

Jyrki Hartikainen

JAKELUVERKKOTÖIDEN KÄYTTÖÖNOTOT ENERKE OY: SSÄ

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Jyrki Hartikainen
Työn nimi	Jakeluverkkotöiden käyttöönotot Enerke Oy:ssä
Toimeksiantaja	Enerke Oy
Vuosi	2022
Sivut	39 sivua, liitteitä 18 sivua
Työn ohjaaja(t)	Jyrki Liikanen ja Janne Huotari, Enerke Oy

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheena on sähköjakeluverkolle sekä niiden eri osille suoritettavat käyttöönototarkastukset ja -mittaukset. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Enerke Oy. Toimeksiantajalla oli tarve selvittää, täyttyvätkö standardin SFS 6000 -mukaiset käyttöönototarkastukset ja -mittaukset sekä niiden riittävä dokumentointi standardin mukaisella tasolla eri työkohteissa ja laitteissa.

Koska työn tavoitteena oli tehdä tutkimus yleisimmistä sähköjakeluverkon tarkastuksista ja käyttöönotoista, päätettiin opinnäytetyö rajata verkot-liiketoiminnan puolelle. Näin työ saatiin rajattua selkeästi ja työn laajuus saatiin pysymään kohtuullisena. Harvinaisemman laitteiston, yksittäisen valmistajan tai suurjänniteverkon, yli 45 kV:n käyttöönototarkastuksiin, ei tässä työssä perehdytty.

Laadullinen tarkastelu Enerke Oy:n käyttöönototarkastuksista koostettiin aiempien hankkeiden perusteella tarkastelemalla eri projektien dokumentointia sekä haastattelun avulla ovatko projektien eri käyttöönottovaiheet tehty suunnitelmallisesti. Saatuja tuloksia verrattiin SFS 6000 -standardiin ja sähkölakiin. Lisäksi työssä tarkasteltiin toimeksiantajan nykyistä sisäistä ohjeistusta käyttöönototarkastuksien tekemiseen. Eri työvaiheita on pyritty havainnollistamaan kuvien avulla.

Työssä saavutettiin sille asetetut laadulliset ja määrälliset tavoitteet. Opinnäytetyön perustella tuodaan esille mahdollisia dokumentoinnin ja käyttöönototarkastuksien kehittämiskohteita. Toimeksiantaja voi halutessaan hyödyntää tätä aineistoa yrityksen koulutuksissa ja ohjeistuksien tekemisessä.

Asiasanat: käyttöönototarkastus, sähköverkko, standardi, raportointi

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Jyrki Hartikainen
Thesis title	Deployment of distribution network works at Enerke Oy
Commissioned by	Enerke Oy
Time	2022
Pages	39 pages, 18 pages of appendices
Supervisor	Jyrki Liikanen and Enerke Oy Janne Huotari

ABSTRACT

The topic of this thesis is commissioning inspections and measurements of the electricity network, equipment, and their components. The thesis was commissioned by Enerke Oy. The client wanted to investigate, whether the commissioning inspection and measurements meet the requirements of the SFS 6000 standard at different work sites and with various equipment.

Because the objectives of the work were to study the most common inspections and deployments of the electricity distribution network, the scope of this thesis was narrowed down to the network business. This allowed a clear and concise research object. Less common hardware, individual manufacturer, or commissioning inspections of high voltage networks over 45 kV were not included in this work.

Qualitative review of Enerke Oy commissioning inspections was compiled based on previous projects by examining the documentation of various projects, as well as interviews, to explore the quality of planning in various stages of commissioning projects. The results obtained were compared with the SFS 6000 standard and the Electricity legislation. In addition, this work examined the client's own instructions for performing the commissioning inspection. This thesis contains illustrations of the various stages of work.

The qualitative and quantitative objectives set for this research were met. The thesis will be utilized to bring up items for the development of documentation and commissioning inspections. which would improve the deployment of a planned power grid and documentation. The client can also use this material in company trainings and when making future instructions.

Keywords: commissioning inspection, electrical network, standard, reporting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	ENERKE OY	7
2.1	Verkot-liiketoiminta	8
2.2	SATE-liiketoiminta	9
3	SUOMEN SÄHKÖVERKON RAKENNE	9
3.1	Kantaverkko	9
3.2	Jakeluverkko	9
4	SÄHKÖTURVALLISUUSLAKI	12
4.1	Sähtöturvallisuuden taso	13
4.2	Sähkölaitteiston käyttöönotto	13
4.3	Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastukset	14
4.4	Varmennustarkastus	14
5	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET ENERKESSÄ	15
5.1	Aistinvarainen tarkastus	16
5.1	Merkinnät	16
6	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET KESKIJÄNNITEVERKOSSA	17
6.1	Ilmajohdoverkko	18
6.2	Maakaapeliverkko	18
6.2.1	Maakaapelin eristysresistanssimittaus	18
6.2.2	Maakaapelin ulkovaipan eheyden mittaus	19
6.2.3	Jännitekestoisuus (24 h käyttöjännite)	20
6.2.4	Vaiheistus	20
6.3	Eroittimet ja katkaisijat	21
7	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET MUUNTOASEMILLA	21
7.1	Pylväsmuuntoasemat	22
7.1.1	Maadoitusmittaus pylväsmuuntoasemalla	22
7.1.2	Merkinnät pylväsmuuntoasemalla	22

7.2	Puistomuuntamot	23
7.2.1	Maadoitusmittaus puistomuuntajilla	23
7.2.1	Merkinnät puistomuuntajilla	24
8	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET PIENJÄNNITEVERKOSSA	25
8.1	Ilmajohto ja maakaapeliverkko	25
8.1.1	Kaapelin eristysresistanssinmittaus	25
8.1.2	Suojajohtimen jatkuvuus	26
8.1.3	Kiertosuunta ja vaiheistus	27
8.1.4	Jännitteiden mittaus	27
8.1.5	Oikosulkuvirtojen mittaus	29
8.2	1 kV -katkaisija	30
8.2.1	Eristysvastusmittaus	31
8.2.2	Suojajohtimen jatkuvuus	32
8.2.3	Maasulkukoe	32
8.2.4	Oikosulkukoe	32
8.3	Jako- ja haaroituskaapit	33
9	POHDINTA	35
	LÄHTEET	38

LIITTEET (POISTETTU)

- Liite 1. TP03 KJ -käyttöönottotarkastuspöytäkirja, ilmajohto
- Liite 2. TP03 KJ -käyttöönottotarkastuspöytäkirja, maakaapeli
- Liite 3. TP05-muuntamon käyttöönottotarkastuspöytäkirja, pylväsmuuntamo
- Liite 4. Pylväsmuuntamon ja erotinaseman käyttöönottotarkastus TP04
- Liite 5. TP05-muuntamon käyttöönottotarkastuspöytäkirja, puistomuuntamo
- Liite 6. Puisto- ja kiinteistömuuntamon käyttöönottotarkastus TP05
- Liite 7. TP02 PJ -käyttöönottotarkastuspöytäkirja, pj-kaapeli
- Liite 8. PJ-ilmajohdon käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP021
- Liite 9. TP02 PJ -käyttöönottotarkastuspöytäkirja, 1 kV -katkaisijakaappi
- Liite 10. TP02 PJ -käyttöönottotarkastuspöytäkirja, pj-jakokaappi

Liite 11. PJ-kaapelin ja jakokaapin käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP022

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella käyttöönottotarkastuksia ja niiden tekemisiä sekä käyttöönottopöytäkirjojen dokumentointia 0,4 kV – 0,45 kV -jakeluverkoissa Enerke Oy:n rakentamissa kohteissa. Tarve opinnäytetyölle tuli Enerke Oy:n sähkötöiden johtajalta Janne Huotarilta. Enerke Oy tarjoaa laaja-alaisesti sähkönjakelujärjestelmien palveluita verkkoyhtiöille ja teollisuudelle ympäri Suomen. Opinnäytetyön rakenne koostuu yritysesittelystä, Suomen sähkönjakeluverkon rakenteesta, sähköturvallisuuslaista ja standardeista sekä jakeluverkossa olevien yleisimpien komponenttien käyttöönottotarkastuksista. Opinnäytetyö rajattiin verkkoyhtiöille tehtäviin jakeluverkkotöihin.

Verkkoyhtiöillä voi olla erilaisia vaatimuksia standardin suhteen, mitä tarkastuksia ja mittauksia käyttöönottotarkastus pitää sisällään. Lisäksi käyttöönottotarkastuspöytäkirjat voivat olla verkkoyhtiökohtaisia, joissa ilmenee työkohtaisesti mittauksien ja tarkastuksien tarpeet. Mittauksien kirjaaminen ja pöytäkirjojen tekeminen vaatii urakoitsijan pääsemistä tilaajien järjestelmiin sekä näiden käyttöön opastuksen. Enerke Oy:llä on myös omat yleispätevät käyttöönottotarkastuspöytäkirjat asiakkaille, joilla ei ole omia tarkastuspöytäkirjoja tai työnohjausjärjestelmiä käytössä. Yhtenä työn lähtökohtana on selvittää, onko nämä pöytäkirjat SFS 6000 -standardin vaatimalla tasolla. Enerken pääasiakkuuksissa tilaaja organisaatiot käyttävät Headpowerin tuottamia sähköisiä IWD-pöytäkirjoja ja tuotannonohjausjärjestelmiä.

Käyttöönottotarkastuksien- ja pöytäkirjojen analysointiin koostin materiaalia aiempien projektien dokumentoinnista, haastatteleamalla projektissa mukana olleita ja tutkimalla Enerken omaa ohjeistusta. Haastateltavia henkilöitä olivat projektipäälliköt ja työmaan kirkkimiehet. Opinnäytetyön lopputuloksena esitetään työnaikana esille tulleita asioita.

2 ENERKE OY

Enerken perustamisen juuret voisi katsoa muodostuneen jo vuonna 1995, jolloin Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:ssä toteutettiin perusorganisaation uudistaminen. Siinä yhtiön toiminta jaettiin neljään liiketoiminta-alueeseen: sähkön myynti ja hankinta, energian tuotanto, verkkopalvelu ja verkkotekniikka. Kaupparekisteriin liittyminen ja oma Y-tunnus astuivat kuitenkin voimaan vasta

vuonna 2002. Samana vuonna noin sata henkilöä siirtyi Pohjois-Karjalan Sähköstä Enerken palvelukseen. Vuonna 2009 Enerke vahvisti sähköasemaosaamistaan ostamalla Varkautelaisen SLT-Consultsin, joka oli aina vuoden 2021 alkuun asti tytäryhtiö, jolloin yhtiöt sulautettiin yhteen. Opinnäytetyötä aloittaessa Enerke juhlii siis 20-vuotista taivaltaan. Tällä hetkellä Enerke Oy tarjoaa laaja-alaisia sähköjakelujärjestelmien palveluita Suomessa. Palveluvalikoimiin kuuluvat verkkoyhtiöille, teollisuuteen, kaupungeille ja kunnille tarjottavat projektikonaisuudet sekä kunnossapitoon liittyvät palvelusopimukset. [1.]

Vuonna 2022 henkilöstöä on 243 henkilöä ja toimintaa on 16 eri paikkakunnalla. Omistussuhde on koko ajan pysynyt 100 % Pohjois-Karjalan Sähkö Oy:llä. Hallitulla laajentumisella ja organisaation kehittämisellä Enerke on pystynyt luomaan edellytykset monipuoliseen ja taloudellisesti kannattavaan toimintaan. [2.]

2.1 Verkot-liiketoiminta

VERKOT-liiketoiminta toteuttaa kokonaisvaltaisia sähköverkkopalveluita pienemmistä kunnossapitokohteista aina suurempiin kokonaisuuksiin avaimet käteen -periaatteella. Verkostosuunnittelukokemusta löytyy pitkältä aikaväliltä ja erilaiset ratkaisut kustannustehokkaaseen lopputulokseen ovat olemassa. Verkostosuunnittelupalveluissa on tarjolla kohteen sähköistä mitoittamista, sijainti- ja rakennesuunnittelua sisältäen maankäyttöön liittyvät neuvottelut ja erilaiset lupien hankinnat sekä loppudokumentointi ja verkkotiedon tallentamiset. Lisäksi verkostosuunnittelu toimittaa valmiit työ- ja materiaalihankintasuunnitelmat hankkeiden hallintaan. Sähköverkkorakentaminen tarjoaa kattavat palvelut eri jännitetasoilla ilmajohto-, maakaapeli- ja vesistö rakentamiseen. Henkilökunta omaa hyvän koulutuksen ja ammattitaidon, joten työt voidaan pääsääntöisesti toteuttaa jännitetyönä, jolloin jakelukeskeytyksiä ei synny. Enerke tarjoaa myös sähköverkoille huolenpitosopimuksia. Kokonaispalvelu tarjoaa tilaajan kanssa laadittavan kunnossapitosuunnitelman, tarkastukset ja kunnossapitotyöt. Pääasiakkuuksissa tarjolla on myös sähköverkon vianhoito ja varallaolopalveluita. Toiminnan ollessa usealla paikkakunnalla palvelut ovat käytettävissä ympäri Suomen. Opinnäytetyö toteutettiin vain verkot-liiketoiminnan puolelle. [2.]

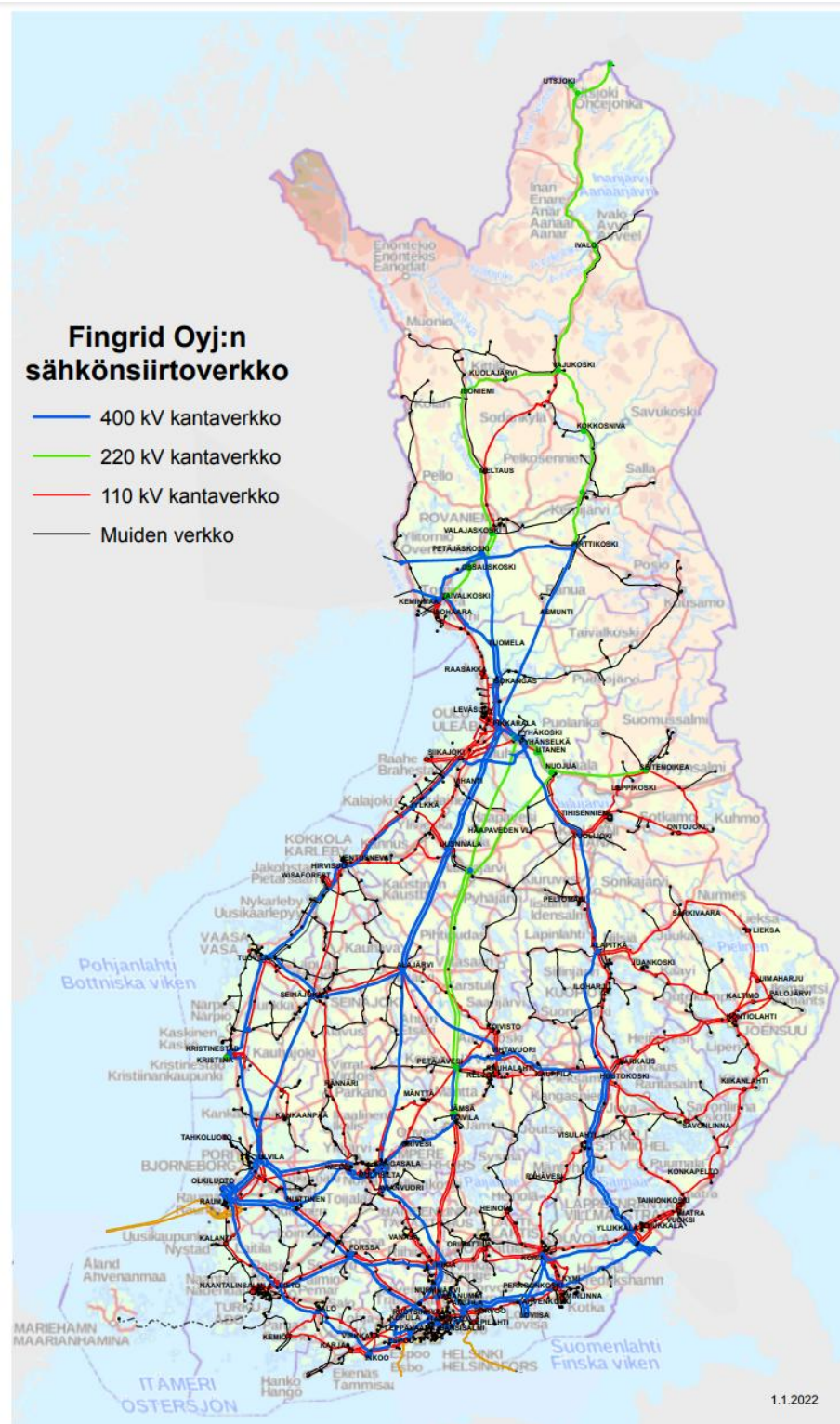
2.2 SATE-liiketoiminta

SATE-liiketoiminta toteuttaa sähköasemien ja teollisuuden sähköjakelu järjestelmien kaikki osa-alueet. Kokonaisprojektit tai niiden eri osat sisältävät suunnittelun, laitehankinnat, asennukset, käyttöönotot ja loppudokumentoinnin. Laaja-alaisen kokemuksen vuoksi tarjolla on eri valmistajien laitteistoja sekä niiden yksilöiminen onnistuu eri tilaajien toiveiden mukaisesti. Sähköasemille, voimalaitoksille ja teollisuuteen on tarjolla erilaiset asiantuntijapalvelut sekä käytönvalvonta ja -johtajapalvelut. Lisäksi tarjolla on myös huolto, -korjaus ja koestuspalvelut joko erikseen sopimalla tai pidempiaikaiseen palvelusopimukseen perustuen. Kaikki palvelut ovat tarjolla ympäri Suomen, ja työt räätälöidään tilaajan toiveiden mukaisesti sähköjakelun- ja tuotannonkeskeytyksien ehdoilla. [2.]

3 SUOMEN SÄHKÖVERKON RAKENNE

3.1 Kantaverkko

Suomen sähköjakelujärjestelmä koostuu kantaverkosta, joka on sähkönsiirron runkoverkko. Siihen on kytketty suuret voimalaitokset ja tehtaot sekä alueelliset jakeluverkot. Kantaverkkoa käytetään pitkillä siirtoyhteyksillä ja suurilla siirtotehoilla, minkä vuoksi kantaverkon jännitteet ovat korkeita 400 kV, 220 kV tai 110 kV. Valtaosa Suomessa käytetystä sähköstä siirretään kantaverkon kautta. Kantaverkon toimivuudesta, kehittämisestä ja ylläpidosta vastaa Fingrid Oy. Kuvassa 1 on esitetty Fingrid Oyj:n sähkönsiirtoverkko vuodelta 2022. Kantaverkko Suomessa on osa yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää yhdessä Ruotsin, Norjan ja Itä-Tanskan kanssa. Näiden lisäksi Venäjältä ja Viirosta on rakennettu Suomeen tasasähköyhteydet. Yhteispohjoismaista voimajärjestelmän tilanne kuvaa ylläpitää Norjan kantaverkkoyhtiö Statnett. [3.]

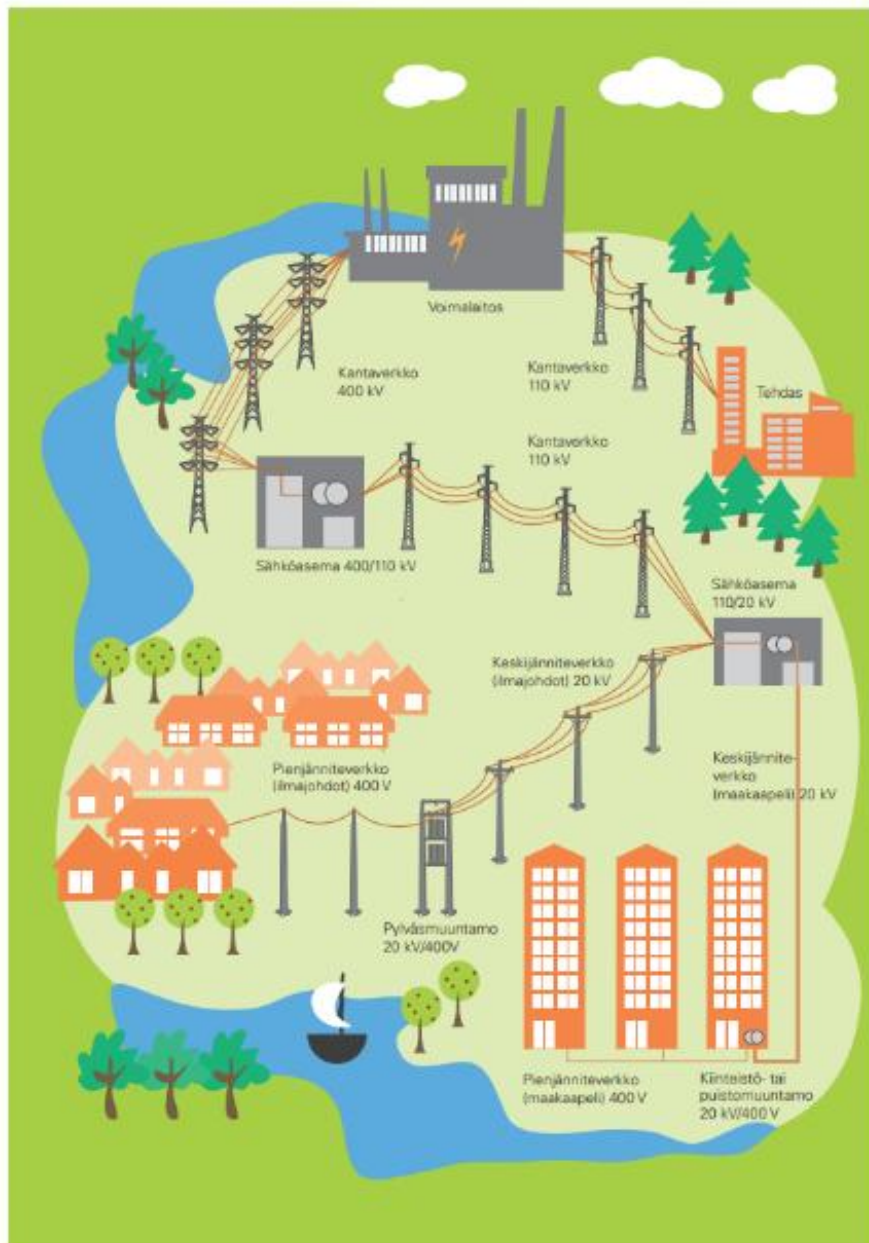


Kuva 1. Fingrid Oyj:n sähkösiirtoverkko [3]

3.2 Jakeluverkko

Suurjännitteiset jakeluverkot, joissa käytetään 110 kV -jännitettä, siirtävät sähköä alueellisesti eri verkkoyhtiöiden alueella maakunnissa. Jakeluverkossa käytetään joko 20, 10,1 tai 0,4 kilovoltin jännitteitä. Jakeluverkkoon kuuluu

useita sähköasemia sekä jakelumuuntoasemia. Sähköasemat ovat verkon solmupisteitä, joissa erijännitteiset voimajohtot kytkeytyvät ja asemilla voidaan muuntaa, jakaa ja keskittää sähkönsiirtoa ja jakelua. Jakelumuuntamot voidaan sijoittaa joko pylväisiin, erilaisiin muuntamorakenteisiin tai rakennuksien sisäpuolelle. Pääsääntöisesti jakelumuuntamoilta rakennetaan pienjänniteverkko loppukäyttäjille. Kuvassa 2 on esitetty Suomen sähkönjakeluverkon rakenne ja tyypillisimmät jännitetasot. Kuvasta poiketen käytössä on myös vanhaa 45 kV sekä kaupunkialueilla 10 kV -jakeluverkkoa. Näitä pyritään kuitenkin saneerauksien yhteydessä muuttamaan suositelluille 110 kV ja 20 kV -jännitteille. Yksittäisillä verkkoyhtiöillä on lisäksi pitkiä pienjännitesiiroja varten 1 kV:n järjestelmä.



Kuva 2. Sähkönjakeluverkon rakenne Suomessa [4]

Suuret sähkönkäyttäjät, teollisuus, kaupat ja palvelut sekä maatalous voivat liittyä joko jakeluverkkoon, suurjännitteiseen jakeluverkkoon tai kantaverkkoon. Pientalot ja kodit saavat sähkönsä pienjännitteisestä 0,4 kV -jakeluverkosta. Sähköä tuottavat voimalaitokset voivat liittyä eri verkkotasolle. Aurinkosähkön ja muun sähkön pientuotannon yleistyessä jakeluverkkoihin liitetään yhä enemmän sähköä tuottavia voimalaitoksia. [5.]

4 SÄHKÖTURVALLISUUSLAKI

Eduskunnan päätöksen mukaisesti on säädetty sähköturvallisuuslaki 1135/2016. Päätös on kirjattu Helsingissä 16.12.2016. Säädökseen on koottu sähköturvallisuutta koskevia lakeja, asetuksia ja ne vastaavat syyskuun 2017 tilannetta. Sähköturvallisuuslain ensimmäisessä luvussa yleiset säännökset todetaan lain tarkoitus ja lain soveltamisala seuraavasti:

Tämän lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset sekä turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. Lisäksi lain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus ja vapaa liikkuvuus. [6, 1. §.]

Sähköturvallisuuslaki säättää myös sähkölaitteille ja -laitteistolle asetettavat vaatimukset seuraavasti:

Tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta. [6, 2. §.]

Sähkölaitte ja -laitteisto on sähköturvallisuuslaissa määritelty ja se kuvataan seuraavasti:

Sähkölaitteella sähköä toimiakseen tarvitsevaa tai sähkön tuottamiseen, siirtoon taikka mittaamiseen tarkoitettua:

- a) valmista laitetta;*
- b) asennustarviketta;*
- c) markkinoilla saataville yhtenä toiminnallisena yksikkönä asetettua laitteiden yhdistelmää;*
- d) komponenttia tai osakokoonpanoa, joka on tarkoitettu laitteen loppukäyttäjän asennettavaksi laitteeseen. [6, 4.1 §.]*

Sähkölaitteistolla kiinteää asennusta tai muuta vastaavaa sähkölaitteista ja mahdollisesti muista laitteista, tarvikkeista ja rakenteista koostuvaa toiminnallista kokonaisuutta [6, 4.2 §].

4.1 Sähköturvallisuuden taso

Yleinen vaatimus sähkölaitteiston ja -laitteen sähköturvallisuuden määrittämiseksi on sähköturvallisuuslaissa määritelty seuraavasti:

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;*
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;*
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.*

Jos sähkölaitte tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön. [6, 6. §.]

Sähkönjakeluverkkoja ja niiden erilaisia rakenteita suunniteltaessa ja rakentaessa on otettava huomioon Suomen vaihtuvat olosuhteet. Sähköturvallisuuslaissa onkin mainittu seuraavasti: *Sähkölaitteiston rakenteessa on otettava huomioon Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat [6, 31. §.]*

4.2 Sähkölaitteiston käyttöönotto

Sähkölaitteiston käyttöönotto tai mahdollinen käyttöönoton rajoittaminen on sähköturvallisuuslakiin määritelty seuraavasti:

Sähkölaitteiston saa ottaa käyttöön vain, jos se täyttää tässä laissa sille asetetut vaatimukset.

Sähkölaitteiston rakentajan on ennen sähkölaitteen käyttöönottoa varmistettava, että sähkölaitteisto on suunniteltu ja rakennettu 31 §:ssä säädettyjen turvallisuusvaatimusten ja 39 §:ssä säädettyjen sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevien olennaisten vaatimusten mukaisesti.

Sähköturvallisuusviranomaisen saa rajoittaa sähkölaitteiston käyttöönottoa ja käyttöä, jos:

- 1) määrätysssä kohteessa ilmenee tai on perustellusti odotettavissa ilmenevän sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva ongelma, joka on ratkaistava; tai*

2) se on tarpeen turvallisuussyistä yleisen viestintäverkon tai vastaanotto- tai lähetysaseman suojaamiseksi, kun laitteistoa käytetään turvallisuuden parantamiseen tarkoin määritellyillä taajuusalueilla.

Sähkölaitteiston käyttöönoton ja käytön rajoittamisesta sähköturvallisuusviranomaisen on ilmoitettava Euroopan komissiolle ja muille jäsenvaltioille. [6, 41. §.]

Sähkölaitteiston käyttöönottoajankohta määräytyy seuraavasti:

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Sähkölaitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sellaisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa. Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin tila, johon sähkölaitteisto on rakennettu, otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa tai toiminta, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa. [6, 42. §.]

4.3 Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastukset

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa tulee sille tehdä käyttöönottotarkastus. Tarkastuksesta tulee sähkölaitteistonrakentajan laatia tarkastuspöytäkirja sähkölaitteiston haltijan käyttöön. Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus on määritelty sähköturvallisuuslaissa seuraavasti:

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on riittävässä laajuudessa selvitetty, että siitä ei aiheudu 6§:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Käyttöönottotarkastus on tehtävä myös sähkölaitteiston muutos- ja laajennustöille. Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta.

Sähkölaitteiston rakentajan tulee laatia käyttöönottotarkastuksesta sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja vähäisiksi katsottavia töitä lukuun ottamatta. Näissäkin tapauksissa on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin annettava laitteiston haltijalle.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisällöstä sekä niistä vähäisiksi katsottavista töistä, joista ei pöytäkirjaa tarvitse tehdä. [6, 43. §.]

4.4 Varmennustarkastus

Sähköturvallisuuslaissa on määrätty, että luokan 1–3 sähkölaitteistolle on turvallisuuden varmistamiseksi tehtävä varmennustarkastus:

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastuksen lisäksi varmennustarkastus, jos kyseessä on luokan 1, 2 tai 3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä myös sähkölaitteiston merkittävälle muutos- ja laajennustyölle. Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston varmennustarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan siitä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin merkittäviksi katsottavista sähkölaitteiston muutos- ja laajennustöistä. [6, 45. §.]

Varmennustarkastuksen ajankohdasta, sisällöstä ja suorittajasta on sähköturvallisuuslaissa mainittu seuraavasti:

Varmennustarkastus on tehtävä ennen sähkölaitteiston ottamista varsinaiseen käyttötarkoitukseensa tai tietyn ajan kuluessa sen jälkeen. Varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistettava, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuudelle ja sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle säädetyt vaatimukset ja sähkölaitteistolle on tehty asianmukainen käyttöönottotarkastus. Varmennustarkastuksen voi tehdä 75 §:ssä tarkoitettu valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. [6, 46. §.]

Erityyppisille sähkölaitteistoille on säädetty valtioneuvoston asetuksella varmennustarkastuksen ajankohta, jossa on myös mainittu verkonhaltijan rakennetut sähköverkot: *Sähköturvallisuuslain 45 §:ssä tarkoitettu varmennustarkastus on tehtävä kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston käyttöönotosta. Verkonhaltijan rakennetuille sähköverkoille varmennustarkastus on kuitenkin tehtävä rakentamista seuraavan kalenterivuoden kuluessa. [7, 7. §.]*

5 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET ENERKESSÄ

Käyttönotot keskijänniteverkossa ja tarkastukset ovat suurimmaksi osaksi verkkoyhtiökohtaisia. Yksi yleisimmistä verkkoyhtiöiden käyttämistä digitaalisten tarkastuspöytäkirjojen tuottajista on Headpower Oy. Headpowerin uusin versio käyttöönottotarkastuspöytäkirjoista on nimeltään IWD (Infra Work Documents), joka mahdollistaa tarkastuspöytäkirjojen sähköisen käsittelyn. Näin pöytäkirjoja voidaan käyttää suoraan työmaalla tietokoneella, älypuhelimella tai tabletilla. Verkkoyhtiöillä, joilla on käytössä Headpowerin IWM-tuotannonohjausjärjestelmä (Infra Work Manager), onnistuu sähköisten pöytäkirjojen liittäminen suoraan kyseiselle hankkeelle. [8.]

Verkkoyhtiöt, joilla ei ole käytössä Headpowerin tai jonkun muun tahon tarjoamia tarkastuspöytäkirjoja, käyttää Enerke Oy silloin omia pöytäkirja pohjia ja

toimittaa ne tilaajalle heidän ohjeistuksensa mukaan. Opinnäytetyössä on tarkasteltu Enerken tekemiä käyttöönotto-ohjeita, -tarkastuksia ja -mittauksia sekä käytettävissä olevia pöytäkirjamalleja. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjoista tarkastelun kohteena olivat Headpowerin IWD-käyttöönottotarkastuspöytäkirjat ja Enerken omat pöytäkirjamallit.

5.1 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraisella tarkastuksella todetaan, että kiinteästi asennetut sähkölaitteet ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimuksien mukaisia. Käytännössä aistinvaraista tarkastusta tehdään koko ajan sähkölaitteistoa rakennettaessa. Rakentamisen aikana havaitut puutteet korjataan työn edetessä, kuitenkin ennen laitteiston käyttöönottoa. [9, s. 343–344.]

Poistettu

Ilmajohtoa rakennettaessa pylväiden pystytys ja erikseen sovittaessa johtimien asennus ja esikiristäminen tapahtuvat perehdytyksen saaneen aliurakoitsijan toimesta. Myös maakaapeliverkkoa rakennettaessa kaapeleiden ja jakokaappien sekä muuntamoiden paikalleen asennukset tapahtuvat itsenäisesti perehdytyksen saaneiden aliurakoitsijoiden toimesta. Osa aistinvaraisesta tarkastuksesta tehdään siis aliurakoitsijoiden toimesta. Työn laatua ja etenemistä seurataan projektipäällikön, suunnittelijan tai työryhmän työmaakäynneillä. Lisäksi Enerkellä on käytössä itsekehittämä Mape-sovellus, jolla valokuvataan sovitut työvaiheet ja erilaiset sähköverkon rakenteet. Mape-sovellus on osa Enerken laadunhallintajärjestelmää. Aistinvarainen tarkastus sähkölaitteistossa on esitetty standardin SFS 6000 kohdassa 6.4.2.1.

5.2 Merkinnät

Jakeluverkkojen merkintätavoissa on paljon eroja eri verkkoyhtiöiden alueella. Merkintätapa tulee siis aina varmistaa verkkoyhtiöltä ja merkintätavat tulee käydä huolellisesti läpi työmaan perehdytyksissä. Pääsääntöisesti maastossa olevien merkintöjen tulee olla samanlaiset kuin loppudokumentoinnin, josta ne siirtyvät erilaisiin käytöntuki- ja verkkotietojärjestelmiin.

6 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET KESKIJÄNNITEVERKOSSA

Käyttöönnotot keskijänniteverkossa ovat siis suurimmaksi osaksi verkkoyhtiö-yhtiö kohtaisia, ja erilaisia käytäntöjä dokumentoinnin sekä tarkastuksien osalta on olemassa ennen uuden verkon käyttöönottoa. SFS-käsikirja 601:2018 suurjänniteasennukset ja ilmajohtot määrittelee tarkastukset ja testaukset seuraavasti:

Tarkastuksilla ja testeillä varmistetaan siitä, että asennukset täyttävät tämän standardin ja asiaankuuluvien laitestandardien vaatimukset.

Toimittaja ja käyttäjä sopivat keskenään seuraavista seikoista:

- tarkastusten ja testausten laajuudesta
- sovellettavista spesifikaatioista
- luovutettavan dokumentoinnin laadusta ja laajuudesta.

Vaatimusten mukaisuus voidaan todentaa seuraavilla tavoilla:

- silmämääräisillä tarkastuksilla
- käyttökokeilla
- mittauksilla.

Laitteiston eri osien tarkastukset ja testit voidaan suorittaa laitteiston toimituksen jälkeen tai sitten kun laitteisto on valmis.

Yleensä suoritettavia tyypillisiä tehtäviä ovat esimerkiksi:

- laitteiden ominaisuuksien (mitoituservot mukaan lukien) tarkastus käyttöolosuhteet huomioon ottaen
- jännitteisien osien välisten sekä jännitteisien osien ja maan välisten etäisyyksien tarkastus
- kojeiston käyttöaajuinen jännitekoee
- suojuksien korkeusmittojen ja vaadittujen etäisyyksien tarkastus
- sähkölaitteiden ja laitteiston osien silmämääräiset tarkastukset ja/tai käyttökokeet
- suojaus-, valvonta-, mittaus- ja ohjauslaitteiden käyttökokeet
- merkintöjen, turvakilpien ja turvalaitteiden tarkastus
- rakennusten/ kotelointien paloluokituksen tarkastus
- hätäuloskäyntien toimivuus
- maadoitusjärjestelmän tarkastus.

Maadoitusjärjestelmän rakenne on suunniteltava sellaiseksi, että sen kunto voidaan tarkastaa määrävällein. Sovelaita menettelytapoja on mm. maadoitusten esiin kaivaminen ja silmämääräinen tarkastus. [11, s. 102–103.]

6.1 Ilmajohtoverkko

Keskijänniteilmajohtotarkastuspöytäkirja tulee laatia jokaiselle johto-osalle. Johto-osa on määritelty verkkoyhtiökohtaisesti, ja se selviää tilaajan luovuttamista materiaaleista. Liitteessä 1 on Headpowerin IWD-pöytäkirja TP03 KJ -käyttöönottotarkastus kohdasta KJ-ilmajohto. Kyseinen työkohde on tilattu

Headpowerin työnohjauksen kautta, joten pöytäkirja ohjautuu automaattisesti kyseiselle työlle ja on nähtävillä tallentamisen jälkeen tilaajalla. Lisäksi liitteessä 1 on Enerken oma KJ-ilmajohdon tarkastuspöytäkirja TP031. Keskijännitteellä 20–45 kV ilmajohtorakentamisessa johdon käyttöönottotarkastus on suurimmaksi osaksi aistinvaraista.

6.2 Maakaapeliverkko

Keskijännite maakaapeliasennuksissa käyttöön otettavalle kaapeliverkolle tehdään mittauksia ja testauksia [10]:

Poistettu

Liitteessä 2 on Headpowerin IWD pöytäkirja TP03 KJ -maakaapeli käyttöönottotarkastus. Pöytäkirjasta näkyy selkeästi johto-osa ja otsikossa tarkentavana tietona erottimien väli johon kaapeli on asennettu. Lisäksi liitteessä 2 on Enerken oman KJ-maakaapelin tarkastuspöytäkirja TP032.

6.2.1 Maakaapelin eristysresistanssimittaus

Poistettu

Kuva 3. *Poistettu*

6.2.2 Maakaapelin ulkovaipan eheyden mittaus

Poistettu

Kuva 4. *Poistettu*

6.2.3 Jännitekestoisuus (24 h käyttöjännite)

Jännitekestoisuus testi tehdään käyttöön otettavan kaapelin käyttöjännitteellä. Nämä ovat yleensä tilaajan ja päätoteuttajan välisen sopimuksen mukaisia. SFS 601-2018 -suurjänniteasennukset ja -ilmajohdot, koekäytöt ovat määriteltä seuraavasti:

Koekäyttö suoritetaan, jos siitä on sovittu tilaajan ja toimittajan kesken. Koekäytön tarkoituksena on todentaa suurjännitelaitteiston toiminnalliset ominaisuudet. Sen vuoksi kaikkien oleellisten laitteisto- osien olisi oltava toiminnassa koekäytön aikana. [12, s. 103.]

6.2.4 Vaiheistus

Poistettu

Poistettu

6.3 Erottimet ja katkaisijat

Erotinasemilla tehdään pöytäkirjojen mukaiset aistinvaraiset tarkastukset ja testataan erottimen toiminta. Erottimet merkataan yksilöivällä tunnuksella verkkoyhtiökohtaisen ohjeen mukaan. Mittaamalla tehtävä tarkastus ovat vaiheistus- ja suoja- ja PEN-johtimen jatkuvuuden toteaminen. Erotinasemista tehdään pylväsmuuntamon ja erotinaseman käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP04. Headpower IWD sekä Enerke ovat nimenneet pöytäkirjat samalla tavalla. Liitteessä 4 on erään erottimen käyttöönottotarkastuksen tarkastusmerkinnät Headpower IWD:ssä ja liitteessä 5 on Enerken pylväsmuuntamon ja erotinaseman käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP04.

7 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET MUUNTOASEMILLA

Poistettu

7.1 Pylväsmuuntoasemat

Pylväsmuuntamoita käytetään lähinnä maaseudulla ja kuntien sekä kaupunkien haja-asutusalueilla. Pylväsmuuntamon etuja ovat mm. nopea rakentaminen sekä alhaiset rakennus- ja käyttökustannukset. Pylväsmuuntamot voidaan rakentaa lähes minkälaiseen maastoon tahansa.

Pylväsmuuntamoilla tehdään aiemmin mainittu pylväsmuuntamon ja erotinaseman käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP04. Pylväsmuuntamosta mitataan seuraavat arvot [10]:

Poistettu

Liitteessä 3 on Headpowerin IWD:ssä tehty pylväsmuuntamon käyttöönotto-tarkastuspöytäkirja. Ja liitteessä 4 on Enerken oma pylväsmuuntamon käyttöönotto-tarkastuspöytäkirja TP04.

7.1.1 Maadoitusmittaus pylväsmuuntoasemalla

Poistettu

7.1.2 Merkinnät pylväsmuuntoasemalla

Poistettu

7.2 Puistomuuntamot

Rakennettaessa säävarmaa sähköverkkoa puistomuuntamoiden käyttö on lisääntynyt huomattavasti ja niitä käytetään yhä enemmän myös maaseutuverkossa. Puistomuuntamoita perustettaessa piiloon jäävät asennukset tarkastetaan ennen peittämistä. Piiloon jäävien asennuksien laadunvarmistuksen dokumentointina Enerkessä toimii Mape-sovellus.

Puistomuuntamoilla tehtäviä mittauksia ovat [10]:

Poistettu

Liitteessä 5 on Headpowerin IWD:ssä tehty puistomuuntamon käyttöönotto-tarkastus pöytäkirja TP051, ja liitteessä 6 on Enerken asiakkaalle toimittaman puistomuuntamon käyttöönotto-tarkastus pöytäkirja TP05. Pöytäkirjaa käytetään myös kiinteistömuuntamoiden käyttöönotto tarkastuksessa.

7.2.1 Maadoitusmittaus puistomuuntajilla

Poistettu

Poistettu

Kuva 5. *Poistettu*

7.2.2 Merkinnät puistomuuntajilla

Poistettu

8 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET PIENJÄNNITEVERKOSSA

Pienjännitesähköasennuksissa, standardisarjan SFS 6000 pienjännitesähköasennukset, versiota 2017 sovelletaan myös sähkönjakeluverkkoihin. Tämän soveltamisalan piiriin kuuluvat virtapiirit, joita syötetään enintään 1000 V -vaihtojännitteellä (AC) tai 1500 V -tasajännitteellä (DC) [13, s. 18]. *Poistettu*

Standardisarjassa SFS-EN 50341 on esitetty ilmajohtoja koskevat vaatimukset. Tämän standardin osassa 1 yleiset vaatimukset, yhteiset määrittelyt sovelletaan Suomessa vain täydennettynä tällä Suomen kansalliset velvoittavat määrittelyt sisältävällä standardilla EN 50341-2-7 vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV: n jännitteellä, kansalliset vaatimukset. Tämän standardin vaatimuksia voidaan soveltaa myös pienjännitteellä, alle 1 kV -vaihtojännitteellä (AC) toimiviin uusiin ilmajohtoihin. [14, s. 170–171.]

8.1 Ilmajohto ja maakaapeliverkko

Pienjännite ilmajohtoasennuksissa verkon käyttöönottamiseksi on tehtävä seuraavat testaukset ja mittaukset [10]:

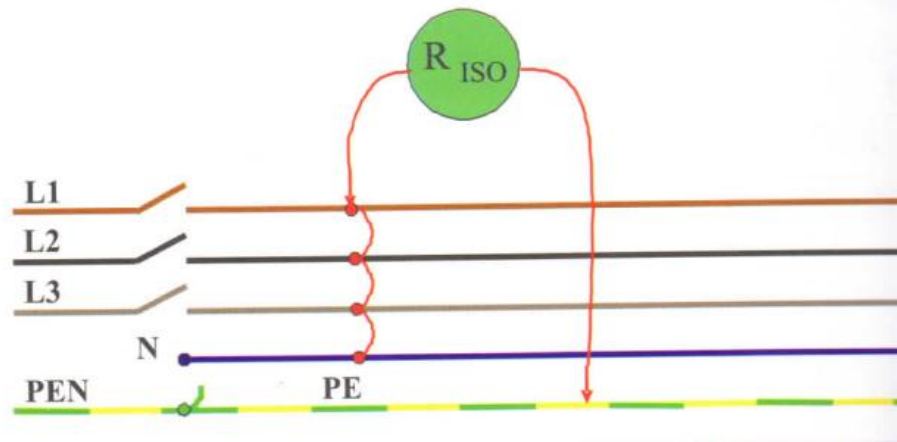
Poistettu

Liitteessä 7 on Headpowerin IWD:ssä tehty TP02 PJ -käyttöönottotarkastus muuntamon ja jakokaapin välisestä maakaapelista. Enercellä on liitteen 8 mukainen käyttöönottotarkastuspöytäkirja TP021 PJ -ilmajohdoille.

8.1.1 Kaapelin eristysresistanssinmittaus

Eristysresistanssi mittauksella varmistetaan asennuksen jälkeen jännitteisten osien eristystila maata vasten. Eristysresistanssi mitataan kaikkien vaihejohtimien väliltä sekä vaihejohtimien ja nolla/ PEN-johtimen väliltä. Kaikkien mittausvaiheiden tuloksien tulisi olla yhteneväisiä. Mittaukset suoritetaan kaapelin

ollessa jännitteetön, ja se on erotettava kaikki napaisesti molemmista päistään. Kuvassa 6 eristysresistanssin mittauksen havainnekuva.



Kuva 6. Eristysresistanssin mittaus [9. s. 352]

Eristysresistanssi on riittävän hyvä, mikäli taulukon 1 mukaisilla koejännitteillä saadaan mitattua vähintään taulukon mukaiset eristysresistanssi arvot. [15, s. 443].

Taulukko 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot [15, s. 443]

Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellisjännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin minimiarvo MΩ
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500 V FELV mukaan luettuna	500	1,0
Yli 500 V	1 000	1,0

8.1.2 Suojajohtimen jatkuvuus

Standardissa, SFS 6000 pienjännitesähköasennukset osa 8–801, täydentävät vaatimukset mainitaan suojajohtimen jatkuvuuden mittaamisesta jakeluverkkojen osalta seuraavasti:

Suojajohtimen tai PEN-johtimen jatkuvuuden mittaamisen sijasta voidaan mitata silmukkaresistanssi tai oikosulkuvirta riittävästi kuormittavalla mittarilla. Tällöin voidaan samalla varmistaa oikosulkuvirran riittävyys suojauksen toimimiseksi ja verrata mitattuja arvoja suunnittelulaskennassa saatuihin. [16, s. 249.]

Poistettu

Asennuksen käyttöönottotarkastus tulee tehdä dokumentoidusti [6, 43 §].

8.1.3 Kiertosuunta ja vaiheistus

Poistettu

Vaiheistuksen ja pyörimissuunnan testauksen voi suorittaa esimerkiksi jännitteenkoettimella. Pyörimissuunnan testaus jännitteenkoettimella (Fluke T150) seuraavasti [10, s. 14]:

Poistettu

Poistettu

Poistettu

8.1.4 Jännitteiden mittaus

Poistettu

Kuva 7. Poistettu

Kuvassa 8 mitataan jännite jakokaapilla vaiheiden L1 ja L2 väliltä.

Kuva 8. Poistettu

8.1.5 Oikosulkuvirtojen mittaus

Jakeluverkkojen osalta SFS 6000 standardissa on mainittu automaattisen poiskytkentä vian takia seuraavasti:

Jakeluverkon vikasuojauksessa pitää yleensä noudattaa SFS 6000-4-41 kohdan 411.3.2.3 vaatimuksia, eli syötön automaattisen poiskytkennän aika saa olla enintään 5 s. Jakeluverkkojen luonteesta ja sijoituksesta johtuen voidaan jakeluverkossa verkon haltijan harkinnan mukaan hyväksyä pidemmät poiskytkentäajat. Jakeluverkossa automaattiseen poiskytkentään käytettävän sulakkeen mitoitusvirta voidaan valita taulukon 801.1 mukaisesti edellyttäen, että liittymiä koskevat vaatimukset toteutuvat. [17, s. 242.]

Kuvassa 9 on taulukko 801.1 pienin oikosulkuvirta, jonka mukaan jakeluverkon vikasuojaukseen käytetty ylivirtasuoja voidaan mitoittaa seuraavasti:

Ylivirtasuoja	Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta jakeluverkossa
gG-tyyppin sulake $I_N \leq 63 \text{ A}$	$2,5 \times I_N$
gG-tyyppin sulake $I_N > 63 \text{ A}$	$3,0 \times I_N$

Kuva 9. SFS 6000 -taulukko 801.1 [17, s. 242]

Sähköliittymän vikasuojauksen osalta Energiateollisuuden verkostosuositus

SA 4:09 on maininnut jakeluverkkohaltijoiden osalta seuraavasti:

Jakeluverkonhaltijat pyrkivät mitoittamaan jakeluverkon siten, että rakennettavissa uusien muuntopiirien verkoissa sähköliittymien pääsulakkeilla on kaikissa normaaleissa verkon kytkentätilanteissa vähintään taulukossa 5 esitetyt oikosulkuvirtatasot. [18, s. 15.]

Kuvassa 10 on Energiateollisuuden verkostosuositus SA 4:09 taulukko 5:

Suosittelava minimi oikosulkuvirta sähköliittymällä.

Taulukko 5. Suositeltava minimi oikosulkuvirta sähköliittymällä

Sähköliittymän pääsulakkeen arvo	Jakeluverkon oikosulkuvirran minimiarvo (I_k) liittymän pääsulakkeella (A)	
	Asemakaavoitetulla taajama-alueella	Muualla taajama- sekä haja-asutusalueella
16 A	200	200
25 A	250	250
35 A	250	250
50 A	320	250
63 A	425	320
80 A	580	425
100 A	715	580
125 A	950	715
160 A	1250	950
200 A	1650	1250
250 A	2200	1650
315 A	2840	2200

Suuremmissa liittymissä kuin 315 A saadaan jakeluverkon I_k rinnakkaisten pääsulakkeiden määrän ja taulukossa 5 mainitun vastaavan I_k arvon tulona.

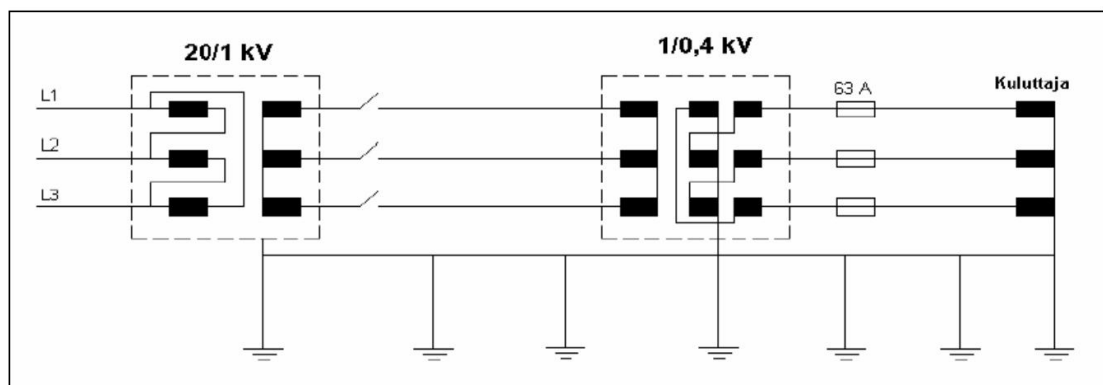
Kuva 10. Suositeltava minimi oikosulkuvirta sähköliittymällä [18, s. 15]

Aina tulee kuitenkin huomioida eri tilaajakohtaiset vaatimukset, jotka voivat olla tiukempia kuin edellä mainitut minimi arvot.

Oikosulkumittaus suoritetaan pj-verkon lähtö- ja solmupisteiltä sekä liittymiltä. Mittaus johtimet tulee kytkeä mittariin laitteen indikoimalla tavalla. Mittaus suoritetaan kytkemällä vaihejohdin mitattavan kohteen vaiheeseen ja suojamaajohdin mitattavan kohteen suojamaahan. Mittaus pitää suorittaa kohteen kaikille vaihejohtimille. Tarkastuspöytäkirjaan merkataan huonoin oikosulkuvirta. On huomioitava, mikäli oikosulkuvirrat vaihtelevat suuresti keskenään, että syynä saattaa olla mitattavan johtimen huonot kytkennät. Mikäli oikosulkuvirrat mittauksessa ovat huomattavan pieniä, voi syynä olla nollavika eli suojamaan jatkuvuus on puutteellinen. Näissä edellä mainituissa tapauksissa tulee kohde tehdä jännitteettömäksi ja tarkastaa verkon kytkennät.

8.2 1 kV -katkaisija

1000 V -järjestelmä toimii maasta erotettuna sähkönjakelu järjestelmänä. Muuntajien 20/ 1/ 0,4 kV ja 20/ 1kV -muuntajien 1000 V puolen tähtipistettä ei saa maadoittaa. Tähtipistettä käytetään ainoastaan maasulkulaukaisun ohjaukseen. 0,4 kV:n tähtipiste on maadoitettava aina. Kuvassa 11 on periaatekuva 1 kV -järjestelmästä.



Kuva 11. 20/1/0,4 kV:n verkon perusrakenne [19, s. 7]

1kV:n järjestelmä suojataan katkaisijalla, joka suojaa verkon ylikuormitukselta, oikosululta ja maasululta. Katkaisijan käyttö on mainittu SFS 6000-standardissa seuraavasti:

Käytettäessä ylivirtasuojana katkaisijaa, joka toimii nopeasti pienilläkin ylivirroilla, voidaan katkaisija valita ja asetella siten että sen toiminta-aika on enintään 5 s. Jakeluverkon käyttövarmuuden takia suojauksen tulisi olla selektiivinen [17, s. 242.]

1kV:n verkon käyttöönottotarkastuksessa tehdään seuraavat mittaukset ja kokeet:

Poistettu

8.2.1 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksessa tarkastetaan kytkentöjen oikeellisuus ja varmistetaan, että kytkentä on maasta erotettu. Käyttöönoton yhteydessä todetaan mittaamalla, että tähtipiste ei ole maadoitettu. Muuten mittaus suoritetaan kohdan 8.1.1 tavoin.

8.2.2 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimen jatkuvuus on todettava mittaamalla, että katkaisijan testaus voidaan suorittaa turvallisesti. Mittauksen tarkoituksena on varmistaa vikasuojauksen jatkuvuus koko asennuksen matkalla. Testaus suoritetaan jännitteettömänä.

8.2.3 Maasulkukoe

Maasulkukokeessa maasulkusuojauksen toimivuus tehdään ensiökokeena ja siinä tarkastellaan laukaisuaika ja releiden toimivuus. Kokeeseen osallistuu kaksi opastuksen saanutta sähköalan ammattilaista ja se voidaan toteuttaa seuraavasti [10]:

Poistettu

8.2.4 Oikosulkukoe

Oikosulkukoe suoritetaan ensiökokeena ja siinä tarkastetaan laukaisuajan kesto ja vikavirran suuruus. Kokeeseen osallistuu kaksi opastuksen saanutta sähköalan ammattilaista ja se voidaan toteuttaa seuraavasti [10]:

Poistettu

Liitteessä 9 on Headpowerin IWD TP02 PJ -käyttöönottotarkastuspöytäkirja, jossa on tarkastettu ja testattu 1 kV -katkaisija käyttöönoton yhteydessä.

8.3 Jako- ja haaroituskaapit

Jakokaappien ja haaroituskaappien käyttöönottotarkastukseen ja käyttöönottoon vaadittavia tarkastuksia ovat aistinvarainen tarkastus, joka sisältää [10]:

Poistettu

Mittaukset ja testaukset voidaan suorittaa aiemmin mainituilla tavoilla ja niitä ovat [10]:

Poistettu

Kuvassa 12 on maanrakennusurakoitsijan asentama jakokaappi, joka on kuvattu Enerken laadunhallintajärjestelmän mukaisesti Mape-sovellukseen. Valokuvasta voidaan todeta, että jakokaapin asennusalusta, maadoituskupari ja kaapelit tulevat jakokaappiin oikeaoppisesti kaapin etupuolelta.

Kuva 12. *Poistettu*

Jakokaapin ollessa valmis ja käyttöönotettu myös asentajat valokuvaavat valmiin jakokaapin Mape-sovellukseen (kuva 13). Valokuvista voi todeta jakokaapin asennuksen ja merkintöjen olevan kunnossa. Liitteessä 10 on valmis Headpowerin IWD -käyttöönottotarkastuspöytäkirja jakokaapista, ja liitteessä 11 on Enerken jakokaapin käyttöönottotarkastuspöytäkirja.

Kuva 13 *Poistettu*

9 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli tarkastella jakeluverkoissa 0,4 kV – 45 kV tehtyjä sähköasennuksien käyttöönottotarkastuksia Enerke Oy:n rakentamissa kohteissa ja tutkia, ovatko ne tehty ja dokumentoitu riittävän hyvin, että ne täyttävät SFS 6000 -standardin. Työssä on tutkittu valtioneuvoston asetuksia, sähköturvallisuuslakia ja SFS-käsikirjoja. Lisäksi käytettävissä olivat toimeksiantajan omat ohjeistukset käyttöönottotarkastuksen tekemiseen ja eri projekteissa tehdyt käyttöönottotarkastuspöytäkirjat. Haastattelut ja keskustelut kävimme pääosin projekteissa olleiden kärkimiesten sekä projektipäälliköiden kesken.

Hyväksytysti suoritettu sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus tarkoittaa, että laitteiston käyttö- ja huoltotehtävät voidaan suorittaa turvallisesti. Tässä tulee huomioida, että tarkastuksen tekijä, joka allekirjoittaa käyttöönottotarkastuspöytäkirjan, on vastuussa mittauksista, testauksista, merkinnöistä ja muista havainnoista laitteistosta. Tarkastuksen tekijä myös tekee johtopäätöksen tarkastuksen kohteena olevasta laitteistosta, että vaatimusten mukaisuus täyttyy. Sähkötöidenjohtaja taas vastaa siitä, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia, sähkölaitteistot ovat sähköturvallisuuslain mukaisessa kunnossa niitä käytettäessä ja sähkötöitä tekevät henkilöt yrityksessä ovat ammattitaitoisia ja riittävästi perehdytetty tehtäviinsä.

Mielestäni toimeksiantajan tekemät käyttöönottotarkastukset ja niiden dokumentointi ovat hyvällä tasolla sekä käyttöönottotarkastuksien tekemisen ohje on riittävä sähköalan ammattilaiselle ja se on yleispätevä useamman verkkoyhtiön alueella. Haastatteluiden perusteella asentajat ovat tyytyväisiä sekä vasta käyttöön tulleen IWD- käyttöönottotarkastuspöytäkirjojen, että Enerken omien käyttöönottotarkastuspöytäkirjojen käyttöön, joita pidettiin selkeinä ja helppokäyttöisenä. Käyttöönottotarkastuksiin liittyvä ohje on päivitetty asiasällön osalta 6.3.2022. Ohjeen vastuuhenkilö ei ole enää Enerken palveluksessa, joten se tulisi mielestäni päivittää. Muuten ohjeiden tekeminen ja päivittäminen ovat tällä hetkellä hyvällä tasolla. Ohjeissa on nimetty vastuuhenkilö, muokkaaja, päivämäärä ja tulostusajankohta. Tulevaisuudessa voisi harkita eri verkkoyhtiö- tai asiakaskohtaisia ohjeita käyttöönottotarkastuksien tekemi-

seen. Sähköverkonkäyttöönottosuunnitelmat tehdään laajemmissa kokonaisuuksissa hyvin, ja ne käydään läpi projektien aloituspalavereissa rakennuttajien kesken.

Haasteina voinen pitää vakiintuneita käytäntöjä. Nämä tulevat useimmiten esiin vasta siirryttäessä työskentelemään eri verkkoyhtiön alueelle tai ohjeistuksien muuttuessa. Tästä syystä huolellinen perehdytys jokaiseen työmaahan on tehtävä ennen työn aloitusta. Sisäiset aloituspalaverit ovat todettu hyödylliseksi. Näissä tulisi ottaa taloudellisen näkökulman lisäksi huomioon myös tilaajien vaatimukset sähköverkon käyttöönottoon. Ohjeiden muuttuessa uudet ohjeet tulisi saattaa kaikkien tietoon nopeammin ja kouluttaen. Opastus tai koulutus tilanteita toivottiin tapahtuvan myös työmaalla. Tämä nousi yleisesti esille keskusteluissa. Pienemmissä vuosityösopimuksilla tehtävissä saneerausissa tai uusia sähköliittymiä rakennettaessa haasteina yleisemmin on kiire, jolloin pöytäkirjat saattavat olla puutteellisia tai puuttuvat työltä kokonaan. Kunnossapitotöissä esimerkiksi pylvään vaihto epätietoisuus tarkastuspöytäkirjan täyttämisestä oli suuri, tehdäänhän siinä kuitenkin vähintään aistinvaraista tarkastusta. Joissakin pylväänvaihto töissä tarkastuspöytäkirja oli täytetty, osassa ei. Selkein opinnäytetyön aikana esille tullut haaste on mittauksien takaisten eli asiakkaan verkkoon ylettyvät asennukset. Haastatteluiden ja keskusteluiden perusteella mittauksien suorittamisessa oli jonkin verran eroja. Mittaukset kuitenkin pääosin tehdään, mutta niiden dokumentoinnin koin puutteelliseksi. Näissä tapauksissa tulisi myös harkita luovutetun johdon- tai kaapelintarkastuspöytäkirjan luovuttamista kohteesta myös sähkölaitteiston haltijalle. Suuremmissa kokonaisuuksissa verkon eri osia, eri aikaan käyttöönotettaessa tarkastuspöytäkirjan täyttäminen ovat välillä tehty jälkikäteen. Kun kokonaisuus on tehty, tehdään kaikki pöytäkirjat kerralla. Huomioitava kuitenkin, että tarkastukset ja mittaukset ovat suoritettu ja mittaustulokset löytyvät työmaan muistiinpanoista. Yleisesti dokumentointi vaatimuksien kasvaessa dokumentointi materiaalin kasaamisessa haasteena tällä hetkellä on materiaalin tallentaminen, joka tapahtuu useaan eri paikkaan. Opinnäytetyön tekemisen aikana tästä käytiin keskustelua ja kehitystoimet ovat sen osalta käynnissä.

Opinnäytetyön tekeminen onnistui mielestäni hyvin ja sen tekeminen on ollut mielenkiintoista. Työn aikana pystyin jonkin verran hyödyntämään omaa työkokemusta ja ammattitaitoani verkostoalan töistä. Työn aikana kuitenkin pyrin

kehittämään ja opettelemaan kriittistä tarkastelua ja ajattelua. Tämän vuoksi oma ammatillinen osaaminen vahvistui asian suhteen huomattavasti etsityn tiedon ja kirjoittamisen vuoksi. Omasta mielestäni opinnäytetyölle asetetut vaatimukset täyttyivät ja pystyin hyödyntämään opiskelu aikana saatua koulutusta.

LÄHTEET

1. Enerke Oy. 2022. Intranet.
2. Enerke Oy. WW-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://enerke.fi> [viitattu 26.3.2022].
3. Fingrid Oy. Pohjoismainen sähköjärjestelmä ja liittynät muihin järjestelmiin. WWW-dokumentti. 2022. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/kanta-verkko/sahkonsiirto/pohjoismainen-sahkojarjestelma-ja-liittynnat-muihin-jarjestelmiin/> [viitattu 19.4.2022].
4. Porvoon Energia. Sähkön tie. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://pbe.fi/fi/artikkelit/sahkon-tie/> [viitattu 20.6.2022].
5. Energiateollisuus. Sähköverkkojen rakenne. WWW- dokumentti. Saatavissa: <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/sahkoverkot> [viitattu 19.4.2022].
6. Sähköturvallisuuslaki 1135/ 2016.
7. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 21.12.2016/1434
8. Headpower Oy. WWW-dokumentti. 2022. Saatavissa. <https://headpower.fi/iwd/> [viitattu 8.5.2022].
9. Tiainen, E. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1. 2017. 26. painos. Espoo: STUL ry 2018.
10. Käyttöönottotarkastukset. Enerke Oy. 2022. Intranet.
11. SFS-EN 61936-1. Tarkastukset ja testaukset. Yleistä. Osa 14: Tarkastukset ja testaukset. 2018.
12. SFS-EN 61936-1. Tarkastukset ja testaukset. Koekäyttö. Osa 14: Tarkastukset ja testaukset. 2018.
13. Headpower Oy. Ohjeistot. 2022. Sisäinen ohje.
14. SFS-EN 50341-1. Ilmajohtoja koskevat vaatimukset. Yleistä. Osa 1: Soveltamisala. 2018
15. SFS 6000-6:2017. Pienjännitesähköasennukset. Asennuksen eristysresistanssi. Osa 6: Tarkastukset. 2018.
16. SFS 6000-8-801:2017. Pienjännitesähköasennukset. Tarkastukset. Osa 8: Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot. 2018.
17. SFS 6000-8-801:2017. Pienjännitesähköasennukset. Suojausmenetelmät. Osa 8: Täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot. 2018.

18. Anjala, R. Kaapeloitujen p-j-liittymisjohtojen mitoitus ja suojaus. SA 4:09. Helsinki: Energiateollisuus ry.

19. Norri, P. 1000 Voltin jakeluverkon rakentaminen. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tutkintotyö. PDF-dokumentti.

2006. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9920/TMP.objres.646.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

[viitattu 5.7.2022].

20. Mape-sovellus. Enerke Oy. 2022. Sisäinen sovellus