

Mikko Lötjönen

Sähkönjakeluverkon vikakeskeytyksien analysointi ja kunnossapidon kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

5.5.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Mikko Lötjönen Sähkönjakeluverkon vikakeskeytyksien analysointi ja kunnossapidon kehittäminen 28 sivua + 1 liite 5.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Kunnossapitopäällikkö Petteri Palmumaa Yliopettaja Jarno Varteva
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin sähkönjakeluverkon keskeytyksien aiheuttaja sekä keskeytyksien määriä ja jakautumista alueittain. Työssä on tutkittu erilaisia sähköverkon vikatilanteita sekä menetelmiä, joilla pyritään vähentämään vikakeskeytysten määrää.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena on muodostaa selkeä kuva Carunan sähkönjakeluverkon keskeytyksien määrästä ja siitä, mitä toimenpiteitä vaaditaan keskeytysten vähentämiseksi. Tavoitteena on myös muodostaa näkemys tarvittavasta työkalusta, jolla jakeluverkon keskeytyksiä tarkastellaan, ja tarvittavia kunnossapitotoimenpiteitä kohdistetaan keskeytysalueille.</p> <p>Carunan sähköverkon keskeytyshistoriaa tutkimalla, muodostettiin selkeä kuva siitä, minkälaisia kehitystoimenpiteitä raportoinnissa tulisi tehdä, jotta se palvelisi paremmin yhtiön, erityisesti kunnossapidon, tarpeita.</p> <p>Sähkönjakeluverkon keskeytyshistoriaa tutkittaessa osoittautui haasteelliseksi löytää selkeitä, havaittavissa olevia, toistuvuuksia keskeytyksissä, joiden perusteella voitaisiin varmuudella määrittellä tarvittava kunnossapitotoimenpide keskeytysmäärien vähentämiseksi.</p> <p>Työn lopputuloksena syntyi selkeä kuva siitä, minkälainen työkalun, jolla keskeytystietoja analysoidaan ja raportoidaan tulevaisuudessa, tulisi olla. Opinnäytetyön valmistumisen jälkeen kehitystyö keskeytysten analysointi ja raportointityökalun parissa jatkuu.</p>	
Avainsanat	sähkönjakeluverkko, vikakeskeytys, keskijännite

Author Title Number of Pages Date	Mikko Lötjönen Analysis of Fault Interruptions in Electric Power Distribution Network and Development of Maintenance 28 pages + 1 appendix 5 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree Programme in Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Petteri Palmumaa, Manager, Maintenance Jarno Varteva, Principal Lecturer
<p>The study investigated the causes of interruptions in the electricity distribution network, as well as the number and division of interruptions by region. Various types of fault situations have been investigated in the study, as well as methods to reduce the number of fault interruptions.</p> <p>The aim of the study is to provide a clear picture of the amount of fault interruptions in Caruna's electric power distribution network and what measures are required to reduce the amount of the interruptions. The aim is also to provide a vision of the tool that is needed for the examination of the interruptions in the electric power distribution network and also for the targeting of the maintenance procedures.</p> <p>By analysing the interruption history of Caruna's electricity grid, a clear picture was presented of the needed development measures in reporting to better serve the needs of the company, in particular the maintenance department.</p> <p>When investigating the interruption history of the electric power distribution network, it proved challenging to find clear, noticeable, interruption patterns that would make it possible to determine the necessary maintenance procedures to reduce the amount of interruptions.</p> <p>As a result, the study gives a clear picture of what kind of tool should be available for analyzing and reporting the interruption data in the future. After the completion of the study, the development work on the analysis of the interruptions and the reporting tool continues.</p>	
Keywords	Electric power distribution network, fault interruption, medium voltage

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
	Sähköverkot Suomessa	1
	Caruna	2
2	Sähkönjakeluverkon keskeytykset	3
	2.1 Vikojen teoria	4
	2.2 Carunan nykyinen kunnossapito	5
	2.3 Energiäteollisuus ry:n keskeytystilastot	6
	2.4 Tutkittavan materiaalin esittely	7
	2.5 Analysoitavan materiaalin rajaus	9
3	Vikojen teorian ja tutkittavan materiaalin analysointi	10
	3.1 Tutkittavien johtolähtöjen esittely	10
	3.2 Johtolähtöjen vikatiedot	15
	3.3 Johtolähdöille suoritettut kunnossapitotoimenpiteet	18
	3.4 Vikamäärien kehittyminen toimenpiteiden jälkeen	19
4	Päätelmät ja kehitysehdotukset	20
	4.1 Keskeytysraportoinnin nykytila	20
	4.2 Nykyisen kunnossapidon onnistuneisuus	22
	4.3 Mahdollisia parannuksia johtolähtöjen kunnossapitoon	23
	4.4 Työkalu kunnossapidon kohdistamiseen	24
5	Yhteenveto	26
	Lähteet	27

Liitteet

Liite 1. Liite vain työn tilaajan käyttöön

Lyhenteet

AJK	Aikajälleenkytkentä.
DMS	Distribution management system. Jakelunhallintajärjestelmä.
KAH	Keskeytyksen aiheuttama haitta.
KJ	Keskijännite.
NIS	Network information system. Verkkotietojärjestelmä.
PJ	Pienjännite.
PJK	Pikajälleenkytkentä.
SCADA	Supervisory control and data acquisition. Tietokoneohjelmistotyyppi, jota käytetään sähkönjakeluverkon valvomotoiminnassa.

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan sähkönjakeluverkon vikakeskeytysten määriä ja aiheuttajia sekä jakeluverkolle toteutettujen kunnossapitotoimenpiteiden vaikutusta keskeytysten määriin. Opinnäytetyö on toteutettu tilausprojektina Caruna Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena on luoda selkeä kuva vikakeskeytysten määristä ja syistä sekä muodostaa käsitys työkalusta, jolla voidaan aktiivisesti tarkastella keskeytystietoja, ja kohdistaa verkolle tehtäviä kunnossapitotoimenpiteitä tarvittaville alueille. Lähdemateriaalina on paljon sähkönjakelutekniikan aihekirjallisuutta sekä Energiateollisuus ry:n vikatietotilastot. Opinnäytetyössä analysoitava data on Carunan oman sähkönjakeluverkon keskeytshistoria, joka on havaittu ja kirjattu Carunan käytössä olevaan jakelunhallintajärjestelmään. Vikadatasta käyvät ilmi seuraavat asiat liittyen keskeytykseen: johtolähtö, ajan kohta, kesto, AJK/PJK/Vika, ja lisätiedot.

Lähdettäessä analysoimaan keskeytysdataa on valittu johtolähdöt, joita tullaan tarkastelemaan. Vikadataa on vuosien ajalta keskeytystapahtumista, joten käsiteltävän materiaalin oikeanlainen rajaaminen on kriittisessä osassa opinnäytetyötä. Tiedot tehdyistä kunnossapitotoimenpiteistä on myös hyvin keskeisessä osassa opinnäytetyötä. Tehtyjä kunnossapitotoimenpiteitä ovat mm. johtokatuja ja niiden vierialueiden raivaukset.

Sähköverkot Suomessa

Energiateollisuus ry kuvailee Suomen sähköverkkoa ja sen osia seuraavasti: ”Sähköverkon tehtävänä on siirtää voimaloissa tuotettu sähkö sähkönkäyttäjille. Suomessa on yli kolme miljoona sähkönkäyttäjää ja satoja sähköä tuottavia voimalaitoksia. Lisäksi Suomesta on sähköyhteyksiä Ruotsiin, Norjaan, Venäjälle ja Viroon. Suomen sähköverkko on osa eurooppalaista sähköjärjestelmää ja sähkömarkkinoita.” [1.]

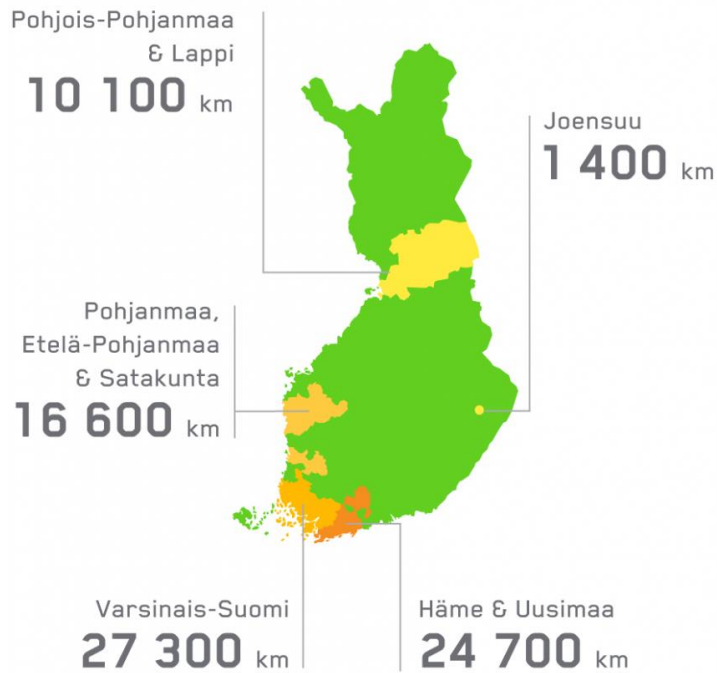
”Kantaverkkoa käytetään pitkillä siirtoyhteyksillä ja suurilla siirtotehoilla. Kantaverkon voimajohtojen pituus on yhteensä yli 15 000 kilometriä. Koska maakaapelin käyttö on pitkillä siirtoetäisyyksillä hyvin kallista, kantaverkon johdot on valtaosin rakennettu ilmajohtoina. Siirtohäviöiden pienentämiseksi kantaverkon jännite on korkea, alimmillaan 110 kilovolttia ja enimmillään 400 kilovolttia. Suurimmillaan tämä on 2000 kertaa suurempi kuin se jännite, joka tulee kodin pistorasiaan.” [2.]

”Kantaverkoista jatkuvat suurjännitteiset jakeluverkot, jotka siirtävät sähköä alueellisesti esimerkiksi tietyssä maakunnassa. Jakeluverkot voivat käyttää kantaverkkoa suurjännitteisen jakeluverkon kautta tai liittyä suoraan kantaverkkoon. Ero suurjännitteisen jakeluverkon ja jakeluverkon välillä perustuu jännitetasoon. Suurjännitteiset jakeluverkot toimivat 110 kilovoltin, jakeluverkot 20, 10, 1 tai 0,4 kilovoltin jännitteellä. Pienimpiä, enintään 1 kilovoltin jännitteitä kutsutaan pienjännitteeksi, suurempia jännitteitä taas keskijännitteeksi (1–70 kilovolttia) tai suurjännitteeksi (110–400 kilovolttia).” [2.]

Tässä opinnäytetyössä vikakeskeytyksien tarkastelu keskittyy jakeluverkon keskijänniteosaan eli 20 kV jännitetasoon. Tämä on seuraamusta kahdesta tekijästä. Keskijänniteverkon keskeytykset johtavat moninkertaisiin asiakaskeskeytyksiin, kuin pienjänniteverkon keskeytykset ja tästä johtuen keskijänniteverkon keskeytyksistä on huomattavasti suurempi asiakasvaikutus sekä taloudellinen haitta jakeluverkonhaltijalle. Nykyisellään sähköjakeluverkosta on saatavilla myös pienjänniteverkon keskeytyshistoria jopa asiakaskohtaisesti. Näitä tietoja ei kuitenkaan ole historiasta yhtä kattavasti ja niiden käsittely ja vertailu tehtyihin kunnossapitotoimiin eivät vielä ole mahdollisia. Älykkäiden sähkömittareiden tietoja hyödyntävät ohjelmistot mahdollistavat tämän kuitenkin tulevaisuudessa.

Caruna

Caruna on perustettu vuonna 2014 ja se on Suomen suurin sähköverkkoyhtiö. Se koostuu kahdesta yhtiöstä Caruna Oy ja Caruna Espoo Oy. Carunalla on jakeluverkkoa Etelä-, Länsi- ja Pohjois-Suomessa ja yhteensä Carunan verkon pituus on 82 000 kilometriä ja asiakkaita verkossa on 664 000 [kuva 1]. Carunalla on noin 270 vakituista työntekijää sekä lisäksi harjoittelijoita ja projektityöntekijöitä. Tämän lisäksi Caruna työllistää suoraan 2000 työntekijää urakoitsijoidensa kautta ympäri Suomea. Caruna investoi vuosittain sähköverkkoonsa noin 200 miljoonaa euroa. [3.]



Sähköverkkomme on kokonaisuudessaan n. **82 000 km** pitkä.

Kuva 1. Carunan sähköjakeluverkon jakautuminen alueittain [3].

2 Sähköjakeluverkon keskeytykset

Tässä kappaleessa on käsitelty sähköjakeluverkon keskeytyksien teoriaa sekä esitelty työssä käytettävää aineistoa. Kappaleessa 2.1 on esitelty sähköjakelutekniikan alakirjallisuuden tarjoamaa tietoa sähköjakeluverkon vioista ja keskeytyksistä. Tämän jälkeen kappaleessa 2.2 on esitelty Carunan kunnossapidon lähtökohtia ja periaatteita ja kappaleessa 2.3 on tarkasteltu Energiategollisuus ry:n kokoamaa tietoa Suomen sähköjakeluverkkojen keskeytyksistä. Kappaleissa 2.4 ja 2.5 esitellään ja rajataan tutkimuksessa käsiteltävää dataa Carunan sähköjakeluverkon keskeytyshistoriasta.

2.1 Vikojen teoria

Keskimäärin sähkönjakelun toimitusvarmuus on Suomessa hyvällä tasolla (yli 99 %) [4]. Carunalla vastaava luku on 99,98 % [5].

Vikakeskeytyksestä puhuttaessa tarkoitetaan sellaista sähkötoimituksen keskeytymistä, joka tulee sähkökuluttajalle odottamattomana ja ilman, että siihen voitaisiin etukäteen varautua. Vikakeskeytykset jaotellaan pitkiin keskeytyksiin, jotka ovat kestoaltaan yli 3 minuuttia pitkiä, ja lyhyisiin keskeytyksiin, jotka ovat kestoaltaan alle 3 minuuttia. Lyhyet keskeytykset muodostuvat suurimmaksi osaksi pika- ja aikajälleenkytkennöistä. Lyhyitä keskeytyksiä voi lisäksi syntyä esimerkiksi varavoiman kytkentä- ja irtikytkentätilanteissa ja joskus jakorajamuutosten yhteydessä. [7.]

Puolestaan silloin, kun puhutaan suunnitellusta keskeytyksestä, tarkoitetaan sähkötoimituksen keskeytystä, josta on ilmoitettu asiakkaalle riittävän ajoissa, ja joka on hallittu ja suunnitelmallinen keskeytys. Myös viranomaisten ilmoittamat jakelurajoitukset ovat yleensä etukäteen tiedossa ja ne luetaan tästä syystä suunnitelluiksi keskeytyksiksi. Joskus suunnitellulle keskeytykselle voi tulla kiireellinen tarve, jolloin asiakkaille ei ehditä ilmoittamaan keskeytyksestä. Vaikka keskeytys onkin hallittu ja suunniteltu, tulee tällaiset keskeytykset lukea vikakeskeytyksiksi, koska ne ovat asiakkaan näkökulmasta yllättäviä johtuen ilmoituksen puutteesta. Energiategollisuus ry:n laatimassa keskeytystilastointiohjeessa 2014 todetaan myös suunniteltujen keskeytysten ilmoittamisesta seuraavasti: ”Mikäli ilmoitus suunnitellusta keskeytyksestä ei ole tavoittanut riittävän kattavasti oikeaa kohderyhmää, katsotaan keskeytyksen olevan tilastoinnin kannalta vikakeskeytys.” [7.]

”Suomessa voimassa olevat sähköturvallisuusstandardit sisältävät joukon yleisiä suojaukselle asetettuja vaatimuksia. Sähköyhtiön on täytettävä nämä. Minimivaatimuksia tehokkaammalla suojauksella sekä siihen liittyvällä automaatiolla voidaan usein paljonkin parantaa sähkönjakelun luotettavuutta. Keskijänniteverkon erikoispiirteitä ovat säteittäinen syöttötapa sekä tähtipistemaadoituksen ja nollajohtimen puuttuminen. Edellinen yksinkertaistaa selektiivisen suojauksen toteuttamista. Jälkimmäinen tekee maasulusta luonteeltaan oikosulusta poikkeavan vian, jonka tunnistaminen ja paikantaminen vaatii omaa tekniikkaansa.” [8, s. 176.]

”Keskijänniteverkkoja syöttävien sähköasemien kaikki kennot ovat releistettyjä. Sen sijaan itse keskijänniteverkossa välikatkaisijoita tai kytkemöitä on vähän.” [8, s. 176.]

”Sähköverkon vikoja voivat aiheuttaa esimerkiksi ylikuormitus, ylijännitteet, laitteiden vioittuminen tai toimintahäiriö, inhimillinen erehdys”. [9, s. 159.]

”Turvallisuuden lisäksi on jakelujärjestelmä suunniteltava niin, että esiintyvät viat eivät aiheuta tarpeettomia käyttökeskeytyksiä. Sähköverkko suunnitellaan siten, että mahdolliset vikatilanteet on jo ennakolta otettu huomioon ja suunniteltu eri vikatyypeille soveltuvat suojalaitteet.” [9, s. 159.]

”Ylijännitteet, jotka ovat joko ilmastollisia ylijännitteitä tai kytkentäjännitteitä, aiheuttavat osan vikatapauksista.” [9, s. 159.]

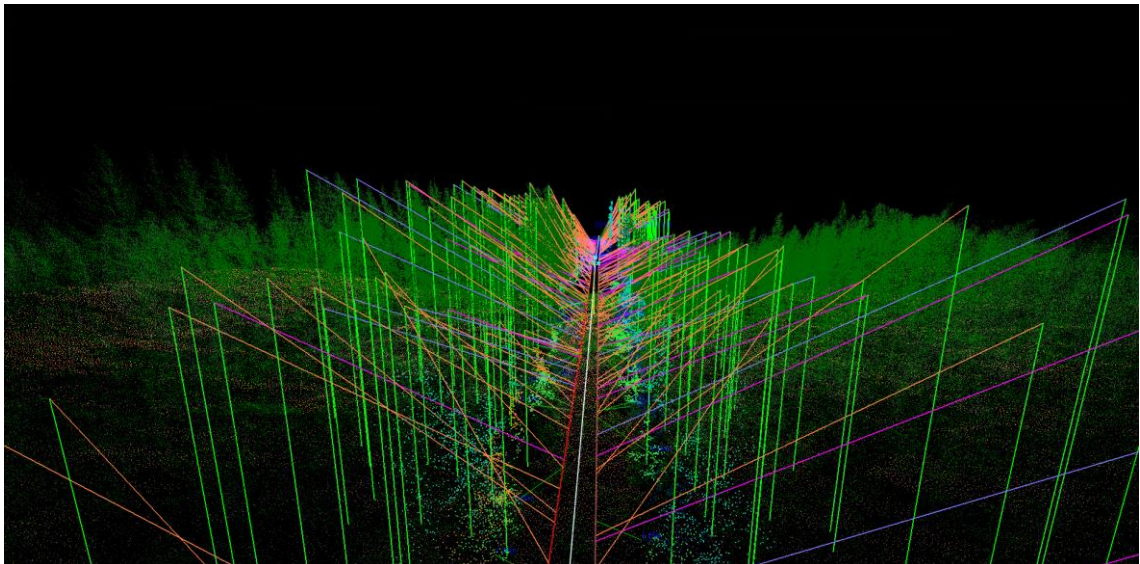
”Sähköverkkoa eniten rasittava vika, joka on aina kytkettävä mahdollisimman nopeasti pois, on 3-vaiheinen oikosulku. Tällainen oikosulkuvirta voi saavuttaa 30...40-kertaisia nimellisvirta-arvoja. Oikosulkuvirta voi vioittaa johtimia ja kojeita. Tästä johtuen laitteille ilmoitetaan suurimpien sallittujen virtojen sallitut kestoajat.” [9, s. 159.]

”Erityisen vaikea vika on 1-vaiheinen maasulku maasta eristetyssä verkossa, koska maasulkukohdan vikavastusta ei tunneta ja sen arvo voi vaihdella laajoissa rajoissa. Tämä vaikeuttaa maasulun havaitsemista ja vian poistamista. Yksivaiheinen maasulku voi myös aiheuttaa verkkoon vaarallisen suurien vikajännitteitä ja siten huonontaa sähkönjakelun turvallisuutta.” [9, s. 162.]

2.2 Carunan nykyinen kunnossapito

Carunan yksi neljästä pääarvosta on asiakaslähtöisyys. Vuonna 2016 Caruna panosti kovasti asiakaskokemukseen, jonka yksi tärkeimmistä tekijöistä on sähkön toimitusvarmuus. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että Caruna pyrkii minimoimaan KAHhin eli keskeytyksen aiheuttaman haitan. Sähkön toimitusvarmuus otetaan huomioon niin rakennettaessa täysin uutta verkkoja kuin vanhaa verkkoja kunnossapidettäessäkin.

Eräät tärkeimmistä keskeytyksiä vähentävistä kunnossapidollisista toimenpiteistä ovat verkolle suoritettavat raivaukset. Raivauksia tehdään sekä suoraan ilmajohdon alapuoliselle osuudelle eli johtokadulle että johtokadun vierialueille. Raivauksia suunniteltaessa ja toteutettaessa hyödynnetään muun muassa laserkeilausaineistoa keskijännitelinjoista. Laserkeilausaineisto on muodostettu helikopterilla lentämällä keskijännite linjaa pitkin ja samalla laserkuvaamalla johtokatua ja sen vierialueita [kuva 2]. Laserkeilausaineiston lisäksi raivausten suunnittelussa hyödynnetään johtokadun aluskasvillisuudelle muodostettua kasvumallia. Kasvumalli on mallinnus kyseisten johtoalueiden puuston kasvunopeudesta. Yhdistämällä laserkuvausaineisto ja kasvumalli voidaan hyvällä tarkkuudella määrittellä johtokadun kasvillisuuden nykytilaa suorittamatta kalliita ilmakuvaukslen-toja vuosittain.

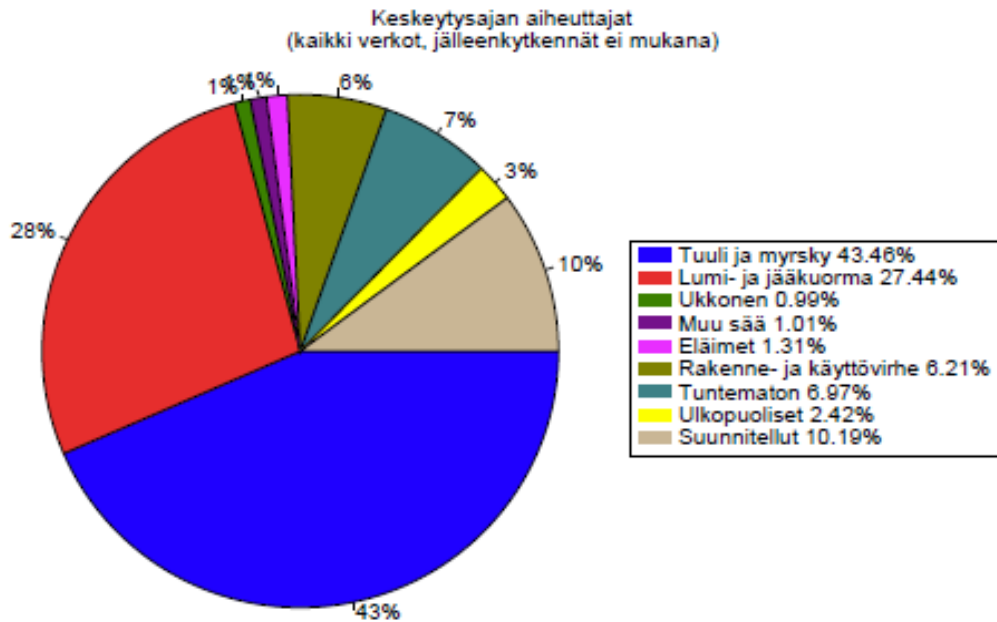


Kuva 2. Kuva on muodostettu laserkeilausaineistosta. Kuvassa keskellä on keskijännitelinjohtokatu ja sen ympärillä vihreät palkit kuvasta vierialueen puita.

2.3 Energiateollisuus ry:n keskeytystilastot

Opinnäytetyössä tarkasteltiin Energiateollisuus ry:n laatimia tilastoja Suomen sähköjalkeluverkkojen keskeytyksistä. Energiateollisuus ry on energia-alan edunvalvojajärjestö. Keskeytystilastoja tutkimalla muodostettiin pohjustava näkemys keskeytyksien määristä ja aiheuttajista. Selkeästi suurin osa, noin 43 %, keskeytyksistä on tuulen ja myrskyjen

aiheuttamia. Toinen suuri osuus keskeytyksistä, noin 27 %, aiheutuu lumi- ja jääkuormista.[10.]



Kuva 3. Kuvassa on Energiaviraston vuoden 2015 keskeytystilaston keskeytysajan aiheuttajat. [10]

Edelliseen viitaten siis yli 70 % kaikista jakeluverkon vikakeskeytyksistä on suoraan tai välillisesti sään aiheuttamia. Lisäksi voidaan sanoa näissä keskeytyksissä johtokadun alla ja vierialueille kasvavien puiden olevan osasyynä keskeytykseen. Kovalla tuulella tai myrskyn aikana johtokadun vierialueen puustosta pääsee katkeamaan risuja ja oksia, jotka kahden vaiheen väliin joutuessaan aiheuttavat oikosulun, joka puolestaan laukaisee johtolähtöä syöttävän katkaisijan jälleenytkentätoiminnon.[10.]

2.4 Tutkittavan materiaalin esittely

Opinnäytetyö käsittelee Carunan sähkönjakeluverkon keskijännitetaso vikakeskeytyksiä. Työssä ei tulla käsittelemään jakeluverkon pienjännitetasoa, eikä suurjännitteistä jakeluverkkoa. Pienjänniteverkko on rajattu pois keskeytystietojen vähyyden vuoksi. Suurjännitteinen jakeluverkko on rajattu pois, koska suurjännitteisen jakeluverkon rakennus-

tapa poikkeaa jakeluverkon rakennustavasta eivätkä siihen vaikuta yhtä suuresti ilmastolliset olosuhteet ja kasvusto. Keskijänniteverkon tutkimustyössä tullaan keskittymään verkon ilmajohto-osuuksiin.

Opinnäytetyön pääasiallisesti tutkittava materiaali koostuu Carunan käytössä olevaan jakelunhallintajärjestelmään arkistoidusta keskeytysdatasta. Järjestelmään arkistoidusta datasta on luotu excel-taulukko, josta löytyvät seuraavat tiedot keskeytyksistä: sähköasema ja johtolähtö, ajankohta ja kesto, tyyppi, keskeytyksen aiheuttaja, vian aiheuttaja, vian sijainti, työn aiheuttaja, eroon kytkentä, keskeytyksen piirissä olevien asiakkaiden lukumäärä, keskeytyksen piirissä olevien muuntopiirien lukumäärä, toimittamatta jääneen sähkön määrä ja käyttöinsinöörin viasta antamat lisätiedot.

Lisäksi tutkimusta tehdessä käytössä on Carunan käytössä olevan verkkotietojärjestelmän kunnossapitosovellukseen tallennetut tiedot jakeluverkolle tehdyistä kunnossapitotoimenpiteistä.

Kaikkea tietoa ei ole saatavilla jokaisesta keskeytyksestä, joten tietoja tutkittaessa tullaan käyttämään vain tietoja, jotka löytyvät kaikilta keskeytyksiltä.

Seuraavaksi on avattu tarkemmin keskeytysraporttien sisältämiä tietoja keskeytyksistä.

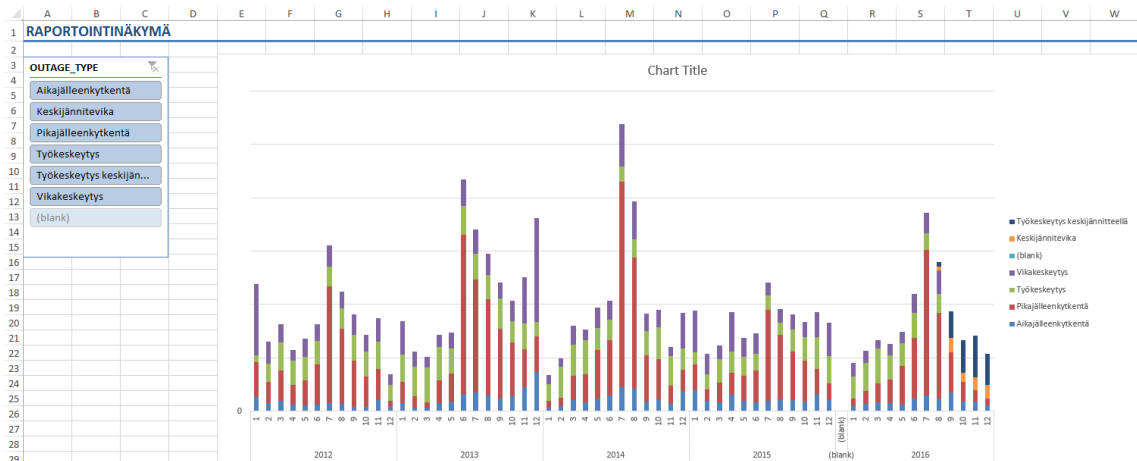
Sähköasema ja johtolähtö: nämä tiedot kertovat, millä sähköasemalla vikakeskeytys on aiheuttanut johtolähdön releiden ja katkaisijoiden toimintaa. Näiden tietojen avulla on mahdollista tarkastella johto-osuutta, jolla keskeytys on tapahtunut.

Päivämäärä ja kesto: Keskeytyksen kesto on ilmoitettu sekunnin tarkkuudella. Keskeytyksen ajankohdan perusteella voidaan arvioida kulloisenkin vikatilanteen mahdollisia sääolosuhteita. Sääolosuhteilla on huomattava merkitys mahdollisien vian aiheuttajien ilmentymisen todennäköisyyteen. Esimerkiksi kostealla säällä eristimen osittaispurkauksen todennäköisyys kasvaa. Lisäksi kesän aikaan johtokadun aluskasvillisuus kasvaa huomattavasti nopeammin kuin talvella, ja näin ollen johdon ja sen alla olevan puun läpilyönnin todennäköisyys on korkeampi.

Tyyppi: Keskeytyksen tyyppi kertoo, mitä suojaustoimintoa tai -toimintoja on käytetty vian pois kytkemiseksi. Vian tyypit ovat taulukossa pikajälleenkytkentä, aikajälleenkytkentä ja vikakeskeytys.

2.5 Analysoitavan materiaalin rajaus

Tutkittavien johtolähtöjen valintaa tehdessä käytettiin hyväksi Keskeytysraportin Raportti_ylätaso kuvaajaa. Kuvaajasta käyvät ilmi vuosien 2012–2016 kuukausittaiset kokonaiskeskeytysmäärät. Kuvaajaa tutkimalla huomattiin heinäkuun olevan vuoden 2014 eniten pikajälleenkytkentöjä sisältänyt kuukausi [kuva 3].



Kuva 3. Keskeytysraportin raportointinäkymä ”Raportti_ylätaso”.

Tämän jälkeen tarkasteltiin Keskeytysraportin osiota ”TOP 20- Katkomäärät johtolähdöittäin”. Tästä kuvaajasta havaittiin, että erään sähköaseman johtolähtö A oli vuoden 2014 heinäkuun eniten vikakeskeytyksiä sisältänyt johtolähtö. Raportin mukaan johtolähdöllä oli tänä aikana 106 pikajälleenkytkentää, 2 aikajälleenkytkentää ja 8 vikakeskeytystä.

Keskeytysraportin kuvaajan tietoja vertailtiin keskeytysdataan ja havaittiin raportin tietojen ja keskeytysdatan olevan keskenään ristiriidassa. Keskeytysdatan mukaan johtolähdöllä A oli 53 pikajälleenkytkentää, 1 aikajälleenkytkentä ja 4 vikakeskeytystä. Keskeytysraportin tiedoissa oli siis kaksinkertainen määrä keskeytyksiä keskeytysdataan verrattuna.

Tarkastelun jälkeen selvisi, että Keskeytysraportin datassa oli paljon duplikaatteja keskeytyksistä. Duplikaattien ilmenemisen syytä ei lähdetty selvittämään. Duplikaatit poistettiin, jonka jälkeen keskeytysraportin tiedot täsmäsivät keskeytysdataan.

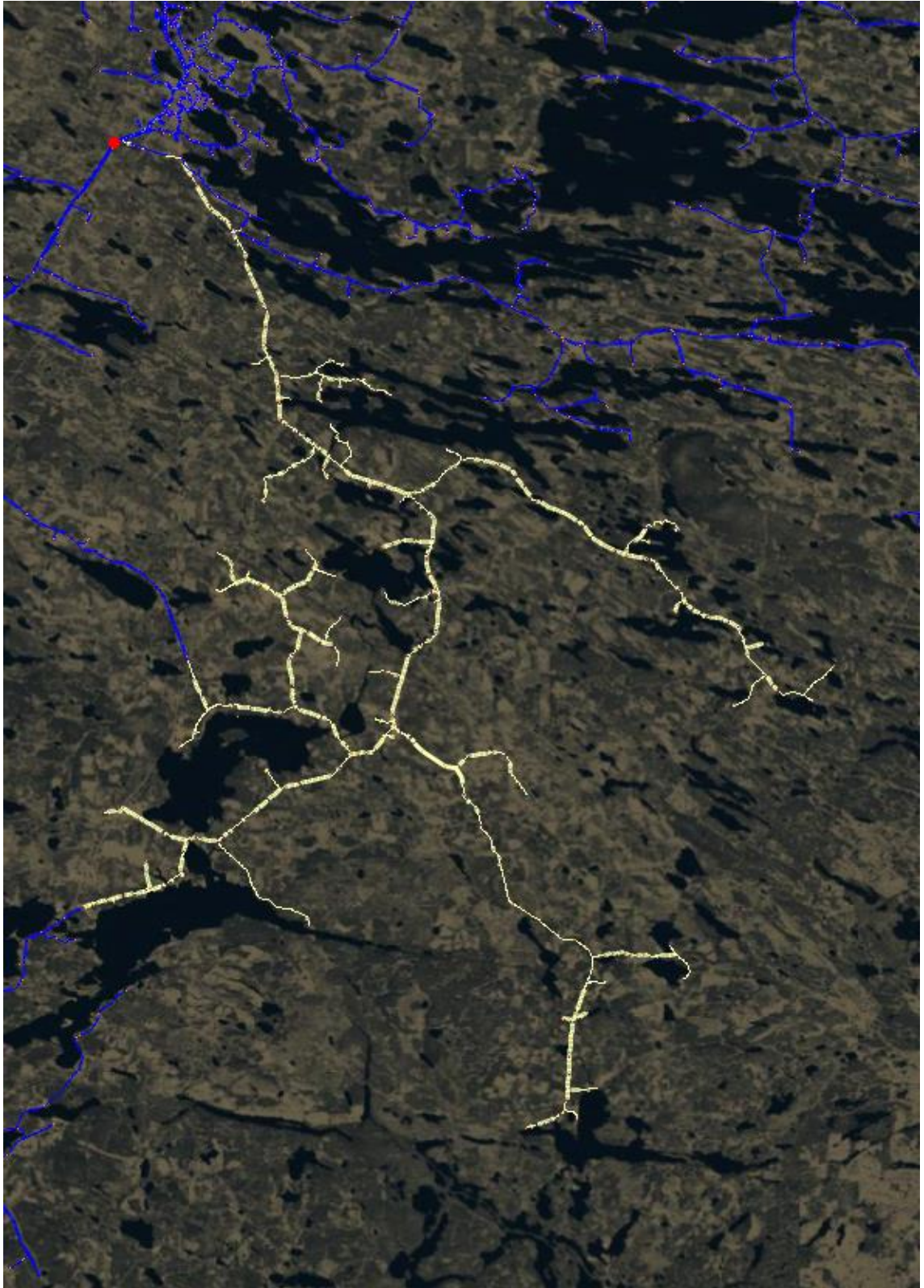
3 Vikojen teorian ja tutkittavan materiaalin analysointi

Tässä kappaleessa on tarkasteltu tietoja neljän eri kohteen vikakeskeytyksistä ja niille suoritetuista kunnossapitotoimenpiteistä. Kohteista kaksi on yksittäisiä johtolähtöjä ja toiset kaksi ovat sähköasemia.

3.1 Tutkittavien johtolähtöjen esittely

Johtolähtö A

Johtolähtö A sijoittuu kokonaisuudessaan eräälle huoltoalueelle [liite 1]. Johtolähtö on 216,80 km pitkä, josta 7,44 km on maakaapelia, 17,62 km päällystettyä avojohtoa ja 191,74 km päällystämätöntä avojohtoa. Johtolähdön sijoittumista maastoon on tarkasteltu verkkotietojärjestelmän avulla. Tarkastelussa havaittiin, että johtolähtö sijaitsee pääosin metsäisellä alueella ja kulkee suurimmalta osin teiden vierustoja pitkin [kuva 4].

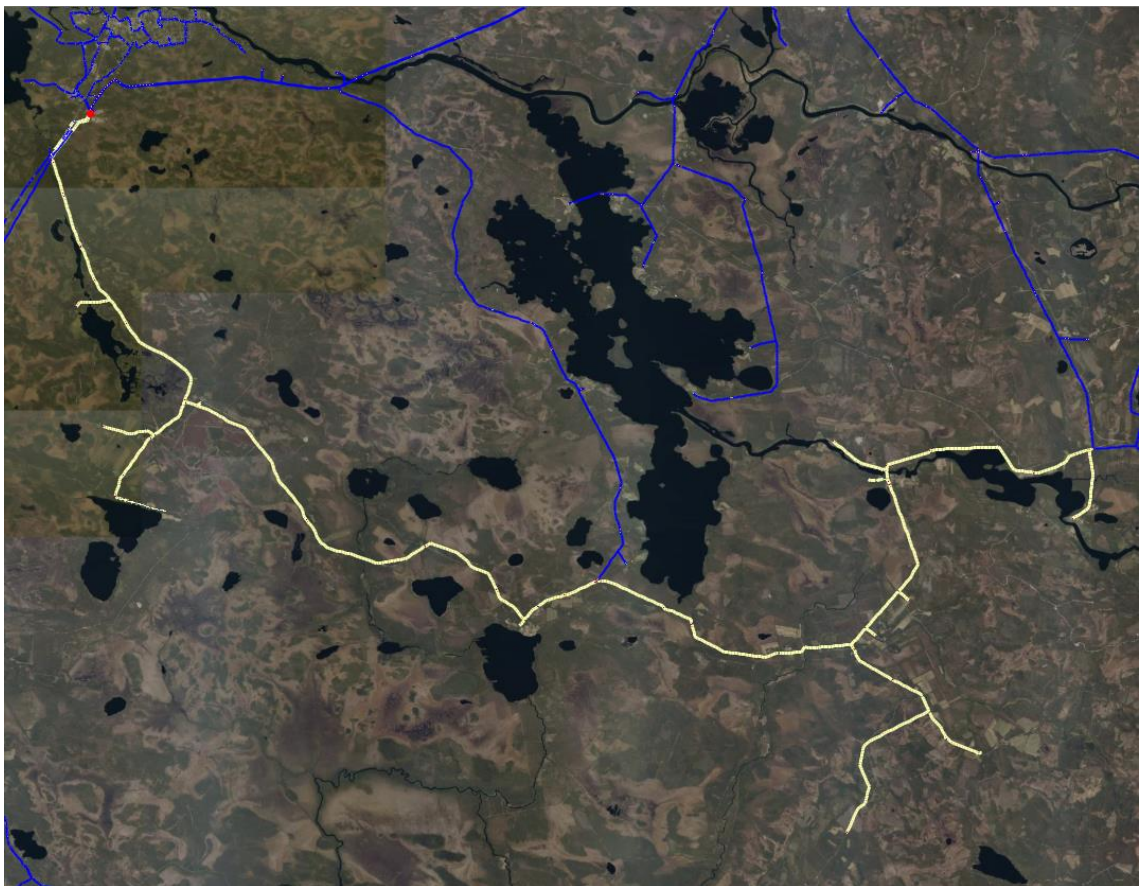


Kuva 4. Ortokuva verkkotietojärjestelmästä. Johtolähtö A on korostettuna kuvassa keltaisella. Punaisella pisteellä on merkitty johtolähdön sähköasema.

Johtolähtö B

Toinen tarkasteluun otettu johtolähtö on nimetty johtolähdöksi B. Liitteestä 1 löytyvät johtolähdön yksilöintitiedot.

Johtolähtö B on 61,89 km pitkä, josta 3,96 km on maakaapelia, 1,50 km on päällystettyä avojohtoa ja 56,43 km on päällystämätöntä avojohtoa. Johtolähdön sijoittumista maastoon on tarkasteltu verkkotietojärjestelmän avulla. Tarkastelussa havaittiin, että johtolähtö sijaitsee pääosin metsäisellä alueella ja kulkee lähes täysin teiden vierustoja pitkin [kuva 5].



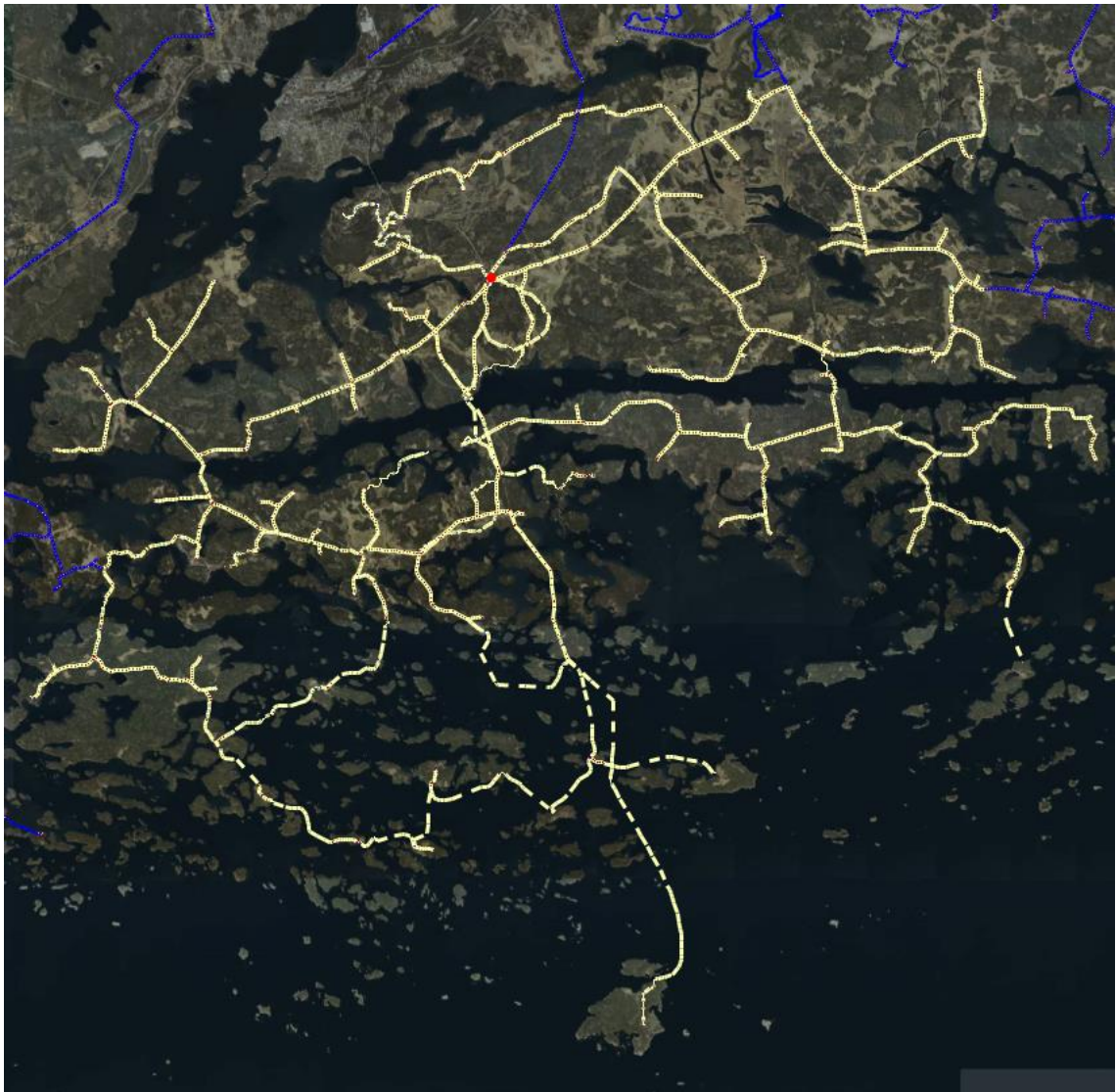
Kuva 5. Ortokuva verkkotietojärjestelmästä. Lähtö B on korostettuna kuvassa keltaisella. Punaisella pisteellä on merkitty johtolähdön sähköasema.

Seuraavaksi haluttiin tarkastella kahden sähköaseman johtolähtöjen vikahistoriaa. Keskeytystietojen trendistä voitiin arvela, että kyseisten huoltoalueiden suurin keskeytysten aiheuttaja on kasvillisuus ja näin ollen johtokatuja ja vierimetsäalueiden kasvustoon tulisi kiinnittää huomiota, jotta asiakkaille aiheutuvien keskeytysten määrä saataisiin pidettyä mahdollisimman vähäisenä. [16.]

Tarkasteltavat sähköasemat on nimetty sähköasema 1 ja sähköasema 2. Sähköasemien todelliset nimet löytyvät liitteen 1 taulukosta 1.

Sähköasema 1

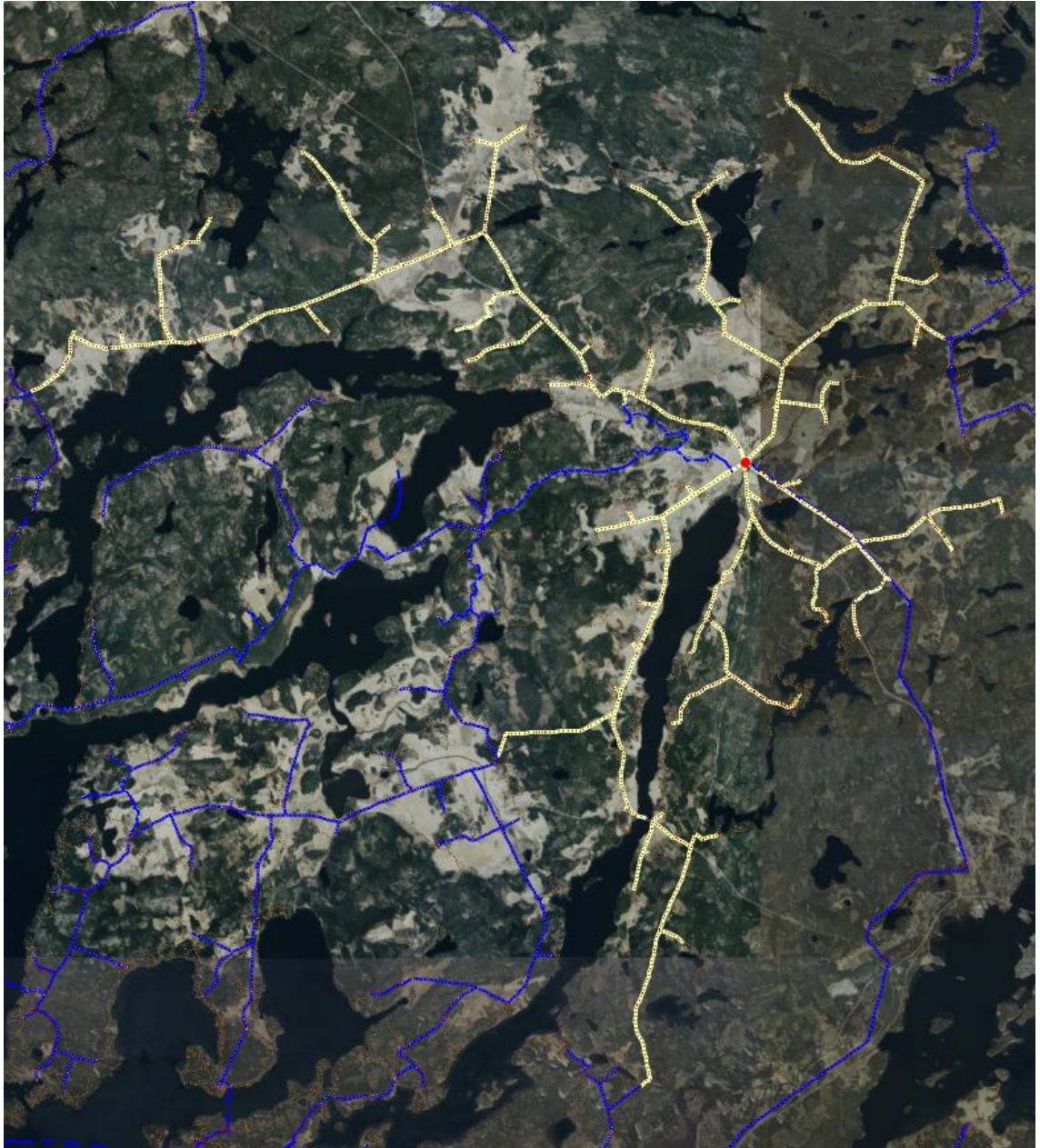
Sähköaseman 1 syöttämä jakeluverkko sijaitsee kokonaisuudessaan huoltoalueella 1. Sähköasemalla on viisi johtolähtöä joiden syöttämän keskijänniteverkon yhteenlaskettu pituus on 197,02 km. Pituudesta 65,73 km on maa- ja vesistökaapelia, 9,15 km päällystettyä avojohtoa ja 122,14 km päällystämätöntä avojohtoa. Sähköaseman syöttöalue on metsäistä ja sijaitsee merenrannan läheisyydessä, minkä vuoksi suuri osa verkosta kulkee saaristoisella alueella [kuva 6].



Kuva 6. Ortokuva verkkotietojärjestelmästä. Sähköaseman 1 syöttämät KJ-johdot ovat korostettuna kuvassa keltaisella. Sähköasema 1 on merkitty kuvaan punaisella pisteellä.

Sähköasema 2

Sähköaseman 2 syöttämä jakeluverkko sijaitsee kokonaisuudessaan huoltoalueella 2. Sähköasemalla on kuusi johtolähtöä joiden syöttämän keskijänniteverkon yhteenlaskettu pituus on 102,40km. Pituudesta 6,52 km on maakaapelia, 3,44 km päällystettyä avojoh-toa ja 92,44 km päällystämätöntä avojoh-toa. Sähköaseman syöttöalue on metsäistä ja sijaitsee merenrannan läheisyydessä [kuva 7].



Kuva 7. Ortokuva verkkotietojärjestelmästä. Sähköaseman 2 syöttämät KJ-johtot ovat korostettuna kuvassa keltaisella. Sähköasema 2 on merkitty kuvaan punaisella pisteellä.

3.2 Johtolähtöjen vikatiedot

Johtolähtö A

Johtolähdöllä A oli vuoden 2014 heinäkuun eniten vikakeskeytyksiä sisältänyt johtolähtö. Keskeytystietojen mukaan johtolähdöllä A oli 53 pikajälleenkytkentää, 1 aikajälleenkytkentä ja 4 vikakeskeytystä heinäkuussa 2014.

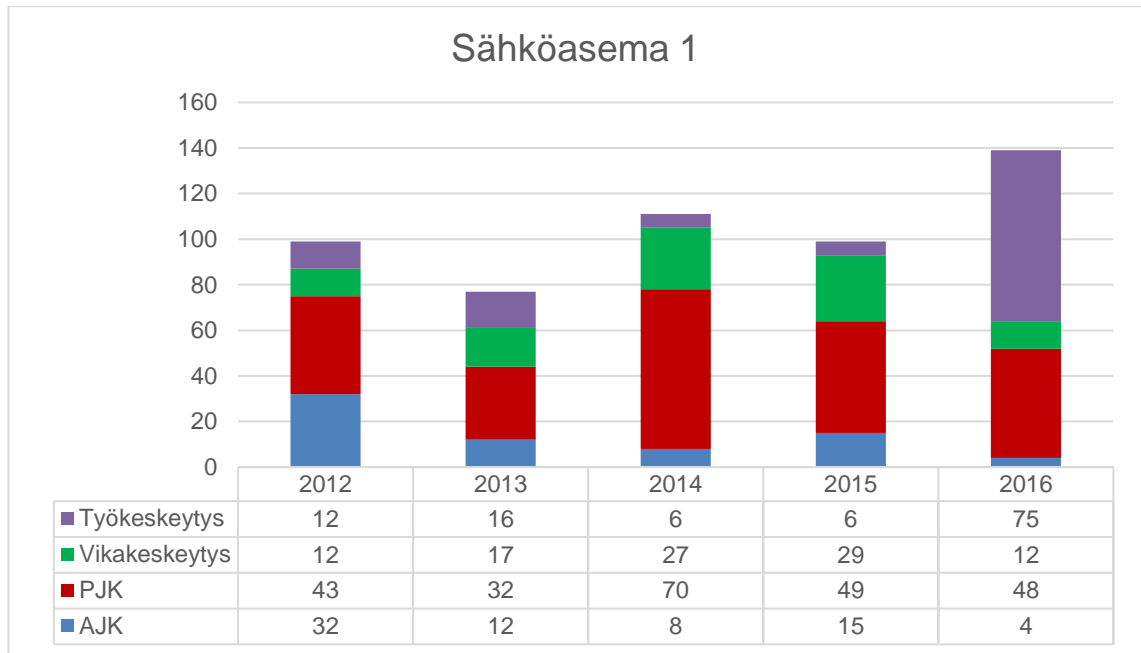
Johtolähtö B

Johtolähdöllä B oli vuoden 2014 heinäkuun tilastoissa toiseksi suurin määrä keskeytyksiä: 44 pikajälleenkytkentää, 0 aikajälleenkytkentää ja 3 vikakeskeytystä.

Johtolähdön B keskeytyshistoriaa heinäkuulta edelleen tarkasteltua havaittiin, että välillä 31.7.2014 klo 15:54:12 ja 31.7.2014 klo 18:07:07 johtolähdöllä oli keskeytyshistorian mukaan 13 pikajälleenkytkentää ja 1 vikakeskeytys. Vikakeskeytyksen lisätietokenttää tarkastelemalla nähtiin käyttöinsinöörin kommentti: ”Johtolähtö B laukesi ukkosesta. Ohjattu käsin kiinni, jolloin pysyi kiinni.” Tästä voitiin päätellä, että vikakeskeytys, ja mahdollisesti 13 pikajälleenkytkentää, olivat ukkosmyrskyn aiheuttamia.

Sähköasema 1

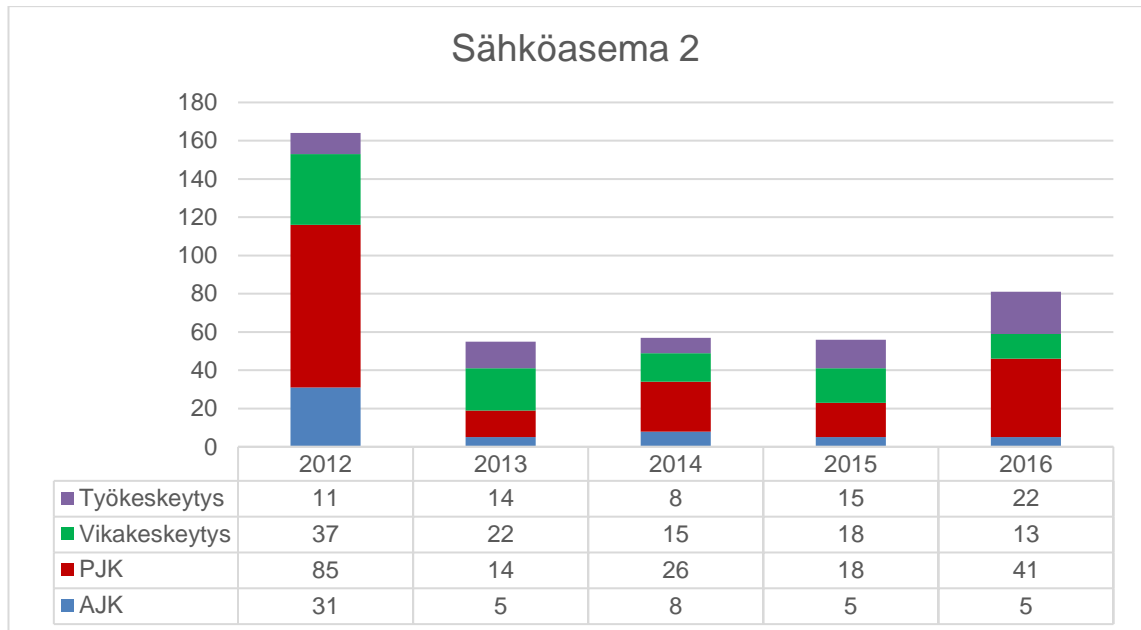
Sähköaseman 1 keskeytystietoja tarkasteltiin vuosien 2012 ja 2016 välillä [Kuvio 1]. Tarkasteltaessa jälleenkytkentöjen vuosittaisia määriä havaitaan suurta vuosittaista vaihtelua, pikajälleenkytkentöjen määrän vaihteluvälin ollessa 32–70 ja aikajälleenkytkentöjen 4–32. Jälleenkytkentöjen määrässä ei ole havaittavissa selkeää vuosittaista kasvua, joten voidaan olettaa määrien vaihteluiden johtuvan eri vuosien ilmastollisten ominaisuuksien, kuten tuulisuuden ja ukkosmyrskyjen määrän, vaihteluista. Vuonna 2016 sähköaseman lähdöillä oli erityisen suuri määrä työkeskeytyksiä. Keskeytysten lisätietokenttiä ja työn aiheuttaja kenttiä tarkastelemalla todettiin suuren osan, 59/75 työkeskeytyksestä, johtuvan johtokadun raivausprojektien yhteydessä tehdyistä katkon vaativista raivauksista.



Kuvio 1. Sähköaseman 1 keskeytysmäärät vuosina 2012–2016.

Sähköasema 2

Sähköaseman 2 keskeytystietoja tarkasteltiin vuosien 2012 ja 2016 välillä [kuvio 2]. Kuten sähköaseman 1 tapauksessa myös sähköaseman 2 kohdalla tarkasteltaessa jälleenytkentöjen vuosittaisia määriä havaitaan suurta vuosittaista vaihtelua. Pikajälleenytkentöjen määrät vaihtelivat välillä 14–85 ja aikajälleenytkentöjen 5–31. Jälleenytkentöjen määrissä ei ole havaittavissa selkeää vuosittaista kasvua, joten voidaan olettaa määrien vaihteluiden johtuvan eri vuosien ilmastollisten ominaisuuksien, kuten tuulisuuden ja ukkosmyrskyjen määrän, vaihteluista.



Kuvio 2. Sähköaseman 2 keskeytysmäärät vuosina 2012–2016.

3.3 Johtolähdöille suoritettut kunnossapitotoimenpiteet

Johtolähtö A

Johtolähtöjen vikatiетоjen tarkastelun jälkeen tarkasteltiin johtolähdölle A suoritettuja kunnossapitotoimenpiteitä. Verkkotietojärjestelmää ja vierimetsäprojektin tietoja tutkimalla todettiin, että huoltoalueelle on suoritettu koko johtolähdön kattavasti raivauksia vuosien 2014 ja 2015 aikana. Suurin osa, yli 92 %, raivauksista tehtiin vuoden 2015 aikana.

Raivauksien tuloksena vuoden 2016 PJK-määrien johtolähdöllä tulisi olla pienempiä, kuin vuonna 2014. Ellei näin ole, voidaan päätellä tilanteen johtuvan kahdesta tekijästä: joko raivaukset eivät olleet riittäviä, tai johtolähdön PJK-määrät eivät ole riippuvaisia raivauksista.

Johtolähtö B

Johtolähtö B sijaitsee kokonaisuudessaan eräällä huoltoalueella [liite 1]. Verkkotietojärjestelmää ja vierimetsäprojektin tietoja tutkimalla todettiin, että huoltoalueelle on suori-

tettu koko johtolähdön kattavasti vierimetsäraivauksia vuosien 2014 ja 2015 aikana. Suurin osa, yli 90 %, raivauksista tehtiin vuoden 2015 aikana. Johtolähdölle on myös suoritettu vierimetsä projektin yhteydessä 34 km alustan raivausta.

Sähköasema 1

PCS projektinhallintajärjestelmän, Project Control System, tietoja tarkastelemalla todettiin, että huoltoalueella, jolla sähköasema ja sen johtolähdöt sijaitsevat, oli toteutettu keskijännitelinjojen raivausprojekti vuonna 2011.

Lisäksi verkkotietojärjestelmän tietoja tutkittaessa finder-kyselyn avulla havaittiin, että huoltoalueella oli suoritettu vuoden 2016 loppuun mennessä koko huoltoalueen kattava raivausprojekti keskijänniteverkon johtokatujen alustoille.

Vuoden 2017 kesän aikana tullaan sähköaseman 1 alueella tekemään keskijännitelinjojen raivauksia. Raivauksia edeltävää ja raivausten jälkeistä keskeytyshistoriaa tullaan tarkastelemaan raivausprojektin jälkeen, jotta voidaan selvittää raivausten vaikutus kyseisen alueen keskeytysmääriin.

Sähköasema 2

PCS projektinhallintajärjestelmän, Project Control System, tietoja tarkastelemalla todettiin, että huoltoalueella, jolla sähköasema ja sen johtolähdöt sijaitsevat, oli toteutettu keskijännitelinjojen raivausprojekti vuonna 2010.

Lisäksi verkkotietojärjestelmän tietoja tutkittaessa finder-kyselyn avulla havaittiin, että huoltoalueella oli suoritettu vuoden 2016 aikana koko huoltoalueen kattava raivausprojekti keskijänniteverkon johtokatujen alustoille.

3.4 Vikamäärien kehittyminen toimenpiteiden jälkeen

Johtolähdön A keskeytysdataa tutkittiin vuoden 2016 heinäkuulta. Johtolähdöllä oli 51 pikajälleenkytkentää, 0 aikajälleenkytkentää ja 4 vikakeskeytystä. Vikamäärä ei siis ole

paljoo pienempi, kuin vuoden 2014 heinäkuun. Vikadataa tutkittaessa huomattiin myös, että kaikki 51 pikajälleenkytkentää olivat esiintyneet kuukauden aikana vain seitsemänä eri päivänä. Mikäli pikajälleenkytkentöjä esiintyy useita vuorokauden aikana, voidaan tässä tapauksessa niiden päätellä johtuvan sääilmiöistä. Esimerkiksi 25.7.2016 johtolähdöllä oli 16 PJKta ja menneitä säätiedotuksia tutkimalla saatiin selville, että alueella oli kyseisenä ajankohtana ukkoskuuroja. [9.]

Vuoden 2016 heinäkuussa johtolähdöllä B oli keskeytyksiä seuraavasti: 5 pikajälleenkytkentää, 0 aikajälleenkytkentää ja 3 vikakeskeytystä. Näistä tuloksista voitaisiin päätellä vuosien 2014 ja 2015 aikana tehtyjen raivausten pudottaneen johtolähdön vikakeskeytyksen määrää huomattavasti. Erityisesti pikajälleenkytkentöjen määrän väheneminen 44:stä 5:een on huomattavan hyvää kehitystä ja tarkoittaa, että vuoden 2016 PJK määrä on vain 11 % vuoden 2014 vastaavan ajan määrästä.

4 Päätelmät ja kehitysehdotukset

4.1 Keskeytysraportoinnin nykytila

Tutkittaessa Carunan keskeytysraportoinnin nykytilaa, ja sen soveltuvuutta kunnossapidon tarpeisiin, tutkittiin Carunalla jo olemassa olevia raportteja sekä tietojärjestelmiä, joista raporttien tiedot on koostettu. Carunalla tehtiin samalla, kun suoritettiin tämän opinäytetyön tutkimusta, suuria muutoksia liittyen keskeytysten tarkasteluun ja niiden määrien ja kohteiden raportointiin. Uuden ADMS-järjestelmän, Advanced Distribution Management System, käyttöönoton myötä keskeytysten havainnoinnin ja niistä raportoinnin mahdollisuudet lisääntyivät laajalti. Uuden järjestelmän avulla on mahdollista tarkastella myös pienjänniteverkon vikakeskeytyksiä tarkemmin, ja tulevaisuudessa voidaan tarvittaessa käyttää keskeytystietoja myös pienjänniteverkon kunnossapidon kohdentamiseen.

Uuden järjestelmän käyttöönoton myötä raportoinnin kehittäminen on kuitenkin vasta aluillaan. Tämä luokin oivallisen tilaisuuden kunnossapidon tarpeisiin luodun raportin kehittämiseksi.

Carunalla on käytössään tietojärjestelmä, jonka avulla yrityksessä voidaan tarkastella sen jakeluverkkoon liitettyjen älykkäiden sähkömittareiden havaitsemia ja tallentamia tietoja, joita kutsutaan eventeiksi eli tapahtumiksi. Älykkäät sähkömittarit tallentavat ja lähettävät tapahtumat eteenpäin jakeluverkossa sijaitsevien keskittimien avulla. Tapahtumatietoja, joita mittareiden avulla saadaan liittymispisteeltä jolla ne sijaitsevat, ovat muun muassa lyhyet alle 3 minuuttia kestoaltaan olevat ja pitkät yli 3 minuuttia kestoaltaan olevat keskeytykset, vaiheen puuttuminen liittymällä ja sähkön syöttäminen verkkoon. Mittari tulkitsee keskeytykseksi liittymän täyden sähköttömyyden lisäksi kaikkien vaiheiden jännitteen alenemisen alle 165 volttiin, jolloin mittari ei enää pysy päällä.

Älymittaritietojärjestelmän tiedoista on luotu QlikView-raportti, jonka soveltuvuutta kunnossapidon kohdentamiseen tarkasteltiin tutkimuksen aikana. QlikView-raportti sähkömittareiden event-tiedoista sisälsi paljon hyviä ominaisuuksia, kuten mahdollisuuden tarkastella mittaritapahtumia muuntopiireittäin. Lisäksi raportti mahdollisti mittaritapahtumien sijoittamisen karttapohjalle, mikäli suodatettuja tapahtumia oli alle 50 000 valittuna, ja tapahtumilta löytyivät tarvittavat koordinaattitiedot kartalle sijoittamista varten. Kartalle piirrettävien tapahtumien määrän rajoittamisen 50 000:een oletetaan johtuvan kartallepiirtymisprosessin tietokoneelta ja itse tietojärjestelmästä vaatimasta suuresta suorituskyvystä. Myös koko event-raportti on hieman hidaskäyttöinen juuri sen sisältämän suuren tietomäärän vuoksi. Esimerkiksi vuoden 2016 osalta raportti sisältää yli 16 miljoonaa yksittäistä tapahtumaa, ja vuoden 2017 ensimmäisten neljän kuukauden ajalta raportissa on jo yli 8 miljoonaa yksittäistä tapahtumaa.

Myös tiedon suodattamisen mahdollisuudet event-raportissa ovat rajalliset. Erityisesti muuntopiirien ja käyttöpaikkojen lajittelu tapahtumien määrän perusteella olisi hyvin oleellinen työkalu tarkasteltaessa kunnossapitotoimenpiteiden tarpeellisuutta alueittain. Näiden suodattamismahdollisuuksien puute vuoksi raportin avulla ei kyetty tarkastelemaan eri johtolähtöjen tapahtumamääriä, eikä vertailemaan muuntopiirien keskeytystapahtumien määriä keskenään. Näin ollen raportin avulla tulisi olemaan haastavaa muodostaa selkeää kokonaiskuvaa jakeluverkon keskeytyksien määrästä ja niiden jakautumisesta alueittain. QlikView-raporttia älymittareiden tallentamista tiedoista tutkittaessa todettiin sen olevan edellä mainituista syistä johtuen sellaisenaan soveltumaton

kunnossapidon laajamittaiseen kohdistamiseen. Kuitenkin erinäisillä raporttiin tehtävillä kehitystoimenpiteillä, kuten tapahtuman johtolähtötiedon lisäämisellä ja tapahtumien määrien muuntopiiri- ja johtolähtökohtaisen vertailun mahdollistamisella, voitaisiin raportin soveltuvuutta kunnossapidon kohdistamiseen parantaa.

Carunalla on käytössään myös taseselvitys- ja tuntimittausjärjestelmä. Kyseiseen tietojärjestelmään on muodostettu älykkäiden sähkömittareiden välittämien tietojen avulla tuntiaikasarjoja. Lisäksi taseselvitys- ja tuntimittausjärjestelmästä on saatavilla käyttöpaikkakohtainen tieto POff, power off. POff on käyttöpaikkakohtainen, tuntiaikasarjoista muodostettu tieto, joka kertoo sähkönjakelun keskeytymisestä kyseisellä käyttöpaikalla. POff-tietojen paikkansapitävyydestä, ja tarkkuudesta, ei saatu kuitenkaan opinnäytetyön tutkimuksen aikana täyttä varmuutta, joten kehitys- ja tutkimustyö kyseisen tietojärjestelmän POff-tiedon soveltuvuudesta keskeytysten alueittaisen jakautumisen tarkasteluun jatkuvat opinnäytetyön jälkeen.

4.2 Nykyisen kunnossapidon onnistuneisuus

Aiempina vuosina Caruna on toteuttanut sähkönjakeluverkon raivausprojektinsa huoltoaluekohtaisesti. Huoltoalueet mukailevat sähköasemia ja niiden syöttämiä johtolähtöjä, mutta paikoin on alueita, joilla yksi johtolähtö saattaa kulkea kahden tai useamman huoltoalueen sisällä.

Johtolähdön sijaitsemisesta useammalla huoltoalueella aiheutuu joitakin mahdollisia ongelmia. Jos johtolähtö kulkee useamman kuin yhden huoltoalueen poikki, ja yhdellä huoltoalueella toteutetaan johtokadun raivausprojekti, niin osa johtolähdöstä saattaa jäädä raivausten vaikutusten ulkopuolelle, ja olla siten yhä raivaustoimenpiteiden tarpeessa.

Suoritettavien raivausten jaottelu huoltoalueittain saattaa aiheuttaa myös muita ongelmia. Esimerkiksi raivausten vaikutuksia keskeytysmääriin on haastavaa tarkastella nykyisellään. Keskeytyksien havainnointi ja raportointi tapahtuvat johtolähtökohtaisesti, mutta raivaukset oli toteutettu huoltoalueittain. Tällöin tilanteessa, jossa jollakin johtolähdöllä esiintyy erityisen paljon vikakeskeytyksiä, on vaikeaa sanoa ilman erillistä tarkastelua, että onko johtolähdölle suoritettu raivauksia, tai muita toimenpiteitä, jotka saattaisivat vähentää keskeytysten määriä.

Edellä kuvattuun ongelmaan raivausten vaikutusten tarkastelun osalta, voisi eräs ratkaisu olla siirtyminen huoltoaluekohtaisesta raivaustavasta johtolähtökohtaiseen raivaustapaan. Tällainen ratkaisukaan ei kuitenkaan olisi ilman omia ongelmiaan. Keski-jänniteverkkoon on liitetty paljon erottimia, joiden avulla voidaan rajata vikoja vaihtamalla tiettyä aluetta syöttävää sähköaseman johtolähtöä. Jakeluverkon aluetta syöttävän johtolähdön vaihtuessa, muuttuu myös johtolähdöllä olleitten keskeytysten kirjaustieto järjestelmiin. Näin ollen johtolähtökohtainen raivaustapa ei välttämättä poistaisi ongelmia verkkoalueitten keskeytysmäärien tarkastelussa.

4.3 Mahdollisia parannuksia johtolähtöjen kunnossapitoon

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen aikana tarkasteltiin jakelunhallintajärjestelmän havaitsemien keskeytysten historiatietoja. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään mahdollisia yhdenmukaisuuksia ja toistuvuuksia johtolähtöjen keskeytystiedoissa, joita hyväksi käyttämällä voitaisiin mallintaa ja todeta erilaisten vikojen aiheuttajia.

Kappaleessa 3 kuvattu tutkimus kohteiden vikahistoriasta sekä kohteille suoritetuista kunnossapidollisista toimenpiteistä toi ilmi joitakin haasteita vikahistorian hyödyntämisessä kunnossapidon onnistuneisuuden tarkastelussa ja tarvittavien toimenpiteiden kohdistamisessa. Sähköasemien 1 ja 2 vikahistoriaa tutkittaessa havaittiin, että pelkästään alueen vikakeskeytysten määriä tarkastelemalla ei voida tehdä varmoja ja selkeitä päätelmiä alueen raivaustarpeesta. Sähköasemien syöttämille alueille tiedettiin suoritettujen raivausprojektien vuosina 2010 ja 2011, mutta keskeytyshistoriaa tarkastelemalla ei havaittu minkäänlaista kasvutrendiä alueen vikamäärissä. Tämä voi johtua osittain siitä, että vuosittaiset luonnolliset ilmastolliset vaihtelut aiheuttavat huomattavaa epäsäännöllisyyttä johtolähtöjen pika- ja aikajälleenkytkentöjen ja vikakeskeytysten vuosittaisissa määrissä.

4.4 Työkalu kunnossapidon kohdistamiseen

Tämän opinnäytetyön tärkein lähtökohta oli tuottaa näkemys työkalusta, jolla voitaisiin seurata sähkönjakeluverkon keskeytystietoja ja niitä hyväksi käyttäen kohdistaa kunnossapitotoimenpiteitä niitä tarvitseville alueille.

Tässä kappaleessa on esitetty opinnäytetyöntekijän näkemys työkalusta, jolla kunnossapitotoimenpiteitä voitaisiin tulevaisuudessa kohdistaa Carunassa jakeluverkon keskeytystietoja hyväksi käyttäen. Näkemys on muodostettu tutkimalla Carunan käytössä olevia tietojärjestelmiä ja niiden sisältämiä tietoja jakeluverkonkeskeytyksistä.

Seuraavaksi esitellään tietoja, joita keskeytyksistä tulisi pystyä tarkastelemaan ja suodattamaan työkalun avulla. Tiedot jaotellaan keskeytyksen sisältämiin kohteisiin, ja keskeytyksen ominaisuuksiin. Keskeytyksen ominaisuustiedot tulisi löytyä keskeytyksen jokaiselta kohdetiedolta. Keskeytyksen kohteita tulisi pystyä työkalun alueella suodattamaan. Lisäksi työkalulla tulisi kyetä vertailemaan kohteiden keskeytysmääriä toisiinsa.

Ensimmäiset työkaluun tarvittavista keskeytyksen kohdetiedoista ovat keskeytyksen sähköasema ja johtolähtö. Sähköasemaa ja sen johtolähtöjä voidaan pitää sähkönjakeluverkon ylimpänä tarkastelun tasona. Tunnettaessa sähköasemien ja niiden johtolähtöjen keskeytysmäärät ja niiden aiheuttajat, voidaan suurpiirteisesti tarkastella sähköaseman ja sen johtolähtöjen sähkötoimituksen varmuutta, ja mikäli siinä havaitaan puutteita muihin kohteisiin verrattuna, ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin toimitusvarmuuden parantamiseksi.

Seuraava tarkastelun taso on keskeytyksen sisältämät muuntopiirit. Muuntopiirejä voidaan pitää sähkönjakeluverkon seuraavana tasona sähköasemista ja johtolähdöistä edettäessä. Muuntopiiritiedon etuna verrattuna sähköasematietoon on, että muuntopiiri kattaa huomattavasti pienemmän alueen jakeluverkosta, joten vian kohdentaminen tämän tiedon avulla on helpompaa ja tarkempaa.

Mahdollisena tietona työkalussa voisi olla myös keskeytyksen piirissä olleet käyttöpaikat. Tämä tieto mahdollistaisi vikakeskeytyksen kohdentamisen pienimpään mahdolliseen yksikköön eli asiakkaaseen. Lisäksi käyttöpaikkatietojen avulla voitaisiin tarkastella keskeytyksen asiakkaisiin aiheuttamia haittavaikutuksia.

Seuraavaksi käsitellään keskeytyksien ominaisuustietoja, joita työkalun avulla tulisi voida tarkastella. Ensimmäinen näistä on keskeytyksen ajankohta. Tarve tiedolle keskeytyksen ajankohdasta on ilmeinen. Ajankohta on tiedettävä, jotta voidaan lähemmin tarkastella mahdollisia syitä keskeytyksen aiheuttajalle kyseisenä ajankohtana. Ajankohdatieto käsittää sekä keskeytyksen alkamisajankohdan, että päättymisajankohdan. Näiden kahden tiedon avulla saadaan selville myös keskeytyksen kesto, joka on myös hyvin oleellinen tieto tarkastellessa keskeytyksien aiheuttamia haittoja sähkökäyttäjille.

Muita tarpeellisia ominaisuustietoja keskeytyksistä ovat tiedot keskeytykseen liittyvistä katkaisijoiden jälleenkytkentätoiminnoista. Nämä tiedot kertovat viasta sen miten se on onnistuttu poistamaan jakeluverkosta. Mikäli vika on poistunut verkosta pikajälleenkytkennän tai aikajälleenkytkennän aikana, voidaan päätellä vian aiheuttajan olevan esimerkiksi pieni oksa taikka vaihejohtimien väliin joutunut pienikokoinen eläin.

QlikView-raportointijärjestelmän ollessa jo Carunan käytettävissä, pohdittiin mahdollisuutta luoda jakelunhallintajärjestelmän keskeytystiedoista raportti kyseiseen raportointijärjestelmään. QlikView on tiedon analysointiin ja raportointiin keskittynyt työkalu, joka on yksi tärkeimmistä Carunan käyttämistä raportoinnin työkaluista.

Ominaisuuksia, joita työkalussa jolla vikakeskeytyksiä tarkastellaan. Kaikkia tarkastelun tasoja (sähköasemat, johtolähdöt, muuntopiirit jne.) tulisi voida suodattaa hyvin monipuolisesti niiden sisältämien keskeytysten määrien ja laadun perusteella. Työkalulla tulisi esimerkiksi voida asettaa tarkasteltavat kohteet järjestykseen keskeytysmäärien perusteella, ja tämän jälkeen suorittaa lähempää tarkastelua keskeytysten ominaisuuksille. Lisäksi keskeytystietoja tulee voida suodattaa omaisuudenhallinta ja huoltoalueittain. Myös muiden aluejakojen hyödyntämistä työkalussa tulee harkita.

Työkalun tulee sisältää jonkinlainen mahdollisuus tarkastella keskeytystietoja karttapohjalla. Mallia tähän voitaisiin ottaa valmiista event-raportista, joka mahdollistaa rajallisen tarkastelun karttapohjalla.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyössä selvitettiin Carunan sähköjakeluverkon vikakeskeytyksien aiheuttajia ja määriä. Lisäksi tavoitteena oli muodostaa selkeä näkemys työkalusta, jolla vikakeskeytysten määriä ja aiheuttajia voitaisiin tarkastella alueittain, ja näin ollen määritellä kunnossapitotoimenpiteitä, jolla vikakeskeytysten määriä voitaisiin vähentää sähkön paremman toimitusvarmuuden saavuttamiseksi.

Tutkittavan aineiston valinta ja hankkiminen onnistuivat hyvin. Vaikeammaksi osoittautui tutkittavan materiaalin rajaaminen opinnäytetyön laajuuden puitteissa parhaimman mahdollisen tutkimusprosessin ja tuloksen takaamiseksi.

Opinnäytetyössä pyrittiin löytämään erilaisia malleja vikojen syiden todentamiseen Carunan vikakeskeytyshistoriaa hyödyntämällä. Tutkimuksessa osoittautui haastavaksi muodostaa malli jolla keskeytysten määrien kehittymisestä suhteessa aikaan ja suoritettuihin kunnossapitotoimenpiteisiin voitaisiin päätellä keskeytyksen aiheuttaja ja kunnossapitotoimenpiteiden tarve.

Opinnäytetyössä luotiin selkeä kuva Carunan erilaisten tietojärjestelmien sisältämistä tiedoista keskeytyksiin liittyen ja siitä, miten näitä mahdollisesti voitaisiin tulevaisuudessa käyttää keskeytysraportoinnin kehittämiseen.

Lähteet

- 1 Sähköverkko ja toimitusvarmuus. 2017. Verkkodokumentti. Caruna. <<http://vuosiraportti2016.caruna.fi/gri/data/#sahkoverkko-ja-toimitusvarmuus>>. Luettu 21.04.2016.
- 2 Energiaverkot Suomen selkärankana. 2017. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot>. Luettu 27.2.2017.
- 3 Sähköverkkojen rakenne. 2017. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiaverkot/sahkoverkot>. Luettu 27.2.2017.
- 4 Carunan vuosi 2016. 2016. Verkkodokumentti. Caruna. <<http://vuosiraportti2016.caruna.fi/>>. Luettu 28.3.2017.
- 5 Sähkön keskeytystilasto. 2017. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/tilastot/sahkotilastot/keskeytystilasto>. Luettu 30.3.2017.
- 6 Luotettava toimija. 2017. Verkkodokumentti. Caruna. <<http://vuosiraportti2016.caruna.fi/raportti/luotettava-toimija/>>. Luettu 30.3.2017.
- 7 Keskeytystilasto-ohje 2014. 2014. Ei julkinen dokumentti. Energiateollisuus ry.
- 8 Lakervi, Erkki & Partanen, Jarmo. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatieto.
- 9 Tonteri, Antti & Aura, Lauri. 1993. Sähkölaitostekniikka. Helsinki: WSOY.
- 10 Keskeytystilasto 2015. 2015. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry. <http://energia.fi/files/1334/Keskeytystilasto_2015.pdf> Luettu 9.4.2017
- 11 HS:n säälähetys maanantaina 25.7.2016. Verkkodokumentti. Ruutu. <<http://www.ruutu.fi/video/2691373>>. Katsottu 30.3.2016.
- 12 Elovaara, Jarmo & Laiho, Yrjö. 1988. Sähkölaitostekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto.
- 13 Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa. 2010. Sähköverkot I: Järjestelmätekniikka ja sähköverkon laskenta. Helsinki: Otatieto.
- 14 Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa. 2010. Sähköverkot II: Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Helsinki: Otatieto.

- 15 Haakana, Jukka. 2017. Verkostoanalyttikko, Caruna, Espoo. Keskustelu 10.4.2017.
- 16 Palmumaa, Petteri. 2017. Kunnossapitopäällikkö Caruna, Espoo. Keskustelu 21.4.2017.

Liite vain työn tilaajan käyttöön.