

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Eero Klemettinen

IMATRAN SEUDUN SÄHKÖN JAKELUVERKON
KUNNOSSAPITOSUUNNITELMAN PÄIVITTÄMINEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
013260600

Tekijä(t)
Eero Klemettinen

Nimeke
Imatran Seudun Sähkö Oy:n jakeluverkon kunnossapitosuunnitelman päivittäminen

Toimeksiantaja
Imatran Seudun Sähkösiirto Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää jakeluverkon huolto- ja kunnossapitosuunnitelma vastaamaan verkon kunnossapidon nykytilaa. Tärkein työvaihe oli saattaa pitkän aikavälin suunnitelmat ajan tasalle ja luoda toimivat seurantatyökalut. Suunnitelmat päivitettiin vuoteen 2029 asti.

Opinnäytetyössä käydään sähköasemien ja jakeluverkon komponentit lyhyesti läpi ja esitellään niiden kunnossapitoa Imatran Seudun Sähkö Oy:n verkossa. Liitteenä ovat yhtiön vuositason sekä pitkän aikavälin huolto- ja tarkastussuunnitelmat ja lisäksi näihin liittyviä lomakkeita. Komponenttien jaottelu on toteutettu jänniteportaittain ylhäältä alas.

Sähköasemien komponentit ja niille tehdyt huollot on kartoitettu. Komponenttien huoltovälit on tarkastettu valmistajien ohjeista ja tarvittavat päivitykset on tehty. Myös laitteiden vaihtuminen uudemmiksi on huomioitu huoltoväleissä. Tehtyjen huoltojen ja huoltovälien perusteella sähköasemien pitkän aikavälin ja vuositason huolto- ja tarkastussuunnitelmat päivitettiin ja niille tehtiin excel-työkalut, joilla huoltoja voidaan seurata.

Verkon kunnossapitosuunnitelmaa varten kartoitettiin tehdyt raivaukset ja liitettiin ne suunnitelmaan. Lisäksi suunnitelmaan liitettiin myös massalaskenta ja yksikköhintapohjainen kustannuslaskelma tarkastuksista ja raivauksista

Lisäksi työssä on pohdittu kunnossapidon kehittämistä yhtiössä.

Kieli
suomi

Sivuja 45
Liitteet 8
Liitesivumäärä 17

Asiasanat
jakeluverkko, sähköasema, kunnossapito, tarkastus



THESIS
May 2015
Degree Programme in
Electrical Engineering
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
013260600

Author (s)
Eero Klemettinen

Title
Upgrading the Maintenance Plan of Imatran Seudun Sähkö Distribution Grid

Commissioned by
Imatran Seudun Sähkönsiirto

Abstract

The aim of this thesis was to upgrade the maintenance plan to the distribution grid to better correspond the present situation of grid maintenance. The most important stage was to bring long period plans up to date and create active monitoring tools. Plans were upgraded up until year 2029.

In this thesis there is theory of the components of electric stations and distribution grid shortly and the presentation of their maintenance in the grid of Imatran Seudun Sähkö. At appendices there are the company's annual and long period maintenance and inspection plans, and also related forms. The component classification is made by voltage degree from high to low.

Electric stations' components and maintenances made to them have been investigated. The maintenance intervals have been checked from manufacturers' manuals and needed upgrades have been made. Component changes to newer have also been taken into account. Long period maintenance and inspection plans of electric stations were upgraded and Excel monitoring tool was made according to maintenance intervals and made maintenances.

The clearings made were investigated and appended to maintenance plan of the distribution grid. Determination of quantities and unit price calculation of inspection and clearing costs were also appended to the plan.

There is also consideration of maintenance developing in this thesis.

Language
Finnish

Pages 45
Appendices 8
Pages of Appendices 17

Keywords
distribution grid, electric station, maintenance, inspection

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Tarkastukset	7
2.1	Käyttöönottotarkastus	7
2.2	Varmennustarkastus	7
2.3	Määräaikaistarkastus	8
2.4	Kuntotarkastus	8
3	Kuntotarkastukset ja huollot ISS:n verkossa	9
3.1	Lentotarkastukset	10
3.2	Sähköasemat	11
3.2.1	110 kV laitteet	13
3.2.2	20 kV laitteet	15
3.2.3	Tasavirtajärjestelmä	18
3.3	Verkko	19
3.3.1	Kaukokäyttö	21
3.3.2	Johtokadut	23
3.3.3	Pylväät	25
3.3.4	Jakelumuuntamot	30
3.3.5	Erotimeet	32
3.3.6	Pienjänniteverkko	35
3.3.7	Maadoitukset ja laaja maadoitusverkko	36
4	Kunnossapidon kehittäminen	38
4.1	Kunnossapitotyöt	38
4.2	Raivaus	40
4.2.1	Maasta käsin suoritettava raivaus	40
4.2.2	Helikopteriraivaus	41
4.3	Korjaus/saneeraus	42
5	Yhteenveto	43
6	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1	Sähköasemien pitkän aikavälin huoltosuunnitelma
Liite 2	Sähköasemien vuositason huolto- ja tarkastussuunnitelma
Liite 3	Sähköasemien kojeiden huollot
Liite 4	Sähköasemien komponentit
Liite 5	Kaukokäyttöerotasemien huoltosuunnitelmat
Liite 6	Verkon pitkän aikavälin suunnitelma
Liite 7	Verkon massat kunnossapitoalueilta 1A ja 1B
Liite 8	Maadoituksen tarkastuspöytäkirja

Lyhenteet

CCA	Kromi-kupari-arseeni, pylvään kyllästystapa, niin kutsuttu suolakyllästys
DMS	Distribution Management System, käytöntukijärjestelmä
ISS	Imatran Seudun Sähkö Oy
ISSS	Imatran Seudun Sähkönsiirto Oy
kj	Keskijännite, yli 1000 V alle 45 kV
kV	Kilovoltti=1000 V
MA	Muuntoasema
PAS-johto	Muovipäällysteinen, alumiininen keskijännitejohto
pj	Pienjännite, alle 1000 V
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition, valvomo-ohjelmistotyyppi

1 Johdanto

Imatran Seudun Sähkö Oy on pieni Etelä-Karjalassa toimiva sähköverkkoyhtiö. Liikevaihto vuonna 2014 oli 9,8 milj. €. Keskijänniteverkkoa vuoden 2014 lopussa oli noin 894 km, josta kaapelia noin 155 km. Kj-verkon kaapelointiaste on siis noin 17,3 %. Käyttöpaikkoja ISS:n verkossa on noin 25 600, ja näistä säävarman verkon piirissä oli 2014 lopussa 11 294 käyttöpaikkaa.

Imatran Seudun Sähkön siirto Oy on emoyhtiön Imatran Seudun Sähkö Oy:n kokonaan omistama tytäryhtiö. Siirtoyhtiön liikevaihto oli vuonna 2014 16,6 miljoonaa euroa. Lisäksi konserniin kuuluu Imatra FNW Oy, Imatran Energia Oy, Kaakon Energia Oy sekä omistusyhteisyrittäjä Suomen Voimatieto Oy. Jakeluverkon kunnossapidosta vastaa siirtoyhtiö ja verkon omistaa emoyhtiö.

ISSS:ssä verkkotietojärjestelmänä käytetään Trimble NIS -ohjelmistoa, jota hyödynnetään kunnossapidossa lähinnä tarkastuksissa. Käytöntukijärjestelmänä toimii Trimblen DMS-sovellus ja verkkoa käytetään SCADA-tyyppisellä sovelluksella.

2 Tarkastukset

Sähkönjakeluverkko on sähköturvallisuuslain mukaan luokan 3 sähkölaitteisto, joten sille on suoritettava tarkastuksia joilla varmistetaan sähköturvallisuuden toteutumisesta. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/96 velvoittaa sähköverkolle tehtäväksi käyttöönotto-tarkastuksen, varmennustarkastuksen ja määräaikaistarkastuksen sekä kunto-tarkastuksia. Tarkastuksesta riippuen se voidaan suorittaa omana työnä tai tarkastajana toimii valtuutettu laitos tai tarkastaja.

2.1 Käyttöönottotarkastus

Sähkölaitteiston rakentajan tulee tarkastaa oma työ käyttöönottotarkastuksessa.

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain (410/96) 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. [1, 3§.]

Lisäksi on määritelty, että käyttöönottotarkastuksesta on tehtävä pöytäkirja, josta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä, tarkastusten ja testausten tulokset sekä tarkastuksen suorittajan nimi ja allekirjoitus. [1, 4§.]

2.2 Varmennustarkastus

Sähköturvallisuuden varmistamiseksi luokan 1-3 sähkölaitteistolle on käyttöönottotarkastuksen lisäksi tehtävä varmennustarkastus ennen käyttöönottoa, mutta poikkeuksena tästä, verkonhaltijan on suoritettava varmennustarkastus kalenterivuoden kuluessa käyttöönotosta. Tarkastuksen voi suorittaa valtuutettu laitos tai tarkastaja, mutta se voidaan korvata sähkölaitteiston rakentajan tai ra-

kentamisestä vastaavan urakoitsijan varmennuksella, jolla on tähän oikeus. [1, 8§].

Varmennustarkastusta ei edellytetä kun

1) muutostyön kohteena olevan sähkölaitteiston nimellisjännite on enintään 1000 voltia sekä työalueen ylivirtasuojan nimellis- ja asetteluvirta enintään 35 ampeeria, jos käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria tai

2) muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä kytkinlaitoksen nimellisarvoja muuteta. [1, 5§.]

2.3 Määräaikaistarkastus

Luokan 3 sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus viiden vuoden välein. Tarkastuksen voi suorittaa valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. Tarkastuksissa on pistokokein tai muilla keinoin varmistua että

1) sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet,

2) sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä ja

3) sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. [1, 3§.]

2.4 Kuntotarkastus

Kuntotarkastuksilla tarkoitetaan sähköyhtiön omalle verkolleen suorittamia tarkastuksia. Näitä tarkastuksia on suoritettava riittävän usein ja tarkastusvälien tulisi perustua todelliseen tarpeeseen. Jos tarkastustuloksista tai vikaraporteista ei voida päätellä sopivia tarkastusvälejä, on käytettävä suositusten mukaisia määräaikoja. [2.]

Sähkölaitteiston kuntoa ja turvallisuutta tulee tarkkailla ja havaitut viat on poistettava riittävän nopeasti. Kuntotarkastuksilla luodaan perusta verkon kunnos-

sapidolle ja niiden havaintojen perusteella voidaan suunnitella tulevia investointeja. Lisäksi turvallisuuspuutteet tulevat raportoitua, jolloin verkko pysyy turvallisena käyttötoimenpiteitä tekeville henkilöille ja myös muille verkon läheisyydessä liikkuville. [1.]

3 Kuntotarkastukset ja huollot ISS:n verkossa

ISS:n verkon tarkastaa tulevaisuudessa ulkopuolinen urakoitsija. Viimeisimmillä tarkastuskerroilla on tarkastukset hoidettu kuitenkin yhtiön omana työnä, joten tarkastusten yhteydessä tehtäviä töitä on ollut enemmän. Näin ollen yhtiön kunnossapitotarkastusohjetta päivitettiin yksiselitteisemmäksi ja siitä karsittiin joitain aikaisemmin tehtyjä kohtia. Esimerkiksi tarkastusten aikana tehtäviä korjaustoimenpiteitä vähennettiin. Lisäksi kerättäviä kuntotietoja karsittiin hieman.

Urakoitsijoille tehtiin opinnäytetyön aikana tarjouspyyntö, johon liitettiin massalaskennan tulokset tarkastettavilta alueilta. Tulleista tarjouksista tehtiin myös kokoava taulukko massalaskennan ja yksikköhintojen perusteella. Myös lisäykset eriteltiin taulukkoon, joten laskelmasta oli helposti nähtävissä edullisimmat urakoitsijat, jotka pyydettiin jatkoneuvotteluihin.

Kuntotarkastukset suoritetaan verkostosuosituksen TA 1:97 mukaisesti kuuden vuoden kierrossa. Tätä silmällä pitäen on muodostettu verkon kunnossapitoalueet joita on yhteensä 12 kappaletta. Verkon huollon ja kunnossapidon pitkän aikavälin suunnitelma on päivitetty tämän opinnäytetyön yhteydessä ja suunnitelmaan on yhdistetty massalaskenta ja yksikköhinnat, joten tarkastuskustannusten arviointi on mahdollista. Poikkeuksena tarkastuskierrossa ovat sähköasemat, jotka tarkastetaan omana työnä ja tarkastuspöytäkirjoina toimivat paperilomakkeet.

Kuntotietojen keräämiseen käytetään kannettavaa tietokonetta johon on ladattu suunnitelma tarkastettavan alueen kohteista ja kohteiden kuntotyypeistä. Ohjelmistona toimii Trimble NIS verkkotietojärjestelmän kunnossapitosovellus Of-

flin inspections. Tarkastajan saapuessa kohteelle, hän avaa kohteen maastotietokoneelta ja saa näytölle täytettävät kuntotiedot. Ohjelmiston puutteena on se, että vaihtoehdoista voi valita vain yhden. Tarkastajaa on näin ollen ohjeistettava valitsemaan eniten korjaustarvetta tai vaaraa aiheuttava kunnossapitotieto.

Laitteena toimii Panasonic toughbook, joka on suojausluokitukseltaan IP 65 ja painaa noin 2,3 kg. Lisäksi varakoneena toimii mallin kevyempi versio. Lähes samoilla ominaisuuksilla on saatavana myös tablet-tyyppisiä laitteita, joita on syytä harkita kun nykyisiä laitteita vaihdetaan uusiin.

3.1 Lentotarkastukset

ISS:n verkkoa on lentotarkastettu aiemmin esimerkiksi voimakkaiden myrskyjen tai poikkeuksellisen tykkylumen aiheuttamien vikojen jälkeen. Keskijänniteverkko on tarkastettu helikopterilla yhtiön oman tarkastajan istuessa kyydissä. Tällainen tarkastus on suoritettu yleensä noin kerran vuodessa, vaikka varsinaisia suurhäiriöitä ei olisi ollutkaan. Ennen helikopteritarkastuksen aloittamista on tarkastettavalta johtolähdöltä poistettava jälleenkytkennät.

Opinnäytetyön aikana eräs lentotarkastuksia ja erityisesti tarkastussovellustaan markkinoiva yritys kävi esittelemässä tuotettaan ISS:lle. Kyseinen yritys suorittaa lennon aikana verkon kuvaamisen ja laserkeilauksen. Valokuvista verkonhaltijan oma tai ulkopuolinen tarkastaja tutkii verkon kunnon ja merkitsee korjattavat kohteet kuviin. Kuvat voidaan myös liittää verkkotietojärjestelmään, johon näin saadaan verkko dokumentoituna tarkastushetkellä. Laserkeilausdata puolestaan ajetaan tarkastusta suorittavan yrittäjän ohjelmaan, joka laskee kasvillisuuden etäisyyden johtimiin ottaen huomioon esimerkiksi oksien kasvun. Näillä perusteilla ohjelma antaa suosituksia raivauksista muutaman vuoden aikajännteellä. Tarkastaja voi suositukset tarkastettuaan todeta, onko raivaus tarpeellinen.

Tarkastuspalvelu herätti ISS:ssä kiinnostusta ja mahdollista kokeilua harkitaan. Kokeilu tarkoittaisi aluksi perinteisen maasta käsin suoritettavan tarkastuksen

rinnalla jonkin määritellyn alueen tarkastamista. Näin tarkastustapoja voitaisiin verrata keskenään vaikkapa havaittujen puutteiden tai toteutuneiden kustannusten perusteella. Päätöstä kokeilun aloittamisesta ei kuitenkaan ole vielä tehty. Yritykseltä saatu tarjous liitettiin aiemmin mainittuun tarjousvertailuun.

3.2 Sähköasemat

Sähköasemat ovat sähkönjakelussa keskeisiä solmupisteitä. Asemilla muunnetaan jännitettä, suoritetaan kytkentöjä ja myös valtaosa verkon suojalaitteista sijaitsee sähköasemalla. Sähköasemat ovat tärkeimpiä jakeluverkkoyhtiön kohteita kunnossapidossa sähkön toimitusvarmuuden kannalta. Yksittäisenkin laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laaja-alaisen ja huomattavaa asiakasmäärää koskevan keskeytyksen. Usein sähköasemavika on lisäksi pitkäkestoinen, sillä esimerkiksi suurjännitekomponentteja ei yleensä pidetä varastossa.

ISS:llä on kuusi 110/20 kV muuntoasemaa, jotka sijaitsevat Fingridin 110 kV verkon välittömässä läheisyydessä, joten ISS:llä ei ole omia 110 kV johtoja. Lisäksi on Imatrankosken vesivoimalaitoksella sijaitseva 10/20 kV muuntoasema ja kaasuturbiinivoimalaitos, jonka käyttö lopetetaan todennäköisesti kevään 2016 aikana Imatran kaupungin lämpölaitoksen käyttöönoton myötä. Kaasuturbiinilaitoksen kunnossapitoon ei tässä opinnäytetyössä oteta kantaa lyhyen tulevaisuuden takia. Sähköasemien komponentit ovat liitteenä.

Sähköasemat tarkastetaan kuukausittain vuositason tarkastussuunnitelman (liite 2) mukaan, eli perustarkastus ja lisänä mahdolliset kuukauden mukaiset tarkastukset ja huollot, esimerkiksi muuntaja-altaiden tyhjennys suoritetaan lokaussa. Kuukausitarkastuksessa tärkeimpiä toimenpiteitä ovat öljyristeisten komponenttien öljymäärän tarkkailu ja mahdollisten vuotojen havaitseminen. Lisäksi tasavirtajärjestelmän on toimittava, sillä kaikki sähköaseman ohjaukset ja suojaukset toimivat sen avulla. Sähköasemien päivitetyt kuukausitarkastuslomakkeet ovat liitteenä. Lomakkeista poistettiin kohtia joita asemilla ei ole tai joiden tarkastaminen ei ole mahdollista. Esimerkiksi Syyspohjan aseman (MA7)

kohdalla poistettiin akkutilan lämpötilan tarkastus, sillä erillistä akkutilaa ei asemalla ole.

Kuukausitarkastuksen lisäksi sähköasemille tehdään tarkempi vuositarkastus. Vuosittaisessa tarkastuksessa tehdään monia silmämääräisiä tarkastuksia ulkokentällä ja aseman sisätiloissa. Lisäksi itse asemarakennuksen kunto tarkastetaan kerran vuodessa silmämääräisesti. Vuositarkastukset tehdään huhtikuussa. Vuosittain tarkastetaan myös sähköasemien dokumenttien paikkansa pitävyys, esimerkiksi pääkaavio ja releasettelukaavio tulisi löytyä asemilta. Tätä opinnäytetyötä varten asemilla tehtiin selvitystyötä ja tässä yhteydessä havaittiin että pääkaaviota ei joiltain asemilta löydy.

Tarkastuksista vastaa asentajapari, joka on perehtynyt sähköasematyöskenteelyyn. Kuukausitarkastukset ovat keventyneet kymmenessä vuodessa, kun pika- ja aikajälleenkytkentöjen lukumääriä ei tarvitse kerätä asemilta. Jälleenkytkennät tilastoituvat nykyään suoraan käytöntukijärjestelmän kautta. Kuukausitarkastukset asemille ehditäänkin yleensä tehdä yhden työpäivän aikana. Tarkastuslomakkeet ovat toistaiseksi käsin täytettävät paperilomakkeet, mutta myös sähköasemilla olisi mahdollista käyttää kunnossapitosovelluksen kautta tehtävää sähköistä tarkastusta. Näin myös sähköasemien kunnossapitotiedot saataisiin verkkotietojärjestelmään josta ne vielä puuttuvat.

Sähköasemien komponenttitietojen päivittämisen yhteydessä päivitettiin myös tiedot viimeisistä huolloista komponenttikohtaisesti. Näillä tiedoilla voitiin päivittää myös pitkän aikavälin huoltosuunnitelma ja suunnitella tulevia huoltoja. Immalan sähköaseman (MA2) komponenttihuollot ovat joiltain osin myöhässä tietoisesti, sillä asemalle suunniteltiin saneerausta, jota ei kuitenkaan ole toteutettu. Jos asemaa ei saneerata lähivuosina, on komponenttihuoltoja edessä tavallista enemmän juuri viivytettyjen huoltojen takia.

Pitkän aikavälin suunnitelma päivitettiin excel-seurantatyökaluksi (liite 1). Ulkonäkö pidettiin vanhan taulukon kaltaisena, mutta pelkän taulukon sijaan huoltoja voidaan nyt kuitata tehdyksi. Toteutuneet huollot merkitään vihreällä taustaväriellä ja kommenttikenttään merkitään huoltopäivämäärä ja mahdolliset lisätiedot

huollosta. Toiselta välilehdeltä löytyy taulukko ”tehdyt huollot”, johon merkitään huoltovuosi ja taulukko laskee tämän perusteella seuraavan huoltovuoden. Tästä on hyötyä, jos huolto suoritetaan suunnitelmasta poikkeavana vuonna ja halutaan päivittää pitkän aikavälin suunnitelma ajan tasalle. Työkalun tehokas käyttö edellyttää, että joku merkitsee huollot tehdyksi, mutta näin tieto tehdyistä ja tekemättömistä huolloista on helposti sitä tarvitsevan henkilön löydettävissä. Jatkossa taulukkoon lisätään yksikköhintapohjainen kustannuslaskelma sähköasemien huollosta. Laskelmaa on hahmoteltu jo hieman omille välilehdille, mutta hinnat ja laskuperusteet tehdään myöhemmin.

3.2.1 110 kV laitteet

Puupylväät

Mansikkalan ja Immalan sähköasemilla on muista asemista poiketen 110 kV johtoja puupylväissä. Mahdollinen maavirta aiheuttaa korroosiota, joten harusten kuntoa on tarkkailtava mahdollisten hapettumien löytämiseksi ajoissa. Haruksen katkeaminen aiheuttaa todellisen hengenvaaratilanteen ja pylvään kaatuessa vähintäänkin mittavat aineelliset vahingot ja laajan keskeytyksen sähköjakelussa. Puupylväitä on kaikesta huolimatta järkevää pitää käyttöikänsä loppuun, sillä myös muu asema tullaan saneeraamaan tulevaisuudessa. Mansikkalan ja Immalan muuntoasemat ovat ISS:n vanhimmat sähköasemat ja kuten edellä todettiin, Immalan asemalle saneerausta on jo suunniteltu.

Harusten kunnon tarkkailu tarkoittaa käytännössä sitä, että harustankoa kaivetaan jonkin matkaa näkyviin hapettumien havaitsemiseksi. Sähköasemien huoltosuunnitelmassa harusten tarkastus on merkitty viiden vuoden välein. Kuntomittauksia voidaan tilata niitä tekevältä yritykseltä tarvittaessa. Lisäksi haruksia tarkkaillaan silmämääräisesti vuosi- ja kuukausitarkastusten yhteydessä.

Erottimet

Erottimen huoltaminen on hankalaa, sillä huoltoa varten koko 110 kV johto täytyisi käytännössä tehdä jännitteettömäksi. Tästä johtuen mahdollisesti tulevaisuudessa Fingridin verkossa tapahtuvista katkoista on syytä ottaa selvää ja tilata erotinhuolto hyvissä ajoin. Erotinhuollot onkin syytä tehdä silloin kun siihen on mahdollisuus eikä välttämättä juuri sinä vuonna joka lukee pitkän aikavälin suunnitelmassa. 110 kV erotinhuolto on kuitenkin merkitty suunnitelmaan 10 vuoden välein tehtäväksi.

Katkaisijat

ISS:ssä neljällä sähköasemalla on SF₆-kaasukatkaisija (MA4, MA6, MA7 ja MA9) ja kahdella vähäöljykatkaisija (MA1 ja MA2). MA1:n vähäöljykatkaisija vaihdetaan kuitenkin kaasukatkaisijaan kesällä 2015, jonka jälkeen ISS:llä on vähäöljykatkaisija vain MA2:lla. Vesivoimalaitoksella sijaitsevalla MA5:llä 10 kV katkaisija on Fortumin omistuksessa.

Katkaisijoille tehdään täyshuollot riippuen katkaisijatyypistä: vähäöljykatkaisijalle 14 ja kaasukatkaisijalle 24 vuoden välein. Lisäksi kaasukatkaisijat perushuolletaan 12 vuoden ja vähäöljykatkaisijat 7 vuoden välein. Perushuollossa molemmilla katkaisijatyypeillä mitataan ylimenovastus sekä toiminta-aika ja suoritetaan ohjaimen huolto. Vähäöljykatkaisijan öljyn läpilyöntilujuuden mittaus kuuluu lisäksi perushuoltoon. [3, 20.]

Päämuuntaja

Sähköaseman päämuuntajat ovat ISS:llä kuusi 110/20 kV ja yksi 10/20 kV muuntajaa. Kaikki päämuuntajat, mukaan luettuna vesivoimalaitoksella sijaitsevan muuntoaseman 10/20 kV muuntaja, ovat mitoitusteholtaan 10–25 MVA.

Päämuuntajalta tarkastetaan kuukausittain öljymäärät sekä ilmankuivaimet. Käämikytkimeltä tarkastetaan samat komponentit ja kirjataan lisäksi toimintakerrojen lukumäärä. Muuntajan tarkastukseen kuuluu myös silmämääräinen tarkkailu mahdollisten öljyvotojen varalta, esimerkiksi jäähdyttäjän liitoslaipat kannattaa tarkastaa silmämääräisesti. Muuntajien öljynkeräysaltaat tyhjennetään vedestä vähintään kerran vuodessa, yleensä syksyllä ennen pakkasia. Lisäksi altaiden vesimäärää tarkkaillaan tarkastusten yhteydessä ja ne tyhjennetään tarvittaessa. Suurin sallittu veden syvyys on määriteltä muuntajakohtaisesti siten että kaikki muuntajan sisältämä öljy tulisi mahtua altaaseen vedestä huolimatta.

Mansikkalan (MA1), Immalan (MA2), Vennonmäen (MA4), Fortumin (MA5) ja Saarlammen (MA9) sähköasemien päämuuntajista on otettu öljynäytteet viimeksi vuonna 2012. Öljyanalyysin perusteella Vennonmäen muuntajaan lisättiin öljyyn antioksidanttia. Muiden muuntajien öljynäytteet eivät vaatineet toimenpiteitä.

Käämikytkin huolletaan yhdeksän vuoden välein, mutta päämuuntajalle tehdään yleensä vain yksi suuri huolto koko sen eliniän aikana. Huoltoa varten muuntaja on kuljetettava huoltoja suorittavaan yritykseen, jolloin sähkönsyöttö sähköasemalle on hoidettava muuta kautta tai huollettavan muuntajan tilalle on tuotava korvaava muuntaja. Näin ollen huolto kannattaa ajoittaa kesälle, koska kuormat ovat silloin pienimmillään, joten korvauskytkennät onnistuvat helposti.

3.2.2 20 kV laitteet

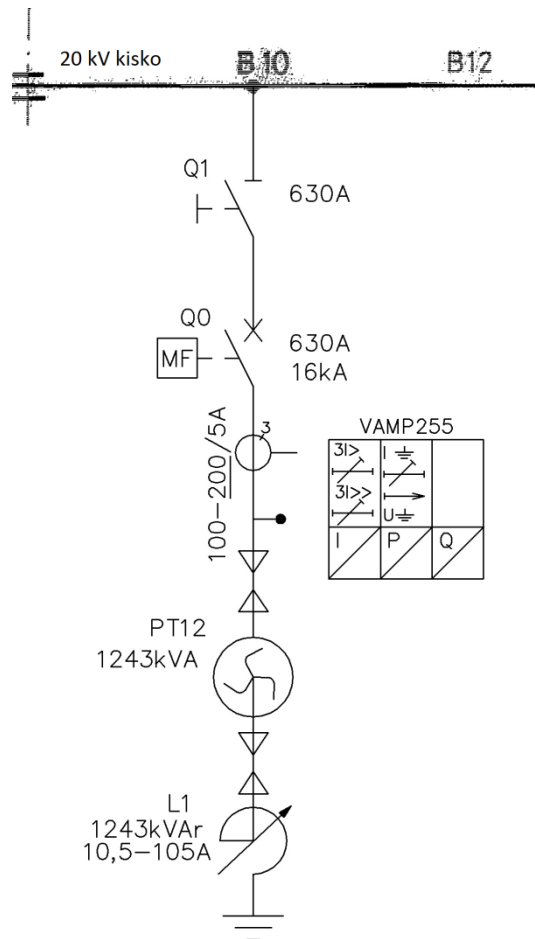
Relekoestus

Suur- ja keskijänniteverkon suojalaitteiden toimivuus on varmistettava määrävällein. Kolmen vuoden välein tarkastetaan suojareleet ilman itsevalvontaa ja itsevalvonnan sisältävät releet koestetaan kuuden vuoden välein. Jos käytössä on luotettava suojausten ja releiden kunnon raportointi sekä tietojen analysointi, ei koestusta ole pakko tehdä. [2, 5.]

Suojauksien koestus suoritetaan omana työnä, yhtiölle on hankittu oma testeri tätä varten. Koestukset suoritetaan kolmen tai kuuden vuoden välein. Uudemmissa tai saneeratuilla asemilla on mahdollista suositusten puitteissa suorittaa koestukset kuuden vuoden välein, sillä, ABB REF ja VAMP –releissä on määräysten mukainen itsevalvonta. Näin ollen Vennonmäen (MA4), Rajapatsaan (MA6), Syyspohjan (MA7) ja Saarlammen sähköasemalla (MA9) koestukset tehdään tulevaisuudessa kuuden vuoden välein. Mansikkalassa (MA1), Immalassa (MA2) ja Fortumilla (MA5) koestukset tehdään edelleen kolmen vuoden välein.

Maasulkuvirran kompensointilaitteisto

Maasulun kompensoinnilla tarkoitetaan, että verkko on maadoitettu impedanssin kautta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kolmioon kytkettyyn keskijänniteverkkoon tarvitaan tähtipistemuuntaja. Muuntajan tähtipisteeseen on kytketty maadoitettu kela, jolloin maasulkutilanteessa kulkee vikavirtaan nähden vastakaissuuntainen virta muuntajan tähtipisteestä vikapaikalle. Kuvassa 1 on Vennonmäen kompensointilaitteiston kytkentä aseman pääkaaviosta leikattuna. Kompensointi voi olla keskitetty tai hajautettu. Hajautettu kompensointi toteutetaan verkossa sijaitsevilla useilla pienillä kompensointilaitteistoilla. Toistaiseksi yleisemmässä keskitetyssä kompensoinnissa on suurempi laitteisto sähköaseman keskijännitekiskoon kytkettynä. Hajautettu kompensointi on yleensä kiinteää, kun taas keskitetty kompensointi on lähes poikkeuksetta säädettävää. Keskijänniteverkon kaapelointiasteen kasvamisen myötä maasulkuvirrat kasvavat voimakkaasti, joten hajautettu kompensointi tulee yleistymään.



Kuva 1. Maasulun kompensointi Vennonmäen sähköasemalla.

ISS:llä käytetään keskitettyä, säädettävää maasulkuvirran kompensointia kahdella sähköasemalla, Vennonmäellä ja Saarlammella. Laitteistolle tehdään tarkastukset kuukausittain, vuosittain ja viiden vuoden välein. Kuukausittain tarkastetaan öljyn pinnan korkeus ja ilmankuivain sekä moottoriohjainkotelo silmämääräisesti. Sähköasemien kuukausitarkastuslomakkeessa on myös kohta ”kompensointilaitteiston poistamien jälleenkytkentöjen lukumäärä”, jota ei ole täytetty. Jälleenkytkentöjen määrä voitaisiin lukea asemalta, mutta tarkastusten tekijöitä ei ole perehdytetty tähän, joten kohta on jäänyt täyttämättä. Jatkossa tämä on kuitenkin tarkoitus korjata.

Vuosittaisessa tarkastuksessa laitteisto puhdistetaan, tarkastetaan silmämääräisesti läpivientien ja kaapelipääteiden kunto sekä tarkastetaan moottoriohjainkotelon vesitiiveys ja lämmityksen toiminta. Viiden vuoden välein tarkastetaan öljyn laatu ottamalla öljynäyte kuristimesta. Lisäksi tarkastetaan kuristimen lisävastuksen, kulmanvaihtopiirin ja rajakytkimien toiminta. Jos verkko on oleel-

lisesti muuttunut viiden vuoden takaisesta tarkastuksesta, on maasulkusuojauksen releasettelut ja säätäjän asettelut tarkastettava.

Erottimet

Sähköasemaerottimien huollot suoritetaan ainoastaan tarvittaessa, sillä huoltoa varten 20 kV kisko on tehtävä jännitteettömäksi. Erottimissa on ollut hyvin vähän vikoja, joten huoltoja ei senkään puolesta ole järkevää suorittaa kuin tarpeen vaatiessa. Lisäksi huonot kontaktit erottimissa havaitaan helposti lämpökameran avulla ja näin voidaan suunnitella huolto ennen vikaantumista. Uudemmissa asemilla ei ole erillisiä erottimia, vaan erottaminen tapahtuu vaunukatkaisijalla.

Katkaisijat

ISS:n sähköasemilla 20 kV katkaisijat ovat joko tyhjiö- tai öljyeristeisiä. Öljyeristeisille 20 kV katkaisijoille tehdään huolto 14 vuoden välein. Myös MA1:n kondensaattoripatteriston katkaisija siirretään muiden katkaisijoiden kanssa samaan huoltokiertoon. Huollolla tarkoitetaan käytännössä öljynvaihtoa, mutta samalla voidaan vaihtaa myös esimerkiksi kovettuneita tiivisteitä. Lisäksi kuukausi- ja vuositarkastuksissa tarkkaillaan kennon yleistä siisteyttä, jotta voidaan havaita mahdollinen öljyvuoto ajoissa. Tyhjiökatkaisijoille ei koestuksia lukuunottamatta tarvitse tehdä erillistä huoltoa, mutta koskettimet voidaan uusita tarvittaessa. Näin ollen 20 kV katkaisijahuolto on sähköasemien pitkän aikavälin huoltosuunnitelmassa ainoastaan niiden asemien kohdalla, joilla on käytössä öljyeristeisiä katkaisijoita.

3.2.3 Tasavirtajärjestelmä

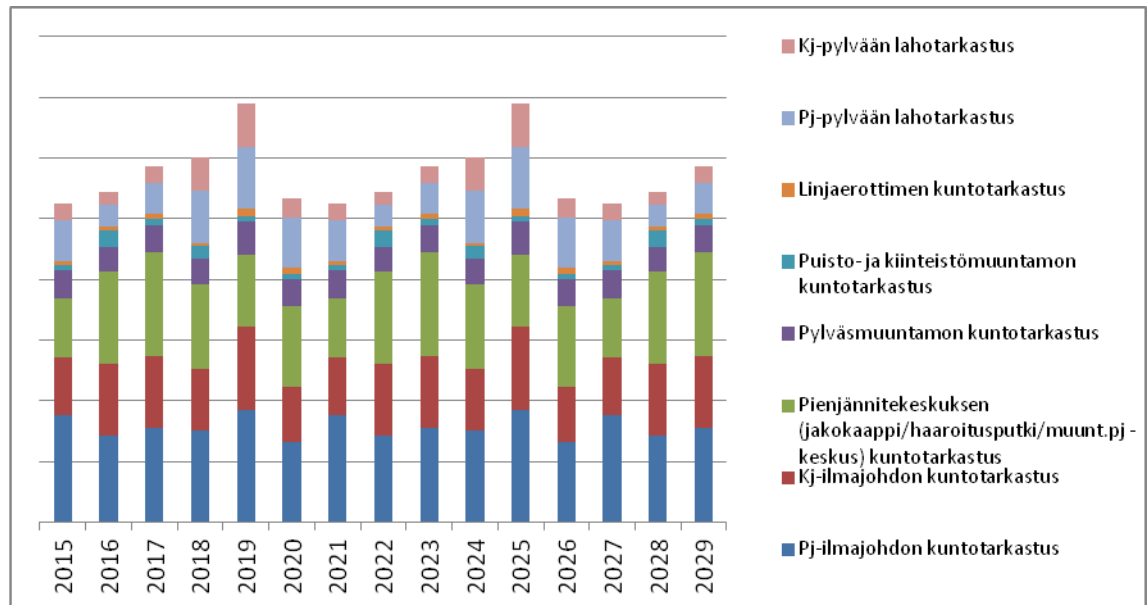
ISS:n sähköasemilla on käytössä 48, 60 ja 110 voltin tasasähköjärjestelmiä ja näiden yhdistelmiä. Jännitteet ja muiden kuin huoltovapaiden akkujen neste-

määrät tarkastetaan kuukausitarkastuksissa. Myös akkutilan lämpötila kirjataan tietyiltä asemilta. Akustolle suoritetaan purkukoe 3 vuoden välein. ISSS:llä on oma akkujen kuormitustesteri, mutta tällä hetkellä pystytään tarkastamaan ai-noastaan kaksi akkua kerrallaan laitteen vikaantumisen vuoksi. Akustot uusi-taan tarvittaessa 10–15 vuoden kuluttua käyttöönotosta.

3.3 Verkko

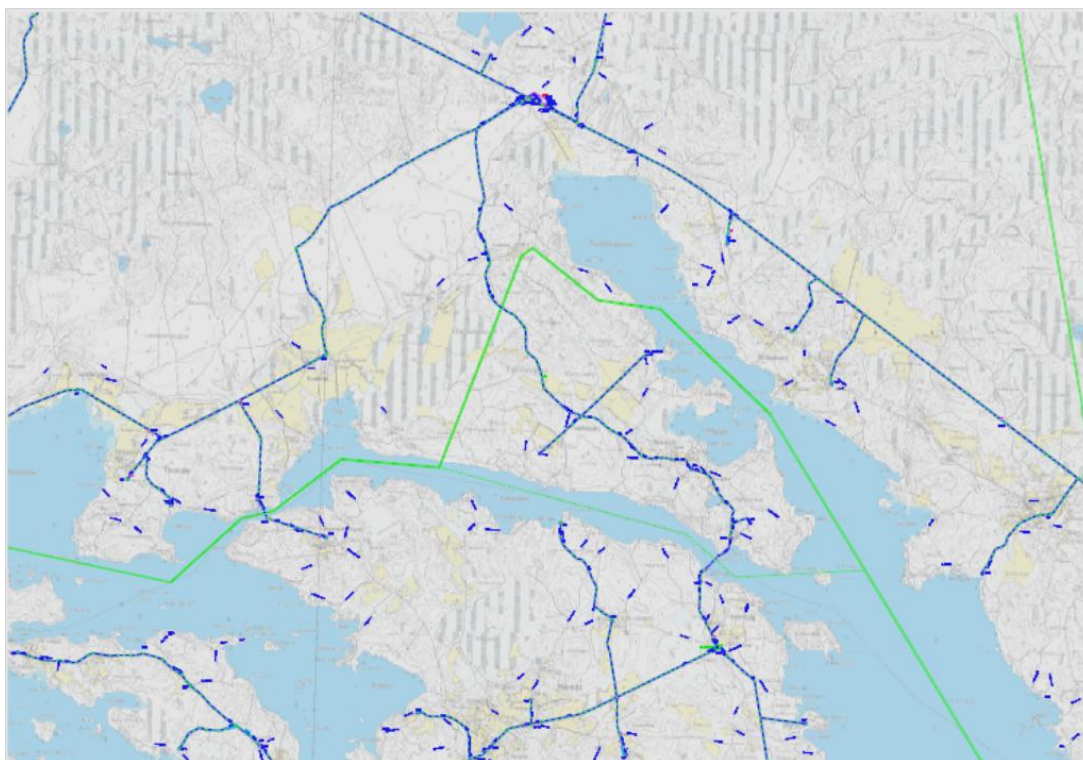
Jakeluverkko on jaettu kahtia A- ja B-alueeseen, joista A-alue kattaa Imatran alueen ja B-alueeseen kuuluu Ruokolahti, osa Rautjärvestä, Taipalsaaren kun-nasta Kyläniemen alue ja lisäksi osia Sulkavasta ja Puumalasta. Alueet on edel-leen jaettu kuuteen kunnossapitoalueeseen joista tarkastetaan vuosittain yksi kummastakin suuremmasta alueesta. Käytännössä siis tarkastetaan yksi alue Imatralta ja yksi lähikuntien alueelta. Näin koko verkko tulee tarkastettua kuu-den vuoden aikana.

Opinnäytetyön yksi tavoitteista oli päivittää verkon pitkän aikavälin tarkastus- ja huoltosuunnitelma. Suunnitelma päivitettiin excel-taulukkomuotoiseksi työkaluk-si jonka avulla on mahdollista seurata tarkastuksia ja raivauksia. Taulukkoon li-sättiin myös yksikköhintapohjainen laskelma tarkastusten kustannuksista. Kus-tannukset lasketaan kevään 2015 massojen ja urakoitsijan yksikköhintojen mu-kaan, mutta tulevaisuudessa molempien päivitys taulukkoon on helppoa. Ku- vassa 2 on kuvakaappaus laskelmasta. Kuvasta on piilotettu yksikköhinnat, mutta verkon massat ja tarkastusyksiköt ovat todellisia.



Kuva 2. Tarkastusten kustannuslaskelma.

Kunnossapitoalueiden määrää ei katsottu tarpeelliseksi muuttaa, koska kuuden vuoden tarkastuskierto on edelleen suositusten mukainen [2, 4]. Lisäksi kustannuslaskelmasta huomaa, että tarkastuskustannukset jakautuvat riittävän tasaisesti eri vuosille, joten myös verkon määrä alueilla on melko samanlainen. Selkeät verkonosat olisi kuitenkin mielekästä saada yhdelle alueelle, joten pieniä muokkauksia on syytä tehdä verkon laajentumisen myötä. Kuvassa 3 on esimerkkinä 1B-alueen pohjoisosa eli Äitsaaren pohjoispuoli ja sen pohjoispuolella sijaitseva Tetriniemi. Kunnossapitoalueraja kannattaisi siirtää kulkemaan Leikkaanvirtaa pitkin kuvan osoittamalla tavalla ja liittää Tetriniemi 2B-alueeseen. Lisäksi Jukajärven lähtö kp-alueella 3B on jatkunut noin puoli kilometriä järjestelmän ulkopuolelle, joten kuntutiedot on tältä osuudelta ajettava toistaiseksi käsin. Muutoksia ei kuitenkaan ole järkevää tehdä kesken tarkastusten, joten vuonna 2015 alkava kierros tehdään nykyisellä aluejaolla.



Kuva 3. Mahdollinen muutos kp-alueeseen 1B.

Lisäksi tehtiin massalaskenta kunnossapitoalueittain tarkastajaurakoitsijoille tehtävää tarjouspyyntöä varten. Verkon massat alueilta 1A ja 1B ovat esimerkkinä liitteenä 7. Tarjosten yksikköhintojen ja massalaskennan perusteella tein myös yhteenvetona hintavertailutaulukon, jota käytettiin urakoitsijan valinnassa. Tarjouspyyntölaskennan yhteydessä tehtiin verkkotietojärjestelmään finder-kyselyt lahotarkastettavien pylväiden kartoittamiseen asennusvuoden perusteella. Kyselyt jäävät verkkotietojärjestelmään myös opinnäytetyön valmistuttua.

3.3.1 Kaukokäyttö

ISS:n verkkoa käytetään SCADA-järjestelmällä. SCADA on yleisnimitys tietyn tyyppisille valvomo-ohjelmistoille. Käytännössä ohjelmassa näkyy etusivulla järjestelmäkaavio pää- ja ala-asemineen. Ikkunoita saa avattua kulloiseenkin tarkoitukseen sopivimman, esimerkiksi verkostokaavion jonkin osan tai erotinase-man kaavion. Tilastointi on toteutettu siten, että käyttötukijärjestelmä lukee SCADAA ja muodostaa tilastot.

Järjestelmä on kahdennettu ja tiedot varmuuskopioidaan jatkuvasti. Jos toinen pääasema kaatuu tai vikaantuu, toinen otetaan käyttöön automaattisesti. Järjestelmän fyysinen kunnossapito rajoittuu terminal serverin varmuuskopionauhan vaihtoon kuukausittain. Nauhan vaihdon jälkeen järjestelmän tiedot varmuuskopioidaan automaattisesti kokonaisuudessaan ja kuukauden aikana tulevat muutokset tallentuvat myös automaattisesti.

Yhteydenpito sähköasemille tapahtuu joko valokuitua tai kuparikaapelia käyttäen. Vennonmäen, Syyspohjan ja Saarlammen muuntoasemille on asennettu valokuitu, muille tiedonsiirto tapahtuu kuparikaapelia käyttäen. Kaikilla asemilla varayhteytenä toimii kuparikaapeli tai 3g-modeemi.

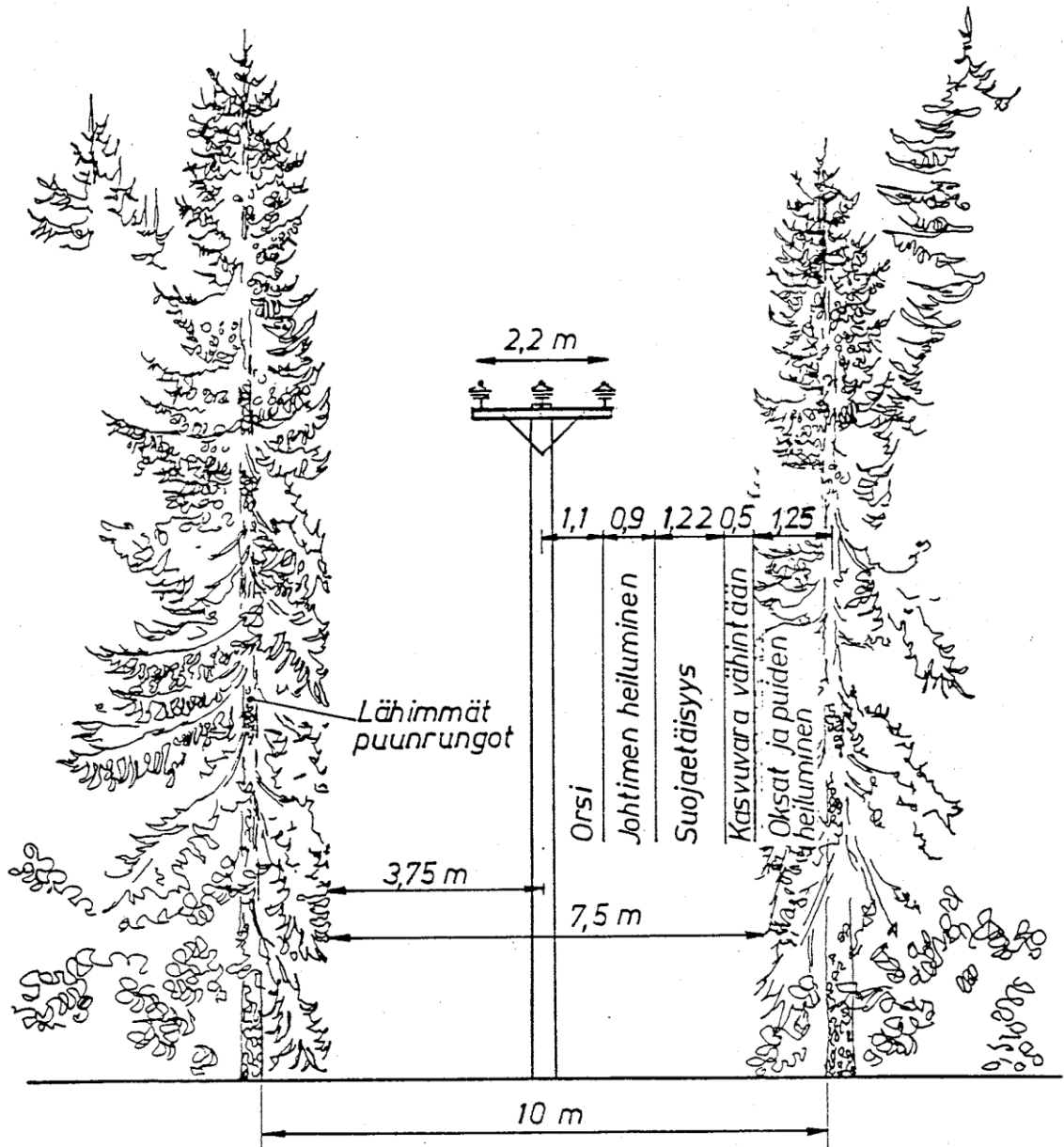
Kaukokäyttöerotinasemille tiedonsiirto tehdään radioyhteydellä. Järjestelmiä on käytössä kaksi: nykyisin yleisemmin käytetty pakettiradio IEC 60870-5-101 ja vanhempi procol-protokolla. Molemmat järjestelmät toimivat valvomossa SCADAn kautta samalla tavoin. Kuvassa 4 on Niskapietilän erotinasema, jolla sijaitsee myös maastokatkaisija. Erottimien tiedonsiirto tapahtuu procol-protokollaa käyttäen ja katkaisijan pakettiradion välityksellä, joten asemalla on kaksi antenia ja ala-asemaa.



Kuva 4. Niskapietilän erotinasema ja kaukokäytön antennit.

3.3.2 Johtokadut

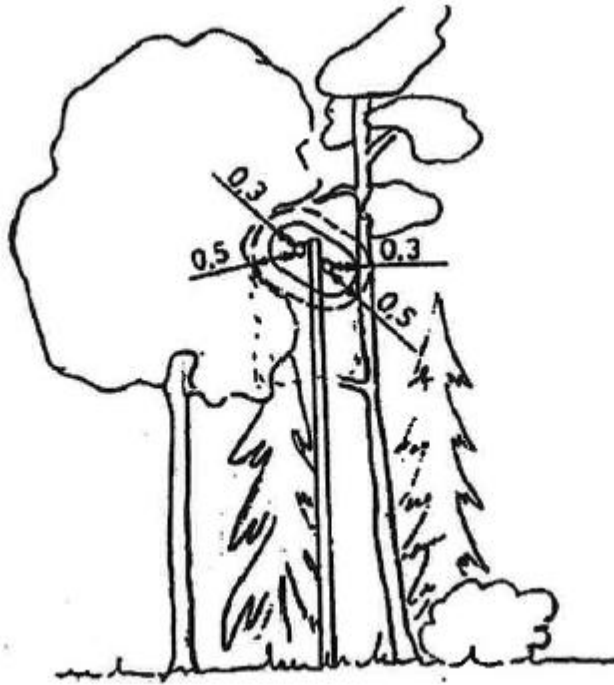
20 kV johdoilla on vapaat etäisyydet pidettävä riittävän suurina. Myös oksien kasvaminen on otettava johtokatua tarkastaessa huomioon: vapaan tilan johtimiin on oltava riittävä vähintään seuraavaan tarkastukseen saakka. ISS:n verkkoa koskevissa johtoaluesopimuksissa on 20 kV avojohdot määritelty 10 m leveäksi verkostosuosituksen RJ 21:92 mukaisesti. Tällöin vapaaksi tilaksi jää 7,5 m. Etäisyydet käyvät ilmi kuvasta viisi. Kappaleessa 4.2 kerrotaan raivauksesta tarkemmin.



Kuva 5. 20 kV johtokatu metsässä [4].

PAS-johdolle olisi mahdollista käyttää kapeampaa, kuuden metrin levyistä johtokatua vapaan tilan ollessa 3,5 m. ISS:ssä on kuitenkin käytetty myös PAS-johdoille 10 m leveää johtokatua ja kuvan 2 mukaisia etäisyyksiä.

Riippujohdolle – pj ja kj – ei raivata varsinaista johtokatua, vaan oksat sahataan johdon korkeudelta kuvan 6 osoittamalla tavalla. Tarvittaessa poistetaan myös puita, jotka voivat vahingoittaa johtoa.



Kuva 6. Riippujohdon johtoalue [3].

ISS:n verkossa on myös jonkin verran tehty puuvarmoja 20 kV johtokatuja. Toituneissa kohteissa tiealueen rajalle rakennetun kj-linjan metsän puolella on 15 metriä leveä puuttomaksi raivattu alue, eli johtokaduksi tulee käytännössä noin 30 metriä. Tällä menettelyllä saadaan lisättyä uuden sähkömarkkinalain vaatimaa säävarmaa verkko-osuutta. Vaikka maanomistajille maksetaan puustosta odotusarvon mukainen korvaus, on hakkuu silti haja-asutusalueella 20 kV kaapelointia halvempi vaihtoehto.

3.3.3 Pylväät

ISS:n verkossa olevista pylväistä suurin osa (69 %) on vielä kreosoottipylväitä. Kreosootilla kyllästettyjä pylväitä ei ole asennettu enää vuoden 2001 jälkeen. Toiseksi suurin kyllästystapa on CCA eli suolakyllästys, jolla on kyllästetty viidesosa pylväistä. Uusissa asennuksissa ISS:illä on alettu käyttää myös kuparilla kyllästettyjä pylväitä joita on käytössä vasta 794 kappaletta eli kolme prosenttia koko pylväsmäärästä. Näiden lahoamisesta ei ole vielä juurikaan kokemusperäistä tietoa lyhyen käyttöhistorian takia. Lisäksi erikoisrakenteissa, kuten vuonna 2013 saneeratulla Puntalan erotinasemalla, on muutaman viime vuoden aikana otettu koekäyttöön komposiittipylväitä. Lasikuituisen, onton pylvään päällä

on pehmeä muovipinnoite, joten pylvääseen kiipeäminen tavallisilla pylväsken-
gillä on mahdollista. Erikoisrakenteissa tällaisen pylvään käyttö on todennäköi-
sesti kannattavaa, sillä kestoikä verrattuna nykyisiin kyllästettyihin puupylväisiin
odotetaan olevan huomattavasti pidempi.

Taulukossa 1 on esitettyä pylväiden lukumäärät kyllästyksen tai materiaalin
mukaan. Kohdassa ”kaikki” on myös ne pylväät joiden kyllästystapaa ei ole
verkkotietojärjestelmässä, joten prosenttiosuudeksi ei tule sataa. Kyllästystapa
on kuitenkin yli 90 prosenttisesti järjestelmässä, joten pylvästiedot on tältä osin
melko hyvin dokumentoitu. Pylvästiedot puuttuvat todennäköisesti erittäin van-
hoilta ja uusilta, yksittäisiltä vaihdetuilta pylväiltä.

Taulukko 1. Pylväiden kyllästystapa ja lukumäärä.

Kyllästystapa	Lukumäärä	%
Kreosootti	17357	69 %
CCA	4965	20 %
Kupari	794	3 %
Metalli	11	0,04 %
Komposiitti	5	0,02 %
Kaikki	25194	92 %

Yli 30 vuotta vanhoille pylväille tehdään lahotarkastus verkon tarkastuksen yh-
teydessä, sillä on havaittu että lahoa esiintyy tätä nuoremmissa pylväissä har-
voin. Lahoisuuden toteamiseen ei ole toistaiseksi perinteistä piikkikoe-, koputte-
lu ja kairausmenetelmiä luotettavampia tapoja [5, 10], joten lahotarkastus on
syytä suorittaa perinteisiä menetelmiä käyttäen. Pylväiden laholuokitus muute-
taan vastaamaan verkostosuosituksista RJ 33:09 eli uusi luokittelu on kolmiportai-
nen vanhan neliportaisen sijaan:

LAHOISUUSASTE
Lahoisuusaste 1

TUNNUSMERKIT

Pylväessä näkyvää lahoa tai pehmennyttä
ja tummunutta puuta. Pylvään pituuden ol-
lessa ≤ 11 metriä ja kun pylvään terve tyvi-
halkaisija on vähintään 15 cm. Tätä pi-
demmillä pylväillä 1 metrin lisäys pylväs pi-
tuuteen lisää terveen tyvihalkaisijamittaa 1
cm:llä. Terve tyvihalkaisija täyttää selvästi
lahoisuusasteen 2 ja 3 vaatimukset

Lahoisuusaste 2	Pylväässä lahoa ympäri pylvään. Pylvään pituuden ollessa ≤ 11 metriä ja kun pylvään terve tyvihalkaisija on ≤ 15 cm mutta kuitenkin vähintään 13 cm. Tätä pidemmällä pylväillä 1 metrin lisäys pylväs pituuteen lisää terveeseen tyvihalkaisijamittaa 1 cm:llä.
Lahoisuusaste 3	Pylväs pahoin lahonnut. Pylvään pituuden ollessa ≤ 11 metriä, ja kun pylvään terve tyvihalkaisija on ≤ 13 cm. Tätä pidemmällä pylväillä 1 metrin lisäys pylväs pituuteen lisää terveeseen tyvihalkaisijamittaa 1 cm:llä. [5, 18.]

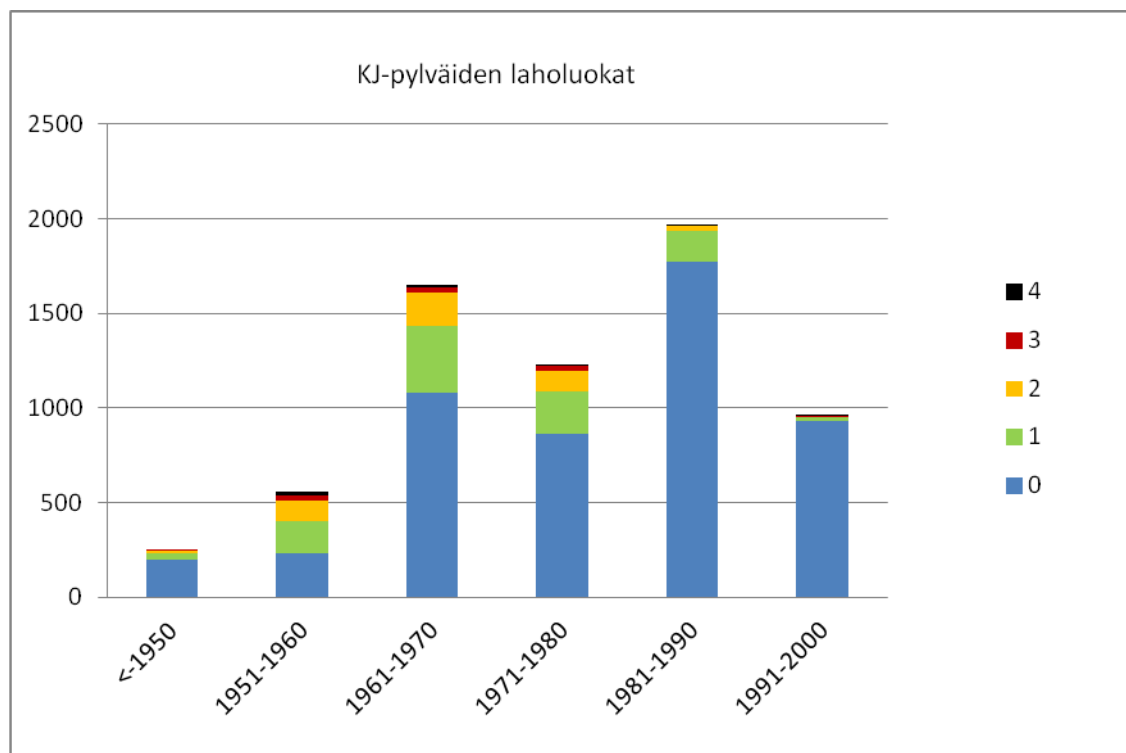
Tähän mennessä on käytössä ollut neliportainen laholuokitus, jonka mukaiset kuntotiedot löytyvät verkkotietojärjestelmästä. Vuonna 2015 alkava tarkastuskierto tehdään vielä tällä luokittelulla, taulukossa 2 on esitetty lahoille pylväille tehtävät toimenpiteet. Muutoksena vanhaan tarkastaja ohjeistetaan merkitsemään laholuokan neljä vain välitöntä hengen tai omaisuuden vaaraa aiheuttaville pylväille. Näin luokan neljä saaneet pylväät poistuvat verkosta ennen seuraavaa tarkastusta, joten verkkotietojärjestelmään ei tarvitse tehdä suurempia muutostöitä laholuokittelun muuttuessa.

Taulukko 2. Laholuokat ja toimenpiteet.

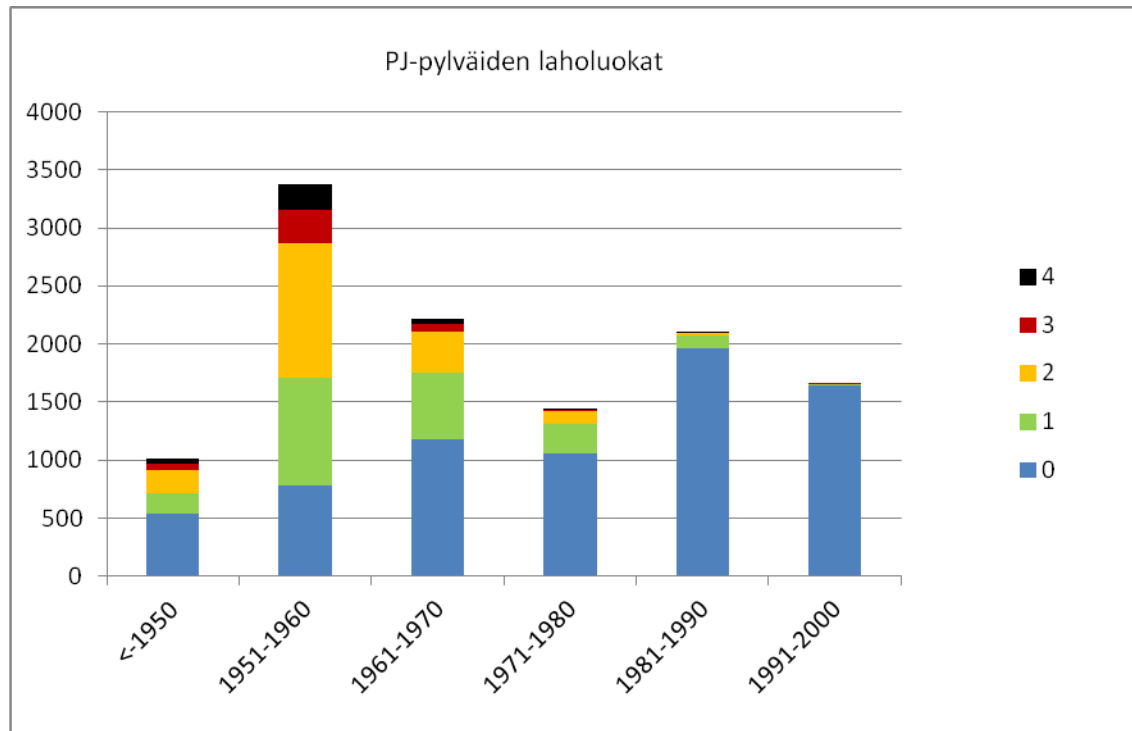
Laholuokka	Toimenpide
0	Seuraava lahotarkastus 12 vuoden kuluttua
1	Seuraava lahotarkastus 12 vuoden kuluttua
2	Seuraava lahotarkastus 6 vuoden kuluttua
3	Vaihto uuteen 5 vuoden kuluessa
4	Vaihto uuteen välittömästi

Pylväiden asennusvuoden mukainen lukumäärä ja laholuokka on esitetty kuvissa 7 ja 8. Pylvästiedot kerättiin vain ennen vuotta 2000 asennetuilta pylväiltä, sillä lahoa ei tätä nuoremmassa juurikaan esiinny. Lisäksi uusia pylväitä ei ole lahotarkastettu vielä, joten laholuokkaa ei näillä välttämättä vielä ole. Pj-pylväissä esiintyy enemmän heikompikuntoisia yksilöitä välillä 1951–1960 asennetuissa pylväissä kuin muissa ikäluokissa. Tämän ikäisiä pylväitä on

myös käytössä eniten pj-ilmajohtoverkossa. Molemmista taulukoista voidaan huomata, että vuosina 1981–1990 on asennettu enemmän pylväitä kuin aikaisemmalla tai seuraavalla tarkasteluvälillä. Tämä selittyy osittain runsaalla pylväiden vaihdon määrällä. Taulukoista voidaan kuitenkin todeta, että ISS:n verkon pylväät ovat melko terveitä, keskimääräiseksi laholuokaksi tulee noin 0,5. Huomionarvoista on, että kerätyissä pylvästiedoissa on mukana myös laholuokka 4, joka poistuu seuraavien kuuden vuoden aikana. Jos siis keskimääräistä laholuokkaa lasketaan tulevaisuudessa, on muistettava etteivät tulokset ole vertailukelpoisia vanhoihin laskelmiin.



Kuva 7. KJ-ylväiden laholuokat.

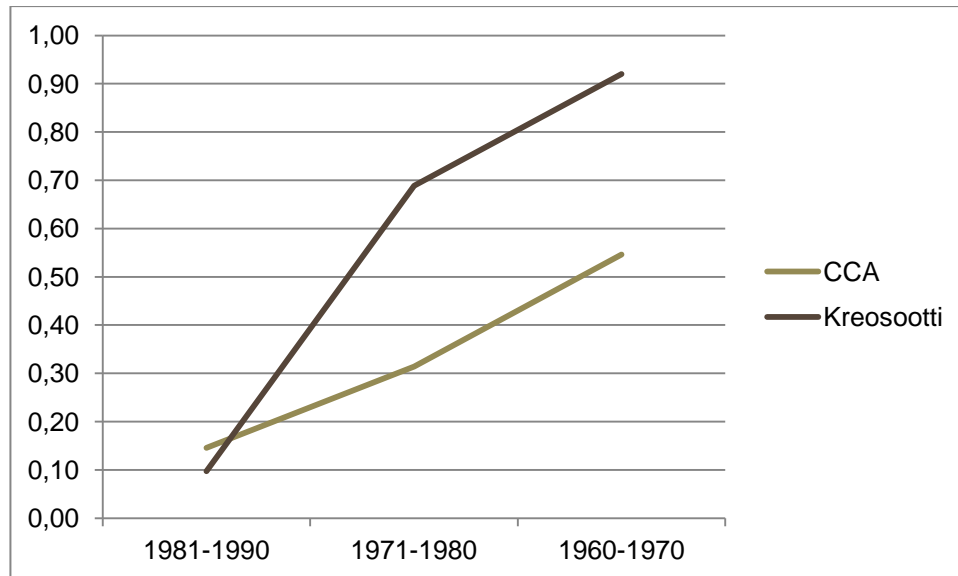


Kuva 8. Pj-pylväiden laholuokat.

Kyllästystavan mukaista laholuokkaa ei uudehkoilla pylväillä tutkittu, sillä kyllästystapaa on vaihdettu ajan myötä joten tulokset eivät olisi vertailukelpoisia. CCA-kyllästeisiä ja kreosoottipylväitä on sen sijaan asennettu rinnakkain, joten näistä saatiin jonkinlaista lahoamisvertailua. Tulokset on esitetty taulukossa 3. Vaikuttaisi siltä, että kreosoottipylväät ovat lahonneet aluksi nopeammin kuin CCA-kyllästeiset, mutta lahoaminen on tasoittunut ajan kuluessa.

Taulukko 3. Kyllästystavan vaikutus lahoamiseen.

Kyllästystapa	Asennusvuosi	Keskim. Laholuokka	Yhteensä
CCA	1981-1990	0,15	0,34
	1971-1980	0,31	
	1960-1970	0,55	
Kreosootti	1981-1990	0,10	0,57
	1971-1980	0,69	
	1960-1970	0,92	



3.3.4 Jakelumuuntamot

Jakelumuuntamosta puhuttaessa tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä 20/0,4 kV muuntamoita. 1 kV:n jännitettä sisältävissä järjestelmissä voidaan käyttää kaksikämmisiä (20/1 kV, 1/0,4 kV) tai kolmikäämisiä jakelumuuntajia joiden jännitteet ovat esimerkiksi 20/1/0,4 kV. ISS:llä ei kuitenkaan ole vielä 1 kV:n jakelujärjestelmiä käytössä, eikä myöskään lähitulevaisuudessa suunnitteilla.

Muuntamot tarkastetaan verkon yleistarkastusten yhteydessä. Mahdollisten öljyvuotojen havaitseminen tarkastuksissa on tärkeä toimenpide jokaiselle öljyeristeiselle jakelumuuntamotyyppille, sillä vuodon löytäminen ajoissa voi säästää pitkältä keskeytykseltä ja kalliilta korjaukselta. Lisäksi muuntajaöljy on haitallista ympäristölle, joten saastunut maaperä on aina puhdistettava.

Pylväsmuuntamot

ISS:n jakelumuuntamoista suurin osa on pylväsmuuntamoita, joita verkossa on yhteensä 535 kappaletta. Suurin osa näistä sijaitsee haja-asutusalueella, mutta käytössä on myös taajamamuuntamoita. Pylväsmuuntamoita tarkastettaessa päähuomio on kiinnitettävä pylväiden kuntoon, merkintöjen oikeellisuuteen ja etäisyysvaatimusten täyttymiseen. Lisäksi muuntajakannella mahdollisesti ole-

vat sinne kuulumattomat esineet voivat aiheuttaa keskeytyksen, joten nämäkin on tärkeää raportoida. Muuntajaerotin on myös tarkastettava silmämääräisesti pylväsmuuntamoita tarkastettaessa. Muutamilla muuntamoilla on vielä käytössä vanhoja vaijerivälitteisiä erottimia joita tarkastaessa on vaijereiden kunnan ja kiireiden perusteella arvioitava onko erottimen ohjaaminen mahdollista.

Puistomuuntamot

ISS:llä on 194 puistomuuntamoita, jotka sijaitsevat pääosin taajama-alueilla, mutta kaapelointiasteen kasvattamisen myötä kasvavassa määrin myös haja-asutusalueella. Puistomuuntamon tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota merkintöjen oikeellisuuteen sekä ajantasaisten dokumenttien löytymiseen. Muuntamolla tulisi olla ainakin muuntamokaavio ja muuntopiirikartta. Lisäksi puistomuuntamon tarkastuksen yhteydessä tarkastetaan maakaapelipäätteiden kunto sekä raportoidaan myös mahdolliset graffitit. Tarvittaessa muuntamot maalataan uudelleen. Myös esteettömään liikkumiseen on syytä kiinnittää huomiota: kaikkien ovien ja luukkujen tulisi olla avattavissa esteettömästi. Tarvittaessa puistomuuntamon ympäristö on raivattava.

Kiinteistömuuntamot

Kiinteistömuuntamoita ISS:n jakeluverkossa on 34. Osa näistä on ISS:n muuntamoita ja osa kj-liittymäasiakkaan. Kj-liittymien omistusrajat on koottu yhteen tiedostoon, josta on ennen tarkastusta hyvä varmistaa tarkastettavat kohteet. Tärkein tarkastettava asia on sisäänpääsy muuntamotilaan. Jos muuntamotilan oven lukitus on eri sarjaa kuin ISS:n muuntamosarjan lukot, tulisi oven välittömästi läheisyydestä löytyä esimerkiksi putkilukko joka sisältää avaimen muuntamotilaan. ISS:ssä on suoritettu kiinteistömuuntamoiden sisäänpääsyn kartointus ja tehty tämän pohjalta ohjeet muuntamotiloihin pääsemiseksi. Lisäksi tarkastetaan onko tilassa sinne kuulumattomia tavaroita, sillä muuntamohuone on sähkötila jota ei saa käyttää varastona.

ISS:llä on kolmella kiinteistömuuntamolla käytössä vanhoja vähäöljykatkaisijoita, joita ei ole dokumentoitu verkkotietojärjestelmään. Lisäksi katkaisijoita ei ole tiettävästi huollettu koskaan. Katkaisijat kartoitettiin opinnäytetyön aikana ja laadittiin niille puuttuva huolto-ohjelma. Laukaisut poistettiin viimeiseltäkin katkaisijalta huhtikuussa 2015, joten kaikki muuntamoilla sijaitsevat katkaisijat toimivat vain paikallisohjauksella. Näin katkaisijoilta ei tarvitse tarkastaa releasetteluja. Muuntamoilla 6 (Kaupungintalo), 8 (Laitesuoja) ja 74 (Keskusliikenneasema) sijaitsevat katkaisijat tarkastetaan silmämääräisesti kiinteistömuuntamon tarkastuksen yhteydessä.

Katkaisijoille suoritettiin huollot keväällä 2015 jonka jälkeen ne siirtyvät sähköasemien vähäöljykatkaisijoiden kanssa samaan huoltokiertoon eli täyshuolto 14 vuoden välein. Tämä on varmasti riittävä huoltoväli, sillä toimintakertoja kertyy huomattavasti vähemmän kuin sähköaseman katkaisijalle ja varsinkin laukaisujen poistamisen jälkeen vikalaukaisuja ei enää tapahdu. Huollot löytyvät verkon pitkän aikavälin huoltosuunnitelmasta alueilta 2A ja 3A. Seuraava huoltovälin mukainen huolto on siis vuonna 2029.

3.3.5 Erottimet

Erottimen tärkein tehtävä on erottaa verkonosat toisistaan muodostamalla näkyvä avausväli erotuskohtaan. Erottimilla rajataan vikaantunut verkonosa pois ja muutetaan jakorajoja verkon häiriö- tai huoltotilanteessa. Erottimelle on laadittava huolto-ohjelma, jossa on määritetty huoltoväli. Huolto jännitetyönä on kannattavaa, sillä erottimen saaminen jännitteettömäksi on käytännössä vaikeaa ilman alueellista keskeytystä sähköjakelussa.

Erotimeet tarkastetaan muun verkon tarkastuksen yhteydessä. Maadoitusmittauksia ei erottimille ole tarpeellista tehdä, jos erottimien maadoitukset ovat standardin SFS 6001 mukaisia, jollaisia ISS:n verkon erottimista suurimman osan maadoitukset eivät kuitenkaan ole.

Linjaerottimet

Käsiohjattavia erottimia on ISS:n verkossa 244. Näistä suurin osa on piiskaerottimia, kammioerottimia on 39. Piiskaerottimilla on varsinkin ennen auki ohjausta varmistettava että katkaisupiiskat ovat koukkujen takana. Kammioerottimilla tarkastetaan että katkaisukammioiden ohjausviikset ovat paikallaan. Jos jompikumpi edellä mainituista asioista ei ole kunnossa, ei erotinta ohjatessa tapahdu niin kutsuttu nopea erotus, vaan erottaminen tapahtuu hitaasti ja kuluttaa koskettimia huomattavasti enemmän.

Erottimet huolletaan 16 vuoden välein. Energiaviraston laskennallinen pitoaika erottimelle on noin 30 vuotta, joten laskennallisesti erottimet huollettaisiin siis kerran elinkaarensa aikana. Huollot tehdään mahdollisuuksien mukaan katkojen aikana, mutta jännitetyönä silloin kun erottimen saaminen jännitteettömäksi aiheuttaisi kohtuuttoman keskeytyksen. Huoltoja on tehty viime vuosina enemmän, sillä verkossa on ollut hyvinkin pitkään huoltamatta olleita erottimia.

Erottimien huolloissa voitaisiin siirtyä aikaperusteisesta kuntoperusteiseen kunnossapitoon erottimen käyttökertojen perusteella. Ohjauskerrat ovat saatavilla DMS-käyttöjärjestelmästä. Myös verkkotietojärjestelmän kunnossapitotietoja voitaisiin käyttää huoltoja suunniteltaessa. Näin kunnossapidosta saataisiin kuntoperusteista ja huoltotoimenpiteet kohdistettua niitä tarvitseville erottimille.

Kaukokäyttöerotinasemat

Erotinasemat ovat sähköasemien ohella sähkönjakeluverkon solmupisteitä. ISS:llä on 27 kaukokäyttöerotinasemaa. Asemat sijaitsevat pääosin haja-asutusalueella, jossa välimatkat ovat pitkiä. Jakorajamuutokset hoituvat nopeasti, kun paikalle siirtymiseen ei kulu kohtuuttomasti aikaa. Kaukokäytön avulla häiriötilanteessa vikaantunut verkonosa saadaan nopeasti rajattua kokeilukytkenöillä ja jakorajamuutoksilla.

Erotinasemalla on yleensä vähintään kolme erotinta, joista jokaisella on oma moottoriohjain. Ohjaus tapahtuu normaalitilanteessa valvomosta käsin radioyhteydellä, mutta myös käsin ohjaaminen on mahdollista. ISS:n erotinasemilla ei käytetä automaattista ohjausta, eli ohjauksen suorittaa aina käyttötöitä tekevä henkilö joko valvomosta käsin tai paikan päällä. Kaukokäyttöä varten asemalla tarvitaan ala-asebakaappi, jossa on ohjauselektroniikka, akusto ja laturi. Käytösähkö otetaan aseman läheisyydessä olevasta jakelumuuntajasta tai pelkästään asemaa varten asennetusta yksivaiheisesta omakäyttömuuntajasta. Kaukokäyttöjärjestelmänä on vanhemmilla asemilla procol-protokolla ja uudemmilla käytetään pakettiradiota.

Erotinasemien huoltotoimenpiteet kohdistuvat pääosin ala-asebakaappiin. Puolivuosittain tehdään seuraavat toimenpiteet: latauksen tarkastaminen, ala-asebakaapeissa olevan lämmitysvastuksen tarkastaminen, liitosten hapettumisen tarkastus, tarvittaessa rasvaus hapottomalla rasvalla ja akun puhdistaminen päällisin puolin. Näiden lisäksi asemat lämpökuvataan ja akustolle tehdään kuormituskoe kerran vuodessa. Mekaaniset huollot erotinasemilla tehdään kahdeksan vuoden välein. Myös erotinasemille on oma päivitetty huolto-ohjelma, joka on liitteenä. Tarkastuslomakkeet päivitettiin ja niihin lisättiin puuttuva lämpökuvaus toukokuussa tehtäväksi.

Maastokatkaisijat

Maastokatkaisija on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin katkaisija sähköasemalla, mutta se sijaitsee johtolähdöllä eikä sen alussa. Maastokatkaisijan avulla parannetaan sähkönjakelun varmuutta, kun esimerkiksi pitkän johtolähdön perällä tapahtuva oksan taipuminen avojohdolle ei aiheuta jälleenkytkentää koko lähdöllä. Näin suojauksen selektiivisyys paranee ja pienempi osa asiakkaista kärsii yksittäisestä viasta. Katkaisijalla on samankaltainen ala-asebakaappi kuin kaukokäyttöerotinasemalla, mutta se sisältää akuston, laturin ja kaukokäyttöelektroniikan lisäksi samankaltaisen releistyksen kuin sähköasemalla, joten maastokatkaisijoilla voidaan suorittaa jälleenkytkentöjä samaan ta-

paan. Käyttösähkö katkaisijan kaukokäyttöelektroniikkaa varten otetaan lähellä olevasta jakelumuuntajasta tai omakäyttömuuntajasta.

ISS:n verkossa on kaksi maastokatkaisijaa, Viimolassa ja Niska-Pietilässä. Kolmas katkaisija on suunnitteilla. Molemmat käytössä olevat ovat ABB OVR-3 -tyyppisiä tyhjiökatkaisijoita, joten mekaanista huoltoa ei tarvita itse katkaisijalle. Katkaisijoiden releenä käytetään ABB REC523:a, joka eroaa sähköaseman kennotermiinaali REF-sarjasta muun muassa siten, ettei siinä ole nestekidenäyttöä vaan tilaa ja havahtumisia osoittavat ledit. Releasettelut, kuten pika- ja aikajälleenkytkentäajat, määritellään samaan tapaan kuin sähköasemilla. Tila-, havahtumis- ja laukaisutiedot välittyvät SCADAn kautta käytöntukijärjestelmään pakettiradion välityksellä. Katkaisijoita on mahdollista ohjata myös paikallisesti, tarvittaessa ilman omakäyttösähköä, ja ne voidaan ohittaa kokonaan yläpuolelle asennetun erottimen avulla. Katkaisijat valokuvattiin ja kuvat liitetään verkkotietojärjestelmään.

Vaikka mekaanista huoltoa ei tarvita, on suojaukset kuitenkin koestettava määräväleihin. Koska ABB:n REC-sarjan releissä on määräysten mukainen itsevalvonta, maastokatkaisijoiden relekoestus suoritetaan kuuden vuoden välein. Lisäksi ala-asebakaappi on tarkastettava ja huollettava samalla tavalla kuin kaukokäyttöerotinasemilla. Huolto ja tarkastus tehdään erotinaseman tarkastuksen yhteydessä, sillä katkaisijat sijaitsevat asemalla tai hyvin lähellä sitä. Maastokatkaisijoiden huollot ja tarkastukset on lisätty erotinasemien huoltosuunnitelmaan.

3.3.6 Pienjänniteverkko

Pienjännitteellä tarkoitetaan enintään 1000 voltin järjestelmää. ISS:n pj-verkossa on käytössä pääjännitteenä ainoastaan 400 V, 1 kV:n järjestelmiä ei ole vielä rakennettu. Pj-verkosta puhuttaessa tarkoitetaan tässä yhteydessä siis 20/0,4 kV jakelumuuntamolta alemman jänniteportaan laitteita. Jos tulevaisuudessa aletaan käyttää 1 kV:n järjestelmiä, on näiden tarkastuksissa huomioitava

varoitus- ja tunnistusmerkinnät joilla jännitetaso erotetaan selvästi 400 V jakelu-jännitteestä.

Pienjänniteverkon tarkastuksissa on kiinnitettävä erityistä huomiota jakokeskus-ten kuntoon ja dokumentoinnin oikeellisuuteen. Jakokaapissa tulisi olla ajan-tasainen jakokeskuskaavio ja paikkansa pitävät lähtömerkinnät oikeilla paikoil-laan. Pyörimissuunnan mittausta pj-keskukselta ei katsottu tarpeelliseksi kun-nossapitotarkastusohjeen päivityksen yhteydessä, joten kyseinen kohta jätettiin pois ohjeesta. Jakokaapeille tehdään myös lämpökamerakuvauksia käyttöö-nön jälkeen pistokokeina, jotta löysät liitokset voidaan havaita.

ISS:n pienjänniteverkossa on vähenemässä määrin omissa pylväissään olevaa ilmajohtoa. Pj-ilmajohdoista suurin osa on AMKA-riippukierrekaapelia, avojoh-toa on käytössä yhteensä alle viisi kilometriä. AMKAn tarkastuksessa merkitään johdolla olevat tai vaaralliset reunapuut, jotka poistetaan heti tarkastuksen jäl-keen. Lisäksi liittimien ja jatkojen kunto on tarkastettava silmämääräisesti.

3.3.7 Maadoitukset ja laaja maadoitusverkko

Aina kun mahdollista kannattaa pyrkiä laajaan maadoitusverkkoon, sillä se ta-kaa parhaan mahdollisen suojan vaarallisia kosketusjännitteitä vastaan. Lisäksi jos järjestelmään liittyy esimerkiksi uusi muuntamo, ei maadoitusimpedanssia tarvitse mitata, mutta on varmistettava uusien järjestelmien liittyminen laajaan maadoitusverkkoon [7, 20]. Standardissa 6001 määritellään laaja maadoitusjär-jestelmä seuraavasti:

Maadoitusjärjestelmä on tehty liittämällä useat paikalliset lähellä toisi-aan olevat maadoitusjärjestelmät verkkomaisesti yhteen siten, että jär-jestelmä muodostaa lähes tasapotentiaalipinnan. Järjestelmän laajuus ja maadoitusverkon tiheys varmistavat sen, ettei kyseisellä alueella esiinny vaarallisia kosketusjännitteitä. [6, 25].

Laajan maadoitusjärjestelmän syntyminen on suositeltavaa osoittaa kaaviona maadoitusjärjestelmän yhteyksistä [7, 21]. Tämän opinnäytetyön yhteydessä päivitettiin ISS:n jakeluverkon maadoituskaavio ajan tasalle. ISS:ssä on keski-

jänniteverkossa viski-kaapelin (AHXAMK-W) kanssa samaan kaapeliojaan asennettu lisämaadoituskupari, joka kaaviossa näkyy omana yhteytenä. Yhtiön ohjeistuksen mukaan lisämaadoitusta viski-kaapelin mukana ei lasketa omaksi yhteydeksi maadoitusverkon reunamilla [8], mutta kaavioon on merkitty lisämaadoitukset myös päättyville muuntamoille jotka kytkeytyvät kj-verkkoon viski-kaapelin kautta. Tällaiseen järjestelyyn päädyttiin, sillä kaaviosta haluttiin tehdä mahdollisimman yksiselitteinen eli merkintätapa olisi sama koko verkon alueella. Laajaa maadoitusverkkoa kartoittaessa tämä on kuitenkin huomioitava.

Laajan maadoitusverkon ulkopuolella sijaitsevat maadoitusjärjestelmät on tarkastettava määrävälein. Tarkastus- ja mittausarvo on kuitenkin yrityksen itse määriteltävissä, sillä standardissa SFS 6001 on esitetty vain suositellut ohjearvot maadoitusresistanssin mittausväleiksi: 6 vuotta, kun maadoitus on yhden maadoitusjohtimen varassa ja 12 vuotta, kun maadoitus on useamman kuin yhden maadoitusjohtimen varassa. Näitä tarkastusvälejä käytetään ISS:n jakeluverkossa.

Maadoitusten laajempi tarkastaminen on viimeksi suoritettu ISS:ssä 2010 - 2011. Mittaukset suoritetaan käännepistemenetelmällä rezultoivan maadoitusimpedanssin tarkastamiseksi. Seuraavassa kuntotarkastuskierrossa kirjataan myös ylös maadoitusjohdinten lukumäärä, sillä tämä tieto puuttuu järjestelmästä.

Maadoituksen tarkastuspöytäkirja päivitettiin myös tämän opinnäytetyön aikana. Vanha pöytäkirja oli täysin käsin täytettävä, impedanssikäyräkin piirrettiin kynällä. Uusittu pöytäkirjapohja on excel-taulukko, johon täytetään mittausarvot sekä muut tarvittavat tiedot ja ohjelma piirtää käännepistekuvaajan valmiiksi. Tällä vähennetään käsinpiirtovaiheessa mahdollisesti syntyneitä virheitä kun täyttäjän tehtäväksi jää käännepisteen arviointi valmiista kuvaajasta. Uusi pöytäkirja on liitteenä.

Jatkossa olisi kannattavaa ottaa käyttöön verkkotietojärjestelmässä maasulkulaskennan yhteydessä oleva maadoitusmittaustarkastus. Tarkastus näyttää suoraan, missä maadoitusresistanssi ylittyy, joten työkalun avulla on helppo tar-

kastella maadoitusten kuntoa ja suunnitella maadoitukseen parannuksia. Tällä hetkellä tarkastus ei vielä toimi, sillä maadoitusmittaustiedot ovat puutteelliset. Työkalun käyttöönotto vaatisi käytännössä verkkotietojärjestelmän päivittämisen ajan tasalle. Nykyisellään on kuitenkin mahdollista tarkastaa sähköasemalähdeittäin suurimmat sallitut resistanssiarvot maadoitusryhmän mukaan maasulukulaskennan tuloksista ja verrata saatua mittaustulosta manuaalisesti niihin.

4 Kunnossapidon kehittäminen ISSS:ssä

Kunnossapidon avulla pyritään takaamaan verkon turvallisuus ja käytettävyys. Kunnossapito voidaan jakaa kahteen ryhmään: korjaavaan ja ehkäisevään kunnossapitoon. Korjaavaa kunnossapitoa tehdään vian ilmetyä, eli komponenttia käytetään niin kauan kuin se toimii. Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään joko aikaan tai kuntoon perustuvana ja yritetään huoltaa tai vaihtaa komponentit ennen kuin ne aiheuttavat häiriöitä sähköjakelussa. Suurin osa sähköverkkoyhtiöissä tehtävästä kunnossapidosta on aikaan perustuvaa ehkäisevää kunnossapitoa, esimerkkinä määrävälein tehtävät tarkastukset ja koestukset. [9,]

4.1 Kunnossapitotyöt

Tarkastuksissa tai muulloin havaittujen puutteiden korjauksia kutsutaan kunnossapitotöiksi. Kunnossapitotöitä hallinnoi ja tilaa toistaiseksi verkostosuunnittelija muiden töidensä ohella. Kunnossapitotöitä ei ISSS:ssä tilata toistaiseksi minkään sähköisen järjestelmän kautta, vaan manuaalisesti excel-työkalun ja paperisten työmääräinten/karttojen avulla. Menettely on ollut suhteellisen toimiva, mutta tiedon kulussa on havaittu ongelmia.

Sähköisten työmääräinten käyttöön tulisi siirtyä mahdollisimman nopeasti, sillä niiden kautta saataisiin varmemmin tieto tehdyistä ja tekemättömistä töistä suoraan työn tilaajalle. Varsinkin jos verkon investointirakentamisen työmääräinten kohdalla siirrytään kokonaan sähköiseen järjestelmään, on järkevää siirtää

myös kunnossapitotöiden tilaus samaan järjestelmään. Lisäksi on harkittava, kuka kunnossapitotöitä tilaa tulevaisuudessa, sillä työmääräinten teko ja karttojen piirtäminen vie aikaa pois verkostosuunnittelusta.

Yksi vaihtoehto kunnossapitotöiden sähköiseen toteutukseen on Trimble NIS verkkotietojärjestelmän kunnossapitosovellus. Kunnossapito-lisäosassa kunto-tyypit jakautuvat havaintoihin, selitteisiin ja toimenpiteisiin. Havainnolla tarkoitetaan kohteen kunnossapitotietoa ja selite täydentää sitä antamalla lisätietoa. Toimenpiteellä tarkoitetaan kohteelle tehtävää kunnossapitotyötä. Näistä havainnoista ja selitteistä käytetään ISS:ssä tarkastusten yhteydessä, mutta toimenpidettä ei ole otettu käyttöön. Tämä olisi kuitenkin hyvä työkalu kunnossapitotöiden hallintaan, sillä toimenpiteet näkyvät verkkotietojärjestelmän kautta kaikille käyttäjille ja ne jäävät myös historiatietoihin. Lisäksi toimenpiteet voidaan ohjelmoida koskemaan tiettyä havaintoa automaattisesti ja niille on mahdollista määrittää yksikköhinta, joten kustannustenkin seuranta olisi mahdollista. [10.]

Toinen vaihtoehto kunnossapitotöiden hallinnointiin olisi ISS:llä jo käytössä oleva CareCenter työnhallintaohjelmisto, jota käytetään tällä hetkellä vain mittaroinnin työnhallintaan. CaCe:n käyttö olisi järkevää myös kunnossapitotöiden hallinnassa, sillä ohjelmisto on jo yhtiölle hankittu eli käytön laajennus ei aiheuttaisi merkittäviä lisäkustannuksia. Suurin työ olisi henkilöstön perehdyttämisessä ohjelman käyttöön. Lisäksi verkostosuunnittelijan työmäärä vähenisi kun esimerkiksi paperikarttojen piirtovaihe jäisi pois ja työnjohto voisi jakaa työtehtävät suoraan järjestelmästä. CaCe:n käyttö on mahdollista tulevaisuudessa myös mobiililaitteilla, joten työmääräin voitaisiin antaa suoraan maastoon lähellä kohdetta olevalle asentajalle.

Molemmilla edellä esitetyillä työnhallintajärjestelmillä saataisiin kevennettyä verkostosuunnittelijan työtaakkaa siirtämällä kunnossapitotyötilauksia esimerkiksi työnjohdolle. Lisäksi molemmat järjestelmät ovat jo ISS:n käytössä, joten ohjelmistojen hankintakustannuksia ei aiheutuisi. Trimblen etuna on, että kaikki kunnossapitotyöt tulisivat kirjatuiksi verkkotietojärjestelmään, mutta työnhallinta voi silti jäädä melko epätarkaksi. CaCe taas on suunniteltu pelkästään työnhallintajärjestelmäksi, joten työnseuranta on luultavasti joustavampaa verkkotieto-

järjestelmään verrattuna. Toisaalta CaCe olisi yksi uusi sovellus lisää kunnossapitoon ja vaatisi enemmän perehdytystä, kun taas Trimbleä käytetään jo suunnittelussa ja työnjohdossa. Kummankin järjestelmän muokkaus kunnossapitoon sopivaksi vie aikaa ja myös henkilöstön perehdyttäminen on otettava huomioon. Järjestelmää valittaessa ovatkin käyttäjien toiveet ensisijaisessa asemassa.

4.2 Raivaus

Johtokatuja raivaus on oleellinen osa jakeluverkon kunnossapitoa. Tavoitteena on pitää johtokadut johtoaluesopimuksen mukaisessa leveydessä ja vapaat etäisyydet johtimiin riittävän suurina. Raivaus on ehkäisevää kunnossapitoa, aikaan tai kuntoon perustuvana. Aikaan perustuvaa on esimerkiksi määrävlein tehtävä pohjapuuston raivaus johtokadulta ja kuntoon perustuvaa vaarallisten reunapuiden poistaminen.

4.2.1 Maasta käsin suoritettava raivaus

Raivaukset ovat olleet verkon pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelmassa kunnossapitoalueittain kuuden vuoden välein, aina tarkastusta seuraavana vuotena. Käytännössä suunnitelmaa ei ole kuitenkaan raivauksien osalta toteutettu A-alueella vaan raivausta on suoritettu enemmän tarpeen mukaan, joten määrävlein tehtävät raivaukset poistettiin pitkän aikavälin suunnitelmasta A-alueen osalta. Sen sijaan tehdyt raivaukset lisättiin muutaman viime vuoden osalta, jotta tulevien raivauksien suunnittelu olisi mahdollista. Verkkotietojärjestelmässä on tällä hetkellä tieto helikopteriraivatuista johto-osuuksista, mutta ei maasta käsin suoritetuista raivauksista. Jotta raivaustöitä voitaisiin suunnitella ja hallita tarkemmin, olisi ne hyvä saada verkkotietojärjestelmään ja yksi vaihtoehto olisi samanlainen toteutus kuin helikopteriraivauksissa: johtoalkiolla olisi vuosilukutieto suoritetusta raivauksesta, joten tietyinä vuonna raivattuja johtoja voitaisiin hakea teemakarttana finder-kyselyllä.

Raivauksien siirtäminen verkkotietojärjestelmään on kuitenkin suunniteltava hyvin etukäteen, joten tämän opinnäytetyön tuloksena tehtiin excel-taulukkopohjainen työkalu raivauksien seurantaan. Seuranta on verkon pitkän aikavälin suunnitelman kanssa samassa taulukossa. Taulukkoon on myös lisätty raivauskustannukset-rivi, joka sisältää tällä hetkellä arvion kj-ilmajohdon pohjapuuston raivauskustannuksista. Kustannuslaskelmaa on tarkoitus laajentaa myöhemmin.

Raivaukset suorittaa ISS:lle ulkopuolinen urakoitsija. Ennen raivauksen aloittamista urakoitsijalle toimitetaan kansio joka sisältää muuntopiirikartat raivattavalta kunnossapitoalueelta. Kansioden on oltava ajan tasalla ennen luovutusta, jotta raivausurakoitsijalla on viimeisin tieto työkohteesta. Raivauksen työturvallisuusmääräyksiä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä, sillä ISS:llä on erillinen työturvallisuusohjeisto.

4.2.2 Helikopteriraivaus

Helikopteri on kj-linjojen raivaukseen nopein ja tehokkain työkalu. Helikopterin käyttö raivauksessa onkin yleistynyt ISS:n lisäksi monessa muussakin sähköverkkoyhtiössä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Raivaus tapahtuu helikopterista roikkuvan pitkän puomin päässä olevan sahan avulla. Koska reunapuista sahataan samalla kertaa kaikki linjan puoleiset oksat, myös lumikuorman aiheuttama puiden taipuminen johdoille vähenee. Kuten helikopteritarkastuksissa, on jälleenkytkennät poistettava myös helikopteriraivauksen ajaksi.

Helikopteriraivausta on suoritettu laajalti ISS:n verkossa, joten raivausaste on pääosin hyvä. Helikopteria käytetään raivauksissa myös tulevaisuudessa. Kuvassa 9 on esimerkkinä hyvin raivattu johtokatu. Johtokatu on kuvattu keskijänniteverkon tarkastuslennolla tykkylumitilanteessa, joten se havainnollistaa hyvin myös helikopterin tehokkuutta tarkastuksissa: jos linjalle olisi kallistunut puu, havaittaisiin se huomattavan kaukaa.



Kuva 9. Helikopteriraivattu 20 kV johtokatu.

4.3 Korjaus/saneeraus

Oikealla suunnittelulla saadaan pienennettyä kunnossapitokustannuksia siirtämällä niitä investointeihin. Kunnossapitotyötä tilatessa kannattaa pohtia sen tarpeellisuutta. Jos alueella on havaittu puutteita ja kunnossapitotyötä suunnitellaan, on syytä ottaa selvää myös tulevista investoinneista. Jos työalueelle on tulossa aluesaneeraus, ei yksittäisiä kiireettömiä kunnossapitotöitä ole kannattavaa tehdä. Kiireelliset ja vaaraa aiheuttavat puutteet on kuitenkin aina korjattava heti.

Lisäksi investointien suunnittelu kunnossapitotietojen pohjalta on mahdollista. Esimerkiksi ISS:ssä käytössä olevassa Trimble NIS –verkkotietojärjestelmässä on erilaisia mahdollisuuksia verkon kunnon tarkasteluun. Ohjelman kunnossapitolisäosasta löytyy kuntoindeksityökalu, jolla voidaan tarkastella verkon kuntoa laskemalla eri komponenteille vertailukelpoinen pistemäärä, kuntoindeksi. Kuntoindeksi muodostuu erilaisista pohjapisteistä ja kunnossapitotietoihin perustuvista pisteistä. Pohjapisteinä voidaan käyttää esimerkiksi komponentin ikää ja kunnossapitotietoihin perustuvat pisteet muodostuvat kohteen kunnossapitotie-

dot-välilehden havainnoista. Edellämainitut pisteet oikein sovittamalla voidaan tarkastella verkon kuntoa finder-kyselyllä teemakarttana ja arvioida näin yksittäisten korjausten kannattavuutta: jos pieneltä alueelta löytyy paljon korjattavaa, on harkittava koko verkonosan uusimista. [11, 26.]

ISS:llä ei ole otettu käyttöön kuntoindeksityökalua eikä sitä katsottu tarpeelliseksi myöskään tämän opinnäytetyön yhteydessä, osittain käyttöönoton vaatiman työmäärän takia. ISS:llä on kuitenkin hyvät edellytykset työkalun käytölle, sillä esimerkiksi pylvästiedot ovat kattavat. Hyödyllisten tulosten saamiseksi pohjatietoja on oltava riittävästi ja pohjatietojen sekä kunnossapitohavaintojen pisteytys on arvioitava oikein. Jatkossa työkalun käyttöönottoa tulee harkita.

5 Yhteenveto

ISS:ssä tärkeimmät kehittämiskohteet kunnossapidossa ovat verkkotietojärjestelmän käytön tehokkuuden parantaminen ja työnhallinnan kehittäminen. Kunnossapitotöiden hallinnassa tulisi mahdollisimman nopeasti siirtyä käyttämään jotain sähköistä työnhallintajärjestelmää nykyisen excel-taulukko työkalun ja paperikarttojen sijaan. Vaihtoehdoista todennäköisimmät ovat ISS:ssä jo käytössä olevat Trimble NIS- ja CareCenter -ohjelmistot, joten suurempia lisäkustannuksia ei aiheutuisi kunnossapitotöiden seurannan käyttöönotosta.

Sähköasemakomponenttien huoltojen sähköistä seuranta ei ISSS:ssä ollut, joten sellainen otettiin käyttöön. Tämän työn tuloksena syntyi excel-työkalu, joka toimii huoltojen seurantana. Tulevaisuudessa sähköasemien kuntotiedot voisi ajaa verkkotietojärjestelmään, joskin kuntotietojen määrä voi olla huomattava. Vähintäänkin tehdyt huollot olisi hyvä saada verkkotietojärjestelmään, josta tiedot olisivat helposti kaikkien käyttäjien saatavilla. Lisäksi sähköasemakomponentit voitaisiin valokuvata ja liittää kuvat verkkotietojärjestelmään. Nykyisin verkkotietojärjestelmästä löytyvät jo valokuvat erotinasemista, maastokatkaisijoista ja muuntamoista.

Verkkotietojärjestelmän tiedot ovat hyvin ajantasaiset, mutta tehokkaampaa käyttöä varten olisi joitain työkaluja mahdollista ottaa käyttöön, jopa ilman merkittäviä lisäkustannuksia, esimerkkinä aiemmin esitelty maadoitusmittaustarkastus. Varsinkin jos halutaan siirtyä kunnossapidossa enemmän kuntoperusteiseen suuntaan, olisi jonkinlainen kuntotietoihin perustuva työkalu hyvä apuväline kunnossapidon suunnitteluun. Tästä esimerkkinä kuntoindeksityökalu, jonka käyttöönotto voi kylläkin osoittautua haasteelliseksi.

6 Lähteet

1. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/96
2. Verkostosuositus TA 1:97, Verkonhaltijan toimesta tehtävät tarkastukset
3. Mika Lirkki. 2003. Imatran Seudun Sähkö Oy:n verkoston huolto- ja kunnossapitosuunnitelma. Etelä-Karjalan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
4. Verkostosuositus RJ 21:92, Ilmajohtojen johtoalueet
5. Verkostosuositus RJ 33:09, Puupylväiden lahoisuustarkastus ja lujuuden määrittäminen
6. SFS-käsikirja 601
7. Verkostosuositus RJ 19:06, Pylväserotinasemien ja muuntopiirien maadoitukset standardin SFS 6001 mukaan
8. Laajan maadoitusverkon kartoitus, ISSS:n sisäinen tutkimus
9. Petri Heikkinen. 2010. Kuopion Energian sähkönjakeluverkon kunnossapidon kehittäminen. Savonia-Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
10. Tekla Xpower Kunnossapitokoulutus, yhtiön sisäinen koulutusmateriaali
11. Kulomäki Jussi. 2010. Kuntoindeksityökalun suunnittelu ja käyttöönotto verkkotietojärjestelmään. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Sähköasemien pitkän aikavälin huoltosuunnitelma

Sähköasemat	2015																				
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
MA1 Mansikkala 110 kV kaasukatkaisija (2015) Releet ilman itsevalvontaa		Kkh	Ö	R E110	AU K20 Mt Jm		R	Ap		R	Kkh Ap		K110p R	Ap E110		R	Ap	R		K110 Ap K20	
MA2 Immaa 110 kV vähäajlykatkaisija Releet ilman itsevalvontaa	AU		Kkh Ö	R K20 E110	Mt Jm	K110	R			R		Kkh	K110p R		R E110			R		K110	
MA4 Vennonmäki 110 kV kaasukatkaisija Releet itsevalvonnalla	Kkh Ap Mt		Ö R K110		E110 K20	K110			R Kit	Kkh				E110	R						K20
MA5 Fortum 10 kV katkaisija Fortumin Releet ilman itsevalvontaa			Ö	R			Kkh R			R						R			R		
MA6 Rajapatas 110 kV kaasukatkaisija Releet itsevalvonnalla			R Ap		E110	Kkh Ap			R Ap K110p			Ap			R Ap E110		Ap				
MA7 Syssphja 110 kV kaasukatkaisija Releet itsevalvonnalla	Mt		R	Ap			Ap		R	Kkh Ap		E110	Ap K110p		R	Ap				Ap	
MA9 Saarlampi 110 kV kaasukatkaisija Releet itsevalvonnalla		Kkh	Ö R	AU	K110p E110		Ap	Kit	R	Ap	Kkh		Ap		R E110	Ap				K110	Ap

Huollot merkitään tehdyksi värjäämällä kyseinen kohta vihreällä ja merkitsemällä kommentiksi huotopäivämäärä!

Merkkien selitykset

		huoltoväli
110 kV katkaisijan täyshuolto	K110	14/24 v
20 kV katkaisijan täyshuolto	K20	14 v
110 kV katkaisijan huolto	K110p	7/12 v
Maadoitusmittaukset	Mt	12 v
Jatkuvuusmittaukset	Jm	12 v
110 kV erotinhuolto	E110	10 v
Akustojen uusiminen	AU	10 - 15 v
Riviliittimien liitosten tark.	Rlt	10 v
Öljynäyte muuntajasta	Ö	9 v
Käämikytkinhuolto	Kkh	9 v
110 kV harusten kunnonvalvonta	H110	5 v
Relekoestus	R	3/6 v
Akuston purkukoe	Ap	3 v
Ultraäänimittaus	U	tarp. muk
Kompensointilaitteiston tarkastus	Klt	5 v

Harusten kunnonvalvonta vain MA1 ja MA2

Sähköasemien vuositason huolto- ja tarkastussuunnitelma

VUOSITASON HUOLTO- JA TARKASTUSSUUNNITELMA												
Sähköasemat												
	Tammikuu	Helmikuu	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu
MA1 Mansikkala	D	Ts L	Vt	Vst Ajm	S Rvt			Ks At	Vt	S Vesi	Ajm	Rat Rvt
MA2 Immala	D	Ts L	Vt	Vst Ajm	S Rvt			Ks At	Vt	S Vesi	Ajm	Rat Rvt
MA4 Vennonmäki	D Häl	Ts L	Vt	Vst Ajm Ilma	S Rvt			Ks At	Vt	S Vesi	Ajm Ilma	Rat Rvt
MA5 Fortum	D	L		Vst	Rvt			At				Rat Rvt
MA6 Rajapatsas	D Häl	Ts L	Vt	Vst Ajm Ilma	S			Ks At	Vt	S Vesi	Ajm Ilma	Rat
MA7 Syyspohja	D Häl	Ts L	Vt	Vst Ajm	S			Ks At	Vt	S Vesi	Ajm	Rat
MA9 Saarlampi	D Häl	Ts L	Vt	Vst Ajm	S			Ks At	Vt	S Vesi	Ajm	

MERKKIEN SELITYKSET:

	huoltoväli	
Hälytysjärjestelmä	Häl	12 kk
Aluskasvillisuuden poisto	Ks	12 kk
Releasettelujen tarkistus	Rat	12 kk
Muuntajan altaan tyhjennys	Vesi	12 kk
Tasasuuntaajan toiminnan tark.	Ts	12 kk
Muuntaja-altaan tarkastaminen	At	1 x vuodessa
Dokumentoinnin tarkastus	D	1 x vuodessa
Lämpökuvaus	L	12 kk
Ilmansuodattimien puhdistus / vaihto	Ilma	6/12 kk
Akustonkennojen jännitemittaus	Ajm	6 kk
Siivous	S	6 kk
Valaistuksen testaus (myös käsivalaisimien paristojen vaihto)	Vt	6 kk
Releiden valvontajänn. tarkastaminen (Vanhat elektroniset releet)	Rvt	6 kk
Vuositarkastus	Vst	12 kk

VIIHEISIMMÄT KOJEIDEN HUOLLOT
Sähköasemat

	Huoltoväli	MA1		MA2		MA4		MA5		MA6		MA7		MA9	
		Tehty	Seuraava	Tehty	Seuraava	Tehty	Seuraava	Tehty	Seuraava	Tehty	Seuraava	Tehty	Seuraava	Tehty	Seuraava
Päämuuntajan huolto / ko. vuosi	25	2002	2027	1969	2014	2000	2025	1987	2012	2006	2031	2010	2010	2002	2027
Käämikytkinhuolto	9	2011	2020	2012	2021	2010	2019	2007	2016	2006	2015	2010	2019	2011	2020
Öljynäyte muuntajasta	9	2012	2021	2012	2021	2012	2021	2012	2021	2006	2015			2012	2021
Ultraäänimittaus	teip.muk	1996		1996											
Relekoetus	3	2013	2016	2013	2016	2012	2018	2013	2016	2012	2018	2012	2018	2012	2018
Akuston purkukoe	3	2014	2017	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2012	2015	2010	2013	2013	2016
Akusto uusittu	10-15	2014		2010		2010		-		2006		2010		2013	
20 KV kaikkaisijan täyshuolto	14	2000	2014	2013	2027	2000	2014	2000	2014	2006		2010		2002	
110 KV kaikkaisijan täyshuolto	14	2015	2029	2010	2024	1988	2012	-		2006	2030	2010	2034	2002	2026
110 KV kaikkaisijan huolto	7	2015	2022	2003	2010	2003	2015	-		2006	2018	2010	2020	2002	2014
110 KV erotinhuolto	10	2013	2023	2003	2013	2014	2024	-		2006	2016	2010	2020	2002	2012
Maadoitusmittaukset	12	2002	2014	2002	2014	2010	2022	2002	2014	2006	2018	2010	2022	2002	2014
Maadoitusten jatkuvuusmittaus	12	2002	2014	2002	2014	2002	2014	-		2006	2018	2010	2022	2002	2014

Sähköasemien komponentit

MA1

Mansikkala, rakennettu 1973

110kV:n LAITE	MALLI	KPL	
Erottimet	OJYD 3 123 B630	2	
Katkaisija	LTB 123 D1/B	1	SF6
Virtamuuntajat	KOTU 110 D1	3	
Jännitemuuntajat	ARTECHE UTD-123	3	
Ylijännitesuojat	BOWTHORPE 123 kV	3	
	BOWTHORPE 72 kV	1	
	ASEA 25 kV	3	
Jännitteensäädin	GOSSSEN REG 5A	1	
Päämuuntaja	123xA25, 25MVA	1	

20kV:n LAITE	MALLI	KPL	
Katkaisijat	OSAN 24 A1	9	
	OSAP 20-W2	7	
Erottimet	OJON 3-20/630A	57	
	OJON 3-20/1000A	5	
	OSAP 20-W2	1	
Ylivirtareleet	SPAA 322C	7	samassa maasulku
	SPAJ 3A5J3	8	
	VPJ 140	1	samassa maasulku
Maasulkureleet	SPAS 1B1J3	5	
	SPAS 1F1J3	2	
Erovirtarele	D21se2	1	
Valokaarisuoja	UTUN FALCON CR	2	
Jännitemuuntajat	KRRS 20A1	4	
Virtamuuntajat	KOFA 24D2	15	
	KOLA 06 A1	14	
DC-järjestelmä			
	Akusto	TUDOR SGF 12/100	1
Laturi	TELEVA 60/12	1	
Pariston valvonta	SPAU 60 C2	1	
Jännitteensäätäjä	BENNING THYROTRONIC	1	
Kondensaattorit	NOKIA 6USOKP 1MVAr	1	

Sähköasemien komponentit

MA2

Immala, rakennettu 1968 / 1978

110kV:n LAITE	MALLI	KPL
Erottimet	HAPAM SSB-II	1
	OJY D3-123	4
Katkaisija	ASEA HLP 145/1250	1
Virtamuuntajat	ARTECHE CTE-123	3
Jännitemuuntajat	HAEFELY VEOT 123	2
	STRÖMBEG KMRT 123	1
Ylijännitesuojat	ASEA XAA 132 kV	3
	ASEA XAA 96 kV	1
	ASEA 25 kV	3
Jännitteensäädin	GOSSEN REG 5A	1
Päämuuntaja	KTRT 123x25, 25MVA	1

vähä-öljy

20kV:n LAITE	MALLI	KPL
Katkaisijat	OSAM 24A2	7
	OSAK 24-T1	4
	SIEMENS 3 AG 800 A	1
	SIEMENS 3 AG 2521-4C	2
Erottimet	OJON3-24/630A	25
	OJON3-20/400A	4
	OJON2-24/630A	1
	OJCPN 3-20/400A	1
	OJON 3-20/600	1
	OJON 3-20/630	1
Ylivirtareleet	SPAJ 3A5J3	6
	SPAJ 3C5 J3	2
	SPAA 341 C	4
	VPJ 140	1
Maasulkureleet	SPAS 1B1J3	5
	SPAS 1F1J3	2
Valokaarisuoja	UTUN FALCON CR	6
Ylijännitereleet	SPAU 1G100J3	4
PJK/AJK releet	SPAT 2P1 J2	8
	SPAT 2D200 J3	5
Jännitemuuntajat	KRES 24A1	3
	KRES 20A1	1
Virtamuuntajat	KOFA 24 D2	14
	KOLA 06A1	8
	KOLA 06D2	4
Jännitteensäätäjä	COSSEN REG 5-17506	1
DC-järjestelmä		
Akusto	TUDOR SGF 12/100	1
Laturi	FIAM EFORE 80-125V	1
Pariston valvonta	RGB	1

samassa maasulku,JK

Sähköasemien komponentit**MA4**

Vennonmäki, rakennettu 1988

110kV:n LAITE	MALLI	KPL
Erottimet	HAPAM SSB-II	2
Katkaisija	ASEA HPL123	1
Virtamuuntajat	STR KOTU 110 F1	3
Ylijännitesuojat	MEIDENSHA 132 kV	3
	MEIDENSHA 96 kV	1
	MEIDENSHA 25 kV	3
Jännitemuuntajat	HAEFELY VEOT 123	3
Jännitteensäädin	REINHAUSEN	1
Päämuuntaja	KTRT 123x10, 10MVA	1

SF6

20kV:n LAITE	MALLI	KPL
Katkaisijat	OSAM 24P2	8
Erottimet	OJOM 24 U3	1
Ylivirtareleet	VAMP 255	7
Erovirtarele	SPAD 346C	1
Ylijännitereleet	SPAU 1G100J3	1
Alijänniterele	SPAU 1G100J3	1
Jännitemuuntajat	KRES 24B2	2
Virtamuuntajat	KOFA 24D3	7
	KOLMA 06A1	6
DC-järjestelmä		
Akusto	FIAMM 12 PMF 100	1
Laturi	Muuntolaite MVV 110/12	1
Pariston valvonta	SPAU 1C 110 J34	1
Jännitteensäätäjä	MR MK 20	1
Kompensointilaitteisto		
Sammutuskela	Trench ENK 20/105/1250	1
Vastus	Trench EZL 500/126/90	1
Säädin	Trench EFC 50	1

samassa maasulku, JK

Sähköasemien komponentit

MA5

Fortum, kojeisto rakennettu 1987

10kV:n LAITE	MALLI	KPL
Eroittimet	FORTUMIN OMAISUUTTA	2
Katkaisija	FORTUMIN OMAISUUTTA	1
Virtamuuntajat	TUNTEMATON	3
Jännitemuuntajat	-	3
Ylijännitesuojat	XBE 12A2 13 kV	3
	XBE 24A2 21 kV	3
	XBE 24A2 26 kV	1
Jännitteensäädin	ASEA BUF 3	1
Päämuuntaja	KTRU 1501 K654 ,10MVA	1
	KTRT 24x16, 16MVA	1

20kV:n LAITE	MALLI	KPL
Katkaisijat	SIEMENS 3 AG2721	9
Ylivirtareleet	SPAJ 3C5 J3	8
	VPJ 140	1
Maasulkureleet	SPAS 1F1 J3	6
	SPAU 1K100 J3	1
PJK/AJK releet	SPAT 2D200 J3	6
Jännitemuuntajat	KRES 24A2	1
Virtamuuntajat	KOFA 24D2	8
	KOFA 24D3	1
	KOLMA 06A1	6

Sähköasemien komponentit**MA6**

Rajapatsas, rakennettu 2006

110kV:n LAITE	MALLI	KPL
Erottimet	HAPAM SGF 123n100	2
Katkaisija	ABB LTB 145D1/B	1
Virtamuuntajat	ABB IMB 123	3
Jännitemuuntajat	ABB EMF 145	3
Ylijännitesuojat	PEXLIM R120-YH123	3
	PEXLIM R072-YH123	1
Päämuuntaja	KTRT 123x16, 16MVA	1

20kV:n LAITE	MALLI	KPL
Katkaisijat		
Erottimet	Vaunukatkaisijat	
Releet	ABB REF543FB	20
	ABB REF545CM	1
Erovirtarele		
Jännitemuuntajat		
Virtamuuntajat	HOLEC CTM	22
	KWK GSA 300B180	16
DC-järjestelmä		
Akusto	Tudor SGF 12/110	2
Laturi	25/110	2

Sähköasemien komponentit**MA7**

Syyspohja, 2010

110kV:n LAITE	MALLI	KPL
Erottimet	Hapam, SSBII-AM-123 tai ASB 123 1600 A	1
Katkaisija	Siemens, 3API FG	1
Virtamuuntajat	Arteche CH-123	3
Jännitteensäädin	ABB/Ludvika	1
Päämuuntaja	ABB, KTPU/T 123 NC10000, 10 MVA	1

SF6

20kV:n LAITE	MALLI	KPL
Kojeisto-moduuli	Siemens, 8BT1	6
Katkaisijat	Siemens, 3AE	6
Erottimet Maad. erottimet	vaunukatkaisijat Siemens 3NO + 3NC	6
Releet	VAMP 255	6
	VAMP 50	2
Erovirtarele	VAMP 265	1
Jännitemuuntajat	Kuuluvat kojeistoon, 20 VA / Cl. 0.2	6
Virtamuuntajat	Kuuluvat kojeistoon, 200-100 A / 1 A	15
	Kuuluvat kojeistoon, 400-200 A / 1 A	3
DC-järjestelmä	EIPS 110/1800.4(1)-Ah	1
Akusto	Powersafe 12V45	9
Tasasuunnin	IPS 1800, 15 A	1

Sähköasemien komponentit

MA9

Saarlampi, rakennettu 2001

110kV:n LAITE	MALLI	KPL
Erottimet	ABB SGF123n100 1600 A	2
Katkaisija	ABB LTB 145D1/B	1
Virtamuuntajat	ABB IMB 123	3
Jännitemuuntajat	ABB EMFC 145	3
Jännitteensäädin	ABB SPAU 341C1	1
Päämuuntaja	KTRT 123x16, 16MVA	1

SF6

20kV:n LAITE	MALLI	KPL
Katkaisijat	NVM18CA-2408	19
	NVM24CB-2416	2
	NVM24CE-2420	1
Erottimet	Vaunukatkaisijat	
Releet	ABB REF543FB	21
	ABB REF545CM	1
	ABB REF541CM	1
	VAMP 220	3
Erovirtarele	ABB SPAD 346 C1	1
Jännitemuuntajat	ARTECHE VCO24	6
Virtamuuntajat	HOLEC 50/1A	9
	HOLEC 200-400/1A	48
	HOLEC 500-1000/1A	9
DC-järjestelmä Akusto Laturi	Tudor SGF 12/110	2
	25/110	2
Kompensointilaitteisto		2
Sammutuskela	Trench ENK 20/135/1600	1
Vastus	Trench EZL 500/126/90	1
Säätäjä	Trench EFC 50	1

Kaukokäyttöerotinasemien huoltosuunnitelmat

Pitkän aikavälin huolto- ja tarkastussuunnitelma (8 vuotta)
Mekaaninen huolto

Erotinaseman nimi	suoritettu/ko.	Seuraava	Aika	Lämpökuvaus pvm
Kyläniemi	2014	2022	7	
Puttola	2014	2022	7	
Utula	2014	2022	7	
Käyhkää	2014	2022	7	
Eräjärvi	2014	2022	7	
Rajapellinen	2012	2020	5	
Torsantaka	2008	2016	1	
Hännilä	2014	2022	7	
Ravali	2002	2010	-5	
Soinila	2002	2010	-5	
Pajulahti	2014	2022	7	
Matikkala	2014	2022	7	
Virmutjoki	2014	2022	7	
Kärinki	2004	2012	-3	
Jälkölä	2002	2010	-5	
Viimola + MK	2014	2022	7	
Laikko	2014	2022	7	
Miettilä	2002	2010	-5	
Hanni	2002	2010	-5	
Puntala	2013	2021	6	
Niskapietilä + MK	2014	2022	7	
Huhtanen	2005	2013	-2	
Sulattimo	2014	2022	7	
Karhusuontie	2015	2023	8	
Ensontie 1 & 2	2004	2012	-3	
Riikolankatu	2014	2022	7	

Vuosittainen huolto- ja tarkastussuunnitelma

Toimenpide	Toukokuu	Lokakuu
Latauksen tarkistaminen	X	X
Lämmitysvastuksen toiminnan tarkistaminen	X	X
Liitosten hapettumien tarkastus, tarvittaessa rasvaus	X	X
Akun puhdistus	X	X
Kuormituskoe	X	
Lämpökuvaus	X	

PITKÄN AIKAVÄLIN HUOLTO- JA TARKASTUSSUUNNITELMA
20 kV verkko ja 0,4kV verkko laitteineen

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029		
Ryhmä A																													
Alue I		M	R					M	R, pR	Y.P, kR			Y.P						Y.P	M					Y.P				
Alue II		M		R				M	pR	kR			KH	Y.P						Y.P, M						Y.P		KH	
Alue III		M			R		kR	M	pR				KH		Y.P					M	Y.P							Y.P, KH	
Alue IV		M						M, pR	kR			kR				Y.P				M		Y.P							
Alue V		M					pR	M	kR			pR					Y.P			M			Y.P						
Alue VI		M						M, pR	kR									Y.P		M				Y.P					
Ryhmä B																													
Alue I	M							M, kR	pR			kR	Y.P						Y.P	M					Y.P				
Alue II	M						pR	M	kR	pR			kR	Y.P						Y.P, M						Y.P			
Alue III	M				R, pR		Y.P, kR	M		kR					Y.P					M	Y.P								Y.P
Alue IV	M					R, kR, pR	R, kR, pR	M			kR	R, pR				Y.P				M		Y.P							
Alue V		M					R, kR, pR	M			kR		pR				Y.P			M			Y.P						
Alue VI		M						R, M, kR, pR				kR						Y.P		M				Y.P					

Tarkastuskustannukset

Raivauskustannukset

MERKKIEN SELITYKSET:

		suorittamisväli	
Yleistarkastus	Y	6 v	
Muunt. maadoitusmittaukset	M	12 v	Vain laajan maadoitusverkon ulkopuolella
Pylvästarkastus	P		yli 30 vuotta vanhoille pylväille
KJ-raivaus	kj-R		
PJ-raivaus	pj-R		
molemmat raivattu	kj-R, pj-R		
Katkaisijahuolto	KH	14 v	Vain muuntamot 6, 8 ja 74

Verkon massat kunnossapitoalueelta 1A ja 1B

1A

Muuntamot

pylväsmuuntamo	18
puistomuuntamo	17
Kiinteistömuuntamo	1
tiilikoppimuuntamo	0
yht	36

Erottimet

Erotin	kk	5
	tavallinen	14

Johdot

Johtopituudet [m]		km		
ilma	kj	22263	22,3 ilmajohtoa yht km	66
	pj	43581	43,6	
maa/vesi	kj	9774	9,8 kaapelia yht km	67
	pj	56911	56,9	

Pylväät

Kaikki

kj	318
pj	885
yht	1203

Laholuokat

0	599
1	364
2	105
3	23
4	27
yht	1118

Pylväät asennusvuosittain

	kj	pj	
1980-1985	5	31	
1975-1980	17	27	
1970-1975	16	16	
1965-1970	68	42	
1960-1965	21	57	
1955-1960	35	378	
1950-1955	1	9	
yht	163	560	723

Pienjännite

jakokaapp	113
muu pj-ke	36
Liittymä	1046

Verkon massat kunnossapitoalueelta 1A ja 1B

1B

Muuntamot

pylväsmuuntamo	72
puistomuuntamo	2
Kiinteistömuuntamo	0
tiilikoppimuuntamo	0

74

Erottimet

Erotrin	kk	13
	tavallinen	17

Johdot

Johtopituudet [m] km

ilma	kj	95789	95,8 ilmajohtoa yht km	228
	pj	132405	132,4	
maa/vesi	kj	4061	4,1 kaapelia yht km	65
	pj	60493	60,5	

Pylväät

Kaikki

kj	1234
pj	1984
yht	3218

Laholuokat

0	2678
1	136
2	20
3	9
4	1

yht 2844

Pylväät asennusvuosittain

	kj	pj
1980-1985	184	206
1975-1980	95	274
1970-1975	43	135
1965-1970	59	135
1960-1965	1	27
1955-1960	0	16
1950-1955	0	0

yht 382 793 1175

Pienjännite

jakokaapp	101
muu pj-ke	80
Liittymä	858

Maadoituksen tarkastuspöytäkirja



MAADOITUKSEN TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Tarkastuskohde

Maadoituskohde	Syöttävä verkko	Rakennusajankohta	Materiaali ja koko
Eroittimen, muuntamon tai muuntopiirin tunnus	Sähköasema	Rakenne	
		Pysty	
	Johtolähtö	Vaaka	
		Potentiaaliohj.- rengas	
Maadoitusryhmä		R _E -vaatimus [Ω]	

Mittaukset

Toimenpide	Toimenpiteen suorittaja						Virtapiikin etäisyys [m]	
							100	
pvm							200	
Jännitepiikin etäisyys [m]	60	80	100	120	140	160		
Maadoitusarvot [Ω]								
Resultoiva								
ohmi	yhdistetty	erillään						
Suojamaa								
ohmi	kpl							
Käyttömaa								
ohmi	kpl							

Maadoitusarvot [Ω]

Tarkastaja

Nimi	Pvm	Allekirjoitus