



Henri Nieminen

Risteämälausuntoprosessin nykyti- lan kartoitus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

7.5.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Henri Nieminen
Otsikko: Risteämäläusuntoprosessin nykytilan kartoitus
Sivumäärä: 32 sivua
Aika: 7.5.2023

Tutkinto: insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Lehtori Tuomo Heikkinen
Siirtoverkon kunnossapitopäällikkö Joonas Koski

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Vantaan Energia Sähköverkkojen (VES) nykytilanne risteämäläusunnoissa ja risteämien hallinnassa. Työ pyrkii löytämään myös kehitysehdotuksia, joilla parantaa VES:n toimintaa risteämien suhteen. Selvityksen tarpeeseen vaikutti osittain risteämästä johtunut vikatilanne, joka paljasti puutteita VES:n toiminnassa. Vikatilanne aiheutti sähkökatkoksen merkittävälle osalle asiakkaista.

Työssä tutustutaan erityisesti VES:n omaan toimintaan, minkä lisäksi luodaan kat-saus myös muiden sähköverkkoyhtiöiden toimintaan risteämien suhteen. Muiden sähköverkkoyhtiöiden toimintamalleista voi saada hyödyllistä tietoa VES:n oman toi-minnan kehittämiseen. Työssä käydään myös läpi säädöksiä ja teknistä teoriaa, jotka liittyvät risteämäläueilla toimimiseen.

Työn tuloksena saadaan kuva risteämäläusuntojen ja risteämien hallinnan nykyti-lasta. Kuva toimintamalleista auttaa tunnistamaan puutteet ja löytämään näihin kehi-tysehdotuksia.

Avainsanat: siirtoverkko, risteämä, risteämäläusunto

Abstract

Author: Henri Nieminen
Title: An Overview of the Current State of Cable Crossing Statements
Number of Pages: 32 pages
Date: 7 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and automation engineering
Professional Major: Electrical power engineering
Supervisors: Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
Joonas Koski, Transmission network maintenance manager

The purpose of this thesis is to investigate the current state of cable crossing statements and cable crossing management at Vantaan Energia Sähköverkot (VES) and to identify suggestions for improving VES's operations in this area. The need for this study was partly driven by a fault caused by a cable crossing which resulted in a power outage for a significant number of customers. The fault revealed deficiencies in VES's operations.

The thesis will focus on VES's own operations, while also providing an overview of how other electricity network companies manage cable crossings statements and managements. Information on the practices of other companies is useful in developing VES's own procedures. The thesis will also review the technical theory and regulations related to operating near electrical grid.

The results of the study will provide an overview of the current state of cable crossing statements and management at VES. This overview will help identify any deficiencies and provide recommendations for improvement.

Keywords: power grid, cable crossing, cable crossing statement

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teoria	2
2.1	Jännitelujuus	2
2.2	Vaarajännitteet ja ilmastolliset ylijännitteet	3
2.3	Sähkö- ja magneettikentät.	5
3	Lait ja säädökset	6
3.1	Turvaetäisyydet	7
3.2	Sähkö- ja magneettikentät	10
4	Johtoalue ja risteämä	11
4.1	Johtoalue	12
4.2	Risteämälausunto	14
5	VES:n nykytilanne risteämälausunnoissa	15
5.1	110 kV lausunnot	16
5.2	20- ja 0,4 kV lausunnot	18
6	Fingrid toimintamalli risteämälausunnoissa	18
7	Kehittämisideat VES:n toimintaan	20
7.1	Ohjeet	20
7.2	Risteämälausunnon sisältö	22
7.3	Risteämien hallinta	22
7.3.1	OneNote	22
7.3.2	Excel	25
7.3.3	Karttapohja	26
7.3.4	HeadPower IWM	28
8	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

Lyhenteet

- D_{el} : Pienin tarvittava ilmaväli, jolla estetään vahingollinen ylilyönti vaihejohtimien ja maan potentiaalissa olevien kohteiden välillä jyrkillä ja loivilla transienttilylijännitteillä.
- D_{pp} : Pienin tarvittava ilmaväli, jolla estetään vahingollinen ylilyönti vaihejohtimien välillä jyrkillä ja loivilla transienttilylijännitteillä.
- DMS: *Distribution management system*. Sähköverkon hallintaan käytettävä ohjelma.
- HSV: *Helen Sähköverkko*. Helsingin alueellinen sähköverkkoyhtiö.
- OAS: *Osallistumis- ja arviointisuunnitelma*.
- VES: *Vantaan Energia Sähköverkot*. Vantaan Energian kokonaan omistama tytäryhtiö. Vantaan alueellinen sähköverkkoyhtiö.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa Vantaan Energian Sähköverkkojen (VES) risteämälausuntojen nykytilannetta sekä hallintaa. Kartoituksella pyritään kehittämään yrityksen toimintatapoja risteämätöiden suhteen. Opinnäytetyö pyrkii löytämään kehityskohteita nykyisestä toimintamallista risteämien hallinnassa esimerkiksi tutustumalla muiden sähköverkkoyhtiöiden vastaaviin toimintoihin.

Vantaan Energia Sähköverkot on Vantaan Energian kokonaan omistama tytäryhtiö, joka huolehtii sähkön jakelusta Vantaan alueella noin 132 000 asiakkaalle. VES huolehtii Vantaan sähkönsiirron ja -jakelun lisäksi sähköverkon kunnossapidosta. Sähköverkkoyhtiön tehtäviin kuuluu huolehtia myös, ettei sähköverkoista aiheudu vaaraa ympäristölle, eläimille tai ihmisille. VES:lla on sähkönjakeluverkkoja noin 3500 km, mistä 91 % on jo maakaapeloitu, mutta kaikki siirtojohtot ovat toistaiseksi ilmajohtoja. [1.]

Opinnäytetyön teettämisen taustalla ovat yrityksessä havaitut puutteet risteämätöiden hallinnassa, mitkä ilmenivät osittain heinäkuussa 2022 sattuneessa vika-tilanteessa, joka aiheutti 15 minuuttia kestävänsä sähkökatkon noin 35 000 asiakkaalle.

Tässä työssä käydään läpi teknistä teoriaa ja määräyksiä sähköverkkojen lähellä toimimisen takana ja luodaan kuva VES:n nykyisestä toimintamallista risteämälausuntojen suhteen. Työ perehtyy myös muiden sähköverkkoyhtiöiden toimintaan risteämätilanteissa ja pyrkii löytämään niistä kehitysehdotuksia VES:n toimintaan. Työn tuloksena saadaan kartoitus VES:n risteämälausuntojen nykytilasta sekä mahdolliset puutteet esille. Tavoitteena on myös löytää kehitysehdotuksia VES:n toimintaan risteämälausuntoihin liittyen.

2 Teoria

Erilaisilla määräyksillä ja standardeilla ehkäistään vaaratilanteiden muodostumista. Tässä luvussa on kerrottu sähköjohtojen läheisyydessä toimimiseen liittyvät yleisimmät vaaratekijät ja niiden tekniset taustat lyhyesti.

2.1 Jännitelujuus

Sähköverkkojen läheisyydessä toimimisen suurin vaaratekijä on sähköiskun vaara. Suuri jännite ja oikosulkuvirta tekevät sähköiskuista erityisen vaarallisia, vaikka suojareleet toimisivat suunnitellusti. Esimerkiksi 110 kV:n siirtoverkoissa oikosulkuvirrat voivat olla jopa 10 kA [2, s. 30]. Sähköiskun vaaroja vältetään pitämällä jännitteiset osat eristettyinä ympäristöstä.

Eristeen eristävyys määrittelee sen permittiivisyys, mistä voi laskea dielektrisen lujuuden eli jännitelujuuden [3, s. 23]. Jännitelujuus kertoo, kuinka suurta jännitettä tietyn paksuinen eriste kestää, ennen kuin se päästää virran lävitseen. Jännitelujuuden ylittyessä tapahtuu sähköpurkaus, joko osittaispurkauksena tai täydellisenä purkauksena eli läpilyöntinä. Eristeestä riippuen sähköpurkaus voi heikentää eristeen eristävyttä merkittävästi. [4, s. 41.]

Ilmajohtojen ja ympäristön välillä toimii eristeenä ilma. Ilman jännitelujuus on kohtalaisen matala, minkä vuoksi jännitteisten osien etäisyydet ympäristöön ovat pitkiä. Ilman etuina eristeenä on kuitenkin sen palautuvuus sähköpurkauksista sekä edullisuus. Ilma palautuu täydellisesti läpilyönnin jälkeen takaisin eristäväksi, toisin kuin monet muut eristeet. Ilman palautuvuus mahdollistaa sähköverkkojen jälleenkytkennän ilman eristeen korjaamista vikatilanteen jälkeen. Ilma on myös edullista, sillä usein tulee halvemmaksi rakentaa isompi johtoalue kuin päällystää johtimet paremman jännitelujuuden omaavalla eristeellä. [3, s. 96.]

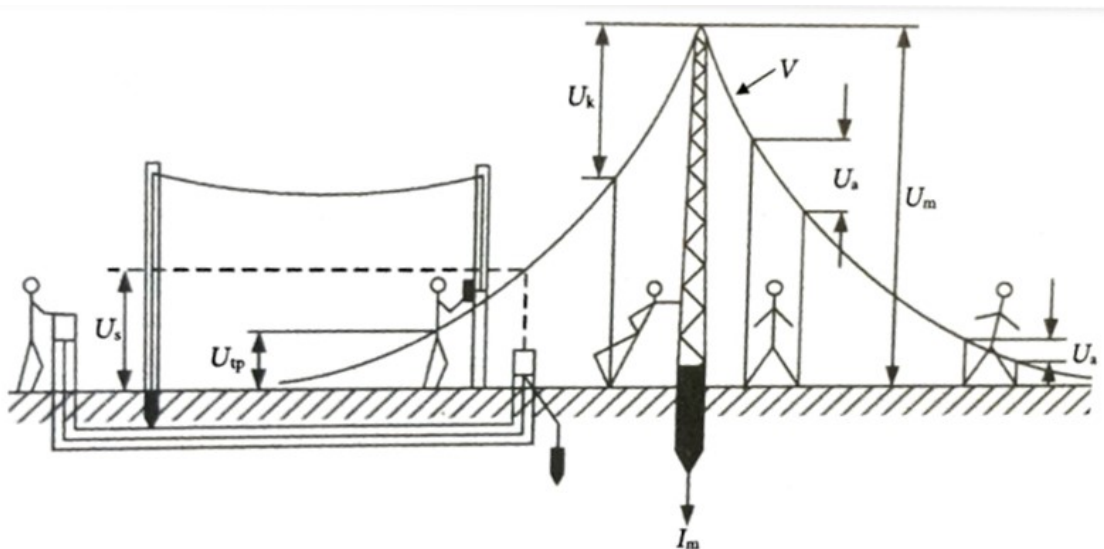
Ilman jännitelujuutena voidaan hyvin yleistäen pitää noin 30 kV/cm. Jänniteluuteen vaikuttaa kuitenkin moni ympäristöllinen asia. Jännitelujuus vaihtelee

ilmanpaineen, sään, ilmansaasteiden, elektrodivälin ja elektrodien muodon mukaan. Sateisella säällä jännitelujuus on noin 10 kV/cm [3, s. 288]. Myös ilmansaasteet laskevat jännitelujuutta huomattavasti. Paljon epäpuhtauksia ilmaan aiheuttaa esimerkiksi tulipalot, jotka heikentävät ilman jännitelujuutta paljon. Myös eristeeseen kohdistuva rasitusajan pidentyessä eristeen läpilyöntilujuus heikkenee [3, s. 96–97].

Elektrodivälin kasvaessa eristeen jännitelujuus ei kuitenkaan kasva täydellisen lineaarisesti. Yhden millimetrin elektrodivälillä jännitelujuus on noin 45 kV/cm, kun taas metrin välillä vastaava arvo on laskenut noin 24 kV:iin/cm. [4, s. 49.]

2.2 Vaarajännitteet ja ilmastolliset ylijännitteet

Vaarajännitteet ovat maasulkutilanteessa voimajohdon aiheuttamia haitallisia jännitteitä ympäristöön. Maasulku on tilanne, missä jännitteellinen vaihejohdin on yhteydessä maan potentiaaliin. Vaarajännitteet ovat ylijännitteitä sähköverkon ympäristössä, ja ne voivat olla vaaraksi ihmisille ja eläimille sekä vaurioittaa kojeistoja. Kuvassa 1 on esitetty pylvään kautta tapahtuva maasulku.



Kuva 1. Vaarajännitteet [4, s. 429].

Kuvan 1 vaarajännitteiden selitteet:

- U_m , Maadoitusjännite. Pylvään ja referenssipisteen välinen potentiaaliero. Referenssipiste on maan potentiaali niin pitkällä, että maasulun potentiaalisuppilo ei enää vaikuta.
- U_k , Kosketusjännite. Maan potentiaalın jalkojen alla ja kosketettavan kohdan välinen potentiaaliero.
- U_a , Askeljännite. Metrin pituisella askeleella syntyvä jalkojen välinen potentiaaliero.
- U_s , Siirtyvä jännite. Johtimen kautta siirtyvä jännite potentiaalisuppilon alueelta referenssipisteen potentiaaliin alueeseen.
- U_{tp} , Takaperoinen kosketusjännite. Referenssipisteen potentiaalın siirtyminen johtimen kautta potentiaalisuppilon alueen sisään.

Kuvassa 1 maasulku tapahtuu pylvään kautta ja maasulun virtaa esittää I_m . Koska maan resistanssi ei ole ääretön, aiheuttaa maasulku myös sitä ympäröivälle maalle pienenevän jännitteen. Maan jännite pienenee maasulun etäisyyteen nähden. Jännitettä maan pinnassa mallinnetaan kuvassa 1 potentiaalisuppiloksi kutsuttavalla jänniteprofiililla V . Potentiaalisuppilon mukaisesti eri etäisyyksillä on eri potentiaalit, joka riippuvat tarkasteltavan pisteen etäisyydestä pylvääseen. Kahden eri potentiaalissa olevan osan yhdistyessä pyrkii potentiaaliero tasautumaan luoden sähkövirran osia yhdistävään aineeseen. [4, s. 428–429.]

Maasulun luomat potentiaalierot ympäristössä muodostavat vaarajännitteet. Vaarajännitteitä ovat aiemmin mainitut maadoitusjännite, kosketusjännite, askeljännite, siirtyvä jännite sekä takaperoinen kosketusjännite. Näistä siirtyvä jännite ja takaperoinen jännite ovat harvinaisempia, mutta yhtä vaarallisia kuin muutkin vaarajännitteet. [4, s. 428–429.]

Maasulku voi tapahtua myös esimerkiksi työkoneen kautta, jossa on terästelat. Tällöin maasulun virta kulkee työkoneen kautta maahan. Tässä tilanteessa työkone muodostaa ympärilleen vastaavan potentiaalisuppilon, jossa suppilon huippu on työkoneen kohdalla. Kumipyöräisellä työkoneella taas ei maasulkua

pääsee välttämättä tapahtumaan, vaikka kone koskisi jännitteiseen osaan, sillä pyörät eristävät työkoneen maan potentiaalista. Työkoneessa on kuitenkin tällöin jännite ja maasulku pääsee tapahtumaan, kun työkoneen runko ja maa yhdistyvät esimerkiksi ihmisen koskettaessa työkoneita ja maata yhtäaikaaisesti.

Vaarajännitteitä muodostavat maasulun lisäksi myös salamaniskut. Ilmastolliset ylijännitteet eli salamaniskut ovat jyrkkiä transienttilylijännitteitä. Ylijännitteet voivat purkautua sähköverkon pylväiden kautta maahan, milloin myös syntyy vaarajännitteitä pylvään ympäristöön. Salaman iskiessä sähköverkon maadoitettuun osaan, kuten pylvääseen tai ukkosjohtimeen, toimivat sähköverkon pylväät rinnan kytkettyinä vastuksina. Tämän vuoksi vaarajännitteitä syntyy virranjakosäännön mukaisesti myös kauempana olevien pylväiden ympäristöön. [3, s. 295–296.]

Salamaniskut aiheuttavat ylijännitteitä kahdella tapaa, suoralla iskulla sekä indusoitumalla. Suorassa salamaniskussa joko sähköverkon johtimeen tai maadoitukseen osuu salama, joka aiheuttaa ylijännitteen. Johtimet ja maadoitus voivat kuitenkin myös induoida ylijännitteen itseensä, mikäli salamanisku osuu lähelle sähköverkkoa. Osuessaan maahan salamanisku itsessään jo aiheuttaa vaarajännitteitä ympärilleen, minkä lisäksi lähellä olevat sähköverkon osat aiheuttavat vaarajännitteen ympäristöönsä jännitteen indusoitumisen seurauksena. [3, s. 295–296.]

2.3 Sähkö- ja magneettikentät

Sähkövirrat aiheuttavat johtimien ympärille aina sähkö- ja magneettikentän. Sähkökentän voimakkuus riippuu jännitteen suuruudesta ja magneettikentän voimakkuus virran suuruudesta.

Induktion seurauksena jännitettä muodostuu osissa, joissa ei jännitettä muutoin olisi. Esimerkiksi ilmajohdossa, joka on samansuuntaisesti suurjännitejohdon lähellä voi olla kilovolttien jännite induktion seurauksena, vaikka ilmajohto olisi irrotettu sähköverkosta. Kun indusoitunut johto yhdistyy maan potentiaaliin,

pääsee indusoitunut jännite purkautumaan luoden ihmiselle ja kojeille vaarallisen sähkövirran. Induktion aiheuttamia potentiaaliaroja voidaan hallita maadoittamalla johtavat osat, jotta induktiota ei pääse tapahtumaan. [2, s. 102.]

Voimakas sähkö- ja magneettikenttä luo myös ihmisen kehoon sisäisiä sähkövirtoja, jotka voivat aiheuttaa aistimuksellisia oireita. Oireena voi olla esimerkiksi muutokset näkökentässä, mutta pysyvistä terveysvaikutuksista on kuitenkin alle 300 Hz:n taajuuksilla heikosti näyttöä [5, s. 468–472]. Kuvassa 2 on Säteilyturvakeskuksen määrittelemät sähkö- ja magneettikentän aiheuttamat oireet.

Sähkökentän voimakkuus	Vaikutus
> 200 kV/m	Hermostimulaatio (esimerkiksi lihasten nykiminen)
> 50 kV/m	Sietämättömäksi käyvä ihoärsytys
5–15 kV/m	Ihokarvojen ja vaatteiden liikkumisesta johtuva kutina ja ärsytys
5 kV/m	Sähkökentänvoimakkuuden suositusarvo (STM:n asetus 294/2002)
1–3 kV/m	Kipinäpurkauksia kosketettaessa suuria maasta eristettyjä esineitä (esim. auto)

Matalataajuisien sähkökenttien vaikutuksia 50 Hz taajuudella. Vaikutukset riippuvat voimakkaasti ympäristöolosuhteista ja altistuvan ihmisen anatomiasta, joten arvot ovat suuntaa-antavia.

Magneettivuon tiheys	Vaikutus
250 000 μT	Sydämen kammiovärinä
100 000 μT	Sydämen lisälyöntejä
30 000 μT	Hermostimulaatio (esimerkiksi lihasten nykiminen)
5 000 μT	Magnetofosfeeneja eli magneettikentän aiheuttamia välähdyksiä silmissä
100 μT	Magneettivuontiheyden suositusarvo (STM:n asetus 294/2002)
0,4 μT	Tilastollisia viitteitä lasten leukemian yleistymisestä

Matalataajuisien magneettikenttien vaikutuksia 50 Hz taajuudella.

Kuva 2. Säteilyturvakeskuksen [6] määrittelemä sähkö- ja magneettikentän vaikutus ihmiseen.

Suomessa sähköverkkojen johdoista saadut suurimmat arvot sähkö- ja magneettikentille ovat suoraan 400 kV:n sähköjohdon alla, 10 kV/m ja 10–20 μT [6].

3 Lait ja säädökset

Sähköverkkoyhtiöitä sitoo sähköturvallisuuslaki [7, 2.§]. Laissa veloitetaan sähkölaitteiston haltijaa noudattamaan sähköturvallisuusviranomaisen nimeämiä standardeja [7, 33.§]. Suomessa sähköturvallisuusviranomainen on

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Standardien tehtävä on luoda ohjeet, joita noudattamalla voidaan varmistaa sähköturvallisuus. Työssä tarkastellaan määräyksiä, jotka liittyvät turvaetäisyyksiin sähköverkon osiin sekä sähkö- ja magneettikenttiin.

Ilmajohdoille, joiden jännitetaso on yli 1 kV ja taajuus alle 100 Hz, sovelletaan yhteiseurooppalaista standardia SFS EN 50341-1:2014 [8] ja kansallista standardia SFS-EN 50341-2-7:2015 [9]. Kansallinen standardi täydentää ja määrittelee poikkeukset eurooppalaiseen standardiin esimerkiksi ottaen huomioon maalle tyypillisen ilmaston ja maaston. [8, s. 32.]

3.1 Turvaetäisyydet

Standardeissa SFS-EN 50341-1:2014 [8] ja SFS-EN 50341-2-7:2015 [9] on määritelty ulkoiset ja sisäiset etäisyydet sähköverkon jännitteisiin osiin. Ulkoiset etäisyydet tarkoittavat käytännössä etäisyyksiä kaikkeen muuhun kuin sähköverkon komponentteihin, ja sillä turvataan sähköverkon lähellä tapahtuva toiminta [8, s. 180]. Sisäiset etäisyydet tarkoittavat sähköverkon komponentteja, kuten johtimien ja pylväiden etäisyyttä toisiinsa sekä johtimien keskinäistä etäisyyttä toisiinsa [8, s. 176]. Risteämätöiden kannalta sisäisiä etäisyyksiä oleellisesti tärkeämpi tieto on ulkoiset etäisyydet, sillä sisäiset etäisyydet on otettu huomioon jo verkon suunnitteluvaiheessa eikä niihin kohdistu juuri muutoksia.

Standardi [9] määrittelee eri jännitetasojen etäisyydet sisäiset ja ulkoiset etäisyydet, jotka on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Etäisyydet eri jännitetasoilla [9, s. 18].

Nimellisjännite [kV]	D_{el} [m]	D_{pp} [m]
1...10	0,12	0,15
20	0,22	0,20
30	0,32	0,40
45	0,48	0,70
110	0,90	1,40
220	1,50	2,30
400	2,90	3,90

Taulukon arvo D_{el} tarkoittaa ulkoista etäisyyttä eli pienintä tarvittavaa ilmaväliä, jolla estetään ylilyönti vaihejohtimien ja maan potentiaalissa olevan osan välillä. D_{pp} tarkoittaa sisäistä etäisyyttä eli pienintä tarvittavaa ilmaväliä, jolla estetään vaihejohtimien välinen ylilyönti. Molemmat arvot määräytyvät nimellisjännitteen mukaan, ja arvo lisätään turvaetäisyyteen. D_{el} :n ja turvaetäisyyden yhdessä tulee turvata yleinen henkilöturvallisuus. [8, s. 180.]

Standardi [8] määrittelee myös edellä mainitun turvaetäisyyden, mikä lisätään nimellisjännitteen määrittelemään ulkoiseen etäisyyteen D_{el} . Turvaetäisyys määräytyy rakennelman tyypistä, maastonmuodosta tai vesistöistä sekä johdon tyypistä. Nämä etäisyydet vaihtelevat 0,5–10 m:n välillä ja ne on eritelty standardissa SFS 50341-1:2014 [8] sekä kansallisessa lisävaatimuksissa SFS 50341-2–7:2015 [9].

Poikkeuksena turvaetäisyyden määrittelemiseen ovat lämmitetyt rakennukset ja räjähdysvaaralliset ulkotilat. Näiden yläpuolelle ei saa ilmajohto ulottua millään etäisyydellä. [9, s. 20–21.]

Standardi [9] määrittelee myös turvaetäisyydet pylväille. Esimerkiksi pylvään etäisyys tulee olla tien reunaan vähintään kaksi metriä. Etäisyydellä suojataan pylvästä ja sen perustusta sekä maadoitusta. Poikkeuksia etäisyyteen kuitenkin voidaan tehdä, mikäli pylvään mekaanista suojausta on parannettu esimerkiksi törmäyssuojalla. [9, s. 21.]

Jännitetyön etäisyydet on määritelty standardissa SFS 6002:2015+A1:2018 [10]. Jännitetyöksi kutsutaan työtä, jossa tarkoituksellisesti kosketaan jännitteeseen osaan. Jännitetyöksi luetaan myös työ, missä tarkoituksellisesti joko kehon osa, työkalu tai varuste ulottuu jännitetyöalueelle. Jännitetyöalue on jännitteisiä osia ympäröivä alue, joka ulottuu jokaiseen suuntaan jännitteisestä osasta, ellei jännitteistä osaa ole muutoin suojattu. Suomessa käytetään jännitetyöalueiden määrittelemiseen kansallisen lisävaatimuksen mukaisia etäisyyksiä. [10, s. 54–55.] Kuvassa 3 on esitetty jännitetyöalueet eri jännitetasoilla.

Nimellisjännite U_N kV	Jännitetyöalueen ulkorajan mitta D_{L1} m	Jännitetyöalueen ulkorajan mitta ilmajohdoilla ¹⁾ D_{L2} m
≤ 1	Ei kosketusta	0,5
3	0,22	1,5 (1,0)
6	0,25	
10	0,35	
20	0,40	
30	0,56	
45	0,63	
110	1,0	1,5 (1,2)
220	1,6	2,0
400	2,5	3,5

¹⁾ Ilmajohdoilla suluissa oleva arvo tarkoittaa etäisyyttä suoraan jännitteisen osan alapuolella.

Kuva 3. Kansalliset jännitetyöalueen ulkorajan mitat SFS 6002:2015+A1:2018, liite Y.1 [10, s. 54–55].

Kuvassa 3 D_L tarkoittaa etäisyyttä jännitteisen osan uloimmasta kohdasta jännitetyöalueen ulkorajalle, ja ilmajohdoille sovelletaan etäisyyksiä D_{L2} . Esimerkiksi 110 kV:n ilmajohdolla jännitetyöalue ulottuu 1,2 metrin päähän johdon alapuolelle ja muihin suuntiin 1,5 metriä.

Sähköalan ammattihenkilön tai riittävästi opastetun henkilön suorittamaan sähkötyöhön lähellä jännitteisiä osia, mutta jännitetyöalueen ulkopuolella, sovelletaan standardin SFS 6002:2015+A1:2018 liitteen Z.1 [10] mukaisia vähimmäisetäisyyksiä. Etäisyydet on esitetty kuvassa 4.

Nimellisjännite U_N kV	≤ 1	3	6	10	20	30	45	110	220	400
Lähialueen ulkomitta D_V m	0,5	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	2,0	3,6	4,5

Kuva 4. SFS 6002:2015+A1:2018 Z.1 lähityöalueen ulkomitat muilla kuin ilmajohdoilla [10, s. 62].

Kuvan 4 lähityöalueella saa tehdä töitä vain sähköalan ammattihenkilö tai riittävästi opastettu henkilö. Kuvassa 4 D_V tarkoittaa etäisyyttä jännitteiseen osaan

muilla kuin ilmajohtoilla. Lähityöalueella tapahtuva työ ei kuitenkaan saa ylettyä jännitetyöalueelle. Liikkuvan tai siirrettävän koneen sekä liikuteltavan työvälineen vähimmäisetäisyyksiin sovelletaan SFS 6002:2015+A1:2018 liitteen Z.2 mukaisia vähimmäisetäisyyksiä. [10, s. 62.]

SFS 6002:2015+A1:2018 liite Z.2 [10] määrittelee kansallisissa vaatimuksissa vähimmäisetäisyydet liikkuville tai siirrettäville koneille ja liikuteltavan työvälineen työalueelle. Kuvassa 5 on esitetty edellä mainitut vähimmäisetäisyydet. [10, s. 63.]

Nimellisjännite kV	Vähimmäisetäisyys m	
	Avojohto tai muu paljas jännitteinen osa	Riippukaapeli
≤ 1	2(2)	0,5
> 1-45	3(2)	1,5
110	5(3)	
220	5(4)	
400	5(5)	

Kuva 5. SFS 6002:2015+A1:2018 liite Z.2 vähimmäisetäisyydet [10, s. 63].

Kuvassa 5 etäisyyksien suluissa oleva arvo tarkoittaa etäisyyttä johdon alapuolella. 110 kV:n avojohdolla vähimmäisetäisyydet ovat kolme metriä johdon alapuolella ja viisi metriä sivuilla. Sähköverkkoyhtiöiden vaatimat vähimmäisetäisyydet ulkopuolisille toimijoille perustuvat kyseiseen taulukkoon.

3.2 Sähkö- ja magneettikentät

Säteilyturvakeskus (STUK) [6] on antanut suositukset sähkö- ja magneettikentälle altistumiselle, mitkä perustuvat sosiaali- ja terveysministeriön antamaan asetukseen. STUK:n mukaan on syytä välttää pitkäaikaista altistumista sähkökentälle, joka on yli 5 kV/m, tai magneettikentälle, joka on yli 100 µT. Sähkö- ja magneettikenttä ollessa näin suuri, voidaan kyseisiä alueita kuitenkin käyttää esimerkiksi marjastamiseen, metsätöihin tai liikenneväylinä, mutta vältettävä

esimerkiksi yöpymistä. Yli 5 kV/m ja 100 μT :n suuruisia kenttiä esiintyy sähköverkon johtojen osalta vain suoraan 400 kV:n johtojen alapuolella.

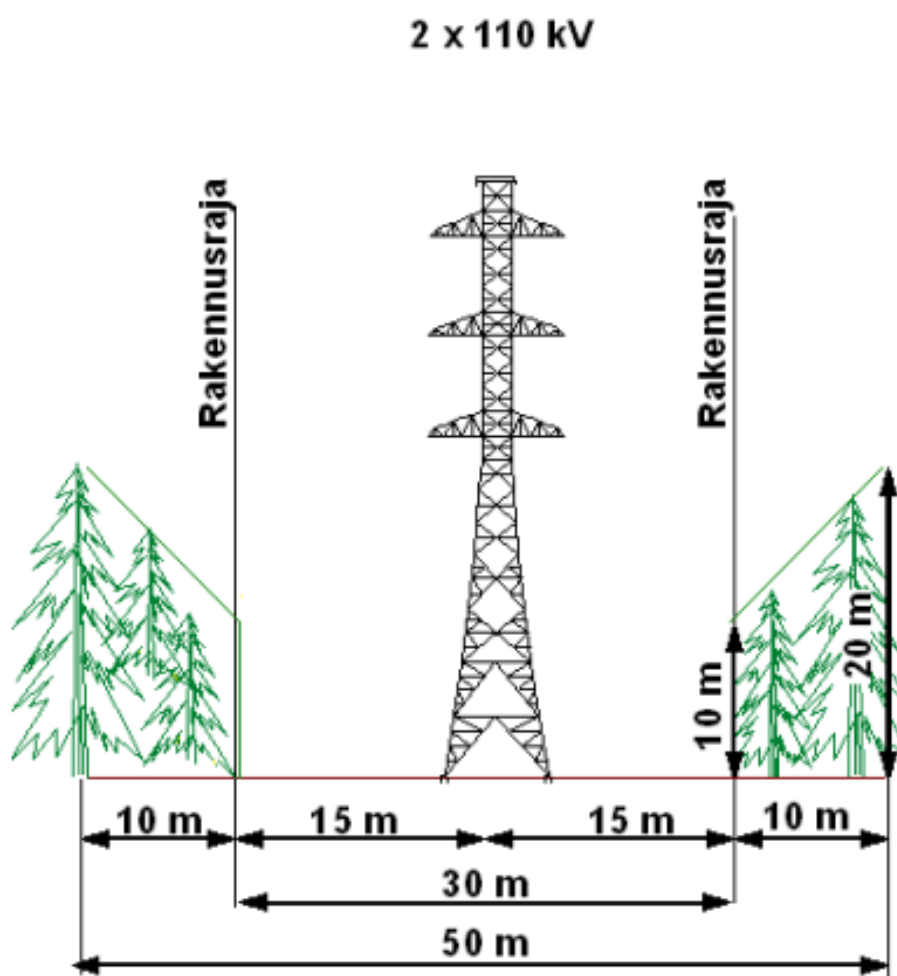
STUK [6] suosittelee myös välttämään lapsille tarkoitettujen rakennuksien rakentamista alueille, missä magneettikentän voimakkuus on yli 0,4 μT . Edellä mainittuja rakennuksia ovat esimerkiksi asuinrakennukset, koulut ja päiväkodit. Magneettikenttä voi nousta yli 0,4 μT :aan noin 100 m:n etäisyydellä 400 kV:n johdoista tai noin 40 m:n etäisyydellä 110 kV:n johdoista. Suositus perustuu viitteisiin lasten leukemian yleistymisestä suuremmilla magneettikentillä. [6.]

4 Johtoalue ja risteämä

Vantaa on nopeasti kasvava kaupunki, jossa rakennetaan paljon ja tiheästi. Rakennus- ja korjauskohteiden kohdalle osuu myös väistämättä sähköverkon rakenteita, sillä Vantaan alueella kulkee noin 3500 km VES:n jakeluverkkoa. VES:n oman sähköverkon lisäksi Vantaalla on myös Fingridin, Helen Sähköverkon, Carunan, Nurmijärven Sähkön ja Keravan Energian sähköverkkoja. Aina kun joudutaan toimimaan johtoalueella, on kyseessä risteämä. Risteämä voi esimerkiksi olla kävelytie, autotie, puisto, työmaa, yleisötapahtuma, rakennus tai aita.

4.1 Johtoalue

Johtoalueeksi kutsutaan aluetta, johon sähköverkkoyhtiö on lunastanut käyttöoikeuden. Lunastuksesta laaditaan lunastussopimus, ja se oikeuttaa sähköverkkoyhtiötä pitämään johtorakenteita alueella. Lunastussopimuksessa on määriteltä, mitä rajoituksia maankäyttöön sähköverkkoyhtiö voi asettaa. Sähköverkkoyhtiö ei kuitenkaan omista maata, vaikka lunastussopimus olisi tehty. Kuvassa 6 on esimerkki 110 kV:n johtoalueesta.

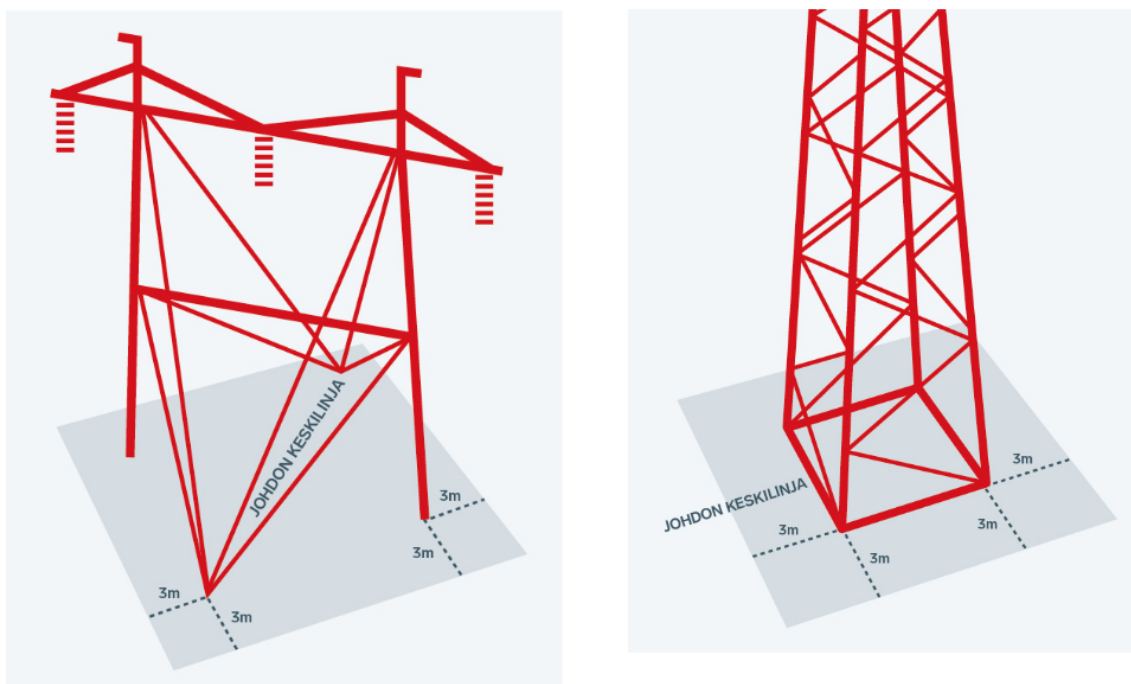


Kuva 6. Esimerkki 110 kV:n ilmajohdon johtoalueesta [11].

Risteämäksi kutsutaan kaikkea toimintaa, työskentelyä ja rakenteita, jotka ulottuvat johtoalueelle. Kuvan 6 tapauksessa johtoalueen leveys on 50 m, mikä pitää sisällään 30 m leveän rakennusrajan. Rakennusrajan sisäpuolelle ei lähtökohtaisesti saa rakentaa mitään. Alueelle on mahdollista kuitenkin rakentaa

pieniä rakennelmia, kuten matalia aitoja, liikenneväyliä tai valaisinpylväitä, mutta näistä tulee aina erikseen neuvotella sähköverkkoyhtiön kanssa. Koko johtoaluetta koskevat myös rakennusrajan ulkopuolella tietyt vaatimukset rakenteille ja puustolle, kuten suurin sallittu korkeus. Johtoalueen ja rakennusrajoitusalueen leveys määritellään aina erikseen sähköverkkoyhtiön ja maanomistajan välisessä lunastussopimuksessa. Myös maakaapeleiden sijoituksesta tehdään lunastussopimuksia. Maakaapeleiden johtoalueet ovat kuitenkin huomattavasti pienempiä kuin ilmajohtojen. Esimerkiksi 110 kV:n maakaapelin johtoalue voi olla noin kuusi metriä leveä.

Sähköverkkojen pylväitä suojaa pylväsala. Pylväsala ulottuu kolmen metrin päähän kaikkiin suuntiin pylväästä. Pylvääksi katsotaan sisältyvän myös pylväiden harukset. Kuvassa 7 on kahden eri pylvästyypin pylväsalat.



Kuva 7. Pylväsala harustetulla kaksijalkaisella pylväällä ja vapaasti seisovalla yksijalkaisella pylväällä [12].

Pylväsalan alueella ei saa liikkua työkoneella, kaivaa tai läjittää maata. Tällä suojataan pylvään perustuksia ja maadoituksia. Pylväisiin ei saa myöskään kiinnittää mitään.

4.2 Risteämälausunto

Risteämälausunto on dokumentti, joka antaa tarkemmat raamit ja ohjeet risteämäl alueella toimimiseen. Risteämäl alueella tarkoitetaan johtoaluetta sekä sen välitöntä läheisyyttä, missä risteämä tapahtuu. Risteämäl ausunto sisältää ohjeistuksen vähimmäisetäisyyksiin sähköverkon osista, kuten johdoista ja pylväistä. Lausunnossa voidaan antaa myös vaatimuksia esimerkiksi työkoneiden maksimikorkeudelle, jotta vähimmäisetäisyydet sähköverkon osiin voitaisiin varmuudella säilyttää. Risteämäl alueella toimivat henkilöt eivät usein ole sähköalan ammattilaisia, joten hyvin yksityiskohtainen ja tarkka ohjeistus on tarpeen

Risteämistä tulisi aina tehdä risteämäl ausuntopyyntö sähköverkon haltijalle, jotta sähköverkkoyhtiö voi laatia reunaehdot rakentamiselle ja ohjeistaa risteämäl alueella toimimisessa. Kaikista risteämäl ausuntopyynnöistä ei anneta lausuntoa, vaan välillä riittää pelkkä ohjeistus. Pelkkä ohjeistus annetaan, kun työtä tekeväille tai johdolle ei kohdistu vaara. Vaaraa ei katsota kohdistuvan, jos työ tapahtuu riittävän etäällä johdoista, eikä rakennusrajoitusalueelle tarvitse rakentaa. Kun sähköverkkoyhtiö on tietoinen risteämistä, osaa se varautua esimerkiksi vikatilanteisiin ja valvoa vähimmäisetäisyyksiä sähköverkon osiin sekä tiedottaa kytkentätilanteesta. Risteämäl ausuntopyyntö tulisi tehdä, vaikka rakennelma olisi jo hyväksytty kaavoituksessa ja sähköverkkoyhtiö kommentoinut sitä. Kaupunki voi myös vaatia rakennuslupaa hakiessa risteämäl ausuntopyynnön tekemistä.

Risteämäl ausuntopyynnot tulevat usein varhaisessa vaiheessa suunnittelua, jolloin kaikkia tietoja hankkeesta ei aina ole olemassa. Pyynnöstä tulisi kuitenkin käydä ilmi mahdollisimman tarkasti risteämän sijainti, alustava aikataulu, selite mitä alueella tullaan tekemään, sekä yhteyshenkilöiden tiedot. Tämän lisäksi työmaan urakoitsijalta olisi hyvä saada tieto, kun työt aloitetaan risteämäl alueella sekä kun työt on saatu valmiiksi alueella.

Sähköverkkoyhtiöt antavat paikallisopastusta risteämäl alueille, jos sähköverkkoyhtiö tai risteämäl alueen urakoitsija kokee sen tarpeelliseksi.

Paikallisopastuksessa asiantuntija tulee sähköverkkoyhtiöltä opastamaan paikan päälle, mitä alueella tulisi ottaa huomioon, ja miten toimia sekä osoittamaan suurimmat vaaratekijät.

Risteämälauseuntojen lisäksi verkkoyhtiöt tekevät sopimuksia alueen käytöstä johtoalueilla. Esimerkiksi paikoitusalueesta tehdään sopimus verkkoyhtiön ja paikoitusalueen omistajan välillä, missä määritellään sopimuksen kesto, tarkat raamit rakentamiselle ja vastuunjako. Sopimuksien kesto on yleensä kymmeniä vuosia.

5 VES:n nykytilanne risteämälauseunnoissa

Risteämätöihin liittyvät puutteet ilmenivät osittain kesän 2022 vikatilanteessa. Risteämälauseunto oli annettu työmaalle vuonna 2019, ja se oli tallennettu VES:n verkkoasemalle. Annetusta risteämälauseunnosta oli tietoinen ainoastaan siirtoverkon kunnossapito, mutta itse risteämätöiden aloituksesta ei ollut VES:lla tietoa.

Vikatilanne syntyi, kun työkone osui tavaraa siirtäessä 110 kV:n siirtojohtoon aiheuttaen laajan sähkökatkon. Risteämälauseunnossa oli ohjeistettu työmaata olemaan yhteydessä VES:n kunnossapitoon tai käyttökeskukseen, jos siirtojohtoon lähellä joudutaan työskentelemään. Työmaan vikatilanteeseen antaman lauseunnon mukaan työkoneen kuljettaja ei ollut tietoinen ohjeistuksesta ja oli olettanut 110 kV:n siirtojohtoon olevan jännitteetön. Alueen 20 kV:n maakaapelit oli otettu jännitteettömäksi VES:n jakeluverkon kunnossapidon toimesta. Vikatilanteen korjaamista vaikeutti ja hidasti tiedon puute risteämistä. Jälleenkytkentää varten olisi ollut tärkeää myös tietää kyseisellä johdolla sijaitsevat risteämätöiden.

Vikatilannetta tarkasteltaessa voi tulla tulokseen, että etenkin risteämien hallinnassa VES:lla on puutteita. Risteämätöiden hallinnalla tarkoitetaan risteämien etenemisen seuranta sekä lauseuntojen arkistointia. Risteämätöiden seurantaan ei nykyisellään ole mitään toimintatapaa tai ohjeita olemassa. Risteämien

hallinta mahdollistaisi, että muutkin kuin risteämälausunnon antaja olisivat tietoisia risteämistä. Usein ajantasaisin tieto risteämästä löytyy verkkoasemalle arkistoidusta lausunnosta. Lausunnot kuitenkin annetaan yleensä niin aikaisessa vaiheessa suunnittelua, että niistä ei voi saada varmaa ja ajantasaista tietoa risteämän nykytilasta.

Ohjeita ei ole myöskään risteämää suunnittelevalle taholle. Risteämää suunnitteleva taho voi olla esimerkiksi rakennussuunnittelija. Ohjeet verkkosivuilla voisivat mahdollisesti lisätä tietoisuutta risteämälausuntojen tarpeellisuudesta. Lausuntoja pyydetään tällä hetkellä suurimmasta osasta risteämätöitä, mutta ei kuitenkaan kaikista.

VES:lla ei myöskään ole risteämälausuntoja antavalle taholle yrityksen sisäisesti mitään yleistä ohjetta, vaan lausuntojen nykyinen malli pohjautuu jossain määrin Fingridin aikaisempiin risteämälausuntoihin. Lausunnot ovat tästä huolimatta kattavia, ja niissä on huomioitu asiat, jotka on kokemukseräisesti havaittu tärkeiksi.

VES tilaa myös ulkopuoliselta toimijalta johtojen kartoitusta, jossa pyydetty osa sähköverkosta kartoitetaan. Tuloksena saadaan ilmajohtoista johtoprofiili sivulta ja ylhäältä päin, mistä käyvät ilmi ympäristön tarkat etäisyydet sähköverkkoon ja mahdollisesti ilmoittamatta jääneet risteämät. Ilmajohtojen johtoprofiili on jo rakennusvaiheessa dokumentoitu, mutta mahdolliset muutokset ympäristössä päivittyvät vasta johtoprofiilin kartoituksen yhteydessä. Maanalaiset kaapelit dokumentoidaan Vantaan karttapalveluun niiden rakentamisen yhteydessä, eikä niitä kartoiteta sen jälkeen, ellei kaapeleita siirretä tarkoituksella.

5.1 110 kV:n lausunnot

Kaikki 110 kV:n lausuntopyynnöt ohjataan siirtoverkon kunnossapitopäällikölle, ja vastuu risteämälausunnoista siirtoverkon osalta kuuluu hänelle. Lausuntopyyntöjä tulee tällä hetkellä satunnaisesti eri henkilöille yrityksen sisällä, mistä ne ohjataan aina siirtoverkon kunnossapitopäällikölle. Lausuntopyyntöihin

annetaan lausunto, joka on pääsääntöisesti voimassa viisi vuotta, mutta voimassaolon aikaa voi muuttaa tapauskohtaisesti. Annettu lausunto ja lausuntopyyntö suunniteltuihin arkistoidaan verkkoasemalle, jonne on pääasiassa pääsy VES:n käyttö- ja kunnossapitoyksikön työntekijöillä. Mikäli 110 kV:n alueella on myös 0,4 tai 20 kV:n johtoja, annetaan samassa lausunnossa näihin ohjeet.

Lausunnoissa on kerrottu kattavasti ohjeet, raamit sekä mahdolliset vaatimukset alueella toimimiseen. VES:lla on käytössä myös paikallisopastus risteämäalueille, jotta voidaan taata yleinen turvallisuus ja turvata verkkoyhtiön omaisuus. Paikallisopastuksesta laaditaan perehdyttämisdokumentti, jonka allekirjoittaa paikallisopastuksen antanut sekä saanut henkilö.

Risteämässä, joissa joudutaan toimimaan lähellä johtoja, voidaan laatia myös turvallisuusilmoitus. Turvallisuusilmoituksia ei laadita kuitenkaan kaikista risteämätöistä. Risteämässä, joissa voidaan toimia tarpeeksi etäällä johdosta, ei tehdä turvallisuusilmoitusta. Turvallisuusilmoitus on lomake, johon kartoitetaan kohteen turvallisuusriskit. Turvallisuusilmoituksilla ilmoitetaan myös mahdollinen sähkönsiirron keskeytyksen tarve risteämäalueella. Keskeytyksen tarpeellisuuden päättää risteämälausunnon antaja. Keskeytys pyritään suunnittelemaan siten, että sähkö siirretään muita reittejä pitkin eikä asiakkaille koidu sähkökatkosta. Turvallisuusilmoitukset lisätään DMS-järjestelmään, josta esimerkiksi käyttökeskus voi nähdä kaikki sähköverkkoa koskevat tapahtumat.

VES:n 110 kV:n johdot kulkevat ajoittain myös samaa johtokatua tai yhteisissä pylväissä Fingridin ja Helen Sähköverkon johtojen kanssa. Johtokaduilla ja yhteispylväillä, joissa kulkee VES:n, Helen Sähköverkon (HSV) ja Fingridin johtoja, vastaa jokainen verkonhaltija omalta osaltaan lausunnon antamisesta. Poikkeuksena ovat alueet, joissa on erikseen sovittu, että Fingrid antaa lausunnon VES:n ja HSV:n puolesta, sekä alueet, joissa VES antaa HSV:n puolesta lausunnon. Kaikista risteämälausunnoista, jotka koskevat VES:n omia johtoja ja yhteisjohtoalueita, löytyy kopio VES:n verkkoasemalta.

5.2 20 ja 0,4 kV:n lausunnot

Risteämäläusuntoja ei ole 0,4 ja 20 kV:n jännitetasoilla käytössä. Lausunnot sähköverkon huomioon ottamisesta annetaan asemaakaavan suunnitteluvaiheessa. Asemakaavaa suunniteltaessa laaditaan osallistumis- ja arviointisuunnitelma OAS, johon kunnallistekniikasta pyydetään lausunto. VES ja VE antaa lausunnon koskien sähkö- ja kaukolämpöverkkoja. VES:n osalta lausunnoista vastaa jakeluverkon yleissuunnitteluinsinööri ja VE:n kaukolämpöverkon osalta kaukolämmön yleissuunnitteluinsinööri. OAS:aan annetussa lausunnossa on myös mahdolliset 110 kV:n osuudet huomioitu, mutta näistä on lausunnossa ohjeistettu erikseen tekemään vielä risteämäläusuntopyyntö, mikäli joudutaan menemään lähelle 110 kV:n johtoalueita.

Kaavoittaja ottaa kaikkien eri tahojen lausunnot huomioon ja laatii asemakaavan. Kaavoitusta laadittaessa muun muassa sähköverkon olemassa oleva ja tuleva osuus on otettu huomioon ja sille on tehty tarvittavat tilavaraukset esimerkiksi muuntamoiden osalta. Jos kuitenkin jo olemassa olevan maakaapelin tai ilmajohdon lähellä joudutaan työskentelemään, on VES:n verkkosivuilla ohjeistus olla yhteydessä jakeluverkon kunnossapitoon. Kunnossapidosta annetaan ohjeet johtojen lähellä toimimiseen ja suunnitellaan tarvittavat sähkökatkot, mutta varsinaista risteämäläusuntoa ei anneta.

OAS-lausuntoihin käytetään OneNote-ohjelmaa, johon VES ja Vantaan Energia antaa omat lausuntonsa. Lausunto lähetetään kaavoittajalle yhteisenä dokumenttina. Dokumentti arkistoidaan valmiiden kaavojen kanssa verkkoasemalle.

6 Fingridin toimintamalli risteämäläusunnoissa

Työhön on haastateltu yhtä Fingridin erikoisasiantuntijaa työryhmästä, joka antaa Fingridin risteämäläusunnot koko Suomen alueelta. Fingridille tulee vuosittain niin paljon risteämäläusuntopyyntöjä, että lausuntoja ja risteämien hallintaa varten on erikseen työryhmä. Fingrid antaa oman verkon osalta risteämäläusunnot lähes jokaisesta lausuntopyynnöstä. Poikkeuksena ovat työt, joissa

johtoalueelle tai sen läheisyyteen ei tule mitään uutta, vaan alueella puretaan vanhaa tai huolletaan jo olemassa olevia rakenteita. Tällöin annetaan pelkkä yleinen ohjeistus voimajohtojen lähellä toimimiseen. [13.]

Fingridin verkkosivuilla on vuoden 2023 alusta alkaen ollut käytössä lomake lausuntopyyntöjä varten, jota kautta tulee noin puolet kaikista lausuntopyynnöistä. Fingrid on kokenut lomakkeen olevan hyödyllinen, ja etenkin ensimmäistä kertaa risteämälausuntopyyntöä tekevät lähestyvät Fingridiä lomakkeen kautta. Kaikista risteämistä kuitenkin Fingrid ei saa lausuntopyyntöä, vaan nämä voivat ilmetä esimerkiksi kasvustokatselmuksien yhteydessä. Useimmiten johtoalueita käytetään luvatta varastoimiseen. [13.]

Jännitetasosta riippumatta kaikki risteämälausunnot ovat samankaltaisia ja ne sisältävät ohjeet turvalliseen toimiseen alueella, etäisyydet johtoihin ja pylväisiin sekä vaatimukset mahdollisten rakenteiden osalta. Kaikissa risteämälausunnoissa on laskettu myös vaarajännitteet alueella. Lausunnoissa on ohjeistus lähettää valmiista risteämistä valmistumisilmoitus Fingridille kartoitusta varten. Risteämän urakoitsija huolehtii aina maanalaisten rakenteiden kartoittamisesta ja toimittaa valmiit kartoitukset Fingridille. Risteämän aloituksesta ei ole erikseen ohjeistettu ilmoittamaan. Valmistumisilmoituksen ohjeesta huolimatta ilmoituksia ei saada kaikista risteämistä. [13.]

Risteämälausunnon liitteenä ovat aina myös yleinen ohje ilmajohtojen lähellä työskentelystä, yleinen louhintaohje sekä risteämäalueen suunnitelma. Mikäli louhintaa joudutaan tekemään voimajohtojen lähellä, on siitä liitteenä olevassa ohjeessa ohjeistettu toimittamaan kirjallinen suunnitelma Fingridille. [13.]

Lausunnot ovat pääsääntöisesti voimassa kaksi vuotta. Jos töitä risteämäalueella ei ole aloitettu kahden vuoden sisällä, tulee tehdä uusi lausuntopyyntö. Jos risteämäalueelle ei ole tullut muutoksia, antaa Fingrid yleensä vain lisäaikaa vanhalle lausunnonle. Vaarajännitteet kuitenkin saatetaan laskea uudelleen, mikäli alkuperäisestä lausunnosta on kulunut aikaa. [13.]

Annetut risteämälausunnot ja sopimukset johtoalueiden käytöstä merkitään karttapohjaan Sitowisen palvelun avulla. Kartalla risteämien kohdalla lukee lyhyt kuvaus risteämästä sekä arkistotunnus, jolla lausunnon löytää verkkoasemalta. Risteäminen tilan pitäminen karttapohjalla ajan tasalla on vaikeaa, sillä Fingridillä ei ole tietoa, mitkä kaikki risteämät ovat toteutuneita. Pääsääntöisesti Fingrid ei erikseen valvo risteämiä. Yksittäisissä risteämissä saatetaan pitää aloitus- ja loppukatselmus, etenkin jos alueella tehdään louhintatöitä. Sopimuksia johtoalueiden käytöstä tehdään käytännössä vain paikoitusalueista. [13.]

7 Kehittämisideat VES:n toimintaan

Opinnäytetyön tekemä katsaus risteämälausuntojen nykytilaan ja Fingridin toimintaan on tuonut esille kehitysehdotuksia VES:n toimintaan. Kehitysehdotuksia syntyi ohjeistukseen, lausunnon sisältöön ja risteämien seurantaan.

7.1 Ohjeet

Ensimmäinen kehitysehdotus on lisätä VES:n verkkosivuille ohje voimajohtojen lähellä toimimisesta, mikä sisältäisi ohjeet myös risteämälausuntopyynnön tekemiseen. Tällä hetkellä VES:n verkkosivuilla ei ole ohjeita voimajohtojen lähellä toimimisesta eikä risteämälausuntopyynnön tekemisestä. Tietoa voimajohtojen vaikutuksesta toimintaan saattaa etsiä esimerkiksi risteämää suunnitteleva taho tai työkoneen kuljettaja, joka työskentelee risteämäalueella. Yleensä ensimmäinen paikka, mistä etsitään tietoa voimajohdoista, ovat alueellisten sähköverkkoyhtiöiden kotisivut.

Ohjeet VES:n verkkosivuilla voisivat sisältää yleisiä turvallisuusohjeita alueella toimimiseen, varoetäisyyksiä johtoihin, pylväsalan vaatimuksia, toiminta vikatilanteessa ja ohjeet risteämälausuntopyynnön tekemiseen.

Risteämälausuntopyynnön ohjeissa kerrottaisiin, mitä tietoja pyynnön tulisi sisältää. Näitä tietoja voisivat olla risteämän sijainti, alustava aikataulu, lyhyt selite alueen suunnitelmista ja pyynnön lähettäjän yhteystiedot. Lausuntopyyntöön

ohjeiden lisäksi sivuilla olisi myös risteämäläusunnoista vastaavan yhteystiedot, jotta risteämäläusuntopyynnöt tulisivat suoraan oikealle henkilölle. Ohjeiden sijasta toinen vaihtoehto risteämäläusuntopyynnöille olisi lomake täytettäväksi. Kuvassa 8 on mallinnettu risteämäläusuntopyyntölomake.

Nimi*

Sähköposti tai puhelinnumero*

Ajankohta
pp.kk.vvvv

Lyhyt kuvaus mitä alueella tullaan tekemään.
Tarkemmat suunnitelmat voi lähettää myöhemmin.*

Risteämän sijainti*

*Pakollinen tieto

Kuva 8. Risteämäläusuntopyyntölomakkeen esimerkki.

Kuvassa 8 mallinnetussa lomakkeessa pyydetään lausunnon pyytäjältä yhteystietoja ja lyhyttä selitettä suunnitelmasta aikatauluineen. Risteämän sijainti osoitetaan lomakkeessa merkitsemällä karttapohjaan risteämän sijainti. Kartta on helpoin tapa osoittaa risteämän tarkka sijainti, sillä voimajohto saattaa kulkea alueella, jolla ei ole nimettyjä teitä, eikä lomaketta täyttävä välttämättä tiedä pylvasnumeroita. Lomakkeen yhteyteen voisi liittää myös risteämää pyytävän tahon suunnitelmat. Täytetty lomake tulisi automaattisesti risteämäläusunnoista vastaavalle esimerkiksi sähköpostiin.

Risteämäläusuntopyyntölomake ja -ohje eivät sulje toisiaan pois, mutta niissä on paljon päällekkäisyyksiä. Nettisivulla voisi olla johtojen lähellä työskentelyn ja risteämäläusuntopyynnön tietojen lisäksi liitetiedostona myös *Tiedä ennen kuin toimit sähköverkon läheisyydessä* -esite. Esitteen ovat tehneet yhteistyössä

sähköverkkoyhtiöt, ja se sisältää yleisiä tietoja sähköverkon lähellä turvallisesta toimimisesta.

7.2 Risteämälausunnon sisältö

Toinen kehitysehdotus on lisätä risteämälausuntoon kohta, jossa pyydetäisiin ilmoitusta risteämätöiden tilan muutoksesta, kuten risteämätöiden aloituksesta tai valmistumisesta. Ilmoitukseksi riittäisi esimerkiksi pelkkä sähköposti VES:lle. Tällöin VES:lla olisi jonkinlainen tieto risteämien ajantasaisesta tilasta. Lisäksi tämä helpottaisi ylläpitämään tietoja risteämien tilasta. Kyseisen ilmoituksen toteuttamisesta on keskusteltu risteämäläydellä työskentelevien urakoitsijoiden kanssa. Heidän mielestään kyseiset ilmoitukset olisi mahdollista toteuttaa, mikäli ohje ilmoittamisesta on vain kirjattu risteämäläydykseen. Fingridin risteämäläydyksissä on ohjeistettu ilmoittamaan valmistuneesta risteämästä, mutta tästä huolimatta ilmoituksia tulee vähän [13].

7.3 Risteämien hallinta

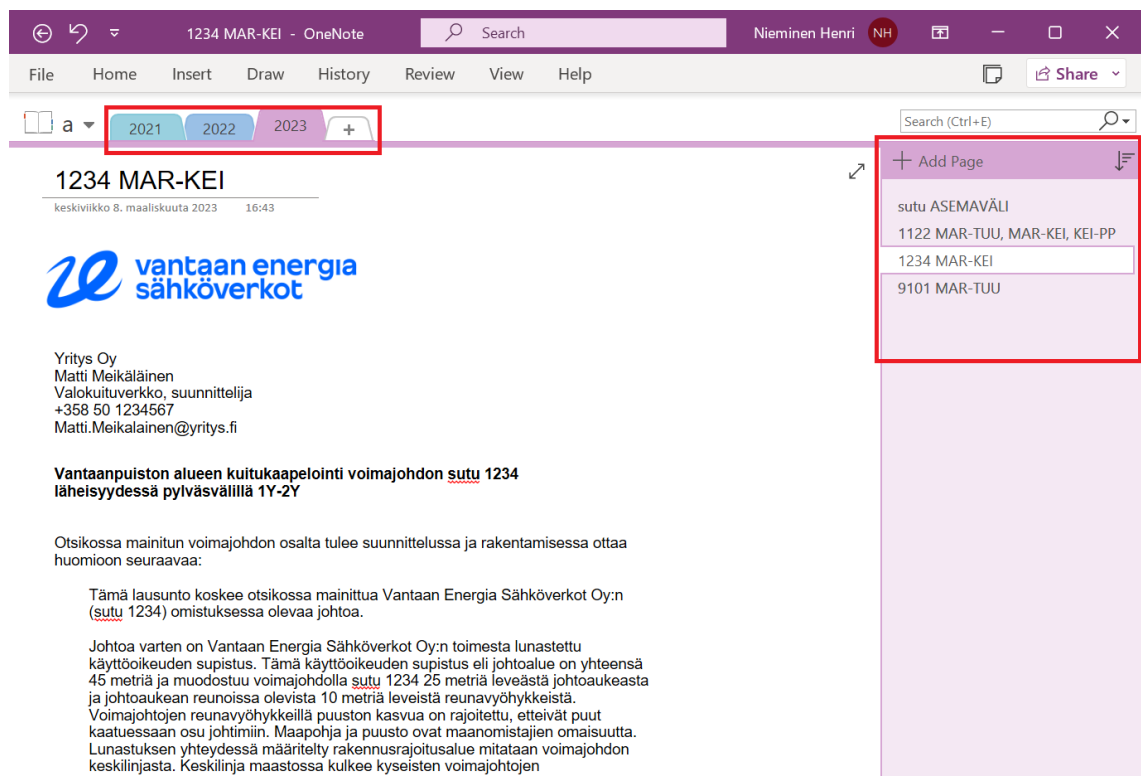
Kolmas kehitysehdotus liittyy tapaan seurata risteämäläydyksiä. Nykyisellään lausunnot on arkistoitu verkkoasemalle vuosiluvun mukaisesti. Vuosiluvun takana lausunnot on lajiteltu alakansioihin, jotka on eritelty sen mukaan, millä voimajohtolla risteämä sijaitsee. Tämä edellyttää, että tulisi tietää, milloin lausunto on annettu, jotta sen voisi löytää. Ratkaisuna tähän risteämäläydyksistä tulisi luoda koonti, esimerkiksi OneNotella tai Excelillä. Risteämät voisi myös merkitä karttapohjalle näkyviin, kuten Fingrid tekee [13].

7.3.1 OneNote

Risteämäläydyksien antamiseen voisi käyttää OneNote-ohjelmaa, jolloin kaikki risteämäläydykset löytyisivät yhdestä tiedostosta ja niitä olisi helppo selailta sieltä. Samalla tavalla VES antaa tällä hetkellä asemakaavamuutoksia koskevat lausunnot.

Risteämäkohtaiset kansiot säilyisivät verkkoasemalla, mutta Word-ohjelman sijasta risteämälausuntoja laadittaisiin OneNote-ohjelmalla. OneNotessa annetut risteämälausunnot saadaan tuotua ohjelmasta ulos pdf-tulosteeksi käyttämällä export-toimintoa. Ohjelmasta tuotu risteämälausunto jää OneNoteen talteen omalle sivulle, ja tulostettu versio voidaan arkistoida risteämän omaan kansioon verkkoasemalle.

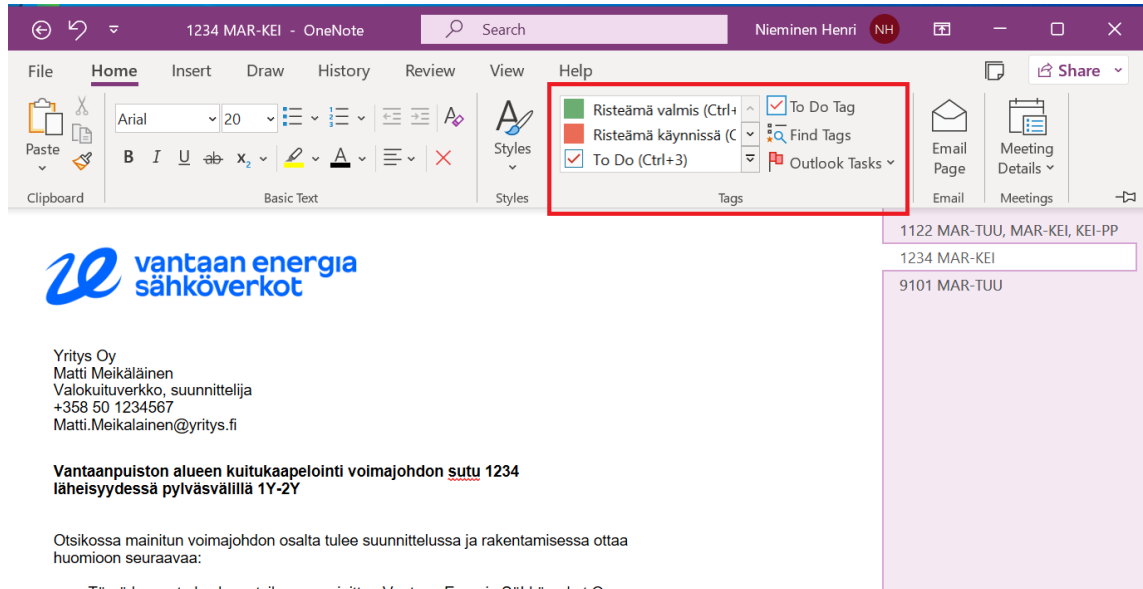
Lausuntojen löytyminen yhdestä OneNote-tiedostosta mahdollistaisi myös risteämien seurannan paremmin. Jokaiselle risteämälausunnolle luodaan oma sivu ja vuodelle oma osa OneNotessa, kuten kuvassa 9 on esitetty. Osat ja sivut on ympäröity kuvassa punaisella.



Kuva 9. OneNote-näkymä [14].

Kuvassa 9 on jokaiselle vuodelle luotu oma osa ja jokainen osa sisältää sivuja. Jokaiselle risteämälausunnolle luodaan osan sisälle oma sivu, joka on nimetty johdon suunnittelutunnuksen ja asemavälin mukaan. Sivulle laaditaan risteämälausunto samaan tapaan kuin Word-ohjelmalla.

OneNotessa voi merkitä sivuja eri tunnuksin ja tunnuksia voi luoda myös itse. Englanninkielisessä versiossa tunniste on tag. Kuvassa 10 on näytetty tunnusten käyttäminen. Home-välilehdeltä löytyy Tag-osio, mistä voi lisätä, muokata ja hakea tunnuksia.



Kuva 10. Tunnisteiden käyttö [14].

Kuvassa 10 on luotu kaksi omaa tunnistetta, Risteämä käynnissä -tunniste punaisella neliöllä sekä Risteämä valmis -tunniste vihreällä neliöllä. Tunnisteiden käyttö auttaa seuraamaan, mitkä risteämistä ovat käynnissä ja mitkä valmiita. Tunnisteiden avulla voi myös suodattaa sivuja. Suodatus tapahtuu Tag-osion Find Tags -toiminnolla. Sivujen suodatus on esitetty kuvassa 11.

The screenshot shows a OneNote window with a search bar at the top. The search results are displayed in a list on the right side of the page. The 'Tags Summary' panel on the right shows the search results for the tag '1234 MAR-KEI'. The panel includes a search bar, a 'Refresh Results' button, and a 'Create Summary Page' button. The search results are grouped by tag name, and the '1234 MAR-KEI' tag is highlighted in red. The '1122 MAR-TUU, MAR-KEI, KEI-PPA' tag is highlighted in green. The 'Tags Summary' panel also includes a 'Search completed' message and a 'Group tags by:' dropdown menu.

Kuva 11. Tunnisteiden suodatus [14].

Kuvassa 11 näkyy oikeassa reunassa listattuna sivut tunnisteiden mukaan. Kyseisessä tilanteessa on suodatettu listalle vain ne sivut, joissa on tunniste. Suodatus näyttää, että asemavälin MAR–TUU risteämä on valmis ja asevälin MAR–KEI risteämä on käynnissä. Aluetta, jota suodattaa pystyy myös muokkaamaan. On mahdollista suodattaa esimerkiksi käynnissä olevat risteämät näkyviin vain tietyltä vuodelta tai kaikilta vuosilta. Lisäksi OneNoten hakupalkkiin kirjoittamalla voi etsiä esimerkiksi tietyn asemavälin risteämäläusuntoa, jolloin ohjelma näyttää kaikki risteämäläusunnot, jotka sille asemavälille on annettu.

7.3.2 Excel

Toinen tapa koota annetut risteämäläusunnot yhteen on Excel-tiedosto. Risteämäläusunnot annetaan Wordissa kuten ennenkin, mutta annetuista lausunnoista merkittäisiin myös Exceliin joitain tietoja. OneNoteen verrattuna Excelillä voi suodattaa ja järjestellä monipuolisemmin risteämiä. Excelillä onnistuu esimerkiksi monta päällekkäistä suodatusta. Lisäksi opinnäytetyön selvityksessä kävi ilmi, että käyttökeskuksen ja käytönsuunnittelun on helpompi käyttää

Exceliä kuin OneNotea. Tietokannan ylläpitäminen Excelissä vaatii kuitenkin risteämäläusunnon antajalta ylimääräistä työtä. Wordissa laadituista risteämäläusunnoista halutut tiedot täytyy syöttää erikseen Excel-taulukkoon. Kuvassa 12 esimerkki Excel-taulukosta ja siihen halutuista tiedoista.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Sutu	Asemaväli	Risteämän tila	Lausuntopvm.	Aloituspvm. Arvio	Yhteyshenkilö	Yhteystiedot	Kuvaus
2	5431	KEI-PPA	Valmis	12.2.2020	2.12.2021	Martti Mainos	010 112 3344	Mainostalun rakennus
3	1111	MAR-KEI	Käynnissä	17.3.2023	1.1.2024	Masa Mainio	050 123 4567	Kaivutyö
4	1234	MAR-KEI	Käynnissä	17.3.2023	2.2.2024	Matti Meikäläinen	050 111 2222	Aidan rakentaminen
5	2222	TUU-KEI		17.3.2023	2.2.2024	Erkki Esimerkki	0401232144	Puiston rakentaminen
6	1234	MAR-KEI	Käynnissä	17.3.2023	5.5.2024	Riikka Risteämä	050 222 1234	Vesijohtoverkon työmaa
7	1111	MAR-KEI		17.3.2023	2.12.2024	Heikki Henkilö	+358 50 222 333	Telekaapelin rakennus
8								
9								
10								

Kuva 12. Excelin käyttö risteämien hallintaan [15].

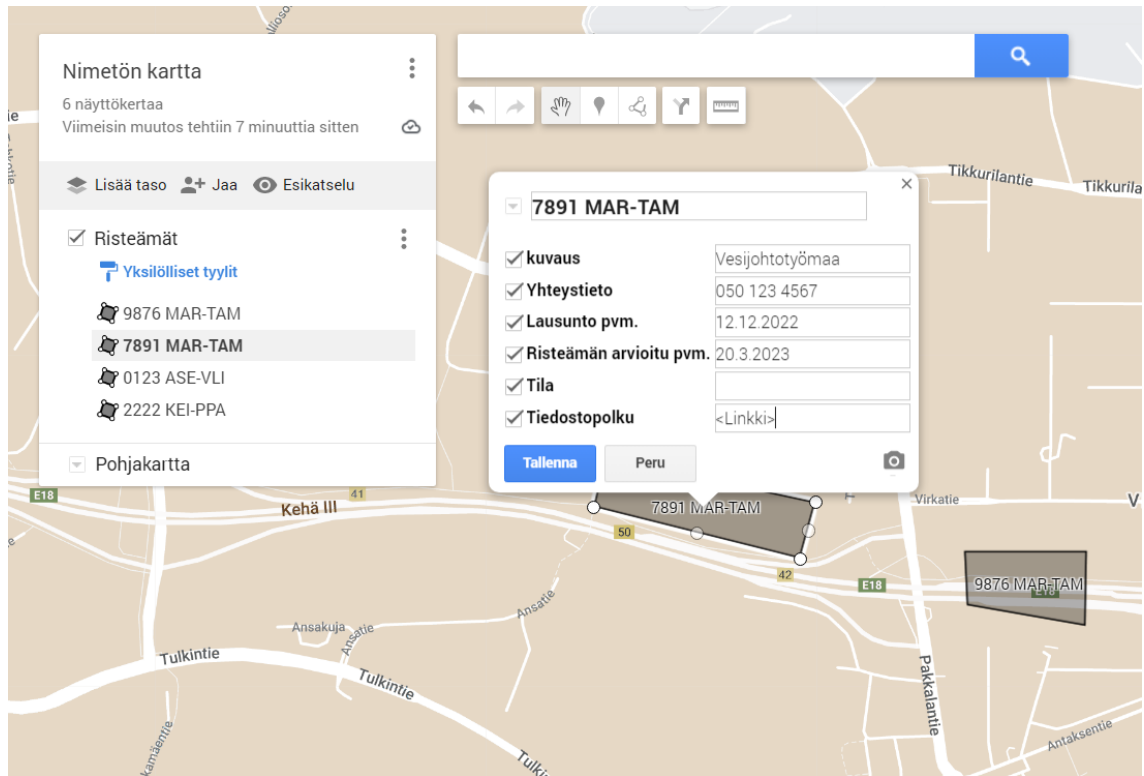
Kuvassa 12 on jokaisesta annetusta risteämäläusunnosta luotu oma rivi. Risteämän sijainti merkitään asemavälin mukaan ja tarkempi sijainti saadaan selville sutusta. Sutu tarkoittaa suunnittelutunnusta, millä pystytään erittelemään siirtoverkon tarkka pylväsväli. Risteämästä kirjataan myös lyhyt kuvaus sekä arvioitu ajankohta risteämälle. Taulukossa on myös mahdollista merkitä risteämän tilatieto näkyviin, jos se on tiedossa. Jokaisen risteämän riville voi myös linkittää tiedostopolun risteämän kansioon, josta löytyy annettu risteämäläusunto ja alueen suunnitelmat.

7.3.3 Karttapohja

Risteämien seuranta on mahdollista toteuttaa myös karttapohjan avulla. Esimerkiksi Fingrid merkitsee jokaisen risteämän karttapohjalle. Fingrid käyttää Sitowisea karttapohjan toteuttamiseen. [13.]

Tässä opinnäytetyössä esitellään Googlen My Maps -sovellusta. My Maps -sovellus on maksuton, ja siinä voi tehdä merkintöjä Googlen karttapohjalle sekä jakaa niitä myös muille nähtäväksi. Sovellus on helppo tapa visualisoida risteämät kartalla, mutta risteämien suodattaminen ei juuri ole mahdollista. Sovelluksen käyttö kuitenkin vaatii Google-tilin ja selvityksen tietoturvasta. Karttapohja ei myöskään valmiiksi osaa näyttää VES:n siirtoverkkoja, joten ne tulee itse lisätä sovellukseen omalle tasolle. Lisäksi tiedot pitää tuoda sovellukseen

manuaalisesti, mikä lisää risteämälausunnon antajan työtä. Kuvassa 13 on kuvakaappaus sovelluksesta.



Kuva 13. Risteämän lisääminen karttapohjaan [16].

Karttapohjaan voi merkitä risteämiä piirtämällä itse haluamansa muotoisen alueen. Karttamerkintöihin merkataan myös risteämän tietoja, kuten työmaan yhteystiedot ja tiedostopolku risteämän omaan kansioon. Kaikki annetut risteämälausunnot kartasta saadaan yhteen taulukkoon näkyviin. Taulukko esitetty kuvassa 14.

The screenshot shows a table application interface. The table has the following columns: nimi, kuvaus, Yhteystieto, Lausunto pvm., Risteämän arvioitu pvm., Tila, and Tiedostopolku. The table contains four rows of data. The first row is highlighted.

	nimi	kuvaus	Yhteystieto	Lausunto pvm.	Risteämän arvioitu pvm.	Tila	Tiedostopolku
1	9876 MAR-TAM	Vesijohtotyömaa	050 123 4567	21.3.2023	4.2.2024	Käynnissä	<Linkki>
2	7891 MAR-TAM	Vesijohtotyömaa	050 123 4567	12.12.2022	20.3.2023		<Linkki>
3	0123 ASE-VLI	Mainostaulun rakennus	010 112 233	12.2.2020	2.12.2021	Valmis	<Linkki>
4	2222 KEI-PPA	Telekaapelin rakennus	050 987 6543	17.3.2023	5.5.2024		<Linkki>

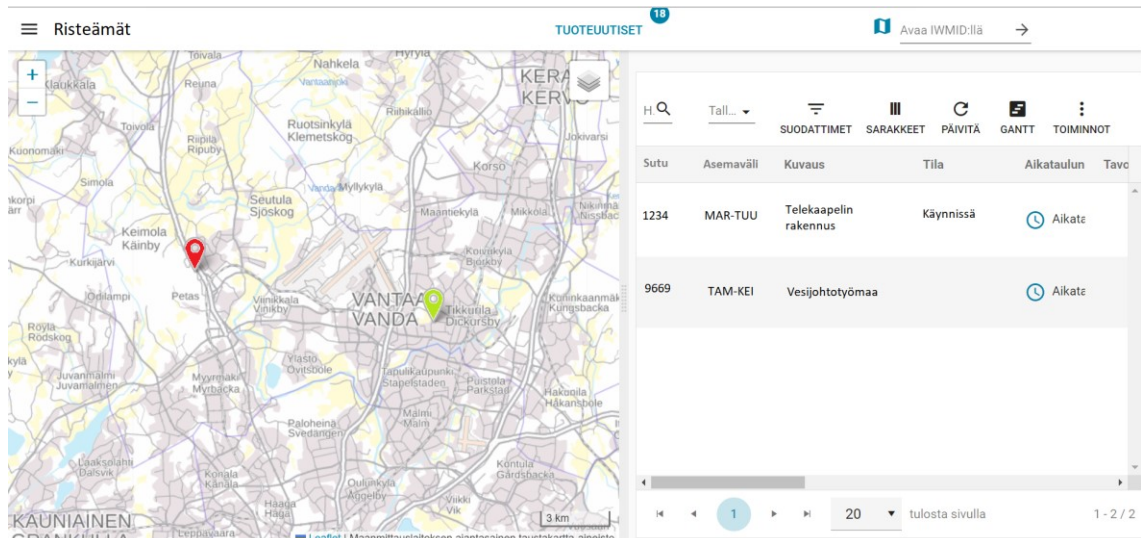
Kuva 14. Sovelluksen taulukko karttamerkinnöistä [16].

Taulukko näyttää kootusti kaikki tason karttamerkinnot yhdessä paikassa, mutta niitä ei pysty suodattamaan millään tavalla. Taulukkoa voi kuitenkin järjestää vapaasti sarakkeiden mukaan.

7.3.4 HeadPower IWM

HeadPower on suomalainen pilvipalvelutoimittaja infraverkko-yhtiöille. HeadPowerin tarjontaan kuuluu useita sovelluksia, joista IWM:ää käytetään VES:lla jakeluverkon rakentamisen hallintaan. Sovelluksella luodaan jokaiselle työmaalle oma sivu, josta löytyvät kaikki työmaan tiedot, dokumentit, kommentit ja yhteyshenkilöt. Lisäksi työmaihin voidaan jakaa katselu- ja käsittelyoikeuksia myös muille osapuolille, kuten VES:n käyttö- ja kunnossapitoyksikköön tai ulkopuoliselle urakoitsijalle. Sovellus toimii verkkoselaimella, ja sitä voi käyttää puhelimella, tabletilla tai työpöytäkoneella. Sovellusta pääsevät käyttämään kaikki VES:n työntekijät omilla tunnuksillaan. Sovellukseen on myös kehitteillä VES:n sähköverkon mallintaminen karttapohjalle.

IWM-sovellusta voisi käyttää risteämien hallintaan samalla tavalla kuin sähköverkon rakennustyömaissa. Sovelluksessa ei ole valmiina olemassa risteämille ominaisuutta, mutta sellainen on mahdollista kehittää. IWM soveltuisi risteämien hallintaan, arkistointiin ja visualisointiin. Jokaisen risteämäläusunnan yhteydessä risteämälle luotaisiin sovellukseen oma sivu, joka sisältäisi risteämän kaikki tiedot ja dokumentit. Risteämiin annettujen sijaintitietojen perusteella sovellus osaa merkitä ne karttapohjalle automaattisesti. Karttapohjaan voi piirtää myös manuaalisesti, jolloin kartassa näkyvä alue olisi tarkalleen sama kuin risteämän alue. Kuvassa 15 on kuva sovelluksesta ja esimerkki sen käytöstä risteämien hallintaan.



Kuva 15. HeadPower IWM -sovellus risteämien hallintaan [17].

Kuvassa 15 sovellukseen on syötetty kaksi risteämää, jotka ohjelma on merkinnyt myös karttapohjalle. Kuvan 15 listassa on mahdollista suodattaa esimerkiksi vain tietyn asemavälin risteämät näkyville. Listan suodattaminen suodattaa samalla myös karttakuvan risteämiä. Sovelluksella on myös mahdollista tehdä monia samanaikaisia suodatuksia. Itse risteämälausunto annettaisiin Wordissa kuitenkin ennenkin, mutta kaikki risteämään liittyvät dokumentit, kuten lausunto-
pyyntö, alueen suunnitelmat ja valmis risteämälausunto, arkistoitaisiin IWM:ään risteämäkohtaisille sivuille.

8 Yhteenveto

Tässä työssä kartoitettiin Vantaan Energia Sähköverkkojen toimintaa risteämälausuntojen suhteen. Kartoituksessa selvitettiin yrityksen nykytila risteämälausuntojen antamisessa sekä risteämien hallinnassa. Kartoitus toteutettiin perehtymällä VES:n jakelu- ja siirtoverkon toimintaan risteämien suhteen sekä tutustumalla Fingridin toimintaan risteämässä. Työssä käytiin läpi myös teknistä teoriaa ja määräyksiä, jotka määrittävät risteämälausuntoihin annettavia ohjeita.

Siirtoverkon osalta risteämälausunnoista vastaa siirtoverkon kunnossapitopäällikkö. Annetut risteämälausunnot tallennetaan verkkoasemalle risteämän omaan

kansioon, josta löytyvät myös risteämäläyteen suunnitelmat ja risteämäläyteenpyyntö. Jakeluverkon osalta ei anneta risteämäläyteenjoja. Lausunnot jakeluverkon huomioon ottamisesta annetaan pääsääntöisesti osallistumis- ja arviointisuunnitelmaan asemakaavan muutoksen yhteydessä.

Kartoituksessa selvisi risteämäläyteenliittyviä puutteita, joihin työssä on löydetty myös kehitysehdotuksia. Suurin havaittu puute VES:n toiminnassa risteämien suhteen liittyi niiden hallintaan. Lisäksi yrityksen verkkosivuilta puuttuivat ohjeet risteämäläyteenpyynnön tekemiseen ja ilmajohtojen lähellä toimimiseen. Ohjeilla voisi parantaa yleistä tietoisuutta risteämäläyteennoista sekä turvallisuudesta toimimisesta ilmajohtojen lähellä.

Kehitysehdotuksia annettiin risteämien hallintaan ja ohjeiden lisäämiseen yrityksen verkkosivuille. Risteämien hallintaan pyrittiin löytämään tapa, jolla olisi mahdollista kootusti nähdä kaikki annetut risteämäläyteennot yhtäaikaista. Risteämien koontiin on opinnäytetyössä ehdotettu risteämien merkitsemistä karttapohjalle ja risteämien listaamista. Annetuista kehitysehdotuksista HeadPowerin IWM-sovellus sopii potentiaalisesti parhaiten risteämien hallintaan. Sovelluksessa on mahdollista yhdistää karttapohja, risteämien listaus ja risteämiin liittyvien dokumenttien arkistointi. Kaikki risteämään liittyvä tieto löytyisi yhdestä paikasta ja tietoja pääsisi tarkastelemaan helposti esimerkiksi käyttökeskus tarvittaessa. Sovelluksessa ei kuitenkaan ole tällä hetkellä erillistä toimintoa risteämille, mutta sellainen on mahdollista kehittää.

Lähteet

- 1 Siirrämme sähköä vantaalaisille. Verkkoaineisto. Vantaan Energia Sähköverkot Oy. <<https://www.vantaanenergiasahkoverkot.fi/me/>>. Luettu 24.2.2023.
- 2 Lakervi, Erkki & Partanen, Jarmo. 2012. Sähkönjakelutekniikka. 3. painos. Helsinki: Otatieto.
- 3 Aro, Martti; Elovaara, Jarmo; Karttunen, Matti; Nousiainen, Kirsi & Palva, Veikko. 2015. Suurjännitetekniikka. 4. painos. Helsinki: Otatieto.
- 4 Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa. 2011. Sähköverkot 2. 1. painos. Helsinki: Otatieto.
- 5 Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa. 2011. Sähköverkot 1. 1. painos. Helsinki: Otatieto.
- 6 Voimajohdot ympäristössämme. Verkkoaineisto. STUK. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/124913/voimajohtokatsaus_netti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 9.2.2023.
- 7 Sähköturvallisuuslaki. 2016. 1135/2016.
- 8 SFS EN 50341-1:2014. Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV jännitteillä. 2014. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 9 SFS EN 50341-2-7:2015. Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV jännitteillä kansalliset lisävaatimukset. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 10 SFS 6002:2015+A1:2018. Sähkötyöturvallisuus. 2018. Suomen Standardisoimisliitto.
- 11 Länsisalmi-Vuosaari. Sisäinen dokumentti. Vantaan Energia Sähköverkot Oy. Luettu 6.3.2023
- 12 Pylväsala. Verkkoaineisto. Fingrid. <<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kunnossapito/voimajohdot/pylvasala/>>. Luettu 10.3.2023.
- 13 Koivunen, Tiina. 2023. Erikoisasiantuntija, Fingrid, Helsinki. Haastattelu 14.3.2023.
- 14 Microsoft OneNote. 2002. Microsoft.

- 15 Microsoft Excel. 2022. Microsoft.
- 16 Google MyMaps. 2022. Google.
- 17 IWM. 2021. Headpower.