone tulee maadoittaa, mikäli työskennellään lähellä jännitteisiä johtoja, koska työkoneella on mahdollisuus joutua jännitetyöalueelle tai se voi muuten altistua jännitteelle. Työkone maadoitetaan sen johtavista osista maahan työmaadoitusvälineillä. Työmaadoitetun koneen mahdollisesti osuessa jännitteisiin osiin, ohjataan sähkö kulkemaan työmaadoituksen kautta maahan. Työmaadoituksen tarkoitus on suojata vaaralliselta

jännitteeltä työkoneen läheisyydessä työskenteleviä henkilöitä. Turvallisuusilmoituksessa tai vastaavassa asiakirjassa sovitaan työmaadoitusten kytkemisestä, valvonnasta ja poistamisesta. (Monni 2015, s.60.)

7.11 Työluvan antaminen

Mikäli jokainen työhön osallistuva on vakuuttunut, että todetut ja tehtäväksi sovitut turvallisuustoimet takaavat turvallisen työskentelyn, antaa työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja työluvan työryhmälle, jonka jälkeen varsinainen työskentely työkohteessa voidaan aloittaa. (Monni 2015, s.61.)

7.12 Työnaikaiset turvallisuus toimet

Jokainen työryhmän jäsen varmistaa oman, sekä muiden työryhmän jäsenten turvallisen työskentelyn työkohteessa, vaikka työhön on nimettykin työnaikaista sähköturvallisuutta valvova henkilö, vaatii se kaikilta seuraavia edellytyksiä turvalliseen työskentelyyn (Monni 2015, s.61):

- Käytetään aina turvallisia kulkuteitä.
- Opastetaan ja ohjataan työkohteen ulkopuolisia, esimerkiksi ali- ja koneurakoitsijoita turvalliseen toimintaan.
- Säilytetään eri työvaiheissa turvallinen etäisyys jännitteisiin osiin sekä otetaan huomioon nostotyöt, pitkät työtarvikkeet sekä korkeat taakat työtä tehdessä.
- Taataan vaaraton työalue siten, että merkitään ja rajataan tai valvotaan työkohdetta niin, ettei ulkopuoliset pääse aiheuttamaan vaaraa itselleen tai muille.
- Töiden keskeytyessä estetään ulkopuolisilta pääsy työkohteeseen lukitsemalla portit ja ovet sekä valvotaan työkohdetta.
- Mikäli työnteossa pidetään tauko tai työt keskeytyvät, ennen töiden aloittamista varmistetaan aina jännitteettömyys.
- Käytetään työssä henkilökohtaisia suojaimia sekä turvallisia työmenetelmiä.
- Mikäli oma työ aiheuttaa työkohteessa vaaraa, varoitetaan aina toisia tästä ennakoon.

- Pidetään työmaan olosuhteet turvallisena huolehtimalla, että työvälaineet, turvallisuus välineet sekä olosuhteet pysyvät kunnossa koko työmaan ajan.
- Ilmoitetaan aina esimiehelle ja muille työkohteessa oleville henkilöille turvallisuutta vaarantavista tekijöistä, mikäli näitä havaitaan.
- Poistetaan turvallisuutta vaarantavat tekijät työmaalta, mikäli se on mahdollista.
- Jätetään työkohde aina turvalliseen tilaan töiden päätyttyä. (Monni 2015, s.61.)

7.13 Suunnitellun työn toteutuksen muutokset

Vaikka työt suunnitellaan hyvissä ajoin ja huolellisesti, voi toteutusvaiheessa tulla eteen muutostarpeita, jotka vaikuttavat työn toteutukseen. Työn toteutukseen vaikuttavat esimerkiksi, että havaitaan vähimmäisetäisyyksien alittuminen työvaiheessa. Työt joudutaan keskeyttämään jostain syystä ennen suunniteltua ajankohtaa. Työn edetessä joudutaan lisäämään ennalta suunnittelematon työ. Työkohde joudutaan ottamaan käyttöön suunniteltua aikaisemmin, johtuen sähköverkon käyttötilanteesta. Sää ja ympäristöolosuhteet vaikeuttavat tai keskeyttävät suunnitellun työn tekemisen. Suunniteltu työ tehdäänkin osissa. (Monni 2015, s.61.)

Mikäli suunniteltua työtä ei voida jatkaa, eli työn aikana havaitaan, että töitä ei voida tehdä turvallisesti, tulee tästä välittömästi ilmoittaa kytkennänjohtajalle ja työt keskeytetään. Työtä jatketaan, kun työt voidaan tehdä turvallisesti, tai joissakin tapauksissa käynnistetään kokonaan uusi suunnittelu työn toteutukselle. (Monni 2015, s.61.)

Mikäli suunniteltua jännitetyötä ei voida toteuttaa suunnitellusti, se tulee suunnitella uudelleen tai tarvittaessa toteuttaa keskeytystyönä. Mikäli työn aikana tulee ilmi, että työt joudutaan keskeyttämään suunnittelematomasti, ilmoittaa työkohteen yhdyshenkilö tästä kytkennänjohtajalle ja käydään läpi ne edellytykset, miten töitä voidaan sovitusti jatkaa. Nämä sovitut asiat kirjataan ylös turvallisuusasiakirjaan tai muuhun vastaavaan asiakirjaan. On muistettava, että on erityisen tärkeää ilmoittaa aina kytkennänjohtajalle, mikäli suunniteltu korjaustyö syystä tai toisesta keskeytyy ja joudutaan siirtymään viankorjaus keikalle toiseen paikkaan. (Monni 2015, s.61.)

Jos käynnissä olevalla suunnitellulla työkeskeytyksellä ilmenee, että on tarve tehdä saman keskeytyksen aikana suunnittelematonta lisätyötä, ilmoitetaan muutostarpeesta

kytkennänjohtajalle. Kytkennänjohtaja selvittää, millä toimenpiteillä mahdollinen työn lisääminen jo käynnissä olevalla työkeskeytyksellä saadaan tehtyä ja mitä edellytyksiä ja toimenpiteitä tämä vaatii. Mikäli työ onnistuu tehdä, suunnitellaan työ- ja tarvittavat kytkentävaiheet huolellisesti ja näistä laaditaan tarvittavat asiakirjat. (Monni 2015, s.61.)

Jos suunnitellulla keskeytyksellä tulee tilanne, että joudutaan kytkemään jännitteet päälle ennen suunniteltua lopetusajankohtaa, tehdään työn lopetuksesta tai keskeytymisestä huolellinen suunnitelma. Tällä varmistetaan, että työkohteeseen on turvallista kytkeä jännitteet päälle. Ennen kuin kytkennänjohtajalle annetaan käyttöönottolupa, työkohteeseen tehdään käyttöönottotarkastus, lisäksi työnaikaisen sähköturvallisuudenvälvoja huolehtii, että työryhmästä jokainen tietää sähköjen päälle kytkennästä, sekä tarpeen tullen lisätään työkohteeseen merkinnät varoittamaan jännitteen ennenaikaisesta kytkennästä. Käyttöönottoluvan saa antaa vasta kun nämä edellä mainitut tehtävät on hoidettu kuntoon. (Monni 2015, s.61–62.)

7.14 Työn valmistuminen

Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan kuuluu varmistua, että käyttöönotettava laitteisto on valmis ennen käyttöönottoa. Varmistuksessa katsotaan, että käyttöönottotarkastus on tehty, ja laitteiston merkinnät ja mahdolliset muutokset on kunnossa. Mikäli työkohteessa on sinne kuulumattomia tarvikkeita tai varusteita, ne tulee olla poistettu. Työkohteesta on poistettu mahdolliset työkalut, työvälineet sekä huolehditaan, että lisätyömaadoitukset ja mahdolliset työryhmän asettamat työnaikaiset merkinnät on poistettu. Valvoja huolehtii siitä, että kaikki työryhmän jäsenet suhtautuvat työkohteeseen kuin jännitteeseen laitteistoon ja siitä, että työryhmän puolesta työkohteen voi ottaa käyttöön. Jännitetyössä työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan tehtävänä on huolehtia siitä, että työryhmässä kaikki jäsenet ovat lopettaneet työskentelyn, työkohteesta on poistettu kaikki työvälineet ja varusteet sekä työryhmän jäsenet ovat poistuneet työkohteesta. (Monni 2015, s.62.)

7.15 Käyttöönottolupa

Kun työn keskeytys tai jännitetyö on saatu valmiiksi, antaa työkohteen yhdyshenkilö työkohteen hallinnasta vastaavalle kytkennänjohtajalle käyttöönottoluvan. Kun

kytkennänjohtaja ottaa vastaan käyttöönottoluvan, varmistaa hän samalla yhdyshenkilöltä, että työkohteen kaikki yhdyshenkilön vastuulla olevat työntekijät ovat tietoisia jännitteiden kytkemisestä laitteistoon sekä siitä, että kaikki lisätyömaadoitukset on poistettu ja jännitteet voidaan kytkeä päälle. Kun kytkennänjohtaja on ottanut käyttöönottoluvan työkohteesta vastaan, siirtyy sähköturvallisuusvastuu työryhmältä saman aikaisesti sähköverkon käytölle. (Monni 2015, s.62.)

7.16 Palautuskytkennät

Sähköverkon kytkentäsuunnitelman toteutuksen aikana voi sähköverkon kytkentätilanne muuttua suunnitellusta tilasta kytkentöjen edetessä. Palautuskytkentöjen tarkoitus on saada verkon jakorajat ja syötöt takaisin alkuperäiseen suunniteltuun tilaan. Palautuskytkentöjä ei voida aloittaa ennen kuin kytkennänjohtaja on saanut kaikilta työkohteiden yhdyshenkilöiltä sekä mahdollisilta muilta kytkennässä mukana olleilta kytkennänjohtajilta käyttöönottoluvat. Palautuskytkennät johdetaan ennalta laaditun kytkentäsuunnitelman mukaan kytkennänjohtajan toimesta. Samalla kytkentäsuunnitelmaa suorittaessa hän on yhteydessä paikalliskytkijään tarvittavien erottimien ohjauksien, lukitusten aukaisujen sekä kieltokylttien poistojen yms. takia. Lisäksi kytkennänjohtaja voi myös olla yhteydessä muiden sähkölaitteistojen kytkennänjohtajiin, mikäli he ovat osallisena kytkennöissä. Kytkennänjohtajan vastuulla on huolehtia päätyömaadoitusten poistamisesta, varmistua kytkinlaitteiden kaikkivaiheisesta oikeasta toiminnasta, sekä turvallisuuden liittyvien merkintöjen ja lukitusten poistamisesta, mitkä ovat sähköverkon käytön vastuulla kentällä. (Monni 2015, s.62.)

7.17 Käyttöönottojen suoritus PJ-verkossa

Kun keskijänniteverkon käyttöönnotot on saatu tehtyä ja muuntamalla on sähköt päällä, voidaan aloittaa PJ-verkon käyttöönnotot hallitusti. Ennen käyttöönottoja on varmistettava PJ-verkon käyttöönottojen sähkötyöturvallisuus, varmistettava että käyttöönottotarkastukset on tehty käyttöönotettavista laitteistoista sekä pöytäkirjat on tehty koko verkon laitteistojen osalta ennen kytkentöjen aloittamista. Myös sähköverkon kytkennänjohtajalle on ilmoitettava muutamaa päivää ennen käyttöönottoista. KJ-verkon käyttöönotoissa käyttöönottoja johtaa tilaajan kytkennän johto, kun taas PJ-verkon kytkentöjä johtaa

työnsuorituksesta vastaava tai työnaikaisesta sähköturvallisuudesta vastaava henkilö tai hänen määräämänsä ammattihenkilö.

Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan ohjeistama työnsuorituksesta vastaava henkilö varmistuu työryhmänsä kanssa PJ-verkon erotuskohdasta, rajaa sekä merkitsee työalueen, opastaa kaikki työryhmän asentajat työkohteeseen, koestaa ja maadoittaa käyttöönotettavan PJ-verkon sekä ilmoittaa ja varmistuu, että kaikilla työkohteen työryhmän jäsenillä on tieto, että käyttöönotot aloitetaan. Kun turvallisuudesta on varmistuttu, käyttöönototyöt voidaan aloittaa työnsuorituksesta vastaavan pyynnöstä PJ-verkossa, jota valvoo työnaikaisesta sähköturvallisuudesta vastaava henkilö. PJ-verkossa tehtävät asennustyöt ovat vaativuudeltaan helpompia ja nopeampia toteuttaa kytkentöjen, jatkosten sekä kaapelipäätteiden osalta kuin KJ-verkon kytkennät. PJ-kaapeleiden rakenteet ovat yksinkertaisempia ja turvaetäisyydet pienempiä kuin KJ-verkossa toimiessa, mutta työturvallisuusmääräyksiä tulee aina noudattaa töitä tehdessä.

PJ-verkon palautuskytkennät etenevät samaa kaavaa noudattaen, kuin KJ-verkon kytkennätkin. Kun käyttöönotettavan laitteiston työt on saatu tehtyä, työnsuorituksesta vastaava henkilö varmistaa työryhmältä käyttöönottoluvan, että kaikki henkilöt ovat saaneet työnsä valmiiksi, ja sähköt voi turvallisesti palauttaa käyttöönotettavaan PJ-verkkoon. Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan valvomana työnsuorituksesta vastaava henkilö varmistuu työkohteen käyttöönotettavuudesta, jolloin PJ-verkko voidaan ottaa käyttöön.

Kun käyttöönotot on suoritettu, varmistetaan tarvittavat mittaukset käyttöönotetusta PJ-verkosta, että kaikilla asiakkailla sekä käyttöönotetuissa laitteissa on sähköt päällä, kytkennät on tehty turvallisesti ja onnistuneesti. Toisin kuin KJ-verkon kytkennät, PJ-verkon kytkennät hoidetaan paikallisesti, eikä kytkennän johdolle tarvitse erikseen välillä ilmoittaa tehtävistä kytkennöistä. Mikäli PJ-verkon kytkentöihin tulee muutoksia tai ne joudutaan keskeyttämään, tästä ilmoitetaan tilaajan käyttöön ja käyttö ilmoittaa asiakkaille keskeytyksen peruutuksesta tai muutoksista. Vaihtoehtoisesti asentajat voi ilmoittaa käyttöön keskeytyksen peruutuksesta, mutta hoitavat kentällä itse asiakaskeskeytyksen peruutusilmoitukset asiakkaille kiertämällä keskeytykseen kuuluvat asiakkaat läpi ovelta ovelle menetelmällä. Helpompi vaihtoehto asentajille on ilmoittaa tilaajan PJ-keskeytysilmoitusohjelmalla asiakaskeskeytyksen peruuntumisesta. Keskeytyksen peruutusilmoitus lähtee tuolloin asiakkaille tekstiviestin muodossa.

PJ-verkon käyttöönotoissa kytkennät suoritetaan huolellisesti noudattaen sähköturvallisuus standardia SFS6000. Kaapeleista tulee mitata ennen käyttöönottoja eristysvastusmittaus. PJ-verkon käyttöönotto tehdään yleensä keskeytyksellä, mutta joissakin tapauksissa ne voidaan tehdä myös jännitetyönä. Esimerkiksi kun asiakkaan liittymiskaapeli uusitaan kokonaan asiakkaan keskukselle saakka, voidaan liittymä kytkeä jännitetyönä. Keskeytyksellä tehtävissä kytkennöissä kytkettävät kaapelit tulee aina koestaa ja maadoittaa ennen kytkentöjen suoritusta myös PJ-verkossa. Verkon vaihejärjestys täytyy tarkastaa ennen PJ-keskeytystä, sekä keskeytyksen jälkeen, kun jännitteet on kytketty takaisin päälle. Pyörimissuunnan tulee aina pysyä oikeana, ettei asiakkaiden sähkölaitteet hajoa väärästä sähköverkon pyörimissuunnasta.

Kun tarvittavat mittaukset, koestukset, sekä maadoitukset on tehty, asiakkaan liittymä käännetään vanhasta verkosta uuden maakaapeliverkon perään. Liittäminen tehdään yleensä asiakkaan tontin laidalla olevan pylvään juurella, missä vanhasta ilmajohtosta tuleva asiakkaan kiinteistöä syöttävä liittymisjohto tulee pylväältä alas. Tämä maakaapeli liitetään jatkos montussa jakokaapilta tulevan uuden liittymisjohdon perään jatkolla. Kun asiakkaiden liittymät on käännetty, otetaan asiakkaat uuden saneeratun maakaapeliverkon perään. Yleensä saneerausprojekteissa PJ-käyttöönottojen järjestys menee siten, että muuntamon PJ-keskukselta kytketään sähköt syöttämään jakokaappeja, jakokaapilla tarkastetaan jännitteet ja kytketään asiakkaan liittymään sähköt. Saneerausprojekteissa olemassa oleva PJ-ilmajohtoverkko poistuu yleensä kokonaan tai osittain käytöstä, jolloin asiakkaiden sähkönsyöttö varmuus paranee. Pj-verkon käyttöönotoissa voidaan jännitetyönä tehtävillä käyttöönotoilla vähentää asiakas keskeytyksiä huomattavasti.

PJ-verkon saneerausprojektin käyttöönotoissa asentajat tekevät kytkentöjä yleensä puistomuuntamon PJ-keskuksessa, jakokaapeilla, liittymien päätepylväillä sekä jatkosmontuissa. Lisäksi joissakin liittymätapauksissa myös kiinteistöjen seinille asennettavilla kytkentäkotelolla. (Monni 2018, s.152.)

7.18 KJ- ja PJ-verkon tarkistukset ja raportointi

Verkon raportointiin kuuluu seuraavat raportoitavat asiat:

- käyttöönottotarkastuspöytäkirjat
- mitoitusarvot syöttävästä muuntajasta
- työkuviin tulleet maakaapelin reitti, tyyppi, sulake, laitteisto muutokset
- muuntamon pj-kaavioihin tulleet muutokset
- jakokaappikaavioihin tulleet muutokset
- muuttuneet johtimien poikkipinnat
- yksivaiheinen oikosulkuvirta liittymiskohdissa, sekä välivarokkeiden luona
- tarvittaessa suurin kolmivaiheinen oikosulkuvirta laitteiston mitoituksessa
- muuntamoiden maadoitusmittauksesta maadoitusimpedanssi arvot, sekä tieto mahdollisesta maadoitusten yhdistämisestä
- sulakkeiden muutokset. (SFS6000 2012, s.565.)

KJ-verkon käyttöönottojen jälkeen asentajat varmistavat muuntajilta pyörimissuunnat sekä jännitteet. Jännitteet tarkistetaan muuntamon PJ-keskuksen kiskosta mittaamalla 3~ pääjännitteet kaikkien vaiheiden (L1-L2, L2-L3, L3-L1) väliltä sekä PEN-johtimen ja vaiheiden (L1-PEN, L2-PEN, L3-PEN) väliset jännitteet. Mikäli pyörimissuunta ei ole oikea, tulee syöttävän KJ-kaapelin kytkentä muuttaa oikeaksi, että muuntaja pyörii verkossa oikeinpäin. Mikäli pyörimissuunta on oikein, mutta jännitteet eivät ole muuntajalla halutun suuruiset, niitä voidaan kytkennänjohtajan pyynnöstä säätää muuntajan käämikytkimen asentoa muuttamalla, mikäli muuntaja on varustettu käämikytkimellä. Mitatut tulokset kirjataan ylös käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan. Lisäksi käyttöön otetusta KJ-verkosta tarkistetaan kaikki käyttöön otetut laitteet ja niiden oikea toiminta, esim. kompensointikelan toiminta varmistetaan kuuntelemalla tai mittaamalla kojeistojen mahdollisesta omakäyttömuuntamosta jännitteet. Toiminnassa oleva kompensointikela ”muri-see”, jolloin se kertoo laitteen olevan toiminnassa. Viallinen kompensointikela laukaisee käyttöön otetun lähdön. Mikäli käyttöön otettava laitteisto on kaukokäytettävä, tulee niiden yhteydet varmistaa kytkennänjohdon kanssa, että kaukokäyttö on kunnossa ja yhteydet toimivat. (SFS6000 2012, s.565.)

PJ-verkon käyttöönotoissa asentajat suorittavat käyttöönottojen jälkeen tarvittavat jännitemittaukset käyttöön otetusta PJ-verkosta. Muuntamon PJ-keskukselta mitataan 3~

pääjännitteet kaikkien vaiheiden (L1-L2, L2-L3, L3-L1) väliltä, sekä PEN johtimen ja vaiheiden (L1-PEN, L2-PEN, L3-PEN) väliset jännitteet. Lisäksi suoritetaan edellä olevat mittaukset liittymien päissä, sekä tarkistetaan pyörimissuunnat kytkentöjen varmistamiseksi. Lisäksi tarkistetaan vikavirtasuojakytkimeen toiminta liittymien keskuksilta, mitataan liittymien oikosulkuvirrat, suoritetaan suojajohtimen jatkuvuuden mittaus, sekä maadoitusmittaukset muuntamoilta (kesäaikaan), kun se on mahdollista, talvella tätä ei voi tehdä. Mitatut tulokset merkataan sähköverkon käyttöönottopöytäkirjoihin. Lisäksi saneeraus projektilla purettavista vanhoista muuntamoista puretaan keskittimet, jotka siirretään joko uuteen muuntamoon tai merkitään puretuksi tilaajan ohjeistuksen mukaisesti. Uusiin asennettuihin muuntamoihin liitetyistä uusista tai vanhoista siirretyistä keskittimistä otetaan tiedot ylös ja toimitetaan pääurakoitsijan suunnittelijoille. Suunnittelijat toimittavat kaikki keskittimien tiedot tilaajalle, jolloin tilaaja aktivoi asennetut keskittimet toimintaan uusissa muuntamoissa ja näin asiakkaiden pääkeskuksilla olevat älykkäät sähkömittarit alkavat kommunikoidaan tilaajan järjestelmien kanssa. (SFS6000 2012, s.565.)

8 Sähköverkon purkutyöt

Kun saneerausprojektissa rakennettu uusi sähköverkko on otettu käyttöön kokonaisuudessa, voidaan purkutyöt aloittaa vanhan ilmajohtoverkon osalta. Vaikka käyttöönotot on tehty jo valmiiksi, tehdään osa verkon rakennuksen viimeistelytöistä purkutöiden sekä käyttöönottojen jälkeen. Myös purkutöiden yhteydessä voi olla sähköverkossa töitä, joita viimeistellään. (Sähköverkon purkaminen 2019.)

Ennen purkutöiden aloittamista on purettavasta johtoalueesta tehtävä purkutyösuunnitelma. Purkutyösuunnitelma toimii myös sähköverkon purkutöiden turvallisuusasiakirjana. Purkutyösuunnitelmaan tulee sisältyä purkutyöselostus missä on käyty läpi kaikki tarvittavat turvalliseen purkamiseen liittyvät asiat ja työvaiheet. Työselostuksessa käydään läpi myös purkutyössä käytettävät työmenetelmät. Purkutyö toteutetaan aina työhön kuuluvan työsuunnitelman mukaisesti. Purkutyöt tehdään standardin FS6002 mukaan, ja purettava linja on aina maadoitettava. Purkutyösuunnittelun ja töiden toteutuksen lähtökohtana on, ettei purkutöissä pylväisiin nousta muussa kuin poikkeustilanteissa, eikä silloinkaan ilman pylvään luotettavaa tuentaa apuna käyttäen.

Purkutyösuunnitelmassa käydään läpi pääurakoitsijan vastuuhenkilöt, sekä tilaajan vastuuhenkilöt ja yhteystiedot. (Muurainen 2017, s.22.)

Purkutyöt aloitetaan aina perehdyttämällä kaikki purkutöitä tekevät henkilöt purkutyöperehdytyksellä. Perehdytys kuuluu tehdä purkutöihin osallistuville maanrakentajille, apumiehille, kuin purkutöihin osallistuville asentajillekin. Perehdytyksessä käydään läpi purkutöistä laadittu purkuaikataulu sekä mistä purkutyöt aloitetaan. Purettavan linjan maadoituspaikat käydään myös läpi, missä maadoituspisteet sijaitsevat ja minne asentajat maadoitukset laittavat. Perehdytyksessä käydään myös läpi, mikäli purkutyömaalla on jännitteisiä risteileviä keskijännitejohtoja, suurjännitejohtoja tai AMKA-linjoja, jolloin nämä käydään huolellisesti läpi ja merkitään purkutyökarttaan.

Lisäksi risteilevien KJ- sekä SJ-johtojen alta tai vierestä menevät purettavat linjat täytyy asentajilla koestaa ja maadoittaa riittävän kaukaa molemmilta puolilta risteilevää johtoa sekä katkaista riittävän kaukaa, että purkutyö on turvallista. Mikäli purettavat PJ- sekä KJ-linjat risteilevät jännitteisien PJ-avojohtojen tai AMKA-linjojen luona, purkutöihin osallistuvat asentajat tulevat varmistamaan purkutyöturvallisuuden ja ottavat linjat jännitteettömiksi purkutyön ajaksi varmistukseksi turvallisen purun.

Yleinen ohje purkutöiden tekemiseen on, ettei purettaviin pylväisiin nousta, koska pylväät voivat olla lahoja ja aiheuttaa vaaratilanteen purkutöissä. Lisäksi käydään läpi tilaajan ohjeet purkutyön suoritukseen sekä materiaalien kierrätykseen ja varastointiin. Purkutyöperehdytyksessä käydään myös läpi purkutöiden tekeminen, kuinka linjan purut tehdään turvallisesti aiheuttamatta vaaraa itselle, toisille työntekijöille tai ulkopuolisille. (Pakkanen 2011, s.32.)

Sähköverkon purkutöiden urakoitsija varmistaa jännitteettömyyden purettavasta verkosta, huolehtii purkutyömaadoitusten asentamisen purettavalle linjalle, sekä tiedottaa purkutyöhenkilöstöä, milloin purkutyöt voi aloittaa. Lisäksi käydään läpi, mistä kohtaa verkkoa purkutyöt aloitetaan ja mihin saakka. Purkutöiden hyvä suunnittelu sekä kattava perehdytys varmistavat ja parantavat purkutyöturvallisuutta ja auttavat urakoitsijoita pysymään purkutyössä aikataulussa. Urakoitsijan tehtävänä on purkaa ilmajohtoverkon rakenteet hallitusti, lajitella tilaajan kierrätyskumppanin ohjeiden mukaisesti purkumateriaalit, sekä huolehtia siitä että purkumateriaalit toimitetaan sovitulle varastointipaikalle odottamaan kierrätyskumppanin noutoa. Purkutyöt tehdään pääsääntöisesti

talvikaudella, koska kesällä ja syksyllä maasto on märkää, eikä kestä koneen painoa varsinkaan soisilla alueilla. Lisäksi syksyisin pelloilla on viljelmiä, eikä sinne voi silloin mennä purkamaan linjoja. Talvella jäinen maa kantaa paremmin purkukalustoa ja purkaminen onnistuu helpommin. Purkutyöt pyritään aina tekemään niin, ettei niistä aiheudu haittaa asiakkaille tai maanomistajille. Purkutöitä tehdessä huolehditaan ennen kaikkea siisteydestä ja turvallisuudesta. (Sähköverkon purkaminen 2019.)

Asentajat päivittävät purkukartat maanrakentajien kanssa. Purkukarttoihin merkitään, missä purettavalla linjalla on maadoitukset ja mistä purkutyöt aloitetaan. Purkukartat päivitetään purettujen linjojen osalta, sitä mukaa, kun purut työkohteesta etenevät. Kun purut on tehty ja työkartat päivitetty, ne toimitetaan sähköverkon suunnitteluun. Suunnittelu toimittaa tiedot tilaajalle ja käytön dokumentointi päivittää purkujen tiedot verkkotietojärjestelmään, jolloin vanhat linjat on poistettu ja alueen päivitettyt sähkökartat ovat ajan tasalla. Mikäli purkutöihin ja purettaviin linjoihin tulee muutoksia työnaikana, on tiedot myös päivitettävä näiden muutosten osalta karttoihin. (Pakkanen 2011, s.32.)

9 Sähkötyöturvallisuus ja siitä vastaavat henkilöt saneerausprojektissa

Sähkötyöturvallisuudesta tulee huolehtia yhteisillä työmailla jatkuvasti, tämän varmistamiseksi tulee huolehtia myös selkeästä vastuiden tunnistamisesta ja huolehtimisesta. Oikeilla työskentelykäytännöillä, työvälineillä, suojavaarusteilla sekä oikealla työskentelyasenteella muodostetaan työmaille sähkötyöturvallisuus. Jakeluverkkojen sähkötöissä sähköalan ammattilaisille sattuvia yleisimpiä tapaturmia ovat sähköiskutapaturmat ja valokaaritapaturmat. Sähköalan ammattitaitovaatimuksen lisäksi töiden tekeminen edellyttää työntekijältä ajan tasaisia tietoja sähkötyöturvallisuudesta työmaalla. Työn tekijän on koulutauduttava säännöllisesti enintään viiden vuoden välein sähkötyöturvallisuuskoulutuksissa. Turvallisuusvaatimukset sähkötöiden tekoon löytyvät KTM-asetuksesta 1194-1999. Voimassa olevaa sähkötyöturvallisuus standardia SFS6002 noudattaen näitä vaatimuksia voidaan helpoiten toteuttaa. (Sähkötyöturvallisuus 2020.)

Sähkölaitteiston käytön johtaja

Jakeluverkoilla sähkölaitteiston haltija nimeää aina erikseen käytön johtajan. Käytön johtajan tulee saada riittävät mahdollisuudet johtaa, sekä huolehtia käyttötöistä

sähköverkon haltijalta. Käytön johtajan on huolehdittava standardin mukaisten ohjeiden käytöstä käyttötöissä, sekä siitä, että niitä noudatetaan. Käytön johtaja voi myös huolehtia sähköturvallisuusvaatimusten noudattamisesta muulla tavoin. Käytön johtajan tehtävänä on huolehtia siitä, että on olemassa järjestelmä, jonka mukaan sähköturvallisuusvaatimukset tehtävissä täyttyvät, tai hän voi itse hoitaa ne. Käytön johtajana toimiva henkilö nimeää erikseen verkkoyhtiön valvomoihin sähkölaitteiston käyttötoimintaa hoitavat henkilöt käyttöä valvoviksi henkilöiksi. (Monni 2015, s.38.)

Käyttöä valvova henkilö

Sähkölaitteistoissa käytön johtaja on yleensä standardin mukaan käyttöä valvova henkilö, tai käytön johtaja on erikseen valtuuttanut henkilön, joka on ammattitaitoinen ja jolla on sähkölaitteiston käytöstä toiminnallinen vastuu. Käytön johtaja nimeää erikseen verkkoyhtiön valvomoihin sähkölaitteiston käyttötoimintaa hoitavat henkilöt käyttöä valvoviksi henkilöiksi. (Monni 2015, s.38.)

Kytkenänjohtaja

Sähkölaitteistolle nimetty kytkenänjohtaja johtaa hallitsemansa kytkenät. Hän on yhteydessä kytkentöjen aikana mahdollisiin paikalliskytkijöihin. (Monni 2015, s.38.)

Paikalliskytkijä

Paikalliskytkijä on sähköalan ammattihenkilö joka kytkenänjohtajan johdolla ja pyynnöstä tekee sähköverkossa paikalliskytkennät. (Monni 2015, s.38.)

Sähkötöiden johtaja

Sähköverkon rakentajalla on nimettävä sähkötöiden johtaja sähkötöitä varten. Sähkötöiden johtajan tehtävä on varmistaa ja huolehtia, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia sekä sitä että sähköturvallisuuslaissa annettuja säädöksiä ja määräyksiä noudatetaan. Sähkötöiden johtajan tulee huolehtia sähkölaitteiden- ja laitteistojen

kunnosta, että ne ovat sähköturvallisuuslain mukaisia sekä sähköturvallisuuslain nojalla annettujen säädösten ja määräysten edellytysten mukaisesti kunnossa ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista. Sähkötöiden johtaja on vastuussa sähkötöiden, sekä sähkölaitteiden huollon turvallisesta tekemisestä sähkölaitteistoissa. Työn tekijöiden perehdytys tulee olla riittävä ja heiltä vaaditaan riittävä ammattitaitoa työn toteutukseen. (Monni 2015, s.38.)

Työsuorituksesta vastaava henkilö

Työsuorituksesta vastaavalla henkilöllä on toiminnallinen vastuu työstä. Tarvittaessa osa vastuullisista tehtävistä voidaan siirtää muille henkilöille. Työsuorituksesta vastaava henkilö tulee standardin perustekstistä, ja henkilön tehtävät monilta osin vastaavat suomalaisessa lainsäädännössä työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan tehtäviä. (Monni 2015, s.38.)

Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja

Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi nimetään sähköalan ammattihenkilö, joka voi osallistua työhön, jonka pitää kyetä itsenäiseen työhön ja voi tehdä työn kokonaan itse. Mikäli työssä ei ole nimetty käyttöä valvovaa henkilöä, voi käyttöä valvovan henkilön standardissa SFS6002 mainitut tehtävät tehdä sähkötöiden johtajan nimeämä työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja. (Monni 2015, s.38.)

Työkohteen yhdyshenkilö

Työkohteen yhdyshenkilö ottaa vastaan kytkennänjohtajalta työnvalmisteluluvan, sekä töiden valmistuttua antaa kytkennänjohtajalle käyttöönottoluvan. Yhdyshenkilö toimii kytkennänjohtajan ja työryhmän välisenä yhdyshenkilönä. (Monni 2015, s.37.)

Turvaetäisyysvahti

Turvaetäisyysvahti valvoo sovitusti työvaiheen keston ajan turvaetäisyyksiä jännitteisiin laitteisiin ja osiin. Tehtävään täytyy olla joko opastettu henkilö tai sähköalan ammattihenkilö. (Monni 2018, s.37.)

Sähköalan ammattihenkilö

Sähköalan ammattihenkilö on henkilö, jolla on riittävä vähintään kuuden kuukauden työkokemus sähkötöistä sekä lisäksi alalle soveltuva tekniikan alan korkeakoulututkinto tai sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinto tai joka on suorittanut työtehtäviin soveltuvan ammattitutkinnon. Ammattihenkilöksi katsotaan myös henkilö, jolla on suoritettu soveltuva ammatillinen perustutkinto tai joka on käynyt vastaavaksi katsottavan koulutuksen/tutkinnon sekä hankkinut tähän sähköalan soveltuvaa työkokemusta kuusi kuukautta. Lisäksi sähköalan ammattihenkilöksi katsotaan henkilö, jolla on kuuden vuoden työkokemus sähköalan työstä, ja hänellä on riittävät sähköalan perustiedot. Ammattihenkilö pystyy koulutuksensa ja kokemuksensa perusteella välttämään sähköä aiheuttamat vaarat sekä kykenee töitä tehdessään tunnistamaan riskit. Pehdyttynä tai opastettuna tehtävään sekä sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin, henkilö kykenee itsenäisesti tekemään sähkö- tai käyttötöitä omalla alalla sekä valvomaan niitä. Sähköalan säädöksissä (73 § Sähköalan ammattihenkilö) on määritelty henkilöltä tehtävään vaadittava muodollinen pätevyys tarkemmin. (Sähköalan säännökset 2019, s.18.; Monni 2018, s.37-38.)

Opastettu henkilö

Opastettu henkilö, joka on opastettu sähköalan ammattitaitoisen henkilön toimesta niin, että pystyy työskennellessä välttämään sähköä aiheuttamat vaarat toimiessaan työmaalla. (Monni 2015, s.38.)

Maallikko

Maallikko on henkilö, joka ei ole opastettu sähkötöihin, eikä hänellä ole hankittuna sähköalan töihin ammattitaitoa. (Monni 2015, s.38.)

10 Saneeraustöiden maakaapeliviat

Sähköverkon KJ- ja PJ-maakaapeleita tulee käsitellä varovaisesti, että ne eivät pääse vahingoittumaan missään vaiheessa, kuten kaapeleiden kuljetuksessa tehtaalta työmaalle, työmaan lansiruutualueelle purkaessa, työmaan aikaisen varastoinnin aikana, työkohteeseen kuljetuksen tai kaapelin asentamisen aikana. (SFS 6000 2012, s.601.)

Kaapeliin tulee kuitenkin kolhuja jossain edellä mainituista tilanteista eikä näitä aina välttämättä asennustilanteessa huomata. Nämä aiheuttavatkin rakentamisen kannalta ikäviä vikoja, jotka huomataan vasta yleensä siinä vaiheessa, kun maakaapeli on asennettu jo maahan upotussyvyyteensä ja kun asentajat ovat valmistautumassa muuntamon kalustamiseen ja kaapeleiden kytkentöihin ja tarkastavat kaapelit esim. vaipaneheysmittauksella, että kaapelit ovat ehjiä ja kytkettävissä. Tämä aiheuttaa maanrakennukselle sekä sähköasentajille ylimääräistä työtä, mikä hidastaa projektin rakentamista.

Sähköverkon saneerausprojektissa yleisimpiä maakaapeli vikoja ovat keskijännitekaapeliin tulleet vaippaviat. Vaippavikojen aiheuttajia on monia, kuten maakaapelin kohdistunut ulkoinen voima, kaapeliin painunut kivi auratessa, huolimattoman peittämisen seurauksena jäänyt kivi painamassa kaapelia tai se, että maaperä on painunut asennuksen jälkeen tai joku ulkoinen tekijä on vaurioittanut kaapelia, esimerkiksi ilkivalta. Nämä kolhaisut ja painaumat voivat aiheuttaa kaapeliin myös sisäisiä vaurioita, joita ei myöskään näe helposti kaapelia käsiteltäessä. Lisäksi vikoja tulee myös huonosti tehdyn jatkosviat tai päätteen takia, sekä kaapelin huolimattoman käsittelyn seurauksena asennuksessa, varsinkin pakkasella, kun kaapelin vaippa on hauraampaa särkymään taivutettaessa. Nämä eivät ole kuitenkaan niin yleisiä, koska kaapelin käsittelyyn on annettu selkeä ohjeistus, eikä kovalla pakkasella kaapeleita saa asentaa. Jatkosviatkin ovat harvinaisia, koska ne tehdään niin huolellisesti ja ammattitaidolla jatkosvalmistajan ohjeiden mukaisesti. (Ernvall 2019, s.17–19.)

Vian voi myös joskus erittäin harvoin aiheuttaa rakennevikainen jatko, pääte tai kaapeli, joka on tehtaalta lähtiessään ollut viallinen, eikä sitä ole valmistajakaan mittauksissa havainnut. Näitä ei myöskään yleensä huomata edes asennus vaiheessa ja nämä aiheuttavat lisätöitä ja ongelmia maakaapelointi projekteilla. (Ernvall 2019, s.17.)

Myös ulkopuoliset urakoitsija aiheuttavat maankaivutöissä vikoja sähköverkon kaapeleille saneerausprojektilla. Maakaapelit sijaitsevat yleensä teiden varsilla, jossa kaapeleiden yhteydessä on usein muidenkin järjestelmien kaapeleita ja putkia, kuten sadevesi-, kaukolämpö-, käyttövesi- ja jätevesiputkia sekä teleoperaattoreiden kaapeleita, joiden huolto-, rakennus- ja korjaustyöt aiheuttavat vikoja juuri asennettuihin kaapeleihin, joita ei välttämättä näy vielä uusimmissa kaivukartoissa. Kaapeleita kaivetaan poikki sekä aiheutetaan vikoja työkoneilla kaapelireitin päällä liikkumisella. (Ernvall 2019, s.17.)

Maakaapelivian voi myös aiheuttaa olosuhteet, joita ovat sateet, ukkonen, routa ja myrskyt. (Ernvall 2019, s.17–19.)

Maakaapeleiden tarkastus, vian paikannus ja korjaus

Sähköverkon maakaapeleiden tarkastuksessa asentajat varmistavat, että kaapelit ovat kunnossa ja niihin voi kytkeä sähköä. Tarkastuksessa kaapelin molemmat päät ovat irti ja turvallisesti sijoitettuna niin, että mittaukset eivät aiheuta vaaraa itselle tai ulkopuolisille. Saneerausprojektilla mitattavissa kaapeleissa ei yleisesti ole jännitteet päällä, mutta kaapeleihin tulee silti suhtautua, niin kuin ne olisivat jännitteisiä. Ennen kaapelin käsittelyä kaapelit koestetaan ja sen jälkeen kaapelin mahdollinen indusoitunut (jännite) varaus puretaan maadoittamalla kaapelin vaiheet ja suojajohdin maata vasten. Kun varaus on purettu ja kaapelin päät ovat irti, eikä ole kosketuksessa mihinkään.

Asentajat varmistavat työkohteen turvallisuuden ja mittaavat kaapelin eristys- ja johdinresistanssi mittaukset, jolla tarkastetaan kaapelin kunto ja samalla selviää myös mahdollinen vian laatu, jääkö vika vaiheiden välille, vaiko maan ja vaiheen välille. Mikäli kaapelin eristysvastus ei ole kunnossa, kaapelin vikapaikka täytyy paikantaa. Vikojen paikannuksessa käytetään useita eri menetelmiä, joiden avulla vika voidaan paikantaa. Yksi on vikahaarukalla paikantaminen, jolla maavuotokohta löydetään. Lisäksi vikapaikan voi paikantaa myös syöksyaaltogeneraattorilla, jolla löydetään kaapelista melkein mikä vain

vikatyypin, sekä voidaan paikantaa vika ääniaaltojen mukaan maamikrofonian käyttäen, lukuun ottamatta pienresistanssisia oikosulkuja. Vaippavian paikannus on myös yksi vianpaikannusmenetelmistä ja tämä toteutetaan vaippavian paikannuslaitteella, joka paikantaa vikapaikan synnyttämällä voimaviivakentän maavuoto kohtaan, josta vika löytyy maavuodon hakulaitteen ja maadoitussauvojen avulla. Lisäksi TDR-laitteilla voi paikantaa vikapaikan. Sen toimintaperiaate on pulssin kulkuajan ja matkan vertailu, jonka mukaan vikapaikka paikannetaan. (Ernvall 2019, s.17–19.)

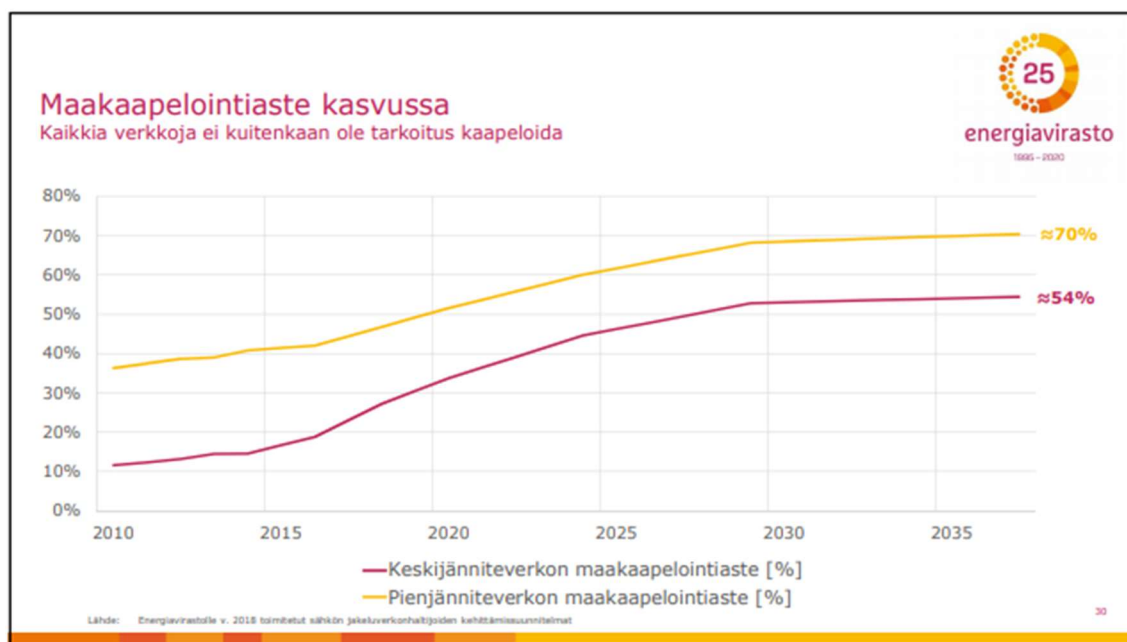
Kun kaapelivika on paikannettu, huolehditaan siitä, että lähitöillä ei ole jännitteisiä kaapeleita, ja mikäli on, ne tutkataan ja merkataan maastoon. Tämän jälkeen hoidetaan vikapaikalle maanrakentajan kaivinkone aukaisemaan vikapaikka. Kun kaapeli on kaivettu esiin, asentajat varmistavat vian löytyneeksi ja järjestävät vikapaikalle tarvittavat korjausvälineet ja tarvikkeet ja aloittavat viankorjauksen. Mikäli kaapelia tulee jatkaa, asentajat joutuvat tekemään mahdollisesti kaksi jatkoa vikapaikalle. Saneeraustöissä, kun kaapelia ei ole vielä käyttöön otettu, ei tarvitse erikseen olla käytönjohtajan yhteydessä, vaan riittää, että ilmoittaa projektin johdolle asiasta. Mikäli olisi kyseessä käytössä oleva vioittunut kaapeli, toimitaan sähköturvallisuus ohjeiden mukaisesti. (Ernvall 2019, s.17–19.)

11 Sähköverkon saneeraustöiden tulevaisuuden näkymät

Energiaviraston mukaan säävarman sähköverkon rakentaminen on tällä hetkellä huipussaan. Vuoden 2019 loppuun mennessä säävarman verkon piiriin on saatu noin 50 % sähkönkäyttöpaikoista. Sähköverkon maakaapeloinnin ja saneeraustöiden oletetaan olevan tällä hetkellä vilkkaimmillaan, koska vuoteen 2028 mennessä säävarman verkon piirissa tulisi olla kaikki sähkönkäyttöpaikat. Tämän seurauksena häiriötilanteissa asemakaava alueilla sähköverkon keskeytys saa kestää vain 6 h ja muulla alueella enintään 36 h. Tämä ei tarkoita sitä, että kaikki sähköverkon osat on maakaapeloitava vuoteen 2028 mennessä, vaan sitä, että saadaan sähköverkot toimintavarmiksi myös myrskyjen, ukkosten ja lumikuormien aikana.

Suomen sähköverkon maakaapelointiaste on tällä hetkellä keskijänniteverkkojen osalta noin 33 % ja pienjänniteverkon noin 50 % kuvan 14 mukaisesti. EV:n mukaan keskijänniteverkkojen maakaapelointiaste on vuoteen 2028 mennessä noin 70 %. Tämä tarkoittaa sitä, että sähköverkon maakaapelointi ja saneeraustöiden tulevaisuuden näkymät

ovat erittäin hyvät vielä pitkän aikaa. Maakaapelointitöitä riittää ja resursseja tarvitaan tulevina vuosina paljon säävarmojen sähköverkkojen rakentamiseen. Säävarman verkon rakentamisessa muita keinoja maakaapeloinnin lisäksi ovat KJ-linjojen siirtäminen teiden varsille sekä puiden huolellinen poisto ja karsiminen sähkölinjojen läheisyydestä. (Pelkonen 2019.; Energiavirasto 2020, s.30.)



Kuva 14. Maakaapelointiaste kasvussa. (Energiavirasto 2020, s.30.)

12 Yhteenveto

Työn tarkoitus on ollut luoda kattava saneerausprojektin sähkötöihin ja työturvallisuuteen painottuva kokonaisuus, josta on helppo perehdyttää työntekijät ja näkee helposti kaikki asentajille kuuluvat työt sekä työvaiheet projektin aikana. Työn tavoitteena on ollut saada sähköverkon saneerausprojektin rakentamiseen liittyville sähkötöille perehdytys sekä ohjekansio, jonka on tarkoitus helpottaa asentajien sekä työnjohton projektiin sisälle pääsemistä ja ymmärrystä projektin aikana eteen tulevista eri työvaiheista ja tekemisestä.

Perehdytys on nostettu esille omalla pääotsikolla, ja sillä on pyritty painottamaan perehdytyksen tärkeyttä sähköverkon saneerausprojekteilla. Tarkoituksena on ollut tuoda myös esille, kuinka tärkeä on toteuttaa perehdytys riittävän monipuolisesti, jotta asentajilla on turvalliset lähtökohdat työskentelyyn saneerausprojektien sähkötöissä. Perehdytysosiossa on kiinnitetty huomiota projektin yleisiin työhön liittyviin asioihin, työmaan sijaintiin, yleisiin käytännön asioihin, työturvallisuuteen projekteilla, vaadittaviin koulutuksiin, projektin turvallisuushenkilöstöön, käytettäviin materiaaleihin sekä ilmoittamiskäytäntöön läheltä piti -tilanteiden ja tapaturmien sattuessa. Työn edetessä tavoitteena on ollut, että tästä tulisi saneerausprojekteille perehdytyskansio, jota käytettäisiin mahdollisesti asentajien perehdyttämiseen saneeraus projekteilla.

Saneerausprojektin eri työvaiheet on tuotu esille asentajan tekemisen tasolla, puuttumatta aivan pienimpiin yksityiskohtaisiin asentajan asennustöihin. Tämä on osaltaan tuonut haastetta, koska itsellä on omakohtaista kokemusta jakeluverkkoasentajan töistä, joten on ollut haastavaa pitää asiat yksinkertaisina, puuttumatta liikaa liian yksityiskohtaisiin tekemisiin, joita asennustöissä tehdään.

Opinnäytetyössä on ollut tarkoitus käyty läpi tarkasti sähkötöiden turvallisuusvaatimukset, käyttöönottotarkastukset ja sähköverkon käyttöönottojen eri työvaiheet sekä projektin eri työvaiheissa tehtävien sähkötöiden sähkötyöturvallisuudesta vastaavat henkilöt.

Vastaavanlaista asennustöihin ja turvallisuuteen liittyvää työtä ei ole missään tullut vastaan, joten tätä työtä on mahdollisuus käyttää sähköverkon saneerausprojekteilla asentajien ja työnjohdon perehdyttämiseen sekä ohjeistukseen projektin eri työvaiheiden tekemisessä.

Lähteet

Asennusohje. 2016. Asennusohje pem1840 suomi kylmäkutiste Hybridi-jatko ahxamk 20 kV - 24kV. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/46527822-Asennusohje-pem1840fin-suomi-kylmakutiste-hybridi-jatko-cjwh11-24-ahxamk-w-uo-u-12-20-kv-um-24-kv.html>>. Luettu 9.1.2020.

Sähkömarkkinat 2019. Verkkoaineisto. Energiavirasto. 2020. <<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/13008633/S%C3%A4hk%C3%B6markkinat-2019-mediainfo-p%C3%A4ivitetty.pdf/c4a4e487-f431-1465-e287-34a494915f1d>>. Luettu 10.1.2020.

Ernvall, Anselmi. 2019. Kaapeliviat ja niiden paikkaus. Insinööriyö, Oulun Ammattikorkeakoulu. Verkkoaineisto. <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/165804/Ernvall%20Anselmi.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>. Luettu 16.1.2020.

Kivioja, Antti. 2017. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Keskijänniteverkon saneerauksen suunnittelun riskienhallinta KVR-urakassa. Verkkoaineisto. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126386/Theseus_Antti_Kivioja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 17.1.2020

Laine, Vili. 2018. Sähköasennusten käyttöönottotarkastus. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Verkkoaineisto. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/147581/Laine_Vili.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 6.1.2020

Monni, Markku. 2018. Sähköverkkoasennukset. 7.kokonaan uudistettu painos. Laine Direct Oy

Monni, Markku ja Janne, Ketola. 2019. Jakelumuuntamotyöt Sähköasematyöt. 5.kokonaan uudistettu painos. Laine Direct Oy

Monni, Markku. 2019. Jakeluverkon käytöntehtävät. 5. kokonaan uudistettu painos. Laine Direct Oy

Muurainen, Tomi. 2017. Sähköjakeluverkon rakennuttamisen kehittämissuunnitelma. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Verkkoaineisto. <<https://core.ac.uk/download/pdf/84796357.pdf>>. Luettu 15.1.2020

Pakkanen, Aleksi. 2011. Insinööriyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Taajama-alueen sähköverkon modernisointi. Verkkoaineisto. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26846/Pakkanen_Aleksi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 25.1.2020

Pelkonen, Jari. 2019. Sävarman sähköverkon rakentaminen on aikataulussa Suomessa - Jatkossa vaikeusaste kasvaa. Verkkoaineisto. Yle uutiset. <<https://yle.fi/uutiset/3-10985718>>. Luettu 20.1.2020.

Rutanen, Ilkka. 2015. Verkostolaskentaohjelmien vertailu. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Verkkoaineisto.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90314/Rutanen_Ilkka.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 10.1.2020.

SFS-käsikirja 600-1. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset. 1. painos 2012.

Simolin, Jarno. 2017. Keski-jännitemuuntamoiden käyttöönottotarkastukset ja dokumentointi. Insinööriyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Verkkoaineisto. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128072/Simolin_Jarno.pdf?sequence=1 (30.1.2020)

Sähkölaitteiston käytön johtaja. 2019. Tukes – sähkö – sähkölaitteistot – sähkölaitteiston haltija ja käytönjohtaja. Verkkoaineisto. <<https://tukes.fi/sahko/sahkolaitteistot/sahkolaitteiston-haltija-ja-kaytonjohtaja>>. Luettu 19.1.2020.

Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset, 2019. Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto. Tukes / sähkö / Sähköasennusten käyttöönottovaiheen tarkastukset. Verkkoaineisto. <<https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttonottovaiheen-tarkastukset>>. Luettu 16.1.2020.

Sähköverkon purkaminen. 2019. Vastuullisuus - hankintaketju - sähköverkon purkaminen. Verkkoaineisto. <<https://www.caruna.fi/vastuullisuus/hankintaketju/sahkoverkon-purkaminen>>. Luettu 15.1.2020.

Sähköturvallisuus. 2019. Sähköala - ammattilaiset – sähköturvallisuus. 2019. Verkkoaineisto. <http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/Sahkotyoturvallisuus/fi_FI/Sahkotyoturvallisuus/>. Luettu 20.1.2020.

Sähköalan säännökset 2019. Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy. Espoo: Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy

Sähkötöiden sääntely Suomessa. 2016. Verkkoaineisto. <https://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6t%C3%B6iden_s%C3%A4%C3%A4ntely_Suomessa>. Luettu 20.1.2020.

Sähköverkon turvallinen käyttö, 2019. Dokumentit – jse – sähköliittymä – sähköverkon turvallinen käyttö. Turvallisuusilmoitus. Verkkoaineisto. <www.jseoy.fi/siteassets/dokumentit-jse/sahkoliittyma/sahkoverkonturvallinen-kaytto.pdf> Luettu 9.1.2020.

Sähkötöitä ja urakointi, 2019. Verkkoaineisto. <<https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi>>. Luettu 9.1.2020.