

Ville Turunen

**VERKKOPALVELUITA TUOTTAVAN YRITYKSEN KUNNOSSAPITOLIIKETOI-
MINNAN KEHITYS**

Sähköverkot

VERKKOPALVELUITA TUOTTAVAN YRITYKSEN KUNNOSSAPITOLIIKETOI- MINNAN KEHITYS

Sähköverkot

Ville Turunen
Opinnäytetyö
Syksy 2023
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Ville Turunen

Opinnäytetyön nimi: Verkkopalveluita tuottavan yrityksen kunnossapitoliiketoiminnan kehitys

Työn ohjaaja: Heikki Kurki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2023

Sivumäärä: 44

Työn tilaajayritys toimii sähkö- ja tietoliikenneverkkojen pääurakoitsijana. Työn aiheena oli alun perin selvittää jakeluverkkojen palvelutöihin liittyviä resurssitarpeita sekä yritykselle tehtäviä toimenpiteitä kunnossapitoliiketoimintaa ajatellen. Tämä tapahtui jakeluverkkoyhtiöiden henkilöstöä sekä palvelutöitä suorittaneita henkilöitä haastattelemalla. Näiden tietojen perusteella tavoitteena oli muodostaa teoria resurssien määritykseen. Työn aihetta jouduttiin muuttamaan ja rajaamaan aiheen haasteellisuuden vuoksi. Aiheeksi muodostui selvittää jakeluverkkojen toimitusvarmuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä siihen liittyviä säännöksiä. Haastattelujen ja määräysten perusteella tehtävänä oli muodostaa palvelutöiden tehtäväkuvauksia verkkotyypeittäin.

Tässä työssä selvitettiin, mitkä velvollisuudet ja säännökset koskevat jakeluverkkoja sekä verkkoyhtiötä. Selvitettiin myös sähkömarkkinalain laatuvaatimuksia ja sähköjakelun toimitusvarmuuteen vaikuttavia tekijöitä. Perehdyttiin sähköjakelun keskeytyksiin liittyviin tunnuslukuihin ja Energiaviraston valvontamalleihin. Työssä muodostettiin palvelutöiden tehtäviä teorian ja haastattelujen perusteella. Jakeluverkon palvelutyöt käsittävät jakeluverkon pienrakentamista, kunnossapitoa, viankorjausta, asiakastöitä sekä erilaisia tarkastuksia.

Työn tuloksena saatiin muodostettua palvelutöiden tehtävänkuvauksia, joissa huomioidaan palveluntuottajan näkökulma. Tehtävänkuvauksissa huomioitiin resurssien ennakkoon määritettävyyttä sekä niiden määräytymisperusteita. Lisäksi pohdittiin kunnossapitostrategioiden vaikutusta palveluntuottajan liiketoimintaan.

Asiasanat: Sähköjakeluverkko, palvelutyö, toimitusvarmuus, käyttökeskeytys, kuntotarkastus

ABSTRACT

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

Author: Ville Turunen

Title of thesis: Development of Maintenance Business of Company Providing Electric Grid Services.

Supervisor: Heikki Kurki

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2023

Number of pages: 44

The commissioning company operates as the main contractor for electrical and telecommunications networks. The original topic of the thesis was initially to investigate resource needs for service tasks on distribution networks and their determining factors. I interviewed individuals who have experience in these tasks were interviewed, in order to formulate a theory for resource determination. However, due to the challenging nature of the topic, the subject of the thesis had to be changed and narrowed down. Based on interviews and regulations, the task was to formulate task descriptions for service tasks categorized by network types.

This study explored the obligations and regulations applied to distribution networks and utility companies. It also examined the quality requirements of the Electricity Market Act and factors affecting the reliability of electricity distribution. The study delved into key performance indicators related to electricity distribution interruptions and the supervision models of the Energy Authority. Task descriptions for distribution network service tasks were formulated, encompassing small-scale construction, maintenance, fault repair, customer tasks, and various inspections.

The results of the study include task descriptions for service tasks, considering the perspective of the service provider. The task descriptions considered which tasks could be predetermined concerning resources. Additionally, the impact of maintenance strategies on the service provider's business was considered.

Keywords: Electric distribution network, service work, reliability of supply, power outage, condition inspection

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SÄHKÖVERKKOTOIMINTA	9
2.1	Jakeluverkon kehittämissuunnitelma	9
2.2	Verkonhaltijan varautumissuunnitelma	9
2.3	Jakeluverkon laatuvaatimukset	10
2.4	Jakeluverkolle tehtävät tarkastukset.....	10
2.5	Kunnossapito-ohjelma	11
3	TOIMITUSVARMUUS.....	12
3.1	Sähkönjakelun luotettavuus ja käyttövarmuus.....	13
3.2	Toimitusvarmuus sähkökäyttäjän näkökulmasta	14
3.3	Toimitusvarmuustason saavuttaminen	14
3.4	Vakiokorvaus.....	15
3.5	Laatukannustin	16
4	JAKELUVERKON KÄYTTÖKESKEYTYKSET	21
4.1	Pika- ja aikajälleenkytkennät	21
4.2	Pysyvät keskeytykset	22
5	KESKIJÄNNITEVERKON VIAT	26
5.1	Ilmajohtoverkko	26
5.2	Kaapeliverkko.....	26
5.3	Verkostoautomaatio	28
5.4	Maastokatkaisijat.....	28
6	KUNNOSSAPITOSTRATEGIA	30
6.1	Korjaava kunnossapito	31
6.2	Ennakoiva kunnossapito.....	31
6.3	Ennustava kunnossapito	31
6.4	Liiketoimintapohjainen kunnossapito.....	32
6.5	Parantava kunnossapito	32
7	PALVELUTOIMINTA	33
7.1	Henkilöresurssit.....	33
7.2	Työvälineet.....	33
7.3	Verkonrakentaminen	34

7.4	Asiakastyöt.....	34
7.5	Kuntotarkastukset.....	35
7.5.1	Jakeluverkko.....	36
7.5.2	Muuntamot.....	37
7.5.3	Maadoitusmittaus.....	37
7.5.4	Pylväiden kuntotarkastukset	38
7.6	Verkon viat	38
7.6.1	Viankorjaus	39
7.6.2	Suurhäiriö.....	39
8	POHDINTA.....	41
	LÄHTEET.....	43

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään sähkö- ja tietoliikenneverkkojen pääurakointiyhtiönä toimivalle Efficient Network Partner Oy:lle. Vuonna 2014 perustetun yrityksen liikevaihto vuonna 2022 oli noin 19 miljoonaa euroa. Yrityksen liiketoiminta koostuu projektinjohdosta, suunnittelusta ja asennuksesta. ENP:llä on myös kumppaniyrityksiä maanrakennustöissä, suunnittelussa ja asennuksessa. Kumppanien lisäksi ENP työllistää n. 50 henkilöä vakituisesti.

Jakeluverkkoyhtiöiden toimintaa ohjaa sähkömarkkinalaki 588/2013 ja niiden toimintaa valvoo Energiavirasto. Perehdyn tässä opinnäytetyössä sähkömarkkinalaissa asetettuihin määräyksiin ja velvollisuuksiin, jotka koskevat verkkoyhtiöitä. Sähköverkkoa tulee kehittää, rakentaa ja ylläpitää luotettavuuden takaamiseksi. Jakeluverkolle asetetaan myös laatuvaatimuksia, jotka koskevat sen käyttövarmuutta. Toimitusvarmuustason kiristyminen tulevaisuudessa velvoittaa käytännössä verkkoyhtiöitä investoimaan verkkoon.

Verkonhaltijan tulee joka toinen vuosi laatia avoin kehittämissuunnitelma, josta selviää verkkoyhtiön keskeiset jakeluverkkoinvestoinnit sekä toimenpiteet sähköverkon laatuvaatimusten täyttymiseksi jakeluverkon siirtymäsäännöksen mukaisesti. Kehittämissuunnitelmassa tulee olla myös vertailut verkon kehittämistoimien kustannustehokkuudesta sekä suunnitelma siirtokapasiteetin laajentamiselle. Lisäksi verkkoyhtiöiden tulee raportoida vuosittain Energiavirastolle tilannekuva, josta selviää teknisiä ja taloudellisia tietoja. (1.)

Jakeluverkkoyhtiön tulee toimia edellä mainittujen velvollisuuksien täyttymiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa verkolle tehtäviä tarkastuksia, huolto- ja kunnossapitotöitä, vanhan verkon saneeraamista sekä uuden verkon rakentamista. Sähköjakeluverkko voi myös vikaantua tavalla, joka edellyttää välittömiä viankorjaustoimenpiteitä. Verkkoyhtiöt toteuttavat myös asiakastöitä, kuten kaapelinnäyttöjä, liittymä- sekä mittarointitöitä. Verkkoyhtiöllä on mahdollisuus toteuttaa nämä palvelut itse tai käyttää niissä ulkopuolista palveluntuottajaa. Ulkopuolisen palveluntuottajan toimenkuva vaihtelee riippuen verkkoyhtiön strategiasta. Ulkopuolisten palveluntuottajien käyttö on kuitenkin lisääntynyt, jolloin verkkoyhtiölle jää paremmin aikaa keskittyä ydinprosessiinsa. Myös riskit ja vastuut vähenevät, kun ulkopuolinen palveluntuottaja vastaa resurssien riittävydestä tilanteessa, jolloin niiden tarve on suurempaa.

Energiavirastolla on laatukannustin, joka mittaa asiakkaalle keskeytyksestä aiheutunutta haittaa. Se tarkoittaa sähkönjakelunkeskeytysten eri tunnuslukujen tarkkaa valvontaa. Sähkönjakeluverkon häiriöiden syntyminen on vaikeasti ennustettavissa. Viankorjausta suorittavan palveluntuottajan tehtävänä on reagoida tähän sopimuksen mukaisen vasteajan puitteissa. Häiriöiden määriin vaikuttavat verkon kunto, pituus ja tyyppi sekä maantieteellinen sijainti. Vuosittainen vikamäärä verkossa voidaan arvioida historiatiedon perusteella, mutta vikojen ajankohta on vaikeammin ennustettavissa. Perehdyn tässä työssä eri palvelutöiden tehtävänkuvauksiin palveluntuottajan näkökulmasta sekä niihin varautumisesta.

2 SÄHKÖVERKKOTOIMINTA

Sähkömarkkinalakia sovelletaan luvanvaraista sähköverkkotoimintaa harjoittavaan elinkeinonharjoittajaan, jolla on hallinnassaan sähköverkkoa. Sen tarkoituksena on varmistaa ja turvata hyvä sähkön toimitusvarmuus, kilpailukykyinen hinta ja kohtuulliset palveluperiaatteet. Jakeluverkkoyhtiön näkökulmasta se tarkoittaa kohtuullisten ja tasapuolisten palveluperiaatteiden ylläpitämistä. Jakeluverkkoyhtiön tulee huolehtia asiakkaidensa ja verkonkäyttäjien sähkönhankintaan liittyvistä palveluista ja sähkön tehokkaasta ja säästäväisestä käytöstä. (1.)

Sähkömarkkinalaki asettaa jakeluverkolle sekä verkonhaltijalle vaatimuksia ja velvollisuuksia. Jakeluverkon tulee täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Verkonhaltijaa koskevat verkon kehittämiselvollisuus, jossa määritellään verkon suunnittelun ja rakentamisen periaatteita. Sähkömarkkinalaki asettaa määräyksiä toimitusvarmuudelle, jonka vuoksi verkonhaltijan tulee myös varautua erilaisiin verkon häiriötilanteisiin. (1.)

2.1 Jakeluverkon kehittämissuunnitelma

Verkonhaltijalla tulee olla avoin jakeluverkon kehittämissuunnitelma. Siihen sisältyvät keskeiset kustannustehokkaat verkkoinvestoinnit, jotka ovat tarpeen jakeluverkon siirtokapasiteetin ylläpitämiseksi. Kehittämissuunnitelmassa esitetään myös seuraavan kymmenen vuoden aikana sähköverkkoon liitettävä uusi sähköntuotantokapasiteetti sekä uudet kuormat ottaen huomioon sähköautonlatausasemat. Tähän on sisällytettävä yksityiskohtaiset toimenpiteet, jotka parantavat jakeluverkon luotettavuutta pitkäjänteisesti. Suunnitelma ohjeistaa sähköjohtojen sijoittelussa, jossa tulee mahdollisuuksien mukaan hyödyntää yhteisiä reittejä muiden yhdyskuntateknisten verkkojen kanssa. Siihen sisältyvät myös toimenpiteet toimitusvarmuudelle laatuvaatimusten täyttämiseksi sekä kehittämisstrategia kehittämisvyöhykkeiden perusteella. (1.)

2.2 Verkonhaltijan varautumissuunnitelma

Verkonhaltijan tulee asianmukaisella suunnittelulla varautua normaaliolojen häiriötilanteisiin, sähkönsaannin häiriöihin sekä valmiuslaissa säädettyihin poikkeusoloihin. Verkonhaltijan tulee myös laatia varautumissuunnitelma ja osallistua huoltovarmuuteen tähtäävään valmiussuunnitteluun. (1.)

Valtioneuvostonasetuksessa 981/2022 säädetään sähkökäyttöpaikkojen kriittisyysluokittelusta normaaliolojen häiriötilanteissa, sähköpulan aikana sekä poikkeusoloissa. Asetuksessa säädetään yhteiskunnan johtamisen, turvallisuuden ja toimeentulon sekä elinkeinoelämän toimintakyvyn kannalta kriittisimmät sähkökäyttöpaikat. Myös muut sähkökäyttöpaikat luokitellaan etusijajärjestykseen, jossa luokittelu tapahtuu sähkönsaannin keskeytymisajan perusteella. Varautumis- ja valmiussuunnitelmat ovat kokonaisuudessaan salassa pidettäviä. (2.)

2.3 Jakeluverkon laatuvaatimukset

Jakeluverkko tulee suunnitella, rakentaa ja ylläpitää siten, että täyttää kantaverkonhaltijan vaatimukset koskien luotettavuutta ja käyttövarmuutta. Sähkönjakelun keskeytykseen johtavasta jakeluverkon vioittumisesta myrskyn tai lumikuorman vuoksi asetetaan myös vaatimuksia. (1.)

Taajama-alueella keskeytys saa kestää korkeintaan 6 tuntia ja muualla 36 tuntia. Jakeluverkonhaltija voi määrittää sähkönjakelun keskeytykselle eri tavoitetason. Mikäli käyttöpaikka sijaitsee saarella ja sen vuosikulutus on alle 2 500 kWh:a, tai verkon investoinnit olisivat liian suuret johtuen etäisestä sijainnista. (1.)

2.4 Jakeluverkolle tehtävät tarkastukset

Jakeluverkko kuuluu sähkölaitteistoluokkaan 3, mikä tarkoittaa, että sille on tehtävä vaatimusten mukaiset tarkastukset sekä laadittava kunnossapito-ohjelma. Käyttööntovaiheessa tehdään urakoitsijan toimesta käyttööntotarkastus, jossa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu vaaraa tai kohtuutonta sähköistä häiriötä. Käyttööntotarkastuksen lisäksi laitteistolle tehdään varmennustarkastus, joka suoritetaan seuraavan vuoden kuluessa rakentamisesta. (1.)

Määräaikaistarkastus tehdään viiden vuoden välein. Määräaikais- ja varmennustarkastukset voi suorittaa vain valtuutettu tarkastaja tai tarkastuslaitos. Niissä tulee pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuudelle säädetyt vaatimukset. Määräaikaistarkastukset suoritetaan yleensä kuntotarkastusten yhteydessä. Kunnossapito-ohjelmaan sisältyy kuntotarkastus, joka tulee suorittaa laitteistolle riittävän usein. Kuntotarkastusten tu-

lee perustua todelliseen tarpeeseen, johon vaikuttaa laitteen lisäksi käyttöympäristö. Kuntotarkastus on vapaaehtoinen tarkastus ja sen dokumentointi tulee suorittaa niin, ettei siitä synny sekaannusta säädösten edellyttämiin tarkastuksiin. (1;3.)

2.5 Kunnossapito-ohjelma

Jakeluverkolla tulee olla turvallisuutta ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Sen tarkoituksena on seurata laitteiden ja asennusten kuntoa sekä varmistaa, että laitteistoa on pidetty asianmukaisesti ja sen käyttö on turvallista. Kunnossapito-ohjelman muoto on valittavissa kohteen laajuuden ja valittavien resurssien pohjalta. Siihen tulee sisällyttää riittävä valvonta sähköturvallisuutta vaarantavien asioiden osalta myös sellaisille sähkölaitteistoille, jotka eivät vaadi säännöllistä huoltoa. Kunnossapito-ohjelmasta tulee joka tapauksessa käydä ilmi sähköturvallisuuden ylläpidon riittävä valvonta sekä tarpeellisten korjausten toteutusohjelma. Lisäksi siinä tulee huomioida laitteiston valmistajan vaatimat käyttö- ja huolto-ohjeet. (3.)

Kuntotarkastus sisältyy kunnossapito-ohjelmaan eikä sille ole olemassa lakisääteistä tarkastusväliä. Erityisen tärkeitä kuntotarkastuskohteita ovat mm. maadoitukset ja verkkoa suojaavat suojarieleet sekä niiden asetteluarvot. Myös puupylväiden kuntoa tulee valvoa ja niille tulee suorittaa laho-tarkastuksia. Kunnossapito-ohjelmaan sisältyvien toimenpiteiden toteutumista valvoo valtuutettu tarkastaja tai valtuutettu laitos. Määräaikaistarkastuksessa valvotaan myös tarkastustoimenpiteiden suorittamista. (3.)

Kunnossapidon toimenpiteille tulee laatia kaavio tai luettelo, josta selviää kunkin toimenpiteen edellinen ja seuraava ajankohta. Toimenpiteiden suorittajat ja menetelmät sekä vastuuhenkilöt tulee olla kirjattu. Verkkoyhtiöllä tulee olla komponenttikohtaiset tiedot, joita tarvitaan käyttötoiminnassa, kunnossapidossa ja huoltotoimenpiteissä. Verkko jaetaan yleensä huoltoalueisiin, joita ovat pien- ja keskijänniteverkko, maadoitusmittaukset ja muut kohteet. (3.)

3 TOIMITUSVARMUUS

Sähkön toimitusvarmuus jakaantuu siirto- ja jakeluverkkojen toimitusvarmuuteen sekä energian ja tehon riittävyyteen. Energiavirasto julkaisee vuosittain raportin sähkön toimitusvarmuudesta, joka käsittelee sähkönenergian riittävyyttä. Siinä tarkastellaan kysynnän ja tarjonnan tasapainoa kehitykseen vaikuttavia asioita, kuten sähköntuotanto- ja siirtokapasiteettia sekä energian kulutusta. Siinä arvioidaan erityisesti edellisen vuoden toteumaa toimitusvarmuudesta sekä tulevan talvikauden toimitusvarmuustilannetta. (4.)

Jakeluverkkojen osalta sähkön toimitusvarmuus koostuu jakeluverkon käyttövarmuudesta sekä luotettavuudesta. Toimitusvarmuus kuvaa sähkönjakelun luotettavuutta sähkönkäyttäjän näkökulmasta. Toimitusvarmuuden arviointi tapahtuu Energiaviraston valvomilla sähkönjakelun luotettavuutta kuvaavilla tunnusluvuilla. (5.)

Kansainvälisiä IEEE 1366-2001 -standardin mukaisia tunnuslukuja ovat SAIFI, SAIDI, CAIDI JA MAIFI. Nämä tunnusluvut kuvaavat verkon sähkötoimitusvarmuutta ja ne ovat käytössä ympäri maailmaa. SAIFI kuvaa keskeytysten keskimääräistä lukumäärää tietyllä aikavälillä ja SAIDI keskeytysten keskimääräistä yhteenlaskettua kestoaikaa tietyllä aikavälillä. CAIDI kuvaa keskeytysten keskipituutta tietyllä aikavälillä, joka saadaan SAIDIN ja SAIFIN osamäärästä. MAIFI kertoo lyhyiden alle kolme minuuttia kestävien keskeytysten keskimääräistä lukumäärää asiakasta kohden. (5.)

Vuonna 2006 kehitetty CDI-indeksi kuvaa kuinka sähkön toimitusvarmuus vastaa asiakkaiden odotuksia. Indeksien määrittäminen perustuu asiakkaiden kokemien keskeytysten määrään sekä niiden keston häiritsevyyteen. CDI-indeksi kertoo, kuinka todennäköisesti sille asetetut reunaehdot ylittyvät vuoden aikana. Energiaviraston valvontamalliin sisältyy KAH-arvo, joka toimii laatukannustimena verkonhaltijalle. Laatukannustimella mitataan keskeytyksestä aiheutunutta haittaa. KAH-arvoa on kuvattu kattavammin jäljempänä. (5.)

Sähkönjakeluverkkojen toimintaa ohjataan vaatimuksilla ja taloudellisilla kannustimilla. Näiden tarkoituksena on edistää luotettavampaa toimintaa, joka on yhteiskunnan eri toimintojen kannalta yhä tärkeämpää. Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuu jakeluverkonhaltijalle kustannuksia. Näihin

kustannuksiin vaikuttaa keskeytyksen laatu ja kesto. Keskeytys voi olla suunniteltu verkkotyö tai suunnittelematon häiriökeskeytys. (5.)

Sähkömarkkinalain mukaan sähköjakelussa on virhe, mikäli sähkönlaatu ei vastaa standardia SFS-EN 50160. Standardissa määritellään yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Mikäli liittämiskohdassa jännite on alle 5 % vertailujännitteestä, voidaan puhua käyttökeskeytyksestä. Vertailujännitteenä toimii jakeluverkon vaihejännite, joka on yleisessä pienjänniteverkossa 230 V vaiheen ja nollan väliltä mitattuna. (6.)

3.1 Sähköjakelun luotettavuus ja käyttövarmuus

Sähköjakelun luotettavuudella tarkoitetaan jakeluinfran kykyä siirtää sähköä tuottajalta kuluttajalle. Sitä on jo pitkään seurattu ja käytetty verkostosuunnittelun reunaehtona erilaisten tunnuslukujen muodossa. Sähkökäyttäjän näkökulmasta jakeluverkkoyhtiö on se taho, joka vastaa sähköjakelun laadusta ja luotettavuudesta. Sähköjakelun luotettavuus koostuu verkon käyttövarmuudesta ja verkon luotettavuudesta. Luotettavuus ja käyttövarmuus eivät ole sama asia, vaikka usein niitä pidetään toistensa synonyymeina. (5.)

Sähköverkon luotettavuus kuvastaa todennäköisyyttä, jolla verkko toteuttaa sille asetetut toiminnallisuudet asetetussa ajassa ja vallitsevissa olosuhteissa. Tämä tulkitaan verkon toimintavarmuutta kuvastavana terminä. Sähköverkon luotettavuutta voidaan lisätä investoimalla esimerkiksi sähköverkon maakaapelointiin tai ilmajohtojen siirtämiseen teiden varsille. Kunnossapitoa lisäämällä tai vikakohteiden määrää pienentämällä vähennetään toimintavirheiden määrää, mikä lisää luotettavuutta. Sähköverkon käyttövarmuus paranee, kun luotettavuus paranee. Käyttövarmuuden paraneminen ei kuitenkaan aina lisää verkon luotettavuutta. (5.)

Sähköverkon käyttövarmuudella kuvataan järjestelmän käytettävyyttä. Käyttövarmuudella tarkoitetaan verkon kykyä täyttää siltä vaadittu toiminto tietyllä hetkellä ja vallitsevissa olosuhteissa. Vaikka osa verkosta vioittuu, käyttövarma verkko kykenee toimittamaan sähköä sähkökäyttäjälle. Sähköjakeluverkon käyttövarmuutta parannetaan esimerkiksi rakentamalla rengasyhteyksiä, lisäämällä automaatiota, tehokkaalla vianrajaamisella sekä korjausorganisaation toimintaa tehostamalla. Verkkotekniset ratkaisut lisäävät siis sähköverkon käyttövarmuutta, mutta ne eivät aina vaikuta sen luotettavuuteen. (5.)

3.2 Toimitusvarmuus sähkökäyttäjän näkökulmasta

Toimitusvarmuus kuvastaa sähkönjakelun luotettavuutta sähkökäyttäjän näkökulmasta. Toimitusvarmuuden parantaminen tapahtuu siis sähköverkon luotettavuuden, käyttövarmuuden tai molempien kasvattamisella. Yksittäisen sähkökäyttäjän ja alueen toimitusvarmuus voivat poiketa paljonkin toisistaan. Alueen toimitusvarmuus voi olla hyvällä tasolla, kun taas yksittäisen käyttäjän kokemat sähkönjakelun keskeytykset voivat olla tiheydeltään tai pituudeltaan suuria. Yksittäisen asiakkaan toimitusvarmuuden huomiointi ei sähkönjakelun keskimääräisen luotettavuuden kannalta ole kannattavaa. (5.)

Asiakkaiden aurinkopaneeliasennukset ja sähköautojen latausasemat lisääntyvät kovalla tahdilla. Keskeytyksen vaikutus voi näille käyttäjäryhmille olla keskimääräistä suurempi. Keskeytyksen aikana aurinkopaneelit lopettavat sähkönenergian tuottamisen verkkoon, koska niiden invertterit kytkeytyvät automaattisesti pois päältä sähkökatkon ajaksi. Aurinkopaneelit omistava asiakas estyy näin käyttämästä ja myymästä itse tuottamaansa sähköenergiaa. Sähköautoilijan kannalta sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta on suuri, kun sähköauton lataaminen keskeytyy ja sen käyttäminen voi estyä. (7.)

3.3 Toimitusvarmuustason saavuttaminen

Jakeluverkonhaltijalla on useita vaihtoehtoja saavuttaa sähkömarkkinalain laatuvaatimukset vuoden 2028 loppuun mennessä. Siirtymäsäännöksen ehtojen mukaisesti toimitusvarmuustason tulee täytyä vuoden 2036 loppuun mennessä, mikäli verkonhaltijan vastualueen maakaapelointiaste on ollut vuoden 2018 lopussa enintään 60 %. (1.) Jakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset määritellään sähkömarkkinalaissa seuraavasti.

Jakeluverkko on suunniteltava ja rakennettava, ja sitä on ylläpidettävä siten, että:

- 1) verkko täyttää järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset;
- 2) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta asema-kaava-alueella verkon käyttäjälle yli 6 tuntia kestävästä sähkönjakelun keskeytyksestä;

3) jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta muulla kuin 2 kohdassa tarkoitetulla alueella verkon käyttäjälle yli 36 tuntia kestävästä sähköjakelun keskeytystä (1).

Jakeluverkonhaltija voi määrittää käyttöpaikkaan sovellettavan tavoitetason 1 momentin 3 kohdasta poiketen paikallisten olosuhteiden mukaisesti, jos:

1) käyttöpaikka sijaitsee saarella, johon ei ole siltaa tai vastaavaa muuta kiinteää yhteyttä taikka säännöllisesti liikennöitävää maantielauttayhteyttä; tai

2) käyttöpaikan vuotuinen sähkönkulutus on ollut kolmen edellisen kalenterivuoden aikana enintään 2 500 kilowattituntia ja 1 momentin 3 kohdan vaatimuksen täyttämisen edellyttämien investointien kustannukset olisivat käyttöpaikan osalta poikkeuksellisen suuret sen muista käyttöpaikoista etäisen sijainnin vuoksi (1).

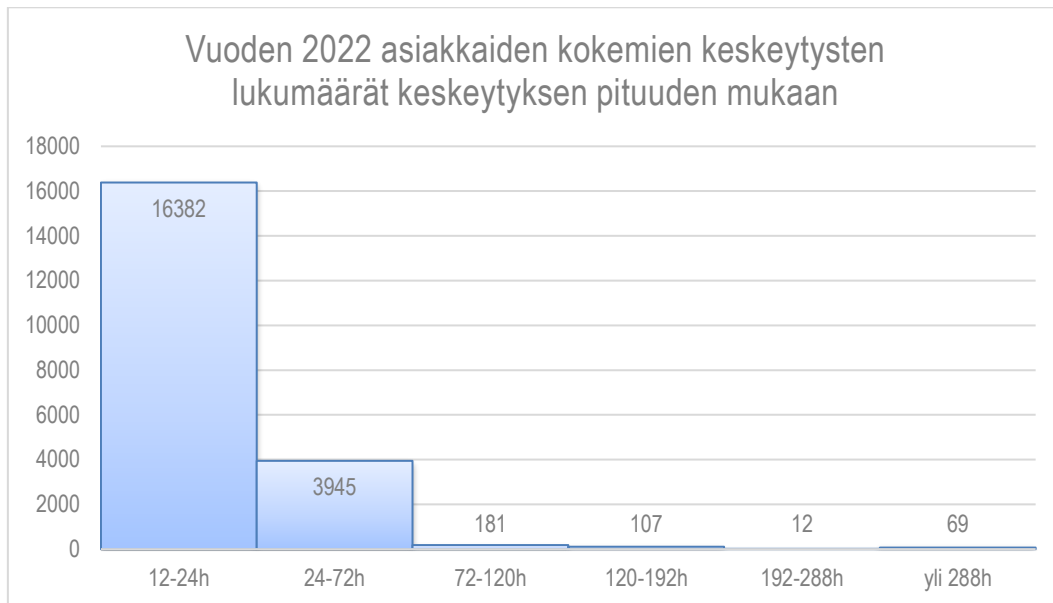
3.4 Vakiokorvaus

Sähkömarkkina-alueissa määritellään sähkökäyttäjälle maksettava vakiokorvaus, mikäli sähköjakelun keskeytys johtuu jakeluverkonhaltijasta. Mikäli keskeytys ei johdu jakeluverkonhaltijasta, tulee sen osoittaa keskeytyksen johtuvan vaikutusmahdollisuuksiensa ulkopuolella olevasta esteestä. Sähköjakelun keskeytyessä vähintään 12 tunniksi on sähkökäyttäjällä oikeus vakiokorvaukseen. Sähkömarkkina-alueissa määritetään vakiokorvauksesta kuvan 1 mukaisesti. (1.)



KUVA 1. Keskeytysajan mukaiset vakikorvaukset vuotuisesta siirtopalvelumaksusta (1)

Kuvassa 2 on kuvattu vuoden 2022 asiakkaiden kokemia keskeytyslukumääriä, joissa keskeytys on kestänyt vähintään 12 tuntia. Yli kolmen vuorokauden mittaiset keskeytykset olivat harvinaisia.



KUVA 2. Kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden asiakkaiden kokemat vakiokorvausten mukaiset keskeytykset (8)

3.5 Laatu-kannustin

Keskeytyksestä aiheutunut haitta (KAH) toimii Energiaviraston laatu-kannustimena jakeluverkkoyhtiöille. KAH:n tarkoituksena on minimoida keskeytyskustannuksista aiheutuva summa, joka on yhteiskunnallisesti optimaalisin tavoitetilä. Se on toimivin tapa tarkastella verkonhaltijan sähkönjakelun keskeytyksestä asiakkaalle aiheutunutta haittaa. Sillä halutaan tukea ja kannustaa verkonhaltijoita oma-aloitteisesti kehittämään sähkönsiirron ja -jakelun laatua. Verkkoyhtiöille määritellään etukäteen vertailutaso keskeytyskustannusten laskemiseen. Vertailutaso saadaan kahden edellisen valvontajakson toteutuneiden keskeytyskustannusten keskiarvojen summasta. Tämän summan ja laskennallisten keskeytyskustannusten erotuksena saadaan verkkoyhtiökohtainen laatu-kannustin. (7.)

Energiavirasto laatii uusia suuntaviivoja laatu-kannustimelle ja arvioi sen osien kehittämistä. Kuummen ja seitsemännen valvontakauden (2024–2031) valvontamenetelmät ohjaavat aiempien vuosien tapaan kohtuuhintaista ja hyvän laatuista sähköä kohti. (7.)

Marraskuussa 2022 AFRY Management Consulting Oy:n Energiavirastolle laatima selvitys arvioi uudelleen laatukannustimen yksikköhintoja. Selvityksessä laadittiin uudet yksikköhinnat keskeytyksen aiheuttamalle haitalle kuudennelle valvontakaudelle tilastollista menetelmää käyttäen. Selvityksestä ilmenee myös keskeytysten aiheuttamaa haittaa erilaisille sähkökäyttäjryhmille taloudellisen mallinnuksen ja sidosryhmähaastattelujen avulla. Mallin kehityksen tarkoituksena oli muodostaa helposti päivitettävät yksikköhinnat. Uutena tulevat pienjänniteverkon keskeytyskustannukset, jossa huomioidaan sekä suunniteltujen että häiriökeskeytysten lukumäärä ja keskeytysaika. (7.)

Sähkökäyttäjryhmiä jakeluverkossa ovat kotitaloudet, maatalous, palvelut ja julkinen sektori sekä teollisuus. Taulukossa 1 on kunkin sähkökäyttäjryhmän energiapainotuksella lasketut KAH-yksikköhinnat sekä niiden summat, joista muodostuu odottamattoman keskeytyksen ja aikajälleenkytkennän yksikköhinnat. Jokaisen ryhmän yksikköhintojen laskemisessa on pyritty huomioimaan sähköenergian kulutuksen perusteella keskeytyksestä aiheutunut haitta. (7.)

Parametri B:n laskemiseen on käytetty jokaiselle sähkökäyttäjryhmälle erikseen arvoitettuja hintoja, joissa on huomioitu osuus sähkökäytöstä sekä kyseisen sektorin tuotannon bruttoarvo. Kotitalouksien tapauksessa hinta on arvoitettu menetetyä vapaa-aikaa kautta. Vapaa-aikan arvo on rahallinen korvaus, joka voidaan olettaa saavan vaihtamalla yhden tunnin vapaa-ajasta esimerkiksi työtä vastaan. (7.)

TAULUKKO 1. Energiapainotetut KAH-yksikköhinnat (7)

	Osuudet sähkön kulutuksesta:	Parametri A, €/kW	Parametri B, €/kWh
Kotitaloudet	45 %	0,23	4,59
Maatalous	3 %	0,00	0,06
Palvelut ja julkinen sektori	37 %	0,41	4,22
Teollisuus, pl. Suurteollisuus	15 %	0,41	2,29
Yhteensä		1,05	11,16

Taulukossa 2 on kuvattu erityyppisistä syistä syntyneistä keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinnat. Yksikköhinnoiteltuja keskeytyksiä ovat odottamaton keskeytys, suunniteltu keskeytys sekä pika- ja aikajälleenkytkentä. Aikajälleenkytkennän yksikköhinta on vastaava kuin odottamattomalla keskeytyksellä. Pikajälleenkytkennän yksikköhinnan katsotaan olevan puolet pienempi kuin

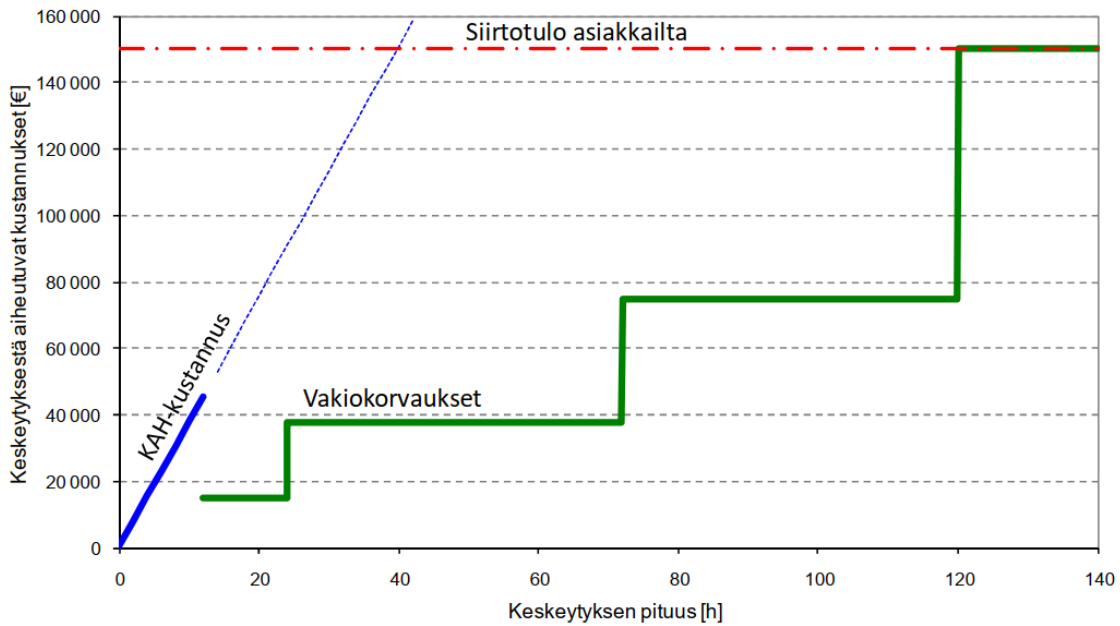
aikajälleenkytkennän. Suunniteltu keskeytys saadaan odottamattomasta keskeytyksestä kertomella 0,55 (7).

TAULUKKO 2. Keskeytyksestä aiheutuneen haitan yksikköhinnat (9)

Odottamaton keskeytys		Suunniteltu keskeytys		Aikajälleenkytkentä	Pikajälleenkytkentä
$h_{E,odott}$	$h_{W,odott}$	$h_{E,suunn}$	$h_{W,suunn}$	h_{AJK}	h_{PJK}
€ / kWh	€ / kW	€ / kWh	€ / kW	€ / kW	€ / kW
11,16	1,05	6,14	0,58	1,05	0,53

Jakeluverkonhaltijan kokonaiskeskeytyskustannukset mukaan lukien pienjänniteverkon keskeytykset muodostuvat vuoden 2024 alusta alkaen uusilla hinnoilla. Pienjänniteverkon mukanaolo on perusteltua sähkönkäyttäjän näkökulmasta. Jos asiakkaalle aiheutuu sähkökatko, voi vika olla missä kohtaa verkkoa tahansa. (9.)

Kuvassa 3 on havainnollistettu, miten keskeytyksestä aiheutuu kustannuksia verkkoyhtiölle. Kuvassa pystyakselilla on yhden johtolähdön asiakkailta saatava siirtotulo ja vaaka-akselilla on kuvattu sähkönjakelukeskeytyksen kesto. Keskeytyksestä aiheutuneen haitan kustannukset alkavat välittömästi ja ne kasvavat lineaarisesti keskeytyksen keston suhteen. Kun keskeytys on kestänyt 12 tuntia, maksetaan sähkönkäyttäjälle korvausta vakiokorvausmenettelyn mukaisesti. (5.)



KUVA 3. Keskeytyksestä aiheutuvat kustannukset (5)

Keskijännitteen keskeytyskustannukset lasketaan kaavalla 1. Pienjänniteverkon kustannukset lasketaan vastaavalla tavalla mutta jälleenkytkentöjä ei huomioida. Vertailutasona kuudennella valvontakaudella käytetään vuosien 2016–2023 toteutuneiden keskeytyskustannusten keskiarvoa. Energiavirasto määrittelee aikajälleenkytkennän enimmillään kolmeen minuuttiin, jonka jälkeen keskeytys luokitellaan pysyväksi. (9.)

KAAVA 1. Keskijänniteverkon toteutuneiden keskeytyskustannusten laskenta (9)

$$KAH_{t,k}^{KJ} = \left(\begin{array}{l} KA_{odott,t}^{KJ} \times h_{E,odott} + KM_{odott,t}^{KJ} \times h_{W,odott} + \\ KA_{suunn,t}^{KJ} \times h_{E,suunn} + KM_{suunn,t}^{KJ} \times h_{W,suunn} + \\ AJK_t^{KJ} \times h_{AJK} + PJK_t^{KJ} \times h_{PJK} \end{array} \right) \times \left(\frac{W_t}{T_t} \right) \times \left(\frac{KHI_k}{KHI_{2021}} \right)$$

$KAH_{t,k}^{KJ}$ = jakeluverkon kyseisen jännitetason (PJ, KJ, SJ) toteutuneet keskeytyskustannukset vuonna t vuoden k rahanarvossa, euroa

$KA_{odott,t}^{KJ}$ = jakeluverkon kyseisen jännitetason (PJ, KJ, SJ) odottamattomista keskeytyksistä aiheutunut vuosienenergia painotettu keskeytysaika, tuntia

$h_{E,odott}$ = odottamattomista keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinta keskeytysajalle, €/kWh

$KM_{odott,t}^{KJ}$ = jakeluverkon kyseisen jännitetason (PJ, KJ, SJ) odottamattomista keskeytyksistä aiheutunut vuosienenergia painotettu keskeytysmäärä, kappaletta

$h_{W,odott}$ = odottamattomista keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinta

keskeytysmäärälle, €/kW

$KA^{KJ}_{suunn,t}$ = jakeluverkon kyseisen jännitetason (PJ, KJ, SJ) suunnitelluista keskeytyksistä aiheutunut vuosienenergia painotettu keskeytysaika, tuntia

$h_{E,suunn}$ = suunnitelluista keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinta keskeytysajalle, €/kWh

$KM^{KJ}_{suunn,t}$ = jakeluverkon kyseisen jännitetason (PJ, KJ, SJ) suunnitelluista keskeytyksistä aiheutunut vuosienenergia painotettu keskeytysmäärä, kappaletta

$h_{W,suunn}$ = suunnitelluista keskeytyksistä aiheutuneen haitan yksikköhinta keskeytysmäärälle, €/kW

AJK^{KJ}_t = jakeluverkon kyseisen jännitetason (KJ, SJ) aikajälleenkytkennöistä aiheutunut vuosienenergia painotettu keskeytysmäärä, kappaletta

$h_{A_{JK}}$ = aikajälleenkytkennöistä aiheutuneen haitan yksikköhinta keskeytys määrälle, euroa/kilowatti

PJK^{KJ}_t = jakeluverkon kyseisen jännitetason (KJ, SJ) pikajälleenkytkennöistä aiheutunut vuosienenergia painotettu keskeytysmäärä, kappaletta

$h_{P_{JK}}$ = pikajälleenkytkennöistä aiheutuneen haitan yksikköhinta keskeytys määrälle, euroa/kilowatti

W_t = kyseisen jännitetason kautta siirretyn energian määrä vuonna t, kilowattituntia

T_t = tuntien lukumäärä vuonna t

KHI_k = kuluttajahintaindeksi vuonna k

KHI_{2021} = kuluttajahintaindeksi vuonna 2021

k = tarkasteluvuosi eli kuudennella valvontajaksolla vuosina 2024, 2025, 2026 tai 2027 sekä seitsemännellä valvontajaksolla vuosina 2028, 2029, 2030 tai 2031

t = k. (9.)

4 JAKELUVERKON KÄYTTÖKESKEYTYKSET

SFS EN 50160 -standardi määrittelee jännitteen pääominaisuudet sähkökäyttäjän liittämiskohdassa normaaleissa käyttöolosuhteissa. Näitä jännitteen ominaisuuksia ovat taajuus, suuruus, aaltomuodot ja symmetrisyys. Standardia ei sovelleta poikkeuksellisissa sääolosuhteissa tai ulkopuolisten aiheuttamissa häiriöissä. Jakeluverkossa käyttökeskeytys tarkoittaa tilannetta, jossa jännite sähkökäyttäjän liittämiskohdassa on alle 5 % vertailujännitteestä. Keskeytyksen aiheuttaa tavallisesti kytkinlaitteiden käyttö tai suojalaitteiden toiminta. Kolmivaiheisessa jakeluverkossa käyttökeskeytys tarkoittaa kaikkien vaiheiden jännitteen laskua alle 5 % vertailujännitteestä, muuten puhutaan jännitekuopasta. (6.)

Sähkönjakelun käyttökeskeytykset ovat joko suunniteltuja tai suunnittelemattomia. Häiriökeskeytykset ovat aina suunnittelemattomia keskeytyksiä. Keskijänniteverkon viat aiheuttavat valtaosan asiakkaan kokemista keskeytyksistä. Ilmajohto- ja sekaverkoissa osa vioista poistuu pika- ja aikajälleenkytkennöillä. Puhtaassa kaapeliverkossa viat luokitellaan pysyviksi yli kolme minuuttia kestäviksi, koska niissä ei käytetä jälleenkytkentöjä. (7.)

Käyttökeskeytys luokitellaan suunnitelluksi, kun verkon käyttäjiä on informoitu etukäteen. Näin käyttäjät voivat minimoida käyttökeskeytyksen vaikutukset sopivilla toimenpiteillä. Tyypillisesti suunniteltuja keskeytyksiä aiheuttavat verkon huoltotyöt. (6).

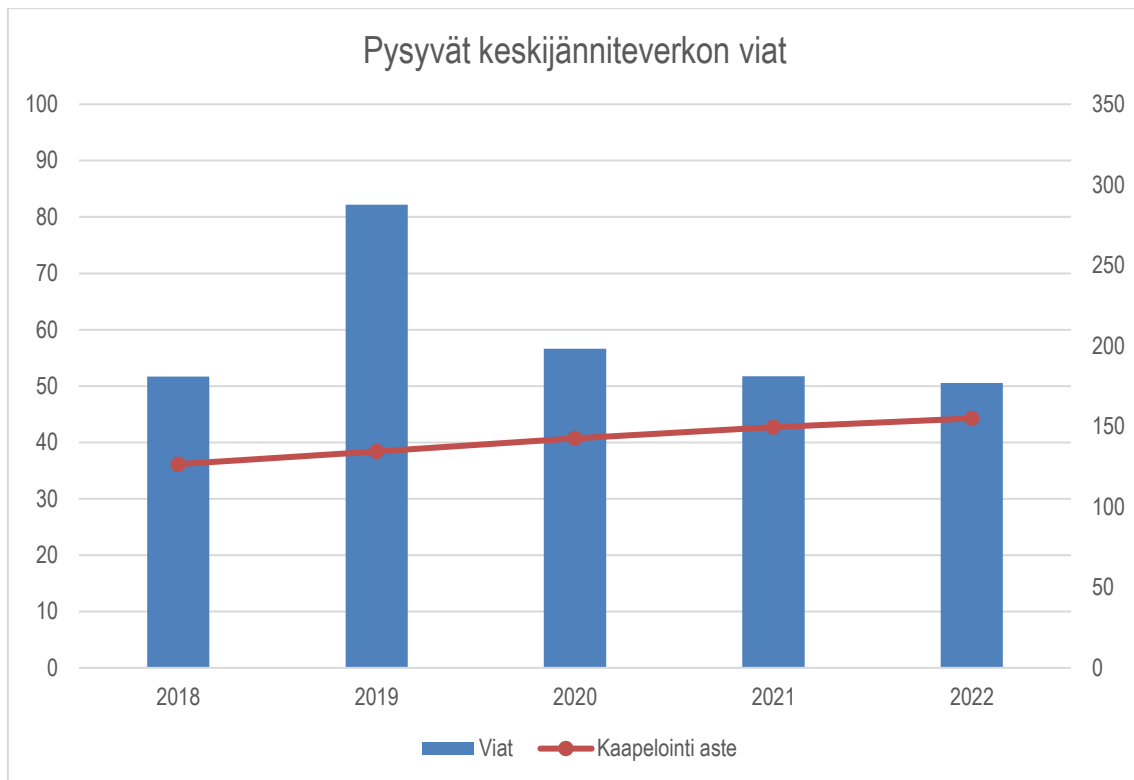
4.1 Pika- ja aikajälleenkytkennät

Pika- ja aikajälleenkytkennöiksi katsotaan keskeytysajoissa alle kolmen minuutin keskeytykset. Ne poistivat vuonna 2022 69 % keskijänniteverkon kappalemääräisistä vioista. Loput 31 % ovat pysyviä ja vaativat vikapaikan rajaamista ja korjaamista maastossa. Pika- ja aikajälleenkytkennät perustuvat sähköasemalla sijaitsevien releiden ohjaamien katkaisijoiden toimintaan. Ne on tarkoitettu verkon vioittuneen osan jännitteettömän ajan jälkeiseen katkaisijan automaattiseen kiinniohjaukseen vian poistamiseksi. Pikajälleenkytkennän kestoksi on määritetty noin 0,5 sekuntia ja aikajälleenkytkennän 1–3 minuuttia. Nämä jälleenkytkennät eivät aiheuta maastossa tehtävän viankorjauksen toimenpiteitä. (7;10.)

4.2 Pysyvät keskeytykset

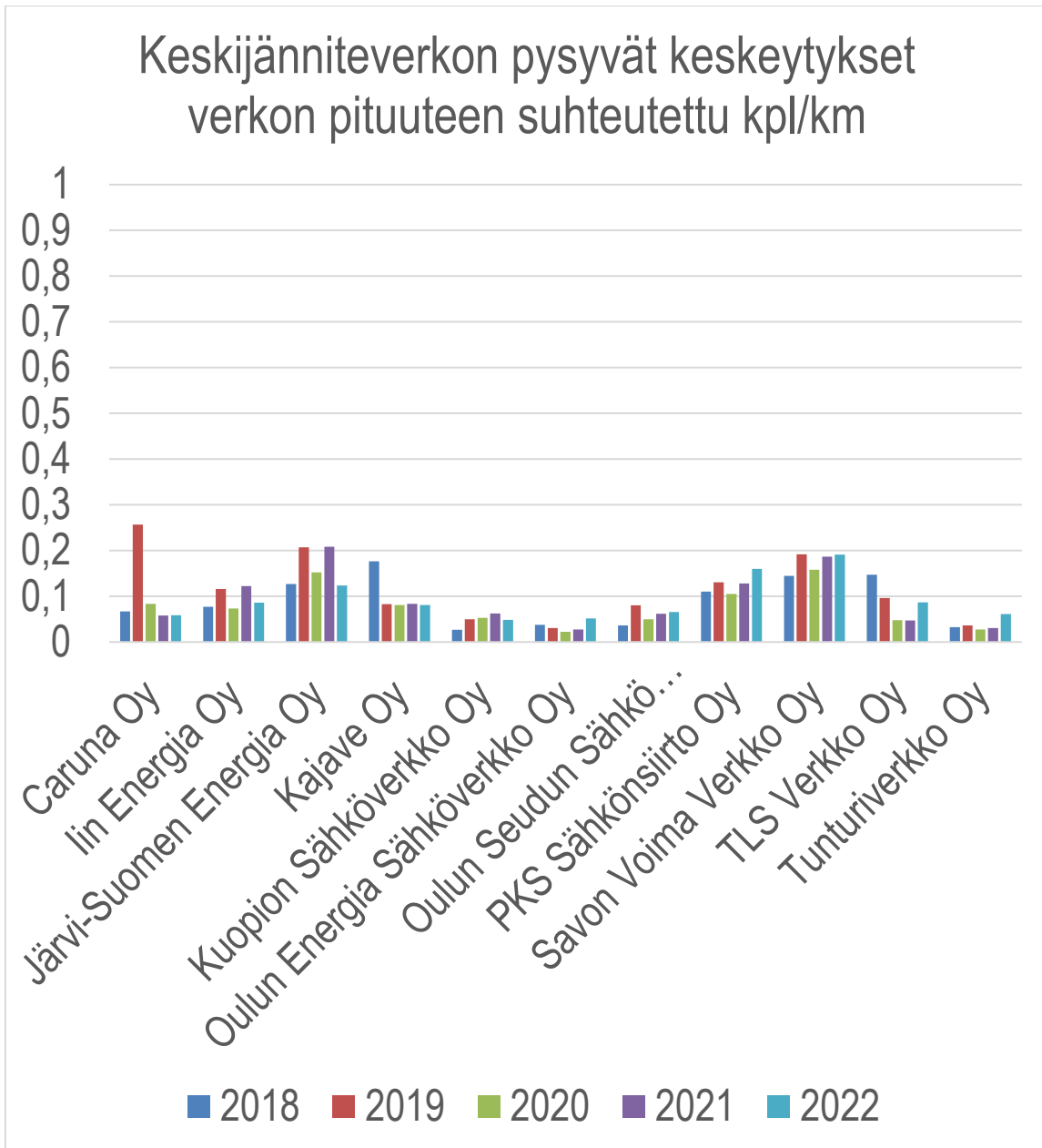
Keskeytys luokitellaan pysyväksi, kun se on kestänyt yli kolme minuuttia. Se on valittu keskeytyksen pituudeksi, jonka jälkeen katkaisijat eivät enää mene kiinni automaattisesti. Tällöin viankorjausta on tehtävä maastossa, eikä vikaa voida automaation avulla yrittää korjata. Pysyvälle keskeytykselle on myös oma yksikköhintansa keskeytyksestä aiheutuneen haitan kustannuksia laskeuttaessa. (7.)

Kaapelointiaste on Suomessa noussut viimeisten vuosien aikana keskimäärin kahden prosenttiyksikön vuosivauhtia. Kaapelointiasteen vaikutus keskijänniteverkon pysyviin vikoihin nähdään kuvassa 4. Kaavion tiedot perustuvat Energiaviraston julkaisemiin sähkötekniisiin tunnuslukuihin. Sinisillä palkeilla on kuvattu kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden pysyvien yli kolme minuuttia kestävien vikojen lukumäärän vuotuista keskiarvoa. Punainen viiva kertoo jakeluverkkoyhtiöiden keskimääräisen kaapelointiasteen. Vikamäärissä on vuosittaisia eroja, jotka eivät vähene suoranaisesti kaapelointiasteen kehittyessä. Keskijänniteverkosta yli puolet on toteutettu ilmajohdoilla, joten myrskyt ja muut luonnonilmiöt vaikuttavat suuresti pysyviin vikoihin. Vuoden 2019 Aapeli-myrsky näkyy poikkeuksellisen suurena vikamääränä.

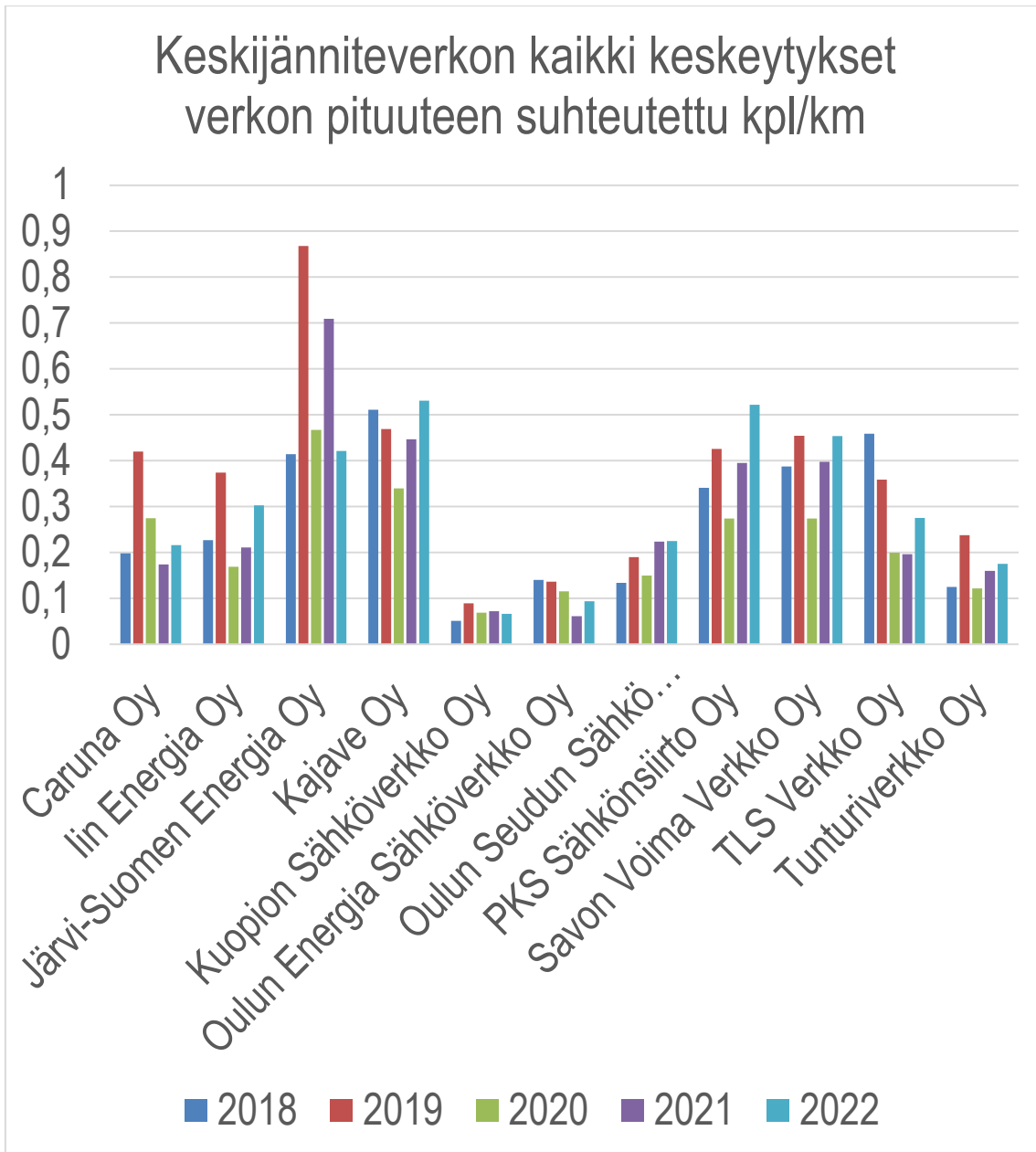


KUVA 4. Keskijänniteverkon kaapelointiasteen kehityksen vaikutus pysyviin vikoihin (8)

Keskijänniteverkon vioista suuri osa on ohimeneviä pika- ja aikajälleenkytkennöillä poistuvia. Kuvissa 5 ja 6 on esitetty 11 verkkoyhtiön vikamääriä verkon pituuteen suhteutettuna. Kaavioissa käytetty data on sähköverkon teknisistä tunnusluvuista peräisin. Pystyakselin arvot kertovat vikojen lukumäärän verkkokilometriä kohden. Kuvien asteikoiden raja-arvot ovat samansuuruiset, jotta vikamäärät olisivat helpommin vertailtavissa. Niistä voidaan huomata, että kaikki viat huomioimalla ilmajohtoverkossa keskeytysmäärät ovat keskimäärin kaapeliverkkoa suuremmat. Jälleenkytkentöjen poistamien vikojen jälkeen ilmajohto- ja kaapeliverkkojen väliset erot tasoittuvat.



KUVA 5. Keskijänniteverkon pysyvien vikojen lukumäärät verkon pituuteen suhteutettuna (8)



KUVA 6. Keskijänniteverkon kaikkien vikojen lukumäärät verkon pituuteen suhteutettuna (8)

5 KESKIJÄNNITEVERKON VIAT

Keskijänniteverkon viat aiheuttavat pienjänniteverkkoon verrattuna energiamäärä huomioiden huomattavasti suuremman keskeytshaitan. Keskijänniteviat ovat siis verkkoyhtiöille kriittisempiä vikoja, koska pysyvien vikojen keskeytuskustannukset muodostuvat huipputehon ja energian perusteella. Ilmajohto- ja kaapeliverkon vikojen syntymiseen ovat eri syyt. Ilmajohtoverkon vikoja aiheuttavat luonnonilmiöt ja myrskytuhot, kun taas kaapeliverkon vikoja aiheuttavat komponenttiviit, kaapeleita painavat isot kivet sekä kaivuutöiden aiheuttamat vahingot. Kaapeliverkon viankorjaukset ovat keskimäärin kaksinkertaiset ilmajohtoverkon korjausaikoihin verrattuna. Keskijänniteverkon vuosienenergioilla painotettujen pysyvien keskeytysten lukumäärät olivat vuonna 2022 140-kertaiset pienjänniteverkkoon verrattuna (8).

5.1 Ilmajohtoverkko

Tyypillisesti ilmajohtoverkossa pysyvään keskeytykseen johtaa lumikuormat sekä puiden ja oksien kaatuminen johdoille, josta seuraa yleensä maa- tai oikosulku. Häiriöiden määrä kasvaa päällystämättömällä avojohdolla olevassa ilmajohtoverkossa, joka sijaitsee kapealla johtoalueella. Silloin puiden ja oksien kaatuminen johtojen päälle on todennäköisempää, eikä tuulen suunnalla ole kovin suurta merkitystä. Vanhat metsien keskellä olevat johtoalueet, jotka kulkevat lyhyintä reittiä asutuksesta toiseen, ovat hitaasti korjattavissa. Ilmajohtoverkko on edelleen keskijännitteellä yleisin käytössä oleva verkkotyyppi. Vuoden 2022 lopussa ilmajohtoverkon osuus keskijänniteverkolla oli n. 55 % (8).

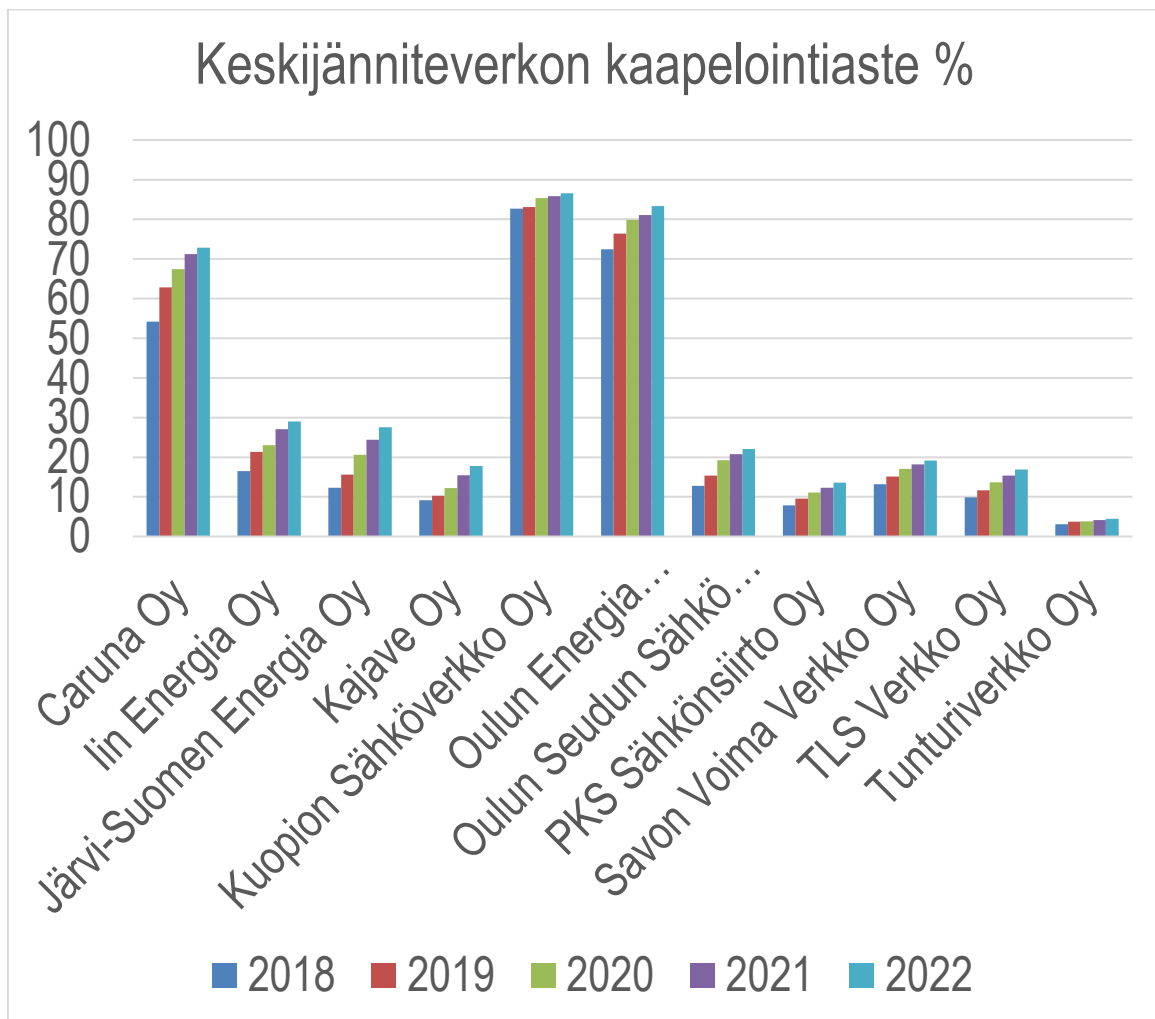
Harvaan asutulla seudulla voi olla kustannustehotonta rakentaa kokonaan uutta verkkoa. Silloin johtokadun leventäminen ja vanhan verkon saneeraaminen voivat olla vaihtoehto toimitusvarmuuden lisäämiselle. Myös verkostoautomaation rakentaminen vikaherkille johtohaaroille voi olla kustannustehokas tapa lisätä toimitusvarmuutta.

5.2 Kaapeliverkko

Kaapeliverkossa komponenttivikoja aiheuttaa heikentynyt eristyskyky, joka johtuu erilaisista osittaispurkauksista. Pintapurkaus on ulkoinen eristyskyvyn heikkeneminen, jolloin eristeen pinnalla

oleva lika tai kosteus sekä sen kuluneisuus aiheuttavat eristyksen peittämisen. Tyhjiöpurkaus eli sisäinen purkaus on usein hitaasti kehittyvä osittaispurkaus, joka jatkaa laajenemistaan, kunnes se aiheuttaa täydellisen vikaantumisen. Yleisiä vikaantuvia komponentteja ovat kaapelijatkokset ja -päätteet tai vuotavat GIS-eristysten liitoskohdat. Kaapelivaurioita syntyy myös kiven painaessa kaapelin vaipan rikki tai kaivinkoneen kauhan osuessa kaapeliin. (11.)

Kuva 7 esittää kaapelointiastetta verkkoyhtiöittäin. Kaapelointiasteet ovat peräisin sähköverkon teknisistä tunnusluista. Verkkoyhtiöt on valittu kaapelointiasteen sekä maantieteellisen sijainnin perusteella. Verkkoyhtiöllä, joilla on suurempi kaapelointiaste, myös vikamäärät verkon pituuteen suhteutettuna ovat vähäisemmät. Taajama-alueella sijaitsevat verkot ovat suurelta osin taajamaverkkoa, joka näkyy kyseisen verkkoyhtiön kaapelointiasteessa. Kaapelointiaste on noussut tasaisesti kaikilla verkkoyhtiöillä. Siitä voidaan päätellä maakaapeloinnin olevan yleinen verkon toimitusvarmuutta lisäävä kehittämistapa.



KUVA 7. Kaapelointiasteen kehitys (8)

5.3 Verkostoautomaatio

Verkostoautomaation avulla parannetaan sähkönjakeluverkon käyttövarmuutta. Se parantaa sähkönjakelun luotettavuutta, koska sillä voidaan lyhentää ja pienentää katkojen vaikutusaluetta. Verkostoautomaatio parantaa myös KAH-arvoa ja toimitusvarmuutta. (11.)

Keskijänniteverkon verkostoautomaatio käsittää ilmajohtoverkkoon tarkoitettua pylväskatkaisijat ja kauko-ohjattavat kuormanerotitimet. Ne toimivat itsenäisesti ja osaavat erottaa vialliset verkonosat sekä ovat huoltovapaita. Keskijänniteverkon viat aiheuttavat 90–95 % käyttökeskeytyksistä ja tuovat verkkoyhtiöille kustannuksia, joita verkostoautomaatiolla voidaan pienentää. Kuormanerotimilla voidaan saavuttaa verkon siirtokapasiteetin täysimääräinen hyödyntäminen, koska niillä voidaan muuttaa jakorajoja automaattisesti vian sattuessa. (11.)

Verkostoautomaatio ei vähennä vikojen määrää, vaan se rajaa niiden vaikutuksen pienemmälle verkon osalle. Se on nopea tapa saavuttaa parempi toimitusvarmuustaso. Keskijänniteverkon investoinnit haja-asutusalueella ovat verkkoyhtiöille kalliita ja hitaita ratkaisuja, kun johtopituutta voi asiakasta kohden olla satoja metrejä.

Käytönohjaus- ja valvontajärjestelmä SCADA mahdollistaa verkostoautomaatiolaitteiden toimimisen yhdessä. SCADA tulee englanninkielisistä sanoista Supervisory Control And Data Acquisition. Esimerkiksi katkaisijan toiminta-aikana järjestelmä ohjaa kuormanerotimia ja erottaa vikaantuneen verkon osan. Verkostoautomaatio nopeuttaa myös vikapaikan löytämistä säteittäisessä verkossa, kun viallinen johtohaara on erotettu verkosta ennen asentajien saapumista paikalle. Mikäli verkossa on rengassyöttömahdollisuus, voidaan kaukokäyttöisillä kuormanerotimilla mahdollisuuksien mukaan palauttaa sähköt asiakkaille. (12.)

5.4 Maastokatkaisijat

Maastokatkaisijat voidaan liittää käytönvalvontajärjestelmään, jolloin niitä voidaan ohjata automaation avulla. Maantieteellisesti laajalla verkkoalueella toimiville verkkoyhtiöille verkostoautomaatiolla saavutetaan suuri hyöty, kun viallinen verkon osa voidaan nopeasti rajata pois käytöstä. Kun verkkoon tulee vika, se johtaa perinteisesti koko johtolähdön keskeytykseen. Kun suojaukset viedään

syvemmälle verkkoon, voidaan vika rajata tarkemmin. Näin keskeytys kohdistuu vain viallisen verkon osaan, jolloin asiakaskeskeytymäärät laskevat. Kun verkko jaetaan näihin suojausvyöhykkeisiin, keskeytuskustannukset saadaan laskemaan ja toimitusvarmuus paranemaan. Olennaista on katkaisijoiden sijoituspisteen valinta, jolla pyritään rajaamaan esimerkiksi vikoja aiheuttava johtosuus mahdollisimman lyhyeksi. Myös keskitehojen rajaamisella on suuri merkitys keskeytyksestä aiheutuneeseen haittaan. (13;14.)

Maakaapeliverkossa käytetään maastokatkaisija-asemia, joissa voi olla useita katkaisijoita. Kuvassa 8 on ilmajohtoverkossa oleva pylväskatkaisija. Käyttökohde katkaisijalle voi olla sekä rengas- että säteisverkko. Katkaisija tarvitsee myös ohjauskeskuksen, jossa on tiedonsiirtoautomaattikka, akkuvarmennus ja suojarеле. Suojarелеssä on yleensä maasulku- ja ylivirtasuojaus, ja se tunnistaa automaattisesti verkon kompensointiasteen. Kun katkaisija sijoitetaan maakaapeli- ja ilmajohtoverkon väliin, minimoidaan ilmajohtoverkon häiriöiden vaikutus maakaapeliverkkoon. (13.)

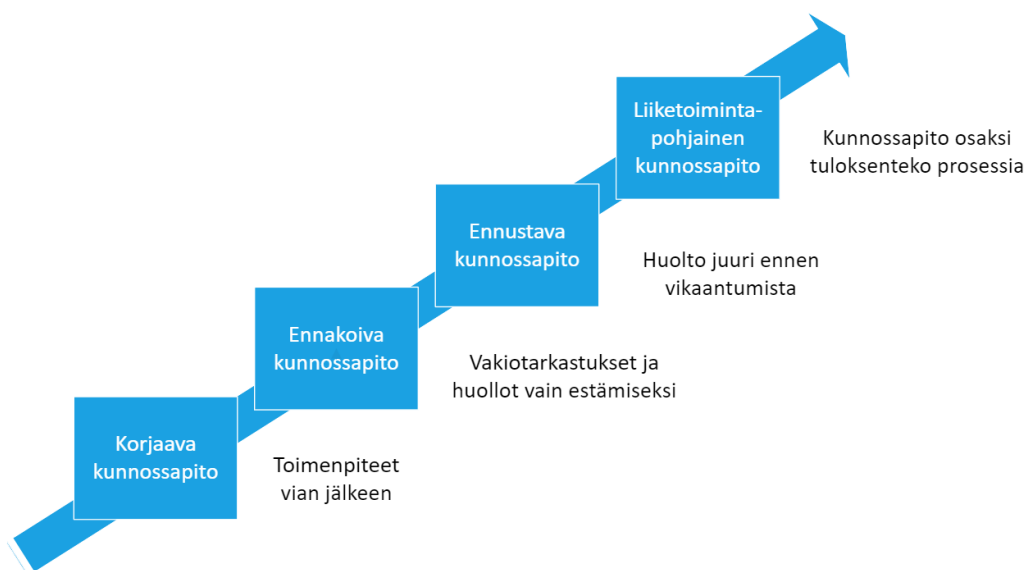


KUVA 8. Ensto Smartcloser pylväskatkaisija (13)

6 KUNNOSSAPITOSTRATEGIA

Kunnossapitostrategian luomiseen vaikuttavia tekijöitä on useita. Käytävissä olevat resurssit, kunnossapitokokemus sekä tietojärjestelmät vaikuttavat kunnossapitostrategian valintaan. Kunnossapitokokemusta tarkasteluun tarkoitettujen työvälineiden käyttö mahdollistaa tarkemman analyysin komponentin kunnosta. Työvälineiden käyttö voi muuttaa komponentin kohdalla strategiaa, kun kuntotietoa voidaan hyödyntää. Kunnossapitostrategian tarkoituksena on taloudellinen verkon komponenttien kunnossapito mutta myös verkostosaneerauksien ajoittaminen taloudellisesti oikealle hetkelle. (15.)

Käytävissä olevat resurssit ovat yksi määräävä tekijä kunnossapidossa, minkä vuoksi verkkoyhtiöt suosivat enemmän ulkopuolista palveluntuottajaa. Näin resurssien mitoituksen ja varaamisen sijasta voidaan keskittyä luomaan hyvä ja taloudellinen kunnossapito. Kunnossapito vaatii tiedot lakisääteisistä tarkastuksista sekä komponenttien tuntemista ja niiden muodostamien kokonaisuuksien ymmärtämistä. Verkossa olevat kriittiset kohteet tulee tunnistaa ja niiden kunnossapito on syytä suorittaa muita komponentteja useammin. Erilaisia kunnossapitostrategioita on viisi, joista neljä on esitetty kuvassa 9. Niitä käytetään kuvan tapaan limittäin ja niiden painotus riippuu verkkoyhtiön strategiasta. (15.)



KUVA 9. Kunnossapitostrategiat (15)

6.1 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito tarkoittaa toimintavalmiutta vian sattuessa. Vain komponentin vikaantumisen aiheuttaa toimenpiteitä. Se sopii komponenteille, jotka eivät aiheuta pitkiä keskeytyksiä ja joista ei aiheudu suuria taloudellisia menetyksiä. Komponentin tulee olla helposti vaihdettavissa eikä sen tulisi vikaantuessaan aiheuttaa haittoja muille komponenteille. Korjaava kunnossapito yksinään aiheuttaa keskeytysten määrän kasvua eikä se voi olla verkkoyhtiön ainut kunnonhallintamenetelmä. (15.)

6.2 Ennakoiva kunnossapito

Määräajoin suoritettavat tarkastukset ovat osa ennakoivaa kunnossapitoa. Niillä pyritään vähentämään komponentin vikaantumisesta johtuvia keskeytyksiä. Lähtökohtana on valmistajan antama ohjeistus tai suositusten asettamat kuntotarkastukset. Kaikille komponenteille ei ole suosituksia tarkastuksille, mutta ne suoritetaan yleensä samalla. Kuntotarkastus suoritetaan kaikille kunnossapito-ohjelmaan sisällyville komponenteille niiden kunnosta riippumatta. Näin verkkojen valvonta on melko tehokasta mutta ei välttämättä kustannustehokasta. Tämä strategia ei välttämättä johda resurssien optimaaliseen käyttöön eivätkä tarkastukset ole aina välttämättä perusteltuja. (15.)

6.3 Ennustava kunnossapito

Ennustavalla kunnossapidolla pyritään komponentin kuntoon perustuvaan kunnonvalvontaan. Sitä suoritetaan ikäperustaisesti, komponentin kuntotilan mukaan tai kunnonvalvontamittausten perusteella. Ikäperustainen kunnossapito perustuu komponentin ikään, jolloin vanhempiin komponentteihin tehdään tarkastuksia tiheämmin. Tämä tapa tehostaa resurssien käyttöä, mutta sillä ei välttämättä päästä kustannustehokkaihin tuloksiin. (15.)

Kohdennetussa kunnossapidossa suunnittelija huomioi komponentin kuntotilan. Komponentin rakenne- ja kuntotiedon sekä mittausten pohjalta tehtävät huoltotoimet kohdennetaan komponentti-kohtaisesti. Kohdennettu kunnonvalvonta vaatii yleensä kunnonhallintajärjestelmän komponenttietojen ylläpitämiseksi. Sen tavoitteena on kohdistaa resurssit huoltoon ja korjausta tarvitseville komponenteille. Kunnossapitotoimenpiteissä tulee ottaa huomioon sähköturvallisuuslain 1135/2016 vaatimukset sähkölaitteistolle tehtävälle kunnossapito-ohjelmalle. (15.)

Kunnonvalvontamittauksia suoritetaan yleensä kriittisimmille kohteille, joiden korvattavuus tai sijainti on huono. Mittaukset voivat olla reaaliaikaista on-line-valvontaa tai erilaisilla mittalaitteilla paikan päällä tehtäviä mittauksia. Reaaliaikainen mittaus tarkoittaa tiettyjen suureiden jatkuvaa tarkkailua. Suureille asetetaan raja-arvoja, joiden ylittyessä tulee ilmoitus käytönvalvontajärjestelmään. Paikan päällä tehtäviä mittauksia voivat olla esim. sähköisiä arvoja mittaavat mittaukset sekä lämpö- tai ultraäänikameralla tehtävät kuvaukset. (15.)

6.4 Liiketoimintapohjainen kunnossapito

Kun kunnossapitotoimenpiteet perustuvat tilastollisiin analyyseihin, voidaan puhua liiketoimintapohjaisesta kunnossapidosta. Siinä tunnetaan eri vikaantumismekanismit ja rasiutukset, joiden pohjalta laaditaan tilastollinen vikaantumisjakauma. Sen perusteella saadaan kunnossapitotoimet ja niiden suorittaminen aikajärjestykseen. (15.)

Tähän kunnossapitostrategiaan voidaan yhdistää kerätty tarkastustieto, jolloin saadaan muodostettua tarkempia kuntoarvioita. Kriittisille kohteille suoritettavaa mittaavaa kunnonvalvontaa voidaan myös hyödyntää kunnon arvioimisessa. Kerätyn kuntotiedon laatuun vaikuttaa tarkastajien subjektiivisuus, jota voidaan osittain välttää tarkastuskoulutusta kehittämällä. (15.)

6.5 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito mielletään usein verkon saneeraustoiminnaksi. Sillä voi olla tarkoitus lisätä komponentin suorituskykyä, käytettävyyttä tai toimintavarmuutta. Toimintavarmuuden lisäämisellä voidaan tarkoittaa kunnonvalvontamittauksessa havaitun poikkeavan tuloksen vuoksi tehtyä huoltotyötä. Parantavan kunnossapidon avulla pyritään lisäämään laitteiston turvallisuutta, luotettavuutta ja virheetöntä toimintaa. Tämä voi tarkoittaa esim. komponentin taloudellisten häviöiden kasvua, jolloin joku verkkokomponentti tai laite voidaan poistaa aiottua aiemmin verkosta. Näitä toimenpiteitä kutsutaan saneerausinvestoinneiksi, joilla on myös positiivinen vaikutus kunnossapitoon. (15.)

7 PALVELUTOIMINTA

Palvelutoiminnan resurssit tulee määritellä verkkoyhtiökohtaisesti, koska jokainen verkkoalue ja palvelusopimuksen sisältö on erilainen. Kaapelointiaste, verkon maantieteellinen sijainti ja pituus sekä vikataajuus edellisiltä vuosilta ovat merkityksellisiä tietoja. Myös verkkoyhtiön tulevaisuuden investointiaikeet herkästi vikaantuville verkonosille tulee selvittää. Palvelutoimintaan kuuluu pääsääntöisesti erilaiset asiakastyöt, pienrakentaminen, vianhoito sekä kunnossapito-ohjelman mukaiset tarkastukset ja korjaustyöt. Kaikkiin vikatöihin sekä suurhäiriöihin tulee varautua sopimuksen mukaisella vasteajalla ja henkilöstömäärällä.

7.1 Henkilöresurssit

Resurssien määrittämiseen tarvitaan jokaiselle palvelutyölle erikseen arvioitu tai laskettu työmäärä, jonka perusteella voidaan laskea tarvittava henkilömäärä. Toiset palvelutyömäärät ovat historiatiedon perusteella arvioitavissa, kun taas esimerkiksi vikatöiden osalta ennustettavuus on vaikeampaa. Yksi huomioitava asia on henkilöstön ammattitaito ja varusteet, joita erikoisemmissä töissä vaaditaan enemmän. Ostopalvelua kannattaa käyttää epäsäännöllisiin tai harvoin suoritettaviin työtehtäviin, jotka vaativat erikoisosaamista. Erikoisemmat työtehtävät, kuten myrskytuhot tai releiden koestukset sekä niiden asetteluarvojen muutokset, vaativat hyvän ammattitaidon sekä työvälineet. Asentajien lisäksi myös työnjohtajalla tulee olla hyvä ammattitaito töiden organisointiin.

7.2 Työvälineet

Palveluntuottajalla on pääasiassa vapaus valita turvalliset työskentelyvälineet ja -tavat. Nostokorivaatimuksia ei yleensä ole mutta ilmajohtoverkossa sellainen tulee olla saatavilla ainakin tarvittaessa. Moottorikelkka tai mönkijä on metsässä kulkevalle johtokadulle hyvä apuväline ja talvella lähes välttämätön vikapaikalle pääsemiseksi. Kaivinkone on maakaapeliverkon viankorjaustöissä oltava mutta tähän on hyvän yhteistyökumppanin käyttö järkevää. Tarkastuksiin erilaiset kamerat ovat hyvä työväline, koska niillä havaitaan alkavat viat. Ultraääni- ja lämpökamera auttavat löytämään löystyneet liitokset ja osittaispurkaukset. Ilmajohtoverkon tarkastuksissa lentokuvauslaitteet nopeuttavat ja auttavat havaitsemaan viat, joita ei maanpinnalta näe.

7.3 Verkonrakentaminen

Jakeluverkkoyhtiöt sisällyttävät usein pienemmät verkonrakennusprojektit palvelutyösopimuksiin. Näin urakasta ei tule erillistä kilpailutusta, vaan rakentaminen suoritetaan sovitulla yksikköhinnoina. Investoinnin suuruus sekä verkkoyhtiön oman kehittämissuunnitelman mukaiset suunnitelmat määrittelevät julkisen kilpailuttamisen tarpeen. Pienempiä projekteja ovat yleisesti uusien liittymien rakentaminen ja kytkentä sekä uusien asuinalueiden rakentaminen.

Yksittäisen liittymän rakentamiseen voi riittää liittymäjohton rakentaminen ja liittäminen asiakkaan liittymäkaapeliin. Tämä vaatii sen, että lähellä olevassa katujakokaapissa on varalähtöjä. Uudet liittymät, joita ei ole huomioitu aiemmin verkon rakennusvaiheessa, voivat vaatia jakeluverkon kapasiteetin vahvistamista. Uusien asuinalueiden rakentaminen vaatii myös keskijänniteverkon ja muuntamon rakentamista. Mikäli lähimmässä keskijännitekojeistossa ei ole varauksia uusille kaapelilähdöille, joudutaan välille rakentamaan uusi kojeisto tai kaapeloimaan muuntajan syöttö kauempaa. Sähköautojen latausasemat ja hajautettu tuotanto voivat vaatia verkolta enemmän kapasiteettiä tulevaisuudessa jo nykyisillekin asiakkaille. Tämä tarkoittaa verkkokomponenttien kokojen ja nimellisvirtojen kasvattamista.

Kunnasta saa tietoa uusista kaavoitushankkeista, joista selviää uusien asuinalueiden rakentamisajankohdat. Niiden perusteella voidaan tarvittavat resurssit laskea hyvissä ajoin. Uusien asuinalueiden kaapelointi tehdään pääsääntöisesti tiealueella, joten palvelusopimukseen mahdollisesti kuuluva luvitusprosessi on aika kevyt. Ennen kuin uusi liittymäjohto voidaan liittää yleiseen jakeluverkkoon, vaaditaan sen asennuksesta käyttöönottotarkastusilmoitus. Kaikille asennetuille kaapeleille ja verkkokohteille tehdään sijaintikartoitus urakoitsijan toimesta ja ne tulee toimittaa tilaajan edellyttämässä muodossa.

7.4 Asiakastyöt

Asiakastöitä ovat liittymien kytkemisien lisäksi mittareiden vaihto- ja asennustyöt sekä kaapelinäytöt. Myös pienempiä töitä suoritetaan satunnaisesti. Niitä ovat esim. tilapäiset liittymät, liittymien muutokset ja purut sekä keskusten vaihdot. Mittareita vaihdetaan niiden rikkoutuessa, uusien liittymien avauksen yhteydessä sekä massavaihtoina kun siirrytään uudempiin malleihin. Mittareiden

vaihtoa tehdään ympärivuotisesti ja se soveltuu hyvin talven aikana suoritettavaksi työksi. Vuosittaiset arvioit mittareiden vaihdoista ovat hyvin ennakoitavissa. Mittareiden varastointipalvelu tapahtuu palveluntuottajan tai tilaajan varastossa sopimuksen mukaan. (16.)

Kaapelinäyttöä suoritetaan näyttöpalvelutilauksien perusteella. Kaivuutöiden tekijällä on oikeus ilmaiseen kaapelinäyttöön, kun sen tilaus tehdään hyvissä ajoin. Kaivuutöiden tekijällä ja projektien suunnittelijalla on myös velvollisuus selvittää maanalaisten kaapeleiden ja putkien sijainti. Suosituksena on tilata kaapelinäyttö viikkoa ennen kaivuutyötä. Uusintänäytöt, kiireelliset tai työajan ulkopuolella tehtävät kaapelinäytöt ovat maksullisia näyttöjä. Hätnäyttö on yleensä maksuton, mikäli kyseessä on hengen tai omaisuuden välitön vaara sekä vikatilanteissa, joista voi aiheutua ympäristölle välitöntä vaaraa tai haittaa. Kaapelinäyttö on voimassa kaksi viikkoa. (18.)

Kaapeleiden näyttöajat painottuvat kesälle, jolloin kysyntä on kovin. Vuotuiset näyttömäärät ovat arvioitavissa historiatiedon perusteella kohtuullisen tarkasti. Kaapelointiasteen kehittyminen kasvattaa kaapelinäyttömääriä varsinkin taajamissa. Yhden kuukauden kaapelinäyttömäärät voivat olla 15 % vuotuisesta näyttömäärästä (17).

7.5 Kuntotarkastukset

Sähköturvallisuuslaki määrittelee jakeluverkon luokan 3 sähkölaitteistoksi. Se tarkoittaa, että laitteistolle tulee laatia kunnossapito-ohjelma. Kunnossapito-ohjelmaan kuuluvat kuntotarkastukset voidaan jakaa eri osiin, joita suoritetaan eri aikaväleillä kohteen perusteella. Kunnossapidossa voidaan käyttää myös kuntoon perustuvaa tarkastusväliä työvälineiden sen mahdollistaessa (17).

Toisilla kohteilla tarkastusväli perustuu määräyksiin ja toisilla se on aika- tai kuntoperusteinen. Yleisen käytännön ja suositusten mukaan suurelle osalle jakeluverkkoa tehdään kuntotarkastus kuuden vuoden välein. Tarkastuksia tehdään kunnossapitoalueille kiertävästi siten, että verkkoalueittain tarkastusväliksi tulee kuusi vuotta. Näin myös työkuorma on tarkastusten osalta vuositasolla tasainen. Joillakin kohteilla tarkastusväli on lyhyempi, jolloin ne tulee tarkastaa oman ohjelmansa mukaisesti.

Tarkastuksia suoritetaan pääasiassa paikan päällä, mutta esimerkiksi johtoalueiden ja pylväsmuuntamoiden tarkastukset voidaan suorittaa lentotarkastuksina. Tarkastuksen yhteydessä suoritetaan

yleensä huoltoja tai korjauksia, mikäli kuntotarkastuksen tekijänä toimii kunnossapitotöiden palveluntuottaja. Huoltojen ja korjausten suorittamiseen on järkevää varautua erityisesti verkon ollessa haja-alueella, jolloin tarkastuskohde voi olla kaukana.

7.5.1 Jakeluverkko

Tarkastuskohteita jakeluverkossa ovat mm:

- pien- ja keskijänniteilmajohdot
- jakokaapit
- pylväserottimet
- 1kV kompaktikatkaisijat
- muuntamot
- loissähköreaktorit
- maadoitukset
- kaapelit
- ylijännitesuojat
- pylväät.

Ilmajohdoista tarkastetaan silmämääräisesti johtimien ja eristimien kunto. Tarkastuksen kohteena ovat mm. johtimien säieviat ja eristimen likaisuus sekä eristinelementin eheys. Myös sirinän kuuluminen tai valokaarijälkien näkyminen kertoo eristimen vaihdon tarpeesta. Eristysvikoja voidaan ennaltaehkäistä havaitsemalla osittaispurkaukset siihen tarkoitettuun laitteistolla ennen kuin se aiheuttaa komponentin vikaantumisen ja siitä aiheutuvan häiriökeskeytyksen. Ilmajohdojen tarkastusten yhteydessä kannattaa suorittaa johtokadulla olevien yksittäisten oksien ja puiden poistot. Pylväsmuuntamoiden tarkastus suoritetaan myös samalla kertaa. Ilmajohdoverkolle tarkastuksia voidaan suorittaa sekä maasta että lentotarkastuksena ilmasta. (3.)

Käsi käyttöerottimien kuntotarkastus tehdään maadoitustavasta riippuen 6 tai 12 vuoden välein. Mikäli erotin on maadoitettu yhden elektrodin kautta, tarkastus tulee tehdä kuuden vuoden välein. Useamman elektrodin tapauksessa tarkastusväli on 12 vuotta. Kaukokäyttöerottimet on hyvä tarkastaa vuoden välein kaksi ensimmäistä vuotta rakentamisen jälkeen. Tämän jälkeen tarkastus

suoritetaan kolmen vuoden välein. Tarkastuksessa tehdään toiminnan testaus sekä akuston huolto. (3.)

7.5.2 Muuntamot

Puisto- ja kiinteistömuuntamon tarkastus on laaja kokonaisuus, joka suositellaan tehtäväksi kuuden vuoden välein. Se tehdään verkkoyhtiön määrittelemän tarkastusohjelman mukaisesti. Siinä tarkastetaan kaikki yleiset asiat sekä pien- ja keskijännitelaitteet. Kulkureitit, tunnuksat, kaaviot, likaisuus sekä ilmanvaihto kuuluvat yleisiin tarkastettaviin asioihin. Työvälineiden, kuten erottimien ohjaussauva, sulakkeiden vaihtovälineet ja työskentelysuojat, tulee löytyä niille kuuluvilta paikoilta. Muuntamon ulkopuolinen siisteys, lukitukset, varoituskilvet ja raivaustarve tarkastetaan. Muuntajatilaa suojaavien tulee olla paikoillaan ja kunnossa. (19.)

Keskijännitelaitteista tarkastetaan kokonaisuudessaan kiinnitykset, mekaaninen kunto sekä puhtaus. Lisäksi kojeistojen kennokohtaiset sekä kaapeleiden lähtöjen merkinnät tarkastetaan. Kaapelipääteiden puhtaus ja liitoksien kunto tulee tarkastaa. Siihen ultraäänikamera on nopea ja varma apuväline, koska sen avulla todennetaan mahdolliset osittaispurkaukset. Mikäli kojeistossa käytetään SF6-kaasueristeisiä erottimia, tulee niiden kaasunpaine ja jännitteenilmaisimien toiminta tarkastaa. Muuntajasta tarkastetaan lisäksi tiivistet, väliottokytkimien asento, öljymäärä sekä öljynkeruualtaan asennus. (19.)

Pienjännitekeskuksen mekaaninen kunto todetaan pintakäsittelyn perusteella. Kosketussuojauksen tulee olla asianmukaisessa kunnossa. Kaavioiden ja kaapelilähtöjen osoitamerkintöjen tulee olla ajan tasalla. Merkintätavat ovat verkkoyhtiökohtaisia, joten niiden tarkastamisessa käytetään tilaajan ohjeita. Käyttömaadoitukset tarkastetaan silmämääräisesti ja niiden mittaukset suoritetaan maadoitusmittausten ohjelman mukaisesti. (19.)

7.5.3 Maadoitusmittaus

Maadoitusten kuntotarkastusmittaukset suoritetaan pääsääntöisesti Energiategollisuuden verkostosuosituksen TJ 1:05 mukaisesti 6 tai 12 vuoden välein. Mittaukset suoritetaan vuosittain muuntopiireissä, joihin on tullut muutoksia edellisenä vuotena. Kun maadoitus- tai potentiaalinhajauselektrodi on liitetty vain yhdellä maadoitusjohtimella, on tarkastusväli 6 vuotta. Mikäli elektrodityhteys on

rakennettu kahdella maadoitusjohtimella tai maadoituksia on useita, voi tarkastusväli olla 12 vuotta. Suositeltavin tapa suorittaa maadoitusmittaus on sama kuin alkuperäisessä mittauksessa. Jos alkuperäinen 60 %:n mittauspiste on tarkasti merkitty, voidaan kuntotarkastus suorittaa mittaamalla samasta pisteestä. Mikäli vastusarvo on suurempi kuin alkuperäinen tulos, pitää mittaus suorittaa alkuperäistä menetelmää käyttäen. (20.)

7.5.4 Pylväiden kuntotarkastukset

Pylväille suoritetaan silmämääräinen tarkastus johtimien tarkastusten yhteydessä. Siinä määritetään pylvään kunto päällisin puolin ja mahdolliset huomiot kirjataan kuntotarkastuslomakkeeseen. Pylväiden lahotarkastukset suoritetaan, kun pylvään pystytyksestä on kulunut 20–30 vuotta. Seuraavat tarkastukset suoritetaan noin 10 vuoden välein. Tarkastuksessa havaituille huonokuntoisille ja nykyisille kuparikyllästeisille pylväille on mietinnässä lyhyempi aikaväli. Mikäli pylväs tarkastetaan vain kerran, tehdään se noin 30 vuoden kuluttua pystytyksestä. Silloin pylvään vanhenemisi- miöt tulevat paremmin ilmi. (17;20.)

Ensin pylväälle tehdään silmämääräinen kunnon arviointi. Tämä tarkoittaa mahdollisten halkeamien ja tikankolojen huomiointia. Sen jälkeen koputtelemalla selvitetään lahoisuus 2 metrin korkeuteen. Tarvittaessa otetaan näyte kasvukairalla ontolta kuulostavan kohdan alueelta. Työturvallisuuden kannalta vaaralliset pylväät merkitään keltaisella nauhalla. Pylvään maanpäällisen osan pituuden perusteella määritellään kuinka suuri pylvään tyven terveeseen puun halkaisijan pitää olla. Mikäli terveeseen puun halkaisija pylvään tyvässä on riittävän vähäinen, merkitään pylväs kahdella nauhalla. Asentaja ei saa nousta yhdellä nauhalla merkittyyn pylvääseen ilman tuentaa. Kahdella nauhalla merkittyyn pylvääseen on nousukielto myös tuettuna ja se on vaihdettava ensi tilassa. (21.)

7.6 Verkon viat

Verkkoyhtiöillä on palveluntuottajan kanssa usein bonus – sanktio -järjestelmä viankorjauksen aloittamiseen. Mittarina tähän aikavasteeseen voidaan käyttää esimerkiksi ensimmäisen erotinohjauksen suorittamista vikailmoituksen saamisen jälkeen. Varallaoloresursseja tulee olla yhdestä kahteen henkilöä. Mitoitukseen vaikuttaa yleensä verkkoalueen laajuus. (17.)

7.6.1 Viankorjaus

Keskijänniteverkon viat tulevat käyttökeskukseen SCADA-käytönvalvontajärjestelmän välityksellä. SCADA:ssa näkyvät verkon suoja-alueiden, katkaisijoiden ja kaukokäyttöerottimien reaaliaikainen tila. Ensimmäisten jälleenkytkentöjen jälkeen voidaan käytönohjausjärjestelmällä tehdä automaattisia käyttötoimenpiteitä. Niillä voidaan yrittää mahdollisesti vikaantuneen verkonosan automaattista erottamista verkosta. Mikäli johtolähdöllä ei ole maastokatkaisijoita, se tarkoittaa koko johtolähdön osalta usean minuutin kestävästä katkaisijan jatkuvasta toiminnasta. (16.)

Keskijänniteverkon pysyvistä vioista tulee tieto päivystävälle asentajalle. Tieto verkon vikaantumuksesta tulee käyttökeskuksesta yleensä puhelinsoitolla, näin ainakin työajan ulkopuolella. Käyttökeskuksesta ilmoitetaan mahdollisen vikapaikan sijainti suoja-alueen mittaamalla tarkkuudella. Parhaimmillaan tarkkuus on ilmajohtoverkossa yksi pylväsväli. Mikäli vikaantuminen tapahtuu työajan ulkopuolella, päivystävä asentaja käy toteamassa vikapaikan ja selvittää, onko vika korjattava välittömästi. Työajan ulkopuolella suoritettava viankorjaus on kallista, joten se suoritetaan työaikana, mikäli vikapaikka saadaan käyttötoimenpiteillä rajattua pois verkosta. Jos kyseessä on säteittäinen verkko, eikä rengassyötön mahdollisuutta ole tai se ei sähkötekniisesti mahdollista, tulee viankorjaus aloittaa välittömästi. Silloin paikalle soitetaan toinen asentaja sekä tarvittaessa muuta henkilöstöä tai kalustoa. (16.)

7.6.2 Suurhäiriö

Pienjänniteverkon vikaantumiset tulevat ilmi asiakkailta tulevien ilmoitusten perusteella mutta etäluettavien mittareiden myötä saadaan tietoa sähköttömistä mittareista. Se ei kuitenkaan aina tarkoita häiriötä sähköjakaussuunnassa. 1 kV verkon vikaantumiset tulevat ilmi asiakkaan ilmoituksesta tai automatiikan välityksellä, mikäli katkaisijalla on SCADA-liityntä.

Jakeluverkkoyhtiöllä on erilaisia mittareita suurhäiriön määrittelemiseksi. Siihen vaikuttavat mm. käyttöpaikkojen sijainti ja tiheys. Haja-asutusalueilla voi keskijännitevikoja olla asiakaskeskeytyksien suhteessa paljon enemmän kuin taajamissa, joten on luontevaa määrittellä se eri tavoin. Määrittely voi perustua yksittäisten keskijännitevikojen ja sähköttömien asiakkaiden lukumäärään tai

siihen, että tilanteen arvioidaan vaativan suurempaa viankorjausresurssia. Verkkoyhtiön tulee huomioida sääennusteet ja varautua niiden mukaisesti varaamalla riittävästi resursseja. Varaustoimenpiteitä ja resurssivarauksia tehdään luokitusten mukaisesti.

Vikoja priorisoidaan verkkoyhtiön toimesta. Käytännössä siellä käytöstä vastaavat henkilöt tekevät päätökset viankorjausjärjestyksestä. Priorisointiin vaikuttaa vian vaarallisuus, asiakkaiden kriittisyys sekä verkon laatuvaatimukset. Akuutit viat, joista voi aiheutua vaaraa, menevät järjestyksessä ensimmäisiksi. Näitä ovat mm. tulipalonvaara, öljyvuodot tai kun johdin on alhaalla. Keskeytyskriittiset asiakkaat ovat myös kiireellisiä, joten niiden vika-alueet ovat nopeasti korjattava. Korjauksien priorisointiin vaikuttaa lisäksi sähkömarkkinalain laatuvaatimukset, joita ovat mm. asemakaava-alueella kuusi tuntia. (22.)

Palveluntuottajalla tulee olla henkilöstöä ja työvälineitä sopimuksessa määritetyn mukaisesti. Vastajat viankorjauksiin ovat verkkoyhtiökohtaisia, joiden perusteena on yleensä verkkoalue. Suurhäiriöluokitteluun siirryttäessä hinnoittelu muuttuu pääsääntöisesti yksikköhinnoittelusta tuntihinnoitteluun. Palveluntuottaja vastaa pääsääntöisesti turvallisista työskentelymenetelmistä eikä vaatimuksia nostokoreille tai muille työvälineille ole. Varavoimakone on kallis investointi, joka on yleensä verkkoyhtiön omaisuutta. (16.)

8 POHDINTA

Jakeluverkkojen toimintavarmuudelle on sähkömarkkina-alueissa olemassa laatuvaatimukset, jotka tulee täyttää vuoden 2028 loppuun mennessä. Tähän on olemassa siirtymäsäännös, joka velvoittaa täyttämään laatuvaatimukset vuoden 2036 loppuun mennessä. Siihen vaikuttaa vuoden 2018 kaapelointiaste. Laatuvaatimukset koskevat sähkönjakelun keskeytymistä tietyksi ajaksi myrskyn tai lumikuorman seurauksena. Jakeluverkonhaltijoiden täytyy investoida verkkoon täyttääkseen vaatimukset. Energiaviraston laatu- ja investointikannustimet kannustavat myös investoimaan verkkoon ja pitämään sähkönjakelun keskeytysajat lyhyinä.

Toimitusvarmuutta pyritään kasvattamaan verkon maakaapeloinnilla tai sijoittamalla ilmajohtoja teiden varsille. Toiset verkkoyhtiöt käyttävät melko uutta verkostoautomaatiotekniikkaa, joka perustuu verkon jakamiseen useaan suojausalueeseen. Rengasverkoja suositaan varsinkin asemakaava-alueilla, jolloin vikapaikka pystytään rajamaan pois, ja asiakaskeskeytykset jäävät lyhyeksi. Säteiläisiä verkkoja käytetään paljon varsinkin harvaan asutulla seudulla, jolloin maastokatkaisijoiden käyttö herkästi vikaantuvilla johto-osuuksilla on järkevää vika-alueen rajaamiseksi. Toiset verkkoyhtiöt suosivat myös 1 kV:n pienjänniteverkkoa, jossa jokainen johtohaara muodostaa oman suojausalueensa. Lisäksi 1 kV:n verkko on 20 kV:n verkkoa edullisempaa rakentaa, mikäli sähköiset mitoitusvaatimukset sen mahdollistavat. Rakennettaessa 1 kV:n verkkoa voidaan pääsääntöisesti käyttää perinteisiä pienjänniteverkon komponentteja.

Verkon viankorjaustoimet tulevat muuttumaan yhä enemmän kaapeliverkon vikojen korjauksiin, jotka ovat vaikeampia paikallistaa sekä hitaampia korjata. Lisäksi ne ovat luonteeltaan pysyviä, mikä tarkoittaa paikan päällä tehtävää viankorjausta. Nykyään verkostoautomaatio mahdollistaa vian rajauksen automaattisesti, jolloin se ei rengasverkon osalta vaadi välitöntä korjausta. Verkon toimintavarmuuteen voidaan vaikuttaa asentamalla kaapelit huolellisesti ja tekemällä hiekkatäyttö tai suojaamalla kaapelit mekaanisesti, mikäli maaperä on kivistä. Kun kaapelia asennetaan kaapelialueella, jäävät isot kivet helposti huomaamatta. Kaapelia tulisikin asentaa aurauksella vain siihen soveltuvaan maaperään, myös esiauran käyttöä on syytä harkita, vaikka maaperä ei olisikaan kovin kivikkoista.

Vanhentuneet sekä eristyskyvyn menettäneet kaapelipäätteet ovat alttiita osittaispurkauksille ja ne ovat yksi selkeä vikapaikka. Kaapeleita vaurioituu myös maanrakennustöissä, jolloin vika saattaa

johtaa välittömään johtolähdön suojauksen toimintaan. Kaapeli voi myös rikkoutua tavalla, josta ei aiheudu välitöntä maa- tai oikosulkua, mutta joka aiheuttaa kaapelivaurion. Vika voi ilmestyä kaapeliin ajan kuluessa ja vikapaikan löytäminen sekä esiin kaivaminen on hidasta. Nykyaikainen tekniikka mahdollistaa alkavien eristevikojen ja löystyneiden liitosten havaitsemisen. Tämä lisää verkon toimintavarmuutta. Vianhaku- ja mittausmenetelmät ovatkin yleistymässä verkkoyhtiöillä ja niiden käyttöä pilotoidaan osana kuntotarkastuksia. Ilmajohdoille ja pylväsmuuntamoille lentokuvaukset ovat kustannustehokas tapa havaita epäkohdat hyvissä ajoin ennen vikaantumista.

Verkon tyyppi vaikuttaa oleellisesti vikojen korjausaikoihin. Maakaapeliverkon viankorjaustoissa tulisi palveluntuottajalla olla kaivinkone nopeasti käytettävissä, mikäli vikaantuneen kaapelin erottaminen verkosta ei ole mahdollista esimerkiksi ilman rengasyhteyttä olevalle verkolle. Ilmajohdoilla nostokori lisää turvallisuutta ja nopeuttaa viankorjausta. Viankorjaustoimenpiteiden aloittamiseen vaikuttaa oleellisesti vikapaikan ja asentajan välinen etäisyys. Vikapaikan löytäminen ja sinne siirtyminen hidastavat korjaustoimenpiteiden aloittamista.

Verkkoyhtiöiden investoinnit vaikuttavat kunnossapitotöitä suorittavan palveluntuottajan työmääriin. Energiaviraston valvontamalli sekä toimitusvarmuudelle asetetut vaatimukset vaikuttavat taas verkkoyhtiöiden investointipäätöksiin. Sähköverkon vikamääriin vaikuttavat kunnonvalvonta, verkopituus ja maantieteellinen sijainti. Resurssien määrittämiseen tulee selvittää verkkoyhtiön vikaantaajuus, maakaapeliverkon osuus, verkon ikä ja pituus.

Kunnonvalvonta on oleellinen osa verkon kunnossapitoa ja liiketoiminnan kehittämistä. Verkkoyhtiö määrittelee kunnossapitostrategian, jolla on myös vaikutusta palveluntuottajan liiketoimintaan. Ennustava ja kuntoon perustuva kunnossapito vähentää vikamääriä, jonka perusteella voidaan vikaantuva komponentti vaihtaa ennen sen vikaantumista. Kohdennettu kunnonvalvonta lisää erikoisempien työvälineiden, kuten ultraäänikameran käyttöä. Kohdennettu kunnonvalvonta siirtää resursseja ennakoimattomista paremmin ennakoitaviin työtehtäviin.

LÄHTEET

1. Sähkömarkkinalaki 588/2013. Hakupäivä 23.9.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>
2. Valtioneuvoston asetus varautumissuunnitelmaan sisällytettävästä sähkökäyttöpaikkojen etusijajärjestyksestä 981/2022. Hakupäivä 23.9.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220981>
3. Headpower Oy. Headpower ohjeistot. Hakupäivä 2.12.2023. <https://ohjeistot.headpower.fi/catalog/headpower>. Vaatii kirjautumisen.
4. Energiavirasto. Toimitusvarmuus. Hakupäivä 15.12.2023. <https://energiavirasto.fi/toimitusvarmuus>
5. Sähkönjakelun toimitusvarmuuden kriteeristö ja tavoitetasot. Tutkimusraportti. Hakupäivä 23.9.2023. https://energia.fi/wp-content/uploads/2016/08/Sahkonjakelun_toimitusvarmuuden_kriteeristo_ja_tavoitetasot.pdf
6. SFS-EN 50160:2022. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 17.8.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/5/1230739.html.stx>. Vaatii kirjautumisen.
7. Selvitys keskeytyksen aiheuttaman haitan kustannuksista. Energiavirasto. Hakupäivä 23.9.2023. https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12766832/Selvitys+keskeytyksest%C3%A4+aiheutuneen+haitan+kustannuksesta_2022.pdf/b77a92e6-81f3-0a12-9e48-f3bcb4955296/Selvitys+keskeytyksest%C3%A4+aiheutuneen+haitan+kustannuksesta_2022.pdf?t=1671433098370
8. Verkkotoiminnan julkaisut. Energiavirasto. Hakupäivä 22.11.2023. <https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-julkaisut>
9. Energiaviraston valvontamenetelmät kuudennella valvontajaksolla. Hakupäivä 23.9.2023. <https://energiavirasto.fi/hinnoittelun-valvonta>
10. SFS 6001:2018. Suurjännitesähköasennukset. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Hakupäivä 22.4.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/679252.html.stx>. Vaatii kirjautumisen.
11. Fluke. Osittaispurkauksen tärkeimmät syyt ja tyypit. Hakupäivä 21.11.2023. <https://www.fluke.com/fi-fi/lue-lisaa/blogi/vuodontunnistus/osittaispurkaus>
12. Ensto verkostoautomaatio. Hakupäivä 23.11.2023. <https://www.ensto.com/fi/sahkoverkon-rakennus/palvelut-ratkaisut/verkostoautomaatio/>

13. Ensto Smartcloser pylväskatkaisija. Hakupäivä 23.11.2023. <https://www.ensto.com/globalassets/brochures/brochures/network-automation/finnish/ensto-smartcloser-pylvaskatkaisija.pdf>
14. ABB Verkostoautomaatiolla parempaa sähkönjakeluverkon toimitusvarmuutta. Hakupäivä 23.11.2023. https://library.e.abb.com/public/4d8538b202bdb7d7c12578920026d94c/SVV_refcase_757447_LRF1a.pdf
15. Headpower Oy. Erilaiset kunnossapitostrategiat. Hakupäivä 10.12.2023. <https://ohjeistot.headpower.fi/hpo747/2021#495749e5-0255-4f11-b629-cff61df75a2a> Vaatii kirjautumisen.
16. Efficient Network Partner Oy 2023. Sisäinen lähde.
17. Mielikäinen, Mika 2023. Rakennuttamispäällikkö. Järvi-Suomen Energia Oy. Haastattelu 4.6.2023.
18. Kaivulupa. Hakupäivä 5.12.2023. <https://www.kaivulupa.fi/digger>
19. Sähköenergialiitto ry. Verkostosuositus TA 3:98. Kuntotarkastus ja lomakkeen täyttö.
20. Energiateollisuus ry. Verkostosuositus TJ 1:05. Sähkönjakeluverkkojen maadoitusmittaukset. Heikki Majanen, Muokannut Raimo Roine.
21. Energiateollisuus ry. Verkostosuositus RJ 33:09. Puupylväiden lahoisuustarkastus ja lujuuden määrittäminen. Adato Energia Oy.
22. Kyhyräinen Tomi 2023. Käyttö ja Kunnossapitoinsinööri. Savon Voima Verkko Oy. Haastattelu 29.5.2023.