

Marko Lehtosaari

**SÄHKÖRADAN SYÖTTÖASEMIEN KUNNOSSAPIDON OHJEISTUKSEN
KEHITTÄMINEN**

SÄHKÖRADAN SYÖTTÖASEMIEN KUNNOSSAPIDON OHJEISTUKSEN KEHITTÄMINEN

Marko Lehtosaari
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

Tekijä: Marko Lehtosaari
Opinnäytetyön nimi: Sähköradan syöttöasemien kunnossapidon ohjeistuksen kehittäminen
Työn ohjaaja: Heikki Kurki
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023
Sivumäärä: 43

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Väyläviraston sähköasemien kunnossapito-ohjeiden nykytilaa vertaamalla nykyisiä ohjeita valmistajien ohjeisiin ja antaa vertailun pohjalta suosituksia uusien ohjeiden laadintaan ja yleisesti kunnossapidon toiminnan kehittämiseen.

Vertailussa oli mukana Ratahallintokeskuksen julkaisema Ratatekniset määräykset ja ohjeet osa 5, sähköistetty rata (RAMO 5) sähköradan kytkinasemien kunnossapidon osalta sekä laitevalmistajien kunnossapito-ohjeet.

RAMO 5 -ohjeessa on paljon eroja valmistajien kunnossapidon ohjeisiin verrattuna. Erilaisia tarkastuksia on pääasiassa valmistajan suosituksia enemmän ja tarkastuksille ei ole ohjeessa selkeitä raportointi- tai toimenpiderajoja. Päämuuntajan kunnossapidon erot ovat merkittäviä, esimerkiksi öljyanalyysin ja perushuollon osalta RAMO 5 -ohje poikkeaa huomattavasti muuntajan valmistajan suosituksista. Myös käämikytkimen ohjeissa on merkittäviä eroja. Kaikkia valmistajan ohjeita ei löytynyt ja kokonaisuudessaan valmistajan ohjeet oli huonosti arkistoitu.

Väyläviraston syöttöasemien uuden kunnossapito-ohjeen laatimisessa tulee huomioida sähköturvallisuuden lisäksi mittaustekniikan mahdollisuudet, kunnossapitostrategiat, laitteiden vikaantumistiedot ja valmistajien suositukset. Ohjeen laatimisessa on tarpeen olla riittävästi laaja-alaista osaamista, myös luotettavuustekniikasta. Laitevalmistajien dokumenttien hallintaa tulee Väylävirastossa kehittää, jotta ne olisivat eri tilanteissa paremmin kunnossapidon käytettävissä.

Asiasanat: rautatie, kunnossapito, kytkinlaitokset, ohjeet, sähkölaitteet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Option of Electrical Engineering

Author: Marko Lehtosaari

Title of thesis: Developing Maintenance Instructions for Traction Power Substation

Supervisor: Heikki Kurki

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023

Number of pages: 43

The purpose of this thesis was to find out the current status of the Finnish Transport Infrastructure Agency's maintenance instructions for traction power substations by comparing the current instructions with the manufacturers' instructions, and based on the comparison, give recommendations for drafting new instructions and generally for the development of maintenance operations.

The comparison included the Railway Technical Regulations and Instructions Part 5, Electrified Railway (RAMO 5) published by the Finnish Railway Administration, regarding the maintenance of electric railway traction substations, as well as the equipment manufacturers' maintenance instructions.

There are many differences in the RAMO 5 instructions compared to the maintenance instruction of manufacturers. There are mainly more inspections than the manufacturers have recommended and there are no clear reporting or action limits for the inspections. The differences in the maintenance of the main transformer are significant. For example, RAMO 5 instructions for overhaul and oil analysis of transformers differ significantly from recommendations of the transformer manufacturer. There are also significant differences in the on-load tap changer instructions. Some instructions from the manufacturers were not found and the instructions as a whole were poorly archived.

When preparing new maintenance instructions for the traction power substations of Finnish Transport Infrastructure Agency, in addition to electrical safety, the possibilities of measurement technology, maintenance strategies, equipment failure information and recommendations from manufacturers must be considered. When preparing the instructions, it is necessary to have sufficient wide-ranging expertise, including in reliability technology. The management of the documentation delivered by device manufacturers should be developed so that it is more easily available for maintenance in different situations.

Keywords: railway, maintenance, switching substations, instructions, electrical equipment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SUOMEN RATAVERKKO	8
	2.1 Rataverkon kunnossapito	8
	2.2 Sähköradan kunnossapito	9
3	KUNNOSSAPITO	10
	3.1 Kunnossapitolajit	10
	3.2 Kunnossapidon kehittäminen	12
	3.3 Kunnossapitostrategiat	12
4	SYÖTTÖASEMIEN KUNNOSSAPITO	14
	4.1 Syöttöasemien huoltotyypit	14
	4.2 Syöttöasemien huoltokohteet	14
	4.3 Laittoimittajien huolto-ohjeet	15
5	LAITTOIMITTAJIEN JA NYKYISTEN HUOLTO-OHJEIDEN VERTAILU	16
	5.1 Akustot ja tasasähköjärjestelmät	16
	5.2 Suojaukset, hälytykset ja ohjaukset	17
	5.3 Omakäyttömuuntajat	18
	5.4 Jännitemuuntajat	19
	5.5 Katkaisijat ja sisäerottimet 2 x 25 kV tai 25 kV	19
	5.6 Päämuuntaja	20
	5.6.1 Käytönaikaiset tarkastus- ja huoltotoimenpiteet	21
	5.6.2 Seisokin aikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet	22
	5.6.3 Perushuolto	23
	5.6.4 Muuntajaeristyksen kunnossapito	23
	5.6.5 Muu kunnossapito	23
	5.7 Muuntajan säätö- ja apulaitteet	24
	5.7.1 Käämikytkin	25
	5.7.2 Kaasurele	27
	5.7.3 Muuntajan öljyn korkeudenosoitin	27
	5.7.4 Muuntajan öljyn ja käämien lämpötilan mittalaitteet	28
	5.7.5 Ylipaineventtiili	28
	5.7.6 Muuntajan ilmankuivain	28

5.7.7	Muuntajan läpiviennit	29
5.7.8	Muuntajan radiaattori	30
5.8	Ratajohtosuodattimet	30
5.9	Katkaisijat 110 kV	31
5.10	Virta- ja jännitemuuntajat 110 kV	32
5.11	Ulkoerottimet 110 kV ja 2x25 kV / 25 kV	33
5.12	Tukieristimet	33
6	YHTEENVETO OHJEIDEN KEHITTÄMISTARPEISTA	34
6.1	Muuntajien kunnossapito-ohjeiden kehittäminen	34
6.2	Muiden syöttöaseman laitteiden kunnossapito-ohjeiden kehittäminen	36
6.3	Kunnossapidon tiedonhallintaa koskevia kehitysehdotuksia	38
7	POHDINTA	40
	LÄHTEET	42

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää sähköradan syöttöasemien kunnossapidon ohjeiden ajantasaisuus ja kehittämistarpeet. Tällä hetkellä kunnossapidon pääasiallisena ohjeena toimii virallisena ohjeena kumottu Ratahallintokeskuksen julkaisema ratatekniset määräykset ja ohjeet osa 5, sähköistetty rata (RAMO 5). RAMO 5 on aikanaan korvattu Ratatekniset ohjeet osa 5, sähköistetty rata (RATO 5) -ohjeella, mutta siinä ei ole kunnossapitoa käsitelty käytännössä lainkaan. Väyläviraston sähköradan kunnossapidon urakkasopimuksissa viitataan RAMO 5 -ohjeeseen, joten tässä tarkastelussa sitä verrataan laitetoimittajien laatimiin ohjeisiin. Lisäksi oli tarkoitus pohtia, mitä mahdollisuuksia nykyaikaisten kunnossapidon menetelmien ja laitteiden hyödyntäminen voisi tuoda määräaikaissä kunnossapidon tarkastuksissa sekä miten ohjeet voisivat pysyä tulevaisuudessa ajan tasalla ja kaikkien vaatimuksien mukaisina.

2 SUOMEN RATAVERKKO

Suomen rataverkon kunnossapidosta ja kehittämisestä vastaa Väylävirasto. Suomen liikennöitävän rataverkon pituus oli vuoden 2018 lopussa 5 926 kilometriä. Yksiraiteista rataa oli 5 234 kilometriä ja kaksi- tai useampiraiteista 692 kilometriä. Sähköistettyä rataa oli 3 300 kilometriä. Kunnossapitoon käytetään vuosittain lähes 200 miljoonaa euroa. (Väylävirasto 2022.)

Suomen raideleveys poikkeaa yleisestä eurooppalaisesta raideleveydestä. Suomessa raideleveys on 1 524 mm, kun Euroopassa yleisesti käytetään 1 435 mm:n raideleveyttä. Sähköradan jännite on Suomessa 25 kV. Henkilöjunien suurin sallittu nopeus on 220 km/h ja tavarajunien suurin sallittu nopeus on 120 km/h. (Väylävirasto 2022.)

2.1 Rataverkon kunnossapito

Väylävirasto vastaa valtion rataverkon kunnossapidosta. Väylävirasto kilpailuttaa kunnossapidon ja tilaa sen eri urakoitsijoilta toteutettavaksi. Suomen rataverkko on jaettu kunnossapitoalueisiin, jotka kilpailutetaan määräväleihin. Päälysrakenteen ja turvalaitteiden kunnossapito on jaettu kahdeksanteentoista kunnossapitoalueeseen. Sähkörata on jaettu neljään kunnossapitoalueeseen käyttökeskusalueiden mukaisesti.

Kunnossapidon sopimukset ovat tyypillisesti 3–7 vuoden mittaisia. Sopimukset ovat sisällöltään laajoja eli ne sisältävät vikakorjaukset sekä tehtäväluettelon määrittelemät kunnossapidon toimenpiteet. Kunnossapidon toimenpiteiden tarkemmat sisällöt ja laatuvaatimukset määritellään sopimusasiakirjoissa ja Väyläviraston ohjeissa. Sopimukset sisältävät erilaisia kannustimia, joita ovat bonukset vaatimusten ylittämisestä ja sanktiot vaatimusten alittamisesta. Päälysrakenne- ja turvalaittekunnossapidossa on toteutettu myös allianssimallisia kunnossapidon sopimuksia. Allianssimallisessa sopimuksessa sopimusrakenne on joustavampi kuin perinteisessä sopimuksessa, ja sen sisällä toimintaa voidaan helpommin muuttaa sopimuskauden aikana. Allianssiurakoissa asetetaan tavoitekustannus, jonka ylittyessä kaikki osapuolet osallistuvat kustannusten maksuun ja alittuessa jakavat hyödyt. Rautatiekunnossapito edellyttää yleensä urakoitsijoilta erikoiskalustoa ja erikois-

osaamista, joka rajoittaa toimijoiden määrää. Suomen poikkeava raideleveys vaikeuttaa erikoiskaluston saantia ja vaikeuttaa uusien kunnossapidon toimijoiden pääsyä Suomen rautatiekunnossapidon markkinoille.

2.2 Sähköradan kunnossapito

Sähköradan kunnossapitoon kuuluu muun muassa syöttöasemat, ratajohto sekä rataverkon sähkönjakeluun liittyvät laitteet ja komponentit. Sähköradan syöttöasemat toimivat sekä muuntoasemina että kytkinlaitoksina. Lisäksi rataverkolla on välilytkinasemia, joissa ei ole muuntoasemaa. Tärkein vaatimusmäärittelydokumentti sähköradan kunnossapidon kannalta on RAMO 5, joka määrittelee millaisia toimenpiteitä sähköradan eri komponenteille tulee tehdä ja milloin ne tulee suorittaa. RATO 5 -ohje on korvannut RAMO 5 -ohjeen, mutta siinä ei käsitellä sähköradan kunnossapitoa. RATO 5:ssä kuvataan pääasiassa sähköradan suunnittelua ja rakentamista ja tästä syystä RAMO 5 on edelleen käytössä kunnossapidon sopimusasiakirjoissa tehtävien määrittämissä kirjana.

Tällä hetkellä voimassa olevien sähköradan kunnossapidon sopimusten tehtävät muodostuvat pääasiassa RAMO 5:n mukaan. Lisäksi kunnossapidon sopimuskumppanit suorittavat tarpeiden mukaan erilaisia laitteiden kuntoon perustuvia kunnossapidon töitä. Näitä tarpeita löytyy esimerkiksi sopimuksen mukaisissa tarkastuksissa. Sähköradan kunnossapidon urakoitsija hoitaa myös vikapäivystyksen ja vikakorjaukset. Sähköradalle aiheutuu paljon vikoja myös ulkoisista ja ilmastollisista syistä. Esimerkiksi myrskyjen ajolangoille kaatamat puut aiheuttavat paljon viankorjauksia sähköradan kunnossapidon urakoitsijoille.

3 KUNNOSSAPITO

Lähes kaikki fyysinen omaisuus vaatii elinjaksensa aikana kunnossapitoa. Kunnossapidon avulla varmistetaan erilaisten laitteiden ja järjestelmien luotettava ja turvallinen toiminta. Kunnossapito on näin ollen olennainen omaisuuden hallinnan prosessi, jotta omaisuus saadaan tuottamaan lisäarvoa omistajille ja sidosryhmille.

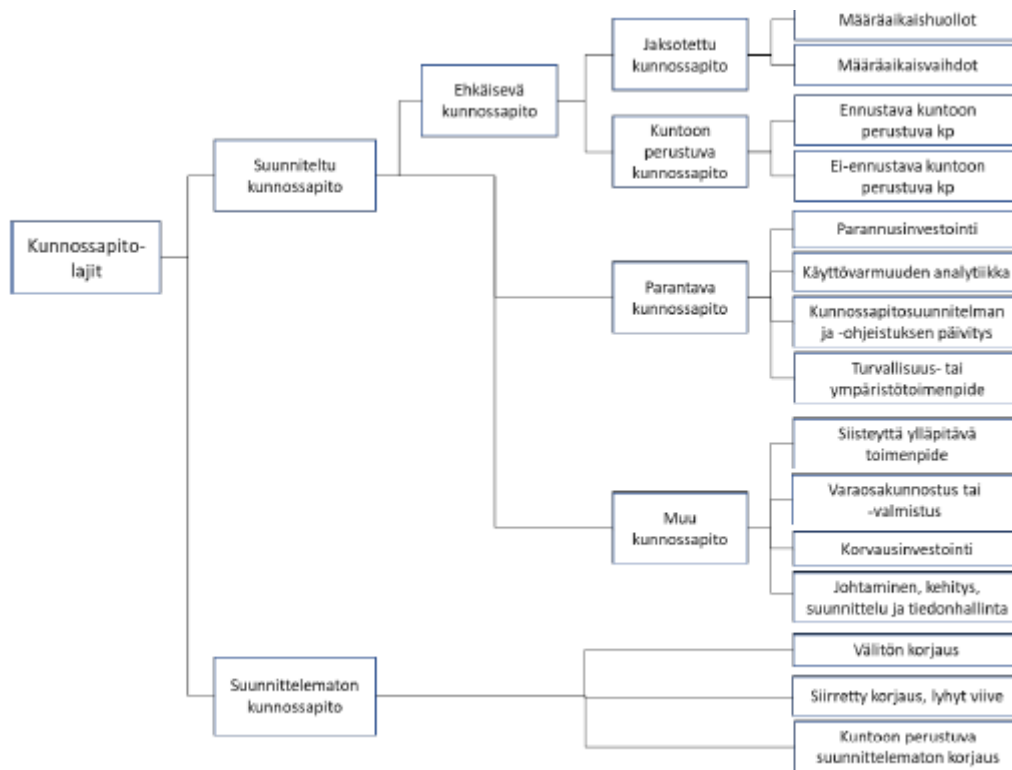
Erilaisilla kunnossapidon toimenpiteillä ja tarkastuksilla pyritään varmistamaan kunnossapidettävän kohteen luotettava ja turvallinen toiminta. Luotettava ja turvallinen toiminta korostuu esimerkiksi paine- ja sähkölaitteissa. Paine- ja sähkölaitteissa laki edellyttää erilaisia määräaikaista kunnossapidon toimenpiteitä. Sähkölaitteiden osalta sähköturvallisuuslain 1135/2016 48. §:ssä kuvataan vaatimukset sähkölaitteiston huolto- ja kunnossapito-ohjelmalle. Sähkölaitteiston haltija on vastuussa siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma ja että kunnossapito-ohjelmaa noudatetaan. Kunnossapito-ohjelman laadinnassa on otettava huomioon käyttöympäristöstä tulevat tarpeet. Muiden sähkölaitteistojen osalta kunnossapito-ohjelma voidaan korvata sähkölaitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 48 §.)

Sähkölaitteilla, kuten muillakin laitteilla, turvallisuus voidaan varmistaa pitämällä laitteet kunnossa. Erilaiset viat aiheuttavat erilaisia vaikutuksia laitteille ja niiden toiminnalle. Jos viat eivät aiheuta vaaraa eikä häiriötä toiminnalle, voidaan kunnossapidon strategiaksi valita Run to Failure eli laitteiden annetaan vikaantua ja korjataan laite sen jälkeen. Jotta tällaisia strategiavalintoja voidaan tehdä, tulee laitteille tehdä erilaisia analyysyjä. Vika- ja vaikutusanalyysi on yksi tapa tunnistaa erilaisia vikoja ja niiden vaikutuksia laitteille. Tällainen analyysi toimii niin sähkölaitteille kuin mekaanisillekin laitteille. Olennaista kunnossapidossa on tehdä oikeita toimenpiteitä oikeille kohteille, jotta ei-toivotut tapahtumat voidaan estää ja turvallisuus ja luotettava toiminta voidaan varmistaa.

3.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jaetaan PSK 6201:n mukaan suunnittelemattomaan ja suunniteltuun kunnossapitoon (kuva 1). Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluu ehkäisevä kunnossapito, parantava kunnossapito

sekä mm. kunnossapidon kehittäminen ja tiedonhallinta. Suunnittelemattomaan kunnossapitoon kuuluvat pääasiassa viankorjaukset ja niihin liittyvät toimenpiteet. (PSK 6201 2022.)



KUVA 1. Kunnossapitolajien luokittelu (PSK 6201 2022)

Sähköradan kunnossapidon hankinta sisältää sekä suunniteltua kunnossapitoa että suunnittelematonta kunnossapitoa. Suunnittelematon kunnossapito eli käytännössä viankorjaukset kuuluvat kokonaisuudessaan päivittäisen kunnossapidon sopimukseen. Suunnitellun kunnossapidon toimenpiteistä ehkäisevää kunnossapitoa sisältyy myös päivittäisen kunnossapidon sopimukseen. Ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteistä suurin osa muodostuu jaksotetusta kunnossapidosta eli määräaikaishuolloista ja määräaikaishvaihdosta. Kuntoon perustuvaa kunnossapitoa sähköradan kunnossapidon sopimukseen sisältyy vähemmän, mutta esimerkiksi syöttöasemien akustot vaihdetaan purkukokeiden perusteella eli kuntoon perustuen. Parantavaa ja muuta kunnossapitoa tilataan myös muiden kuin Radan kunnossapitoyksikön toimesta. Parannus- ja korvausinvestoinnit eivät kuuluu päivittäisen kunnossapidon sopimukseen, ja niitä tehdään enimmäkseen erillisinä projekteina eri yksiköiden ja toimialojen toimesta.

3.2 Kunnossapidon kehittäminen

Kunnossapidossa tulee aina pyrkiä mahdollisimman suunnitelmalliseen toimintaan. Aiemmin suunniteltuna kunnossapitona nähtiin pääasiassa ennakkohuolto ja tarkastustoiminta, joita tehdään tiettyjen jaksojen välein. Toimenpiteet ja niiden jaksot muodostuivat pääasiassa laitetoimittajien suositusten mukaisesti ja niitä muuteltiin kokemusperäisen tiedon perusteella. Erityisesti tämän vuosituhannen aikana tekniikan kehittyessä kunnossapitoa on pyritty toteuttamaan entistä enemmän kohteiden kuntoon perustuen. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa tehdään erilaisia mittauksia, joiden perusteella havaitaan muutokset kohteen kunnossa niin varhaisessa vaiheessa, ettei kohteiden toimintaan ehdi tulla häiriöitä. Näin on mahdollista parantaa kuntoon perustuvalla kunnossapidolla laitteiden käytettävyyttä ja varmistaa laitteiden luotettava ja turvallinen toiminta. Oikein toteutettuna kuntoon perustuva kunnossapito on myös edullisempaa kuin jaksotettu kunnossapito.

Kun toimintaa aletaan kehittämään, tulee laatia tunnuslukuja, joiden avulla kehittämisen tuloksia on mahdollista arvioida. Kunnossapidon suorituskykyä voidaan mitata monilla erilaisilla tunnusluvuilla. SFS-EN 15341:2019 kuvaa suuren määrän erilaisia kunnossapidon avaintunnuslukuja. Jotta tunnuslukuja voidaan laskea, tarvitaan luotettavia lähtötietoja. Tällaisia tietoja ovat muun muassa eri kunnossapitolajeihin käytetty aika ja kustannukset, kunnossapidon kokonaiskustannukset ja viikaantumisiin liittyvät tiedot. Näiden tietojen pohjalta voidaan laskea kunnossapidon tunnuslukuja ja seurata tunnuslukujen muutoksia, kun toimintaa kehitetään. Kunnossapitolajien käyttäminen kaikissa kunnossapidon toimenpiteissä kunnossapidon tietojärjestelmässä ja kaiken olennaisen tiedon dokumentointi kunnossapidon tietojärjestelmiin on tärkeää. Erilaisissa toimintaympäristöissä on mietittävä tärkeimmät avaintunnusluvut ja niiden tietotarpeet sekä varmistettava, että tietojen luotettavuus pysyy riittävällä tasolla tietojärjestelmissä. Jos tietojen luotettavuus rapautuu, tiedot muuttuvat arvottomiksi ja pahimmillaan jopa johtavat koko toimintaa harhaan eli muuttuvat toiminnan kehittämisen kannalta haitallisiksi.

3.3 Kunnossapitostrategiat

PSK 6201:n mukaan kunnossapitostrategia sisältää kaikki liikkeenjohdolliset keinot, joiden avulla saavutetaan kunnossapidon tavoitteet (PSK 6201 2022, 3). Kunnossapitostrategian valintaan vaikuttaa toimintaympäristö, jossa kunnossapitoa toteutetaan. Jatkuva 24/7-tuotantoprosessi on erilainen toimintaympäristö kuin keskeytyvä tuotantoprosessi ja kunnossapitostrategiat voivat näissä

olla hyvin erilaiset. Ilmailu-, ydinvoima- ja rautatieteellisyydessä turvallisuusvaatimukset vaikuttavat kunnossapitostrategian valintaan. Näillä aloilla on lisäksi erilaisia viranomaisvaatimuksia, jotka vaikuttavat merkittävästi kunnossapidon toimintaan.

Sähkö- ja painelaitteilla on myös lainsäädäntöä, joka vaikuttaa kunnossapitostrategian valintaan. Sähköturvallisuuslaki edellyttää, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille laaditaan kunnossapito-ohjelma. Lisäksi laki edellyttää kymmenen vuoden välein suoritettavat määräaikaistarkastukset luokkien 1 ja 2 laitteistoille sekä viiden vuoden välein suoritettavat määräaikaistarkastukset luokan 3 laitteistoille. Määräaikaistarkastuksen voi tehdä vain valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 48–50 §.)

Sähköturvallisuuslaki määrittelee huolto- ja kunnossapito-ohjelman sisällöstä vain sen, että huolto- ja kunnossapito-ohjelman laadinnassa tulee ottaa huomioon sähkölaitteiston käyttöympäristöstä aiheutuvat tarpeet ja sen tulee olla sähköturvallisuutta ylläpitävä (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 48 §). Sähköturvallisuus pitää siis varmistaa kaikissa käyttöympäristöissä. Tyypillisesti nykyaikaiset kunnossapidon menetelmät varmistavat laitteiden toiminnan ja sähköturvallisuuden tehokkaasti. Sähkölaitteiden osalta kunnossapitostrategian valinnassa pitää ottaa huomioon sähköturvallisuuslain vaatimukset, mutta laki antaa sähkölaitteiden haltijalle mahdollisuuksia toteuttaa erilaisia kunnossapidon strategioita huolto- ja kunnossapitosuunnitelman laatimisessa ja toteuttamisessa.

4 SYÖTTÖASEMIEN KUNNOSSAPITO

RAMO 5 kuvaa sähköradan kytkinasemien kunnossapidon melko kattavasti. RAMO 5:ssä kuvataan, minkä tyyppisiä tarkastuksia ja huoltoja kytkinasemilla tulee tehdä ja kuinka usein ne tulee suorittaa. Siinä on myös kuvattu vaatimuksia raportoinnille, työturvallisuudelle, ympäristöasioiden hallinnalle jne. Tässä työssä keskitytään pääasiassa kunnossapidon toimenpiteiden sisältöihin ja aikatauihin.

4.1 Syöttöasemien huoltotyypit

RAMO 5 kuvaa syöttöasemille kolme erilaista huoltotyyppiä. Kunnossapitosopimuksissa on kuvattu veloitteet eri huoltotyypeille. **Tarkastus** on suppein huoltotyyppi ja se tehdään kolme kertaa vuodessa. **Kausihuolto** tehdään kaksi kertaa vuodessa ja se on laajempi kuin tarkastus. Laajin huoltotyyppi on **vuosihuolto** ja se tehdään kerran vuodessa. Huollot jakaantuvat tasaisesti kalenterivuoden ajalle.

4.2 Syöttöasemien huoltokohteet

RAMO 5:ssä kuvataan ensin yleiskohteet, joita eri huoltotyypeissä tarkastetaan. Yleiskohteita ovat kiinteistöön ja sen ympäristöön liittyvät kohteet, kuten siisteys, valaistus, aidat jne. Riippuen kohteesta näitä tarkastetaan kaikissa eri huoltotyypeissä tai vain tietyssä huollossa.

RAMO 5 -ohjeessa on lueteltu seuraavat huoltokohteet:

- yleiskohteet
- akustot ja tasasähköjärjestelmät
- suojaukset, hälytykset ja ohjaukset
- omakäyttömuuntajat
- jännitemuuntajat
- katkaisijat/ sisäerottimet 2 x 25 kV/ 25 kV
- päämuuntaja
- ratajohtosuodattimet
- katkaisijat 110kV

- virta- ja jännitemuuntajat 110 kV
- ulkoerottimet 110 kV ja 2 x 25 kV/ 25 kV
- tukieristimet.

Edellä mainituille huoltokohteille RAMO 5 ohjeistaa toimenpiteet huoltotyypeittäin. Ohje ei ota kantaa siihen, minkä toimittajan laitteita syöttöasemalla on, vaan ohjeet ovat kaikille syöttöasemille samanlaiset. Katkaisijoiden osalta on omat kappaleet GIS-kojeistoille ja ilmaeristeisille kojeistoille. Myös akustojen osalta on omat kappaleet suljetuille ja avoimille akustoille, mutta nämäkään eivät ole valmistajakohtaisia.

Tarkkaa tietoa ei ole siitä, miten ja milloin RAMO 5 on laadittu, mutta voidaan olettaa, että ne on laadittu laatimisajankohdan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Syöttöasemien huoltokohteet ovat hyvin pitkälle ennallaan, mutta syöttöasemien laitteistoissa ja huolto-ohjeiden sisällössä on voinut tulla vuosien aikana muutoksia. Joihinkin laitteisiin on voinut tulla uusia huolto- ja tarkastuskohteita, mutta joihinkin laitteisiin taas on voinut tulla esimerkiksi huoltovapaita komponentteja.

4.3 Laitetoimittajien huolto-ohjeet

Varsinkin uudemmilta syöttöasemilta löytyy syöttöaseman laitteistojen laitetoimittajien huolto-ohjeet. Kaikille syöttöasemille ja arkistoon on toimitettu sähköaseman rakentamisen aikana kansio, johon on kerätty laitteistojen valmistajien huolto-ohjeet. Kunnossapitosopimuksen tehtäväluettelo edellyttää tekemään eri huoltotyypeissä RAMO 5:n mukaiset toimenpiteet. Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena verrata laitetoimittajien huolto-ohjeita, niiltä osin kuin niitä on saatavilla, RAMO 5:ssä esitettyihin huolto-ohjeisiin eli sopimuksien tehtäväluettelon mukaisiin vaatimuksiin.

Suomen rataverkon syöttöasemat ovat hyvin eri-ikäisiä. Ensimmäiset rataverkon sähköistykset on tehty vuonna 1969 ja uusia sähköistettyjä osuuksia rakennetaan edelleen. Vaikka syöttöasemien komponentit ovat vuosikymmenistä toiseen hyvin saman kaltaisia, niin erojakin on 50 vuoden aikana laitteisiin ja niiden huoltokohteisiin tullut. Vanhojen syöttöasemien laitetoimittajien dokumentaatioita on vaikea löytää, mutta uusimpien syöttöasemien dokumentaatiot löytyvät syöttöasemilta, ja niihin on mahdollista verrata RAMO 5 -ohjeistusta.

5 LAITETOIMITTAJIEN JA NYKYISTEN HUOLTO-OHJEIDEN VERTAILU

Hankin työtä varten tarvittavat sähkölaitteiden dokumentit Varpasuon syöttöasemalta. Asemalta löytyvässä muuntajakansiossa oli päämuuntajaan liittyvät asennus, käyttö- ja huolto-ohjeet sekä erilaisia kaavioita. Kansiossa olevat ohjeet on jaettu seuraaviin osioihin:

- muuntajan pintakäsittely
- käämikytkin
- kaasurele
- muuntajan öljyn lämpötilan mittalaitteet
- ylipaineventtiili
- muuntajan ilmankuivain
- muuntajan läpiviennit
- muuntajan radiaattori
- suurmuuntaja
- muuntajaöljy.

Käytännössä kaikki syöttöaseman ohjeet liittyvät päämuuntajaan ja sen apulaitteisiin. Muista laitteista löytyi kunnossapidon valvontapalveluita tuottavan yrityksen arkistosta kaksi kansiota, joissa oli muiden syöttöaseman laitteiden laitetiedot ja huolto-ohjeet, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Näistä dokumenteista on mahdollista löytää syöttöaseman laitteiden valmistajien kunnossapito-ohjeistukset Väyläviraston omiin ohjeisiin vertailua varten.

Tässä luvussa on käytetty tietolähteinä pääasiassa RAMO 5 -ohjetta sekä laitevalmistajien antamia kunnossapito-ohjeita.

5.1 Akustot ja tasasähköjärjestelmät

Syöttöaseman dokumentaatioista ei löytynyt mitään dokumentaatiota akustojen ja tasasähköjärjestelmien huollosta ja kunnossapidosta. Koska käytössä ei ole valmistajien ohjeistusta, nykyisten toimenpiteiden vertailu valmistajien ohjeisiin ei ole mahdollista.

RAMO 5 esittää kohdassa 5.9.2.2.2 Akustot ja tasasähköjärjestelmät yhteensä 13 toimenpidettä eri huoltotyypeissä. Vuosihuollossa tehdään kaikki toimenpiteet, kausihuollossa tehdään 12 toimenpidettä ja tarkastuksessa tehdään kuusi toimenpidettä. Suljetuille ja avoimille akuille on omat tarkastustoimenpiteensä.

Akuille suoritetaan kausi- ja vuosihuolloissa purkauskokeet, jolloin akut puretaan varavalaistusjärjestelmään tai purkausvastukseen. Purkauskokeille ei anneta RAMO 5:ssä raja-arvoja hyväkuntoiselle akustolle, kun taas akkunesteen tiheydelle ja kennojännitteelle on annettu hyväkuntoisen akun raja-arvot. Kokonaisuudessaan akustojen ja tasasähköjärjestelmien tarkastus- ja testaustoimenpiteitä on paljon ja niitä tehdään monesti vuodessa. Lisäksi purkauskokeiden suoritus on suhteellisen aikaa vievä toimenpide. Akustojen testauksista löytyy standardi IEC 60896-21. Dokumentissa ST 96.30 ohjeistetaan akkujen kunnossapitoa (ST 96.30 2016). Dokumentissa ST 96.32 ohjeistetaan laajemmin UPS-järjestelmien käyttöä, ylläpitoa ja huoltoa (ST 96.32 2010). Näihin edellä mainittuihin dokumentteihin hyvä tutustua ja selvittää, onko niistä hyötyä uusien ohjeiden laadintaan.

Ennen kuin ohjeita päivitetään, on hyvä selvittää, onko nykyisillä purkauskokeiden tiheydellä saatu lisäarvoa verrattuna siihen, että niitä tehtäisiin harvemmin. On myös hyvä selvittää, onko nykytekniikalla mahdollista mitata akkujen kuntoa muulla tavoin. Esimerkiksi voisiko akustoihin saada jatkuvasti mittaavia järjestelmiä, jotka tuottaisivat lähes reaaliaikaisesti tietoa akkujen kunnosta. Väyläviraston erilaisissa rataan liittyvissä järjestelmissä on paljon akustoja ja UPS-järjestelmiä. Tämä akustojen kokonaisuus olisi hyvä tarkastella ja laatia kaikille akustoille ja UPS-järjestelmille kunnossapitostrategia ja yhtenäiset kunnossapidon ohjeet. Lisäksi tulisi laatia erilaisille kokeille ja tarkastuksille raportoinnin ja toimenpiteiden raja-arvot. Väyläviraston raja-arvojen määrittelyssä tulee huomioida myös valmistajan ja standardien antamat raja-arvot.

5.2 Suojaukset, hälytykset ja ohjaukset

RAMO 5 käsittelee suojauksien, hälytysten ja ohjausten tarkastuksia ja huoltoa kohdassa 5.9.2.2.3. Tähän kokonaisuuteen kuuluu viisi erilaista tehtävää. Asemalle tulleet hälytykset tulee merkitä ylös ja kuitata. Jos sähköasemalla havaitaan tapahtuneen epänormaaleja relettoimintoja, tulee kirjata toimineen suojan nimi ja toiminta ylös. RESET- ja TEST -näppäimet tulee tarkastaa painamalla

näppäimiä. Hälytykset tulee testata riviliittimiltä niin, että varmistetaan hälytyksen päätyminen käyttökukseen ja paikallishälytyksen ilmestyminen aseman näytölle. Hälytysjärjestelmän sisäiset jännitteet tulee tarkastaa valmistajan ohjeen mukaan. Lisäksi tulee koestaa 110 kV katkaisijoiden varalaukaisukondensaattorit. Huolto- ja tarkastustoimenpiteitä on kaikissa huoltotyypeissä ja vuosi- ja vuorokaudenhuollossa suoritetaan kaikki toimenpiteet.

Tästä kokonaisuudesta en onnistunut löytämään valmistajan ohjeita, joten vertailu ei ollut mahdollista. RAMO 5 ohjeistaa tarkastamaan hälytysjärjestelmän sisäiset jännitteet valmistajan ohjeistuksen mukaan. Aluksi on hyvä selvittää, minkä ohjeen mukaan tähän saakka on toimittu. Joka tapauksessa valmistajan huolto-ohjeet tulee selvittää sekä toimittaa ne tarvittaessa urakoitsijoiden käyttöön.

5.3 Omakäyttömuuntajat

Varpasuon syöttöasemalla on syöttöaseman dokumentaation mukaan käytössä Pauwels -merkinen omakäyttömuuntaja. Valmistajan kunnossapito-ohjeiden mukaan vuosittaiset tarkastukset voidaan suorittaa turvaetäisyydeltä muuntajan ollessa jännitteellisenä ja vuosittain tarkastetaan

- lämpötila
- öljyn pinnankorkeus
- mahdolliset vuodot
- ylipaineventtiilin kunto
- ilmankuivain, mikäli muuntaja on varustettu ilmankuivaimella.

Valmistajan ohjeissa on myös viisivuotistarkastus. Ne tulee tehdä muuntaja jännitteettömänä. Viisivuotistarkastuksessa tulee suorittaa

- öljynäytteenotto näytteenottoventtiilistä
- kaasureleen laukaisumekanismin tarkastus
- väliottokytkimen tarkastus.

Öljynäytteenotolle on ohjeessa annettu tarkemmat ohjeet. Jos muuntaja on kosteissa tai kuumissa olosuhteissa, öljyanalyysejä suositellaan lyhennettäväksi. Englanninkielisessä ohjeessa hermeettisen muuntajan öljyanalyysejä väli on viisi vuotta ja paisuntasäiliöllä varustetun muuntajan

öljyanalyysiväli on kaksi vuotta. Syytä englanninkielisen ja suomenkielisen ohjeen eroon en löytänyt.

RAMO 5 ohjeistaa kausi- ja vuosihuollossa omakäyttömuuntajalle kohdassa 5.9.2.2.4 silmämääräisen tarkastuksen. Tarkastuksessa kehoitetaan kiinnittämään erityistä huomiota öljyvuootoihin. Lisäksi jos muuntaja ei ole hermeettisesti suljettu, tarkastetaan myös öljyn korkeus, kuivausaine sekä nestelukko.

RAMO 5 ohjeistaa tekemään neljä kertaa vuodessa yleistarkastukset, jotka valmistaja ohjeistaa tekemään kerran vuodessa. RAMO 5 ei ohjeista ottamaan öljynäytettä omakäyttömuuntajasta, kun valmistaja ohjeistaa ottamaan öljynäytteen viiden vuoden välein. Omakäyttömuuntajan valmistajan huolto-ohjeet kannattaa huomioida Väyläviraston tulevassa ohjetyössä.

5.4 Jännitemuuntajat

RAMO 5 ohjeistaa jännitemuuntajille kohdassa 5.9.2.2.5 kaikki toimenpiteet vuosihuoltoon. GIS-kojeistolle tehtävinä ovat kaasumittarin tarkastus ja mahdollisten vuotojen havainnointi. Jos vuotoja havaitaan, kehoitetaan kutsumaan huolto. Kaapeloinnin ja pistokepäätteiden visuaalinen tarkastus kuuluu myös tehtäviin. Ilmaeristeisen kojeiston kohdalla tarkastetaan jännitemuuntaja sekä kiskosto, suurjännitesulake ja kaapelointi sekä kennon ja maadoitusten kunto visuaalisesti. Ohjeessa ei määritellä, tuleeko tarkastus suorittaa jännitteettömänä ja maadoitettuna vai jännitteisenä. Jännitteisenä tarkastukset tulee suorittaa kennon ulkopuolelta siltä osin kuin se on mahdollista.

Valmistajan ohjeista löytyi oma välilehti otsikolla 110 kV yhdistetty virta- ja jännitemuuntaja, mutta ei pelkän jännitemuuntajan otsikkoa. Tämän vuoksi jännitemuuntajan valmistajan ohjeistusta ei voinut verrata RAMO 5-ohjeistukseen.

5.5 Katkaisijat ja sisäerottimet 2 x 25 kV tai 25 kV

Lähes kaikki RAMO 5:n kohdan 5.9.2.2.6 huoltotehtävät kuuluvat vuosihuollossa tehtäviksi. Kaikkiaan tehtäviä on 14, ja niistä katkaisijan visuaalinen tarkastus tulee tehdä kaikissa huoltotyypeissä. Tehtäviä ovat muun muassa toimintakertojen kirjaaminen ja niistä edellisen vuoden toimintakerto-

jen laskeminen. Katkaisijan toiminta testataan paikallisesti ja käyttökeskuksesta ja samalla tarkistetaan asennonosoittimen toiminta sekä aseman ohjaustaulusta että käyttökeskuksesta. RAMO 5 ohjeistaa ilmaeristeisen kojeiston ja GIS-kojeiston tehtävät erikseen, mutta monelta osin ne ovat hyvin samanlaiset. GIS-kojeiston huoltokohteena on kaasunpaineiden tarkastus ja jos vuotoja on havaittavissa, tulee kutsua huolto paikalle. Ohjeesta ei selviä tarkemmin, mitä huollon kutsuminen tarkoittaa. Tehtävissä on myös katkaisijan, kiskoston, kaapeloinnin sekä maadoituksen visuaalinen tarkastus. Jos kiskosto on jännitteellinen, tarkastus tulee tehdä kennon ulkopuolelta siltä osin kuin se on mahdollista.

Laitetoimittajan dokumentaatiosta ei löytynyt ohjeistusta 25 kV:n katkaisijoille eikä sisäerottimille, joten vertailua RAMO 5:n ja valmistajan ohjeiden välillä ei ollut mahdollista tehdä.

5.6 Päämuuntaja

Syöttöaseman päämuuntaja on syöttöaseman keskeisin laite. Päämuuntaja muuntaa jännitteen 110 kV:n verkosta sähköradan 25 kV:n käyttöjännitteeksi. Vanhemmilla syöttöasemilla päämuuntaja on kahdennettu (kuva 2) ja uudemmilla syöttöasemilla on vain yksi päämuuntaja. RAMO 5 määrittelee kohdassa 5.9.2.2.7 päämuuntajan kunnossapitoon 19 päätehtävää, joiden alla voi olla alatehtäviä. Esimerkiksi päämuuntajan öljyn lämpötila kirjataan ylös kaikissa huolloissa eli tarkastushuollossa, kausihuollossa ja vuosihuollossa. Öljyn lämpötilan kirjaus on ohjeistettu kohdassa 7.1. Sama logiikka pätee kaikissa toimenpiteissä. Tehtäväluettelossa on paljon kohteita, joista kirjataan tietoja ja jokaiselle huollolle on oma tarkastuspöytäkirjan mallipohja, johon tiedot tulee kirjata. Samaan pöytäkirjaan kuitataan tehtävät tehdyksi. Tässä opinnäytetyössä en selvittänyt, kirjataanko huoltotyöt edelleen paperisiin pöytäkirjoihin, vai käytetäänkö kirjaamiseen sähköisiä pöytäkirjapohjia.



KUVA 2. Syöttöaseman päämuuntajat

Muuntajan dokumentaatio sisältää muuntajan ja siihen kuuluvien varusteiden ja säätölaitteiden dokumentaation. ABB:n suurmuuntajan huolto-ohje ohjeistaa katsomaan varusteiden ja säätölaitteiden huolto-ohjeet valmistajan ohjeista. Varusteiden ja säätölaitteiden valmistajien ohjeiden vertailu RAMO 5 ohjeeseen ovat omissa alaluvuissaan.

ABB:n suurmuuntajan huolto- ja kunnossapito-ohjeessa pääotsikkoina ovat käytönaikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet, seisokin aikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet, perushuolto, muuntajaeristyskunnossapito ja muu kunnossapito. Seuraavissa alaluvuissa esitellään ABB:n suurmuuntajan huolto-ohjeen eri osa-alueiden tärkeimmät kohdat.

5.6.1 Käytönaikaiset tarkastus- ja huoltotoimenpiteet

Muuntajan kuntoa tulee tarkkailla jatkuvasti ja perusteellisemmin vuosittain. Jatkuvan tarkkailun tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä, joita voidaan suorittaa käytön aikana turvallisuusmääräysten mukaisia turvaetäisyyksiä noudattaen, ovat muun muassa

- öljyn korkeuden tarkastus ja tarvittaessa lisäys
- öljyvuotojen tarkastus ja tarvittaessa liitosten kiristys
- öljyn ja käämin lämpötilojen mittaus
- äänien tarkkailu
- pumppujen ja tuulettimien toiminnan tarkkailu
- käämikytkimen ja ohjaimen toiminnan tarkkailu, toimintakertojen luku
- ilmankuivaimen tarkastus ja tarvittaessa kuivausaineen kuivaus tai vaihto
- Kojekaapin kytkimien, kontaktorien, kuivausvastuksen, lamppujen ja osoitinkojeiden toiminnan tarkastus ja kaapin puhtauden ja ovitiivisteiden tarkastus.

Käytön aikana vuosittain tehdään perusteellisempia toimenpiteitä. Näitä vuosittain tehtäviä toimenpiteitä ovat

- käämikytkimen, ohjaimen ja kojekaapin toiminnan tarkastus perusteellisemmin käämikytkimen valmistajan ohjeiden mukaisesti
- muuntajaöljyn näytteenotto
- pintakäsittelyn tarkastus ja mahdollinen paikkamaalaus
- kaasureleen tarkastus, mikäli se on tehtävissä vaaratta

- köysien ja kiskojen läpivientien liitosten sekä suurivirtaisten läpivientien ympäristön lämpökuvaus
- öljyaltaaseen tai kaivoon kertyneen veden poisto
- ympäristön tarkastus ja mm. kasvillisuuden poisto ja aitauksen kunnan tarkastus.

5.6.2 Seisokin aikaiset tarkastukset ja huoltotoimenpiteet

Seisokin aikana tulee suorittaa kaikki käytönaikaiset tarkastus- ja huoltotoimenpiteet lukuun ottamatta lämpökuvausta. Lisäksi tulee tehdä kaikki ne tarkastus- ja huoltotoimenpiteet, jotka eivät ole mahdollisia normaalin käytön aikana. Luonnollisesti kaikki viranomais määräysten mukaiset turvallisuustoimenpiteet tulee olla tehtynä. Seisokin aikana tulee tehdä ainakin seuraavat toimenpiteet:

- öljyvuotojen tarkastus
- kaikkien tiivisteiden vaihto tai kiristäminen (kannet, luukut, putkistot, venttiilit, kojeet, käämi- ja väliottokytkin)
- hitsien tarkastus ja vuotavien tiivisteiden korjaus hitsaamalla
- läpivientieristimien puhdistus
- muuntajan kannen ja säiliön puhdistus
- mittareiden lasien ja kojeiden tarkastusikkunoiden puhdistus
- vaurioituneiden pintojen pintakäsittely
- seuraavat varusteiden, suoja- ja säätölaitteiden ohjeiden mukaiset tarkastus- sekä huoltotoimenpiteet:
 - o lämpömittareiden hälytys-, laukaisu- ja käynnistyskoskettimien toiminnan ja akuston kunnan tarkastus
 - o kaasureleen, öljynkorkeuden osoittimen, ylipaineventtiilin, virtauksen osoittimen ja muiden mahdollisten laitteiden hälytys- ja laukaisukoskettimien toiminnan tarkastus
- käämikytkimen ja ohjaimen huolto vähintään viiden vuoden välein.

Tarkemmat huoltotoimenpiteet on esitetty käämikytkimen huolto-ohjeissa.

5.6.3 Perushuolto

Perushuolto suositellaan tehtäväksi yleensä 15–20 vuoden jälkeen käyttöönotosta. Perushuollossa huolletaan mm. käämikytkin, läpivientieristimet, apulaitteet sekä tarkastetaan säiliö, jäähdyttimet ja öljyt. Jos öljy- tai kaasuanalyysissä on havaittu muuntajassa vikaa, on aktiiviosat nostettava säiliöstään käämien ja sydämen tarkkaa ja yksityiskohtaista tarkastusta ja puhdistusta varten. Huollon tarvetta voidaan arvioida öljyn kunnon perusteella. Jos öljy on kostunutta, ovat muuntajan kiinteät eristeetkin kostuneet. Jos eristeet ovat kostuneet, niitä ei saada kuivaksi vain kuivaamalla öljy, vaan eristeille pitää suorittaa kuivaus tehdasolosuhteissa. Jos muuntaja kuljetetaan tehtaalle tai vastaaviin olosuhteisiin, samalla kannattaa suorittaa edellä mainittujen lisäksi huonokuntoisten tiivisteiden ja varusteiden vaihto sekä pintakäsittelyt.

5.6.4 Muuntajaeristyksen kunnossapito

Eristyksen kunnossapidon tarpeen arvioinnissa öljyanalyysillä on ratkaiseva rooli. Eristyksen kosteus ja vanhenemisaste voidaan todeta öljynäytteitä analysoimalla. Öljynäytteenotto tulee suorittaa erittäin huolellisesti ja asiantuntevasti ja näytteenottopullojen on oltava ehdottomasti kuivia ja puhdaita. Näytteenotossa on varmistuttava, että ulkoilman kosteus ja epäpuhtaudet eivät pääse vaikuttamaan lopputulokseen. Öljynäytteenotosta ja öljystä suoritettavista kokeista kerrotaan tarkemmin omassa ohjeessaan.

Suurmuuntajan huolto-ohjeessa kuvataan tarkemmin erilaiset eristysten kuivausmenetelmät, mutta ne eivät liity Väyläviraston tilaaman peruskunnossapidon toimenpiteisiin. Ne ovat muuntajan perushuollossa tehtäviä toimenpiteitä, joten niitä ei käsitellä tässä enempää.

5.6.5 Muu kunnossapito

Muuntajaöljy on muuntajan luotettavan toiminnan kannalta erittäin tärkeä komponentti. Öljyn kuntoa tulee seurata säännöllisesti öljyanalyysien avulla ja analyysien perusteella suunnitella tarvittavat toimenpiteet. Öljy voidaan joutua myös vaihtamaan. Öljyyn liittyvät toimenpiteet on kuvattu ”Öljyn laatu ja käsittely” -ohjeessa.

Valvonta- ja suojalaitteet tulee huoltaa valmistajan ohjeiden mukaan. Yksityiskohtaiset ohjeet toimitetaan muuntajan dokumentaation mukana. Öljyn ja käämien lämpötiloja tulee seurata määräajoin, ja asettelulämpötilat on kuvattu koestuspöytäkirjassa. Kaasureleen toiminta on testattava säännöllisesti esimerkiksi vuosittain. Öljynkorkeuden osoittimia on seurattava säännöllisesti ja huomioitava öljyn lämpötila, jotta voidaan päätellä, onko öljyä muuntajassa riittävästi. Jos öljyä joudutaan lisäämään, tulee sen olla puhdistettua ja kuivattua sekoituskelpoista öljyä.

Läpiviennit ja liitokset tulee puhdistaa niin usein kuin olosuhteet vaativat. Puhdistus voidaan suorittaa käyttökeskeytyksen aikana, ja puhdistusaineena voidaan käyttää helposti haihtuvia puhdistusaineita, esim. raskasbenssiiniä. Muuntajan läpivientien ulkoisten johdin- ja kiskoliitosten kunto tulee tarkastaa säännöllisesti, koska liitosten löystyminen aiheuttaa läpiviennin kuumenemisen ja voi johtaa läpiviennin tiivisteiden ja jopa koko läpiviennin tuhoutumiseen.

Jäähdytyslaitteiden kuntoa on tarkkailtava säännöllisesti. Tuulettimet, niiden ritilät ja radiaattorit tulee puhdistaa liasta ja vieraista esineistä. Moottoreiden ja tuulettimen kiinnitysruuvien tiukkuus tulee tarkistaa. Tuulettimen laakeriääntä ja värähtelyä tulee tarkkailla vuosittain sekä perusteellisemmin 35 000 käyttötunnin tai viimeistään viiden vuoden käytön jälkeen.

Jännitteensäätölaitteet tulee tarkastaa ja huoltaa muuntajan mukana olevien erillisten käyttö- ja huolto-ohjeiden mukaan.

Maalaukseen syntyneitä vikoja korjattaessa maalattava pinta on puhdistettava ruosteesta, liasta ja rasvasta. Maalaus suositellaan tehtäväksi kahteen kertaan ja maalikerrosten paksuuden tulisi olla vähintään 180 µm. Korjausmaalauksessa suositellaan käyttämään muuntajan valmistajan toimitamaa maalia ja noudattamaan annettuja ohjeita.

5.7 Muuntajan säätö- ja apulaitteet

Muuntajassa on useita laitteita, joiden tarkoituksena on toimia muuntajan säätö- ja apulaitteina. Ne ovat joko muuntajan valmistajan omia tai jonkun muun valmistamia tuotteita. Useimmille näistä laitteista on laadittu huolto- ja kunnossapito-ohjeet. Laitteet ovat tyypillisesti pieniä ja yksinkertaisia, joten kunnossapidon toimenpiteetkin ovat yksinkertaisia. Säätö- ja apulaitteet ovat kuitenkin muun-

tajan luotettavan toiminnan kannalta olennaisen tärkeitä, joten niiden kunnossapito on syytä suorittaa huolellisesti. Seuraavissa luvuissa on kerrottu muuntajan ohjeiden mukana toimitettujen ohjeiden toimenpiteet ja vertailtu niitä RAMO 5:n mukaisiin huolto- ja tarkastustoimenpiteisiin.

5.7.1 Käämikytkin

Varpasuon muuntajan dokumenttien mukaan siellä on käytössä Maschinenfabrik Reinhausen (MR) M-tyyppin käämikytkin. Valmistajan ohjeen mukaan käämikytkimen ensimmäinen tarkastus tulee tehdä kahden vuoden tai 20 000 kytkennän jälkeen riippuen siitä, kumpi raja saavutetaan aiemmin. Seuraavat tarkastukset suoritetaan joka neljäs vuosi, mikäli käämikytkintä ei ole varustettu MR:n suodatuslaitteistolla. Jos MR:n suodatuslaitteisto kuuluu varustukseen, tarkastus tehdään joka seitsemäs vuosi tai ohjeen taulukossa III ilmoitetun kytkentämäärän jälkeen riippuen siitä, kumpi raja saavutetaan aiemmin. Ohjeessa korostetaan, että muuntajan öljyn kuntoa tulee valvoa asiaankuuluvien ohjeiden mukaisesti. Ohjeessa ei kuitenkaan anneta tarkempia tietoja edellä mainituista tarkastuksista eikä tarkastusten sisällöstä. Vesipitoisuudelle ja läpilyöntilujuudelle on annettu ohjearvot. Moottoriohjainyksiköstä oli oma dokumentaatio, jonka mukaan oli suosituksena suorittaa seuraavat tarkastukset muuntajan rutiinitarkastusten yhteydessä:

- suojakotelon tiiviyyden ja veden pitävyyden tarkastus
- sähköisen lämmittimen toiminnan tarkastus
- moottoriohjainyksikön laitteiden ulkoisen kunnan tarkastus.

Lisäksi suositellaan tekemään moottorikäytön toiminnan testaus käämikytkimen tarkastuksen yhteydessä.

Kurkimäen opinnäytetyössä on selvitetty päämuuntajan perushuoltoa ja kunnonvalvontaa. Siinä käämikytkimen perushuolto on todettu olevan tarpeen 5–7 vuoden välein käyttöpaikalla tai aiemmin, jos määritellyt käyttömäärä ylittyy (esimerkiksi 20 000 kertaa). Päämuuntajan perushuollossa tehdään myös käämikytkinhuolto. Jos päämuuntajille tehdään valmistajan suosittelemat perushuollot, käämikytkimen huoltokin ajoittuu niiden mukaisesti hyvin. (Kurkimäki 2017, 43.)

Käämikytkin- ja moottoriohjaintyyppjä on useita, samoin kuin niiden valmistajia. Perustarkastukset ja toiminnan testaukset voivat olla kaikille hyvin saman tyyppiset, mutta johtuen erilaisista rakenteista tarkastustarpeetkin voivat vaihdella. Sjöblomin opinnäytetyön mukaan tärkeimpiä huoltotoi-

menpiteitä ovat öljyn suodatus, tehokytkimen puhdistus, tehokytkinsylinterin puhdistus, koskettimien tarkastus, askelvastusten tarkastus, tiivisteiden tarkastus ja paine- tai virtausreleen tarkastus. (Sjöblom 2017, 34.)

Sjöblomin opinnäytetyössä on selvitetty ABB:n ja Maschinenfabrik Reinhausen käämikytkinten huoltotoimet. Siinä kuvataan myös M-tyyppin huoltotoimet. Kunnossapidon ohjeiden laatimisen yhteydessä kannattaa selvittää, kuinka nämä ohjeet soveltuisivat Väyläviraston sähköradan päämuuntajien käämikytkinten kunnossapito-ohjeiksi. Ennen kaikkea tulee kuitenkin selvittää, minkä valmistajien käämikytkimiä ja mitä tyyppisiä on käytössä eri syöttöasemilla, koska julkisten kilpailutusten myötä valmistajat ja käämikytkinten tyypit voivat vaihdella syöttöasemakohtaisesti. Eri valmistajien ja erityyppisten käämikytkimien huoltotoimenpiteet poikkeavat toisistaan. Käämikytkimet on varustettu moottoriohjaimella ja myös se tarvitsee kunnossapitoa. Moottoriohjainten valmistajat ja tyypit poikkeavat myös toisistaan ja eri mallien välillä on joitain yksilöllisiä eroja. Toiminnan tarkastukset voivat olla kaikille lähes samansisältöisiä, mutta esimerkiksi erilainen mekaniikka vaatii erilaista huoltoa.

RAMO 5:ssä on käämikytkimelle neljä kunnossapitotehtävää: käämikytkimen toimintakertojen kirjaus, ensiö- ja toisiojännitteen kirjaus, käämikytkimen asennon kirjaus sekä käämikytkimen ja jännitesäätäjän kokeilu. Jos käämikytkimen asento poikkeaa epänormaalisti jännitteeseen nähden tai toimintamääriä on ollut alle 45 tai yli 300 kertaa / 1,5 kk, suoritetaan käämikytkimen ja jännitesäätäjän kokeilu myös tarkastuksessa tai kausihuollossa, muuten vain vuosihuollossa. Kolme ensimmäistä tehtävää tehdään aina tarkastuksessa ja kausihuollossa.

RAMO 5:n mukaiset toimenpiteet perustuvat enemmän käyttömäärien ja yleisiin toiminnan tarkastuksiin, mutta ohje ei ota kantaa siihen, mitä tulee tehdä, jos jossain huomataan jotain poikkeavaa. Käämikytkimen ja jännitteen säätäjän koekäyttö varmistaa lopullisesti käämikytkimen toiminnan, mutta sillä ei saada selville, onko jokin komponentti vikaantumassa. RAMO 5 ei myöskään ohjeista tekemään mekaniikan voitelua eikä mitään tarkastuksia tai toimenpiteitä moottoriohjaimille.

Yhteenvedon voidaan todeta, että käämikytkimen kunnossapito RAMO 5:n mukaan poikkeaa valmistajan suosituksesta merkittävästi. Käämikytkintä pidetään valmistajan ohjeiden mukaan varsin toimintavarmana ja kunnossapitovapaana. Kattavampi huolto suositellaan tehtäväksi määräväleihin, muuten kunnossapito on lähinnä öljyn kunnon seuranta. Moottoriohjaimelle suositellaan valmis-

tajien ohjeistuksissa myös erilaisia tarkastustoimenpiteitä, joten Väyläviraston ohjeistusta tulisi tarkentaa tulevaisuudessa myös käämikytkimen moottorihjaimen osalta. RAMO 5:n mukaista vuositain tehtävää käämikytkimen ja jännitteensäätäjän koekäyttöä ei valmistajan ohjeissa suositella tehtäväksi lainkaan, joten sen tarpeellisuutta ja jaksotusta olisi hyvä miettiä tulevaisuudessa.

5.7.2 Kaasurele

Kaasurele on öljytätteen muuntajan suojalaite, joka sijaitsee muuntajasäiliön ja paisuntasäiliön välisessä putkessa. Muuntajan dokumenttien mukaan kaasureleessä on kaksi koho ja niillä on kolme toimintatapaa. Jos kaasua on öljytilan yläosassa, ylempi koho laskeutuu ja aiheuttaa laukaisukoskettimen avulla hälytyksen. Jos öljyntaso laskee esimerkiksi vuodon seurauksena, myös alempi koho laskeutuu ja aiheuttaa hälytyksen. Jos muuntajaan tulee äkillinen vakava vika ja tapahtuu voimakas öljysyöksy kaasureleen läpi paisuntasäiliöön, kohojen välissä oleva läppä kääntyy ja aiheuttaa hälytyksen. Laukaisukosketin kytketään muuntajan pääkatkaisijoiden laukaisupiiriin.

Valmistajan dokumentaation mukaan kaasureleet ovat lähes immuuneja ympäristön vaikutuksille ja sen vuoksi säännöllinen huolto käytön aikana ei ole tarpeen. Kaasureleille suositellaan tehtäväksi silmämääräinen tarkastus ja muuntajan huollon yhteydessä ohjeessa kuvatut toimintakokeet. Jos käytönaikana kaasureleelle kertyy kaasua, tulisi kaasu ja sen määrä analysoida.

RAMO 5:n kohdan 7.12 tehtävä on tarkastaa kaasurele silmämääräisesti ja selvittää esiintykö kaasureleessä kaasua. Tarkastus tehdään kaikissa huolloissa. RAMO 5 ei ota kantaa, miten kaasun määrä arvioidaan eikä siihen, miten tulee toimia, jos kaasureleessä havaitaan kaasua. Tarkastuspöytäkirjassa on oma rivi tarkastukselle ja siinä vain kuitataan tarkastus tehdyksi.

5.7.3 Muuntajan öljyn korkeudenosoitin

Öljyn korkeudenosoitin osoittaa öljyn pinnan korkeuden muuntajan paisuntasäiliössä. Jos käämikytkimellä on erillinen paisuntasäiliö, sillä on oma korkeudenosoitin. Öljyn korkeudenosoitin ei vaadi säännöllistä huoltoa. Osoittimen ja hälytykoskettimien toiminta voidaan testata painamalla tai nostamalla uimurin vartta. Silmämääräinen tarkastus tiivisteiden vuotojen varalta on hyvä tehdä aina muiden tarkastusten yhteydessä.

5.7.4 Muuntajan öljyn ja käämien lämpötilan mittalaitteet

Muuntajan öljyn lämpömittarina on kapillaarilämpömittari öljyn huippulämpötilan mittaamista varten. Mittarissa on maksimilämpötilan osoitin, joka näyttää korkeimman lämpötilan. Myös käämin lämpötilan mittalaitteessa on maksimosoitin, joka jää näyttämään korkeinta mitattua lämpötilaa. Öljyn ja käämien lämpötilanmittalaitteet ovat tärkeitä muuntajan luotettavan toiminnan varmistamisessa. Mittalaitteet eivät vaadi erillistä huoltoa, mutta niitä käytetään muuntajan tarkastuksissa lämpötilojen raportoinnissa.

RAMO 5:n tehtävissä 7.1–7.4 käsketään lukemaan öljyn ja käämin lämpötilat ja huippulämpötilat. Sen jälkeen edellä mainitut huippulämpötilan osoittimet tulee palauttaa alkuasentoon.

5.7.5 Ylipaineventtiili

Ylipaineventtiili on suojalaite, jota käytetään rajoittamaan sisäisen vian aiheuttamaa ylipainetta muuntajan säiliössä. Jos käämikytkimellä on oma öljysäiliö, myös se voidaan varustaa ylipaineventtiilillä. Ylipaineventtiili voidaan varustaa yhdellä tai kahdella laukaisukoskettimella, joilla voidaan ohjata vikatapauksessa muuntajan pääkatkaisijat nopeasti auki, jotta vauriot jäisivät mahdollisimman pieniksi. Ylipaineventtiilin dokumentaatiossa ei ollut mitään säännöllisiä huoltotoimenpiteitä. RAMO 5:n mukaan tehtävä 7.15 ohjeistaa tarkastamaan ylipainereleen koskettimien toiminta valmistajan ohjeen mukaisesti vuosihuollossa.

5.7.6 Muuntajan ilmankuivain

Ilmankuivaimen tehtävä on estää ilman mukana tulevan kosteuden pääsy muuntajaöljyyn öljyn tiilavuuden muuttuessa esimerkiksi lämpötilan vaihtelun seurauksena. Ilmankuivain sisältää hygroskooppista ainetta, joka pystyy sitomaan kosteuden itseensä. Kuivausaineena käytetty silikageelisuola on oranssin väristä, mutta kosteuden johdosta sen rakeet alkavat muuttua värittömiksi. Silikageelisuola pystyy sitomaan vettä noin 20 % omasta painostaan. Huoltodokumentaatiossa mukaan silikageeli tulee vaihtaa viimeistään, kun enää 20 % silikageelistä on oranssin väristä. Samanaikaisesti suositellaan vaihtamaan nestelukkoon uusi kuiva muuntajaöljy.

Kostunut silikageeli voidaan kuivata ilmastoidussa uunissa 130–160 °C:een lämpötilassa ja käyttää uudelleen. Kuivunut silikageeli muuttuu kuivauksessa takaisin oranssin väriseksi. Jos silikageelin sekaan on päässyt muuntajaöljyä, sitä ei voida enää kuivata eikä käyttää uudelleen.

RAMO 5:n tehtävän 7.10 toimenpiteet vastaavat hyvin muuntajan dokumentaation ohjetta. Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan, kuinka monta prosenttia säiliön tilavuudesta kuivausaine punertaa.

5.7.7 Muuntajan läpiviennit

Muuntajan dokumentaation mukaan suositeltavat huolto- ja tarkastustoimenpiteet tyyppin GOB-läpiviennille ovat:

- eristimen pintojen puhdistus
- kapasitanssi- ja $\tan \delta$ -mittaukset
- paikallisen ylikuumenemisen tarkastus liitoksista lämpökuvauksella
- vuotojen tarkastus
- öljytason tarkastus ja säätö.

Muuntajan dokumentaatiossa on kaikki edellä mainitut kohdat kuvattu tarkasti. Esimerkiksi läpiviennin liittimen lämpenemisestä on kerrottu, että ulkoinen liitin lämpenee maksiminimellisvirralla 35–45 °C yli ympäröivän ilman lämpötilan. Vuotojen tarkastuksena suositellaan normaalin syöttöaseman valvonnan yhteydessä silmämääräistä vuotojen tarkastusta.

NLTD-tyypin läpivientieristimelle on omat ohjeet. NLTD-läpivientieristimet eivät vaadi varsinaista huoltoa, mutta muuntajan muun huollon yhteydessä on hyvä tarkistaa, ettei vuotoja esiinny ja että posliini on ehjä. Likaisissa ympäristöolosuhteissa läpiviennit on syytä puhdistaa määrävälein. Rataverkolla likaiset olosuhteet voivat olla teollisuuden läheisyydessä ja kaupunkiympäristöissä.

RAMO 5:n tehtävä 7.9 on öljyn pinnankorkeuden lukeminen. Ohjeesta ei selviä, luetaanko se painantasäiliöstä vai läpiviennistä. Läpiviennin huolto- ja tarkastustoimenpiteissä tulee ottaa huomioon läpiviennin tyyppi ja määritellä ohjeistuksessa toimenpiteet tarkemmin.

5.7.8 Muuntajan radiaattori

Radiaattorin tehtävä on jäähdyttää muuntajaöljyä. Jäähdytys perustuu lämpötilaeroon eli öljy virtaa luonnonkiertoisesti radiaattorin läpi ja jäähtyy. Jäähdytys-elementit on tehty 1 mm:n teräsputkesta ja putket on liitetty hitsaamalla kokoojaputkeen. Radiaattori liitetään laippaliitoksella muuntajaan. Radiaattorissa ei ole liikkuvia osia eikä näin ollen huoltotarpeita. RAMO 5:n tehtävä 7.17 on muuntajan, paisuntasäiliön ja radiaattorien silmämääräinen tarkastus. RAMO 5:n mukaan tulee kiinnittää erityisesti huomiota hitsisaumoihin. Ruostuneet ja muuten syöpyneet kohdat tulee ohjeen mukaan puhdistaa ja maalata.

ABB:n suurmuuntajan huolto-ohjeen mukaan hitsisaumojen ja maalipinnan syöpymien lisäksi tulee tarkkailla jäähdytyspuhaltimien kuntoa. Tuulettimien ja ritilöiden puhtautta tulee tarkkailla ja tarvittaessa ne tulee puhdistaa. Moottoreiden ja tuulettimien kiinnitysruuvien tiukkuus tulee varmistaa. Tuulettimien laakeriääntä ja värähtelyä tulee tarkkailla vuosittain ja perusteellisemmin 35 000 käyttötunnin tai viimeistään viiden vuoden jälkeen. Nämä tuulettimiin liittyvät tehtävät koskevat tietysti vain niitä muuntajia, jotka on varustettu jäähdytystuulettimilla.

5.8 Ratajohtosuodattimet

RAMO 5 ohjeistaa kohdassa 5.9.2.2.8 erilaisia kunnossapitotoimenpiteitä kaikkiin huoltotyyppeihin. Tarkastus- ja kausihuoltoon kuuluu ratajohtosuodattimen kuristimen, vastuksien ja kondensaattorien puhtauden ja eheyden silmämääräinen tarkastus suoja-aidan takaa. Vuosihuoltoon kuuluu kahdeksan toimenpidettä. Ensimmäiset toimenpiteet ovat erottimen toimintaan ja kuntoon liittyviä tarkastuksia ja nivelen voitelu. Erottimia tulee ajaa paikalliskäytöllä ja kaukokäytöllä ja tarkkailla käyttöä sekä asemanosoitinta paikallisnäytöstä ja käyttökeskuksesta. Myös lämmityksen toimivuus tulee tarkastaa. Kondensaattorin kunto tarkastetaan visuaalisesti jännitteettömänä ja maadoitettuna. Öljyeristeisen kuristimen öljyvuodot tulee myös tarkastaa ja jos havaitaan pieniäkään vuotoja, tulee käynnistää jatkotoimenpiteet, joita ei tarkemmin ohjeisteta. Ratajohtosuodattimen köysityksien ja maadoitusten kunto tulee myös tarkastaa visuaalisesti. Oksat ja muu kasvillisuus tulee poistaa vuosittain vuosihuollossa. Vuosittain tulee mitata suodattimen vastuksen arvo ja kondensaattoriparistojen erovirta.

Valmistajan ohjeistuksessa on hyvin vähän huoltotoimenpiteitä. Ensimmäinen huolto on tehtävä 1–3 kuukauden kuluttua käyttöönotosta ja sen jälkeen huollot on tehtävä vuosittain. Huollossa on tarkastettava

- johdotukset ja virtaliitosten kireys
- suojausjärjestelmän toiminta (mm. ylivirta ja epäbalanssisuojaus)
- yksiköiden tiiveys (vuotavat yksiköt vaihdettava).

Epäbalanssiarvo tulee mitata ja jos arvo on yli 20 % laukaisu-arvosta, on yksiköiden kapasitanssit mitattava ja vialliset yksiköt vaihdettava. Eristimet, telineet, yksiköt, kelat sekä virta- ja jännitemuunnattajat tulee puhdistaa riittävän usein.

Ilmasydämisten kuristimien huollosta oli oma ohjeensa. Ohjeessa oli lähinnä puhdistukseen ja liitosten kiristyksen tarkastukseen liittyviä toimenpiteitä. Veden maksimipaine puhdistuksessa on 35 bar. Pesussa ei saa käyttää voimakkaita liuottimia.

RAMO 5:n ohjeet vastasivat melko hyvin valmistajan ohjeistusta. Valmistajan ohjeistuksen mukaan suojausjärjestelmän toiminta tulee tarkastaa vuosittain ja tällainen kohta puuttuu RAMO 5:n ohjeistuksesta. Toisaalta ohjeen mukaan tulee mitata suodattimen vastuksen arvo ja kondensaattoriparistojen erovirta. Tarkastushuollossa olevat tarkastukset tehostuisivat, jos liitokset tarkastettaisiin lämpökameralla, tällöin löysät liitokset paljastuisivat tehokkaasti ja vuosihuollossa olevat visuaaliset tarkastukset ja liitosten kiristykset voisivat kohdistua paremmin löysiin liitoksiin.

5.9 Katkaisijat 110 kV

RAMO 5 ohjeistaa kohdassa 5.9.2.2.9 110 kV:n katkaisijoille yhteensä 12 toimenpidettä. Kaikki toimenpiteet kuuluvat vuosihuoltoon, toimintakertojen luku lisäksi kausihuoltoon. SF6-katkaisijan kaasunpaineen tarkastus tai öljyeristeisen katkaisijan öljyn korkeuden tarkastus, silmämääräinen tarkastus sekä lämmityksen tarkastus kuuluu myös tarkastushuoltoon. Lisäksi vuosihuoltoon kuuluu tarkastaa katkaisijan toiminta ohjaamalla katkaisija käyttökeskuksesta kiinni ja auki. Samalla tulee tarkastaa asennonosoitusten toiminta käyttökeskuksesta ja aseman ohjaustaulusta. Lisäksi katkaisijapilarin, päävirtapiirin, sähkölaitteiden, ohjaimen mekanismin sekä kotelon kunto ja puhdistus tulee tarkastaa. Myös katkaisijan maadoituksen kunto tulee tarkastaa silmämääräisesti ja käsin kokeilemalla.

Varpasuon sähköaseman valmistajan ohjeissa on ABB:n toimittamat 110 kV katkaisijan huolto-ohjeet ABB:n LTB D -tyypin SF6-katkaisijalle. Näissä ohjeissa kaikki toimenpiteet perustuvat katkaisijoiden toimintakertoihin tai toimenpiteiden väliseen aikaan. Visuaalinen tarkastus (A) on ohjeistettu 1–2 vuoden välein riippumatta katkaisijoiden toimintamääristä. Keskitason tarkastus (B) on ohjeistettu 3–6 vuoden välein tai 2000 toimintakerran välein. Ennakoivan kunnossapidon (C) toimenpiteet eli yleistarkastus suositellaan tehtäväksi 15 vuoden välein tai 5000 toimintakerran välein. Laajin huolto eli täydellinen peruskorjaus (D) suositellaan tehtäväksi 30 vuoden tai 10 000 toimintakerran välein. Jokainen edellä mainittu kunnossapitokategoria (A-D) on ohjeessa kuvattu tarkemmin eli kaikki kuhunkin kategoriaan kuuluvat toimenpiteet on ohjeessa kuvattu. Voitelusta on oma ohjeensa, jossa kerrotaan suositeltavat voiteluaineet käyttöolosuhteiden mukaan. Lisäksi ohjeissa on esitetty esimerkiksi ruuvien kiinnitysmomenteja, varaosien varastointiolosuhteita ja muita kunnossapidon kannalta hyödyllisiä asioita. Katkaisijan käyttömekanismen kunnossapidosta on oma ohjeensa, jossa siihen liittyvät kunnossapidon tarvitsemat tiedot ja ohjeet on kuvattu kattavasti.

110 kV katkaisijoiden valmistajan ohjeet tulee käydä huolella läpi ja huomioida seuraavan Väyläviraston ohjeen päivityksessä. RAMO 5 -ohjeessa on varsin kattavasti kuvattu vuosittain tehtävät visuaaliset tarkastukset ja käytön kokeilut, mutta katkaisijan muita toimenpiteitä ei ole kuvattu. Myös valmistajakohtaiset erot tulee huomioida, koska eri toimittajien toteutukset voivat vaihdella ja siitä tulla erilaisia huolto- ja tarkastustarpeita.

5.10 Virta- ja jännitemuuntajat 110 kV

RAMO 5 ohjeistaa kohdassa 5.9.2.2.10 yhteensä neljä tehtävää vuosihuoltoon: muuntajan maadoitusten visuaalinen ja käsivarainen tarkastus, päävirtaliitosten eristimien eheyden ja puhtauden visuaalinen tarkastus, öljynkorkeuden osoittimen asento ja mahdollisten vuotojen havainnointi sekä kytkentäkotelon kunnan ja puhtauden tarkastus. Lisäksi tarkistetaan mahdollisen lämmittimen kunto kädellä kokeilemalla. Lisäksi päävirtaliitosten, eristimien eheyden ja puhtauden sekä öljynkorkeuden visuaalinen tarkastus tehdään kaikissa huoltotyypeissä.

Valmistajan ohjeista löytyi oma välilehti 110 kV:n yhdistetylle virta- ja jännitemuuntajalle. Dokumentaatiosta ei kuitenkaan löytynyt mitään huoltoon ja kunnossapitoon liittyvää ohjeistusta. Dokumentaatiossa oli vain piirustuksia ja teknisiä tietoja.

5.11 Ulkoerottimet 110 kV ja 2x25 kV / 25 kV

RAMO 5 ohjeeseen on yhdistetty eri jännitetason ulkoerottimet saman otsikon alle. Kohdassa 5.9.2.2.11 on yhteensä 10 toimenpidettä, joista visuaaliset tarkastukset tehdään myös kausihuollossa ja lämmityksen tarkastus myös tarkastushuollossa. Ohjeen mukaan toiminnantarkastukset tehdään paikalliskäytöllä ja kaukokäytöllä sekä tarkastetaan asennonosoitin paikallisohjauspaneelistista ja kaukokäyttökeskuksesta. Myös maadoitusten kunto tulee tarkastaa silmämääräisesti ja kokeilemalla.

Laitetoimittajan ohjeiden mukaan erottimet ovat lähes huoltovapaita. Joka viides vuosi tai 1000 toimintakerran jälkeen tulee erottimet tarkastaa ja kiinnittää huomiota korroosioon, kosteuteen ja muihin epäpuhtauksiin. Myös ruuvit, mutterit ja aluslevyt sekä niiden kiinnitys tulee tarkastaa. Väli-tangon päälaakerit ja laakerisokat tulee rasvata käyttöolosuhteiden mukaan ohjeen mukaisella rasvalla.

5.12 Tukieristimet

RAMO 5 ohjeistaa kohdassa 5.9.2.2.12 tukieristimille visuaalisen tarkistuksen ja niiden kiinnityksen alustaan sekä kausihuollossa että vuosihuollossa. Valmistajan dokumentaatiosta ei löytynyt kuin tukieristimen piirustus, joten vertailua RAMO 5:n ja valmistajan ohjeen välillä ei voinut tukieristimen osalta suorittaa.

6 YHTEENVETO OHJEIDEN KEHITTÄMISTARPEISTA

Väyläviraston sähköradan kunnossapito-ohjeet tulee lähiaikoina päivittää, koska tällä hetkellä voimassa olevassa RATO 5 -ohjeessa ei ole kunnossapitoa ohjeistettu käytännössä lainkaan. Väyläviraston kunnossapidon ohjeilla on käytännössä kaksi tärkeää tehtävää. Kunnossapito-ohjeilla varmistetaan, että kaikki kunnossapidon toimenpiteet tähtäävät kohteiden sähköturvallisuuden varmistamiseen ja laitteiden luotettavaan toimintaan sekä lisäksi laajemminkin elinjaksollahinnan tarpeiden täyttymiseen. Ohjeet toimivat myös kilpailutuksessa kunnossapidon palveluita tarjoaville yrityksille tehtäväluettelona eli mitä tehtäviä tulee ottaa huomioon tarjouslaskennassa. Toisin sanoen ohjeet kertovat, mitä kunnossapidon tehtävät sisältävät sekä kuinka usein ja miten ne tulee suorittaa. Kun ohjeet ovat selkeät ja yksiselitteiset, niin sopimuksen aikainen toiminta on selkeää ja sopimuksen tulkintaan liittyvät epäselvyydet ovat vähäisempiä.

Huolto-ohjeiden vertailussa löytyi paljon eroavaisuuksia Väyläviraston ja valmistajien ohjeiden välillä. Eroja on kuvattu edellisissä luvuissa ja seuraavissa luvuissa on lyhyt yhteenveto havainnoista ja yleisiä kehittämissesityksiä tulevaan ohjeeseen.

6.1 Muuntajien kunnossapito-ohjeiden kehittäminen

Muuntajan elinjaksollahinnan kannalta muuntajaöljyanalyysi on yksi olennaisimpia toimenpiteitä. Öljyanalyysi paljastaa jo varhaisessa vaiheessa erilaiset muuntajan sisäiset viat ja on sen vuoksi hyvin tärkeä toimenpide päämuuntajan kunnossapidossa. Valmistajan ohjeistuksessa öljyanalyysi kuuluu vuosittain tehtäviin kunnossapidon toimenpiteisiin eli huomattavasti tiheämmin kuin RAMO 5:ssä, jossa se ohjeistetaan otettavaksi joka viides vuosi. Valmistajan mukaan muuntajan perushuolto suositellaan tehtäväksi yleensä 15–20 vuoden jälkeen käyttöönotosta. Perushuolto ei kuulu Väyläviraston ohjeistukseen eikä perushuoltoja ole systemaattisesti tehty. Perushuoltojen tekemättä jättäminen yhdessä sen kanssa, että öljyanalyysejä ei ole tehty systemaattisesti johtaa päämuuntajien kohonneeseen vikaantumisriskiin, jota ei nykyisillä kunnossapidon toimenpiteillä pystytä hallitsemaan luotettavasti. Vanhoilla syöttöasemilla, joissa muuntajatkin ovat vanhimpia, päämuuntajat on kahdennettu, joten junaliikenteen keskeytymisen riski ei ole välttämättä korkea, mutta mahdollinen vikaantuminen aiheuttaa kustannusriskin. Muuntajilla on riski vaurioitua niin pahoin,

ettei niitä pystytä enää kunnostamaan ja tällä hetkellä uusien muuntajien hinnat ovat korkeita ja toimitusajat pitkiä.

2000-luvun alussa sähköistettyjen osuuksien päämuuntajat alkavat tulla suositeltuun perushuoltoikänsä ja niillä syöttöasemilla päämuuntajia ei ole kahdennettu eli erityisesti niiden osalta tulee huomioida perushuoltojen toteuttamisessa valmistajan ohjeet sekä muuntajaöljyn analysointi vuosittain. RAMO 5 ohjeessa on itse öljyanalyysin ottaminen ohjeistettu varsin hyvin, mutta tulevan kunnossapito-ohjeen laadinnassa kannattaa huomioida ABB:n muuntajaöljyn laatu ja käsittely -ohje. Lisäksi Väyläviraston tulee laatia raja-arvot öljyn kemiallisille ja fysikaalisille vaatimuksille. Määriteltujen raja-arvojen perusteella tulee käynnistää erilaisia toimenpiteitä, esimerkiksi öljynvaihdon, suodattamisen tai muuntajan huollon. ABB:n muuntajaöljyn laatu ja käsittely -ohje määrittelee raja-arvoja ja IEC 422 esittää raja-arvoja laajemmin, joten kumpaakin edellä mainittua dokumenttia kannattaa käyttää hyväksi Väyläviraston raja-arvojen määrittelyssä.

Syöttöasemien päämuuntajien kunnossapitoon tulisi laatia suunnitelma perushuoltojen suorittamiseksi. Suunnitelman laatimisessa tulee huomioida valmistajan suositukset mm. perushuolloista ja Väyläviraston omat käyttökokemukset. Valmistajan suositus perushuollon jaksosta ei ole täysin tarkka, vaan perushuollon välin määrittelyyn vaikuttaa kuormitus, käyttöympäristö ja muuntajan kriittisyys. Nämä yhdessä muodostavat perushuoltovälin, joka Väylävirastolla voi olla esimerkiksi rataosakohtainen, koska rataosittain liikennemäärät ja näin ollen kuormitus ja kriittisyys ovat melko yhtenäiset. Muuntajan perushuoltojen osalta olisi järkevää laatia suunnitelma siitä, miten perushuoltojen osalta aletaan tilannetta parantamaan edellä kuvatut seikat huomioiden.

Syöttöasemien omakäyttömuuntajien osalta kannattaa huolto-ohjeita verrata valmistajan suosituksiin ja lisäksi hyödyntää kokemukseräisiä vikaantumistietoja. Omakäyttömuuntajien käyttöolosuhteet ovat varsin hyvät ja niiden kuormitustaso on suhteellisen matala, joten öljyanalyysien osalta on järkevä käyttää harkintaa, erityisesti jos vikaantumisia ei vuosikymmenten aikana ole ollut. Muuntajien ikääntyessä tosin voivat vikaantumismäärätkin lähteä kasvuun. Tämä työ oli rajattu koskemaan vain syöttöasemien kunnossapitoa, mutta Väyläviraston voisi olla järkevää laatia kaikkia rataverkon muuntajia koskeva kunnossapitostrategia, jossa muuntajien öljyanalyysien ja muihin tärkeisiin kunnossapidon toimenpiteisiin otetaan laajemmin kantaa. Rataverkolla on huomattava määrä imumuuntajia, säästömuuntajia, vaihteenlämmitysmuuntajia sekä muita muuntajia, joista öljyanalyysien ottaminen voisi olla järkevää. Kaikkien muuntajien osalta tulisi laatia perusteet, millaisista muuntajista ja kuinka usein öljyanalyysit tulee ottaa. Muuntajan kriittisyys ja hinta ovat

esimerkkejä perusteista, jotka vaikuttavat öljyanalyyseihin ja muidenkin tärkeiden kunnossapidon toimenpiteiden tarpeisiin. Kriittisyys on hyvä peruste myös laajempien perushuoltojen toteuttamisen priorisointiin.

Päämuuntajan ja sen apulaitteiden kunnossapito-ohjeissa oli paljon erilaisia isompia ja pienempiä eroja Väyläviraston ja valmistajan ohjeiden välillä. Käämikytkimien kunnossapito-ohjeet poikkesivat suhteellisen paljon toisistaan. Käämikytkimien osalta kunnossapito-ohjeet ovat aika yksilöllisiä riippuen sen tyypistä ja rakenteesta, mikä tulee ottaa huomioon uuden ohjeen laatimisessa. Käämikytkimille suositellaan tehtäväksi perushuollot, joita ei käytännössä Väyläviraston muuntajille säännöllisesti tehdä. Osa ohjeista voidaan jatkossa joutua laatimaan muuntajakohtaisiksi, jos komponentit ja niiden kunnossapitotarpeet poikkeavat olennaisesti toisistaan. Päämuuntajan ja sen apulaitteiden huolto-ohjeiden eroja on kuvattu luvuissa 5.6 ja 5.7 ja erot tulee huomioida uuden kunnossapidon ohjeen laatimisessa. Erityisesti tulee huomioida lukujen 5.6.1–5.6.5 ABB:n suurmuuntajan huolto-ohjeet. Näissä luvuissa on kuvattu pääkohdat ABB:n suosittelemista käytönaikeisista ja seisokin aikaisista tarkastus- ja huoltotoimenpiteistä, perushuollosta sekä muuntajaeristyksen kunnossapidosta. Nämä edellä mainitut luvut sekä alkuperäiset muuntajan dokumentit tulee huomioida uusia Väyläviraston ohjeita laadittaessa päämuuntajille. Jos käytössä on muiden valmistajien päämuuntajia, on myös niiden huolto-ohjeet huomioitava Väyläviraston kunnossapito-ohjeiden laadintatyössä.

6.2 Muiden syöttöaseman laitteiden kunnossapito-ohjeiden kehittäminen

RAMO 5 -ohje perustuu hyvin perinteiseen tapaan tehdä ennakoivaa kunnossapitoa tiettyjen ajanjaksojen välein. Erilaisilla tarkastuksilla pyritään havaitsemaan toimintakunnon heikentyminen ja sen perusteella uusimaan tai huoltamaan laitteita tai komponentteja. Työt raportoidaan hyvin perinteisesti paperilomakkeille tai Excel-taulukoihin, mutta tuloksia ei ole mahdollista analysoida analytiikkatyökalujen avulla eikä tuloksia muutoinkaan analysoida systemaattisesti. Näin toimien pienemmät muutokset kunnossa jäävät helposti havaitsematta.

RAMO 5 on ollut aikanaan laadullisesti riittävä eikä se vielääkään ole täysin käyttökelvoton. Esimerkiksi visuaalisten tarkastusten osalta ohjeet ovat monelta osin käyttökelpoiset. RAMO 5 laatimisen aikoihin esimerkiksi lämpökamerat eivät ole olleet laajasti käytössä, joten on ymmärrettävää, ettei niitä ole hyödynnetty visuaalisissa tarkastuksissa. Nykyään lämpökamerat ovat edullisia ja niitä

kannattaa ehdottomasti hyödyntää esimerkiksi löysien kaapeliliitosten etsinnässä. Lämpökameroiden ja ultraäänimittauslaitteiden avulla saa jännitteellisten sähkölaitteiden visuaalisiin ja käytönkaikeisiin tarkastuksiin huomattavasti lisää tarkkuutta ja tehokkuutta ja tämä on hyvä huomioida ohjeita ja urakoitsijoiden vaatimuksia laadittaessa.

Jos uutta tekniikkaa otetaan käyttöön, on syytä huomioida, mitä osaamista sen käyttäminen edellyttää, jotta siitä saa haluttua hyötyä. Väyläviraston tulee edellyttää kriittiset osaamiset kunnossapidon ohjeissa, osaamis- ja pätevyysvaatimukset -ohjeessa tai kunnossapidon sopimuksissa, jotta voidaan varmistaa riittävä osaaminen näissä tehtävissä. RAMO 5:ssä on paljon eri kohteiden visuaalisia tarkastuksia ja samat tarkastukset toistuvat usein tarkastus-, kausi- ja vuosihuolloissa. Näitä tarkastuksia olisi mahdollista tehostaa ja tarkastusvälejä mahdollisesti jatkaa, jos tarkastuksissa hyödynnetään esimerkiksi lämpökameraa tai ultraäänimittauslaitetta.

Akustojen purkauskokeet toistetaan varsin usein ja kokeista käynnistyvät toimenpiteet akkujen uusimiseksi jäivät ohjeiden mukaan epäselviksi. Väylävirastolla on huomattava määrä akustoja syöttöasemien lisäksi myös turvalaitetiloissa. Näiden kaikkien akustojen osalta tulisi laatia yhtenäinen kunnossapitostrategia ja kunnossapidon ohjeet. Kunnossapidon ohjeessa tulisi huomioida myös nykyaikaisten mittausmenetelmien ja jatkuvien kunnonvalvontamittausten hyödyntämismahdollisuudet. Lisäksi akustoille tulee olla selkeät ohjeet kunnossapidon toimenpiteille, jos mittauksista tulokset poikkeavat niille asetetuista raja-arvoista tai tarkastuksissa havaitaan poikkeamia. Jos ei selkeitä raja-arvoja ole annettu eikä kunnossapidon toimenpiteitä ole kuvattu, mittauksista ja tarkastuksista ei saada välttämättä hyötyjä.

Syöttöasemien kunnossapidossa on kuntoon perustuvan kunnossapidon tunnuspiirteitä, mutta kokonaisuutena sen osuus jää vähäiseksi. Nykyaikaista kunnonvalvontaa ei ole käytössä syöttöasemilla käytännössä lainkaan. Anturitekniikka on kehittynyt viimeisinä vuosina todella nopeasti ja antureiden sekä tiedonsiirron hinta alenee koko ajan. Useita tällä hetkellä määräväleihin aistinvaraisesti tehtäviä tarkastuksia olisi mahdollista korvata erilaisilla antureilla siten, että ne tuottaisivat kuntoa koskevaa seurantatietoa tietoa jatkuvasti ja henkilöresurssein tehtävät tarkastukset voisi joiltakin kohteilta jättää suorittamatta tai tarkastuksia voisi vähentää. Värähtelyyn ja äänenmittaukseen perustuvia antureita olisi saatavilla katkaisijoiden ja erottimien mekaniikan valvontaan sekä öljyn ominaisuuksiin perustuvia mittauksia muuntajaöljyn valvontaan. Lämpökameroilla voidaan valvoa laajoja alueita tai pistemäisiä kohteita. Laitetiloista voidaan valvoa etänä lämpötilaa ja ilmankosteutta ja varmistaa laitteille juuri oikeat käyttöolosuhteet. Aiemmin mainittujen akustojen jännitteitä olisi

mahdollista valvoa jatkuvasti ja hyödyntää mittauksia myös purkauskokeissa. Niiltä osin kuin on tarpeen jatkossakin mitata perinteisillä jaksottaisilla mittauksilla tai visuaalisilla tarkastuksilla, on järkevää saada mittaustulokset sähköiseen kunnossapidon tietojärjestelmään, josta tuloksia on mahdollista visualisoida ja analysoida erilaisten työkalujen avulla.

Jatkuvan kunnonvalvonnan kehittämisen voisi aloittaa pilotoimalla erilaisen tekniikan toimivuutta ja laskea erilaisten mittausjärjestelmien takaisinmaksuaikoja. Tiedon lisääntyessä olisi mahdollista laatia syöttöasemille kunnonvalvontastrategia ja sen toteuttamissuunnitelma. Kunnonvalvonnan mahdollinen lisääntyminen tulee vaikuttamaan myös ohjeistuksiin ja palveluntuottajien vaatimuksiin, ja tämä tulee myös huomioida tulevassa ohjetyössä sekä mahdollisesti myös kunnossapidon sopimuksissa.

6.3 Kunnossapidon tiedonhallintaa koskevia kehitysehdotuksia

Uusien kunnossapidon ohjeiden laatimisen yhteydessä on hyvä tunnistaa keinoja, miten ohjeet voisivat edistää uusien ja kehittyneiden kunnossapidon menetelmien käyttöönottoa. Uusien menetelmien avulla olisi mahdollista kehittää laitteiden elinkaarenhallintaa ja käytettävyyttä. Kunnossapidon sopimukseen kannattaa laatia erilaisia kannustinmalleja kunnossapidon kehittämiseen. Kunnossapito digitalisoituu koko ajan ja uuden tekniikan käyttöönottoa tulee edistää kaikilla mahdollisilla keinoilla. Jos ohjeilla veloitetaan toimimaan perinteisellä tavalla, toiminta ei ole innovatiivista eikä yritysten välinen kilpailukaan kehittä kunnossapidon tehokkuutta. Tekniikan kehittyminen aiheuttaa jatkossakin ohjeille päivitystarpeita. Jos aiemmin ohjeita on päivitetty esimerkiksi 10 vuoden välein, nykyinen tekniikan kehittymisnopeus edellyttää ohjeiden päivittämistä huomattavasti useammin.

Hyvä kunnossapidon dokumenttien hallinta on tärkeä osa kehittynyttä elinkaarenhallintaa. Investointiprojektien yhteydessä tulee hankkia toimittajilta kaikki elinkaarenhallinnan kannalta tarpeelliset tiedot ja dokumentaatio sekä saada ne selkeästi jaoteltuna kunnossapidon käyttöön. Laitteiden takuu edellyttää usein valmistajan huolto-ohjeiden noudattamista ja tämä tulee huomioida takuunalaisten laitteiden kunnossapidossa. Sähkörata laajenee lähivuosina ja useita uusia sähköasemia tullaan ottamaan käyttöön, joten uusien sähköasemien takuunalaisten laitteiden kunnossapito on hyvin ajankohtainen aihe. Väylävirastolla on ratakohteiden hallintasovellus RATKO, johon

laitteiden perustiedot tulee jatkossa tallentaa. Laitteiden perustietojen lisäksi tarvitaan laitetoimittajilta hyvät asennus- ja huolto-ohjeet sellaiseen järjestelmään, josta ne ovat helposti sekä ehkäisevän kunnossapidon käytettävissä että korjaavan kunnossapidon käytössä vikatilanteissa mahdollistamassa nopean vikojen korjauksen.

RAMO 5:ssä ei ole juurikaan ohjeistettu millä raja-arvoilla erilaiset tarkastushavainnot aiheuttavat jatkotoimenpiteitä ja millaisia toimenpiteitä tulee tarkastushavaintojen perusteella käynnistää. Jatkossa on tärkeä määritellä tarkastuksista käynnistyville toimenpiteille selkeät raja-arvot. Visuaalisille tarkastuksille voi olla vaikea määritellä raja-arvoja, mutta esimerkiksi erilaisten havaintojen raportointirajat Väylävirastolle tai kunnossapidon valvontaorganisaatiolle olisi mahdollista määritellä. Tällä tavalla visuaalisista tarkastuksista alkaisi kertyä yhteneväistä tietoa Väylävirastolle ja toimenpiteitä olisi mahdollista suunnitella paremmin. Kannattaa myös pohtia tulevia sopimusmalleja, onko jatkossaärkevintä tilata kaikki työt yhdeltä toimittajalta vai jakaa tehtävät peruskunnossapidon ja erikoiskunnossapidon tehtäviksi. Esimerkiksi tiettyihin mittaus- ja tarkastustehtäviin voi löytyä niihin erikoistuneita yrityksiä, joilla voi olla paremmat mahdollisuudet aktiivisesti kehittää tämän tyyppistä kunnossapidontoimintaa.

Hankittaessa kunnossapito kokonaan ostopalveluna, on tilaavan organisaation palveluksessa oleva riittävät resurssit ja riittävä osaaminen kehittää muun muassa ohjeistusta, sopimuksia ja suorituskykymittareita siten, että kunnossapidon toiminta ja kunnossapidettävien kohteiden käytettävyys voivat kehittyä. Vaikka uutta tekniikkaa ja menetelmiä tulee markkinoille koko ajan, niin jatkossa tarvitaan myös perinteisiä mittauksia ja visuaalisia tarkastuksia. Mittaustulosten analysointiin ja niiden johdosta tehtäviin kunnossapidon toimenpiteisiin tarvitaan jatkossakin kunnossapidon ammattilaisia. Tulevaisuudessa on tärkeä löytää sopiva tasapaino kehittyneiden menetelmien hyödyntämisen ja perinteisen tarkastustoiminnan välille. Tämän tasapainon löytämisessä kunnossapidon ohjeistuksen kehittämisellä on tärkeä rooli.

7 POHDINTA

Tyypillisesti kunnossapidon tekemisen tasoon vaikuttaa yrityksen tai organisaation omaisuuden hallintastrategia ja sen perusteella laadittu kunnossapitostrategia. Kunnossapitostrategia vaikuttaa omalta osaltaan siihen, mitä kunnossapitolajeja painotetaan laitteiden kunnossapidossa eli kuinka paljon tehdään kunnonvalvontaa ja kuinka paljon jaksottaisia tarkastuksia. Sähköradan kunnossapidon ohjeiden kehittämistyön tavoitteita kannattaa miettiä myös kunnossapitostrategian kannalta ennen varsinaisen ohjeen laatimisen aloittamista.

Kunnossapidon suunnitelman ja -ohjeiden laatiminen on parhaimmillaan hyvin systemaattista työtä ja siinä on mahdollista hyödyntää esimerkiksi luotettavuuskeskeisen kunnossapidon työkaluja, kuten vika- ja vaikutusanalyysiä. Kriittisyysanalyysi on myös tärkeä työkalu kunnossapidon suunnitelmien laatimisessa. Korkeamman kriittisyyden omaaville laitteille kannattaa suunnata yleensä enemmän kunnossapidon toimenpiteitä ja kunnonvalvontaa kuin matalamman kriittisyyden laitteille. Tällä tavalla systemaattisesti ja analyttisesti laaditut kunnossapidon suunnitelmat olisi mahdollista monistaa useille samanlaisille sähköasemille ja saada näin työn tulokset hyödynnettyä laajasti.

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 määrittelee, että sähkölaitteistoille tulee laatia sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma, mutta laki ei tarkemmin kuvaa kunnossapito-ohjelman vaatimuksia. Tyypillisesti kunnossapito-ohjelma tai kunnossapitosuunnitelma sisältää töiden aikataulutuksen ja niiden kuvaukset, joten Väyläviraston kunnossapito-ohjeet vastaavat sähköturvallisuuslain määrittelemää kunnossapito-ohjelmaa. Sähkölaitteiston käytönjohtaja lopulta vastaa siitä, että sähkölaitteiden käytössä ja huolloissa noudatetaan sähköturvallisuuslakia ja sähkölaitteisto on käytön aikana lain edellyttämässä kunnossa. Sähköturvallisuuslaki on yksi määräävä tekijä kunnossapidon ohjeiden laatimisessa. Organisaation käytettävyyksivaatimukset ja elinjaksollahallinnan vaatimukset ohjaavat myös kunnossapidon suunnitelman ja ohjeiden laatimista. Hyvän käytettävyyden lisäksi myös sähköturvallisuus voidaan varmistaa luotettavammin, kun käytetään nykyaikaisia kunnossapidon ja kunnonvalvonnan menetelmiä. Kunnossapidon ohjeiden laatiminen on joka tapauksessa haastava ja ammattitaitoa vaativa tehtävä ja siihen tulee varata riittävästi osajaa ja aikaa.

Kun Väyläviraston uutta sähköradan syöttöasemien kunnossapito-ohjetta aletaan laatia, tulee päättää, laaditaanko se syöttöasemakohtaiseksi vai kaikki syöttöasemat kattavaksi yleisohjeeksi. Laitekanta voi poiketa sähköasemien välillä ja se tulee huomioida jollain tavalla myös kunnossapidon ohjeissa. Huollon ja tarkastuksen yhteydessä kyseisen syöttöaseman laitekannan voi tietysti todeta, mutta tarjouslaskennassa urakoitsijoilla tulisi olla käytössä jokaisen syöttöaseman todellinen laitekanta ja todelliset kunnossapidon toimenpiteet, joten syöttöasemien laitteet tulisi yksilöidä RATKO:ssa riittävän tarkalle tasolle.

Kunnossapidon sopimuksilla lopulta varmistetaan, että ohjeita noudatetaan ja ohjeiden määrittelemä kunnossapidon laatutaso saavutetaan. Radan sähkökunnossapidon ohjeistus sisältää sähköasemien lisäksi myös ratajohdon kunnossapidon ohjeet. Näiden molempien osa-alueiden kunnossapidon ohjeistus on hyvä laatia samalla kertaa, jotta koko ohjeistuksesta tulee yhtenäinen ja lopputuloksesta paras mahdollinen.

LÄHTEET

Kurkimäki, Artturi 2017. Päämuuntajan perushuolto sekä kunnonvalvonta. Hakupäivä 28.10.2022.

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/133181/Kurkimaki_Artturi.pdf?sequence=1

PSK 6021. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointi ry.

Ratahallintokeskus. Ratatekniset määräykset ja ohjeet osa 5 (RAMO 5). 29.6.2004.

Dnro1546/731/2004./

Sjöblom, Johannes 2017. Tehomuuntajan käämikytkinhuollon prosessin kehittäminen. Hakupäivä

28.10.2022. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128437/Tehomuuntajan%20kaamikytkinhuollon%20prosessin%20kehittaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ST 96.32. 2010. UPS- järjestelmän käyttö, ylläpito ja huolto. Sähkötieto ry

ST 96.30. 2016. Akkujen hoito ja kunnossapito. Sähkötieto ry

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Hakupäivä 18.8.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Varpasuon syöttöaseman ABB:n muuntajan dokumentaatio. Sisäinen lähde.

Väylävirasto. Rataverkko. Hakupäivä 25.7.2022. <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko>