Tampereen yliopisto

Tuomas Tyni

KENTTÄTYÖKALU MODERNIN VIKA- JA SUURHÄIRIÖORGANISAATION MAHDOLLISTAJANA JAKELUVERKKOYHTIÖSSÄ

Diplomityö
Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Tarkastajat: Prof. Pekka Verho
Prof. Pertti Järventausta
Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Tuomas Tyni: Kenttätyökalu modernin vika- ja suurhäiriöorganisaation mahdollistajana jakeluverkkoyhtiössä
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Sähkötekniikka
Huhtikuu 2022

Sääoloista johtuvien poikkeustilanteiden aiheuttamat haasteet ja kustannukset jakeluverkkoyhtiöille eivät ole hävinneet huolimatta 2010-luvulta alkaneista mittavista toimitusvarmuusinvestoinneista. Vika- ja suurhäiriötilanteiden vaikutusten minimoimiseksi on pyrittävä löytämään muitakin keinoja kuin ilmajohtoverkon kaapelointi. Tässä työssä on kuvattu jakeluverkkoyhtiö Carunan vika- ja suurhäiriöorganisaatiota ja nostettu esille merkittävimpiä nykytilan kehityskohteita organisaatiossa, työkaluissa ja prosesseissa.

Työn tavoitteena oli tutkia ja kuvantaa resursoinnin ja tilannekuvan ylläpitoon liittyviä haasteita suuren jakeluverkkoyhtiön toimintaympäristössä, jossa merkittävä osa toiminnoista toteutetaan ostopalveluna. Työssä esitetään mitä lisävarautumisessa, resursoinnissa ja tilannekuvan ylläpidossa voidaan parantaa ja mitä hyötyjä sillä on saavutettavissa. Näitä teemoja selvitettiin haastattelemalla sekä Carunan että urakoitsijoiden käyttöhenkilöstöä. Urakoitsijoiden työnjohtajat haastateltiin puolistrukturoituna haastatteluna verkkoaluekohtaisesti videopuheluna. Kaikille Carunan vikatöihin säännöllisesti osallistuville verkostoasentajille ja työnjohtajille tehtiin verkkokysely, jossa kartoitettiin kenttätyöskentelyn tapoja, nykyisten kenttäsovellusten toimivuutta, mieltymyksiä ja ehdotuksia uudenlaiseen kenttätyökaluun.

Työssä esitellään merkittävimmät Carunan verkkoalueelle osuneet poikkeustilanteet vuosina 2010–2021 ja vertaillaan niitä dokumentaation pohjalta niin kattavasti kuin mahdollista. Tarkempi analyysi on tehty vuosien 2017–2021 välille sattuville sääperusteisille poikkeustilanteille. Tarkempiin johtopäätöksiin, esimerkiksi verkkoaluekohtaisen tuntitason analyysiin, työssä ei myrskykohtaisen onnistumisen vertailussa päästä, mutta keinot sen mahdollistamiseksi tulevaisuudessa esitetään. Lisäksi työssä esitetään vastaus työn suurimpaan tutkimuskysymykseen: Millainen uudenlainen työkalu vastaisi sekä verkkoyhtiön että toimittajien tarpeisiin? Visio uudesta työkalusta vastaa urakoisijaorganisaation toiveisiin kustomoitavasta, yhdellä mobiililaittella sujuvasti käytettävissä olevasta kokonaisuudesta, jota maastokäytön mobiilisovellukseksikin voidaan kutsua. Vision mukainen työkalu tarjoaisi lisäksi harppauksen yhtiötason vika- ja työtilannekuvan hallintaan sekä mahdollistaisi kohdennetummat kehitystoimet tulevaisuuteen sen tarjoaman lisänäkyvyyden ansiosta. Ehdotelma nojautuu vahvasti Erillisverkkojen viranomaisverkkoympäristön kehitysprojektin tulevaisuudennäkymiin.

Avainsanat: Suurhäiriö, toimitusvarmuus, jakeluverkkoyhtiö, kenttätyökalu, VIRVE 2.0, mobiilisovellus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ABSTRACT

Tuomas Tyni: Field-device applicable tool as enabler of an modern organization for distribution system operator during disturbances and major disorders
Master's thesis
Tampere University
Electrical engineering
April 2022

Distribution system operators have not been able to prevent all of major challenges and costs caused by extreme weather conditions in spite of significant investments to the grid. To minimize effects of the major disorders, one has to strive to find alternative ways to improve security supply than just replacing overhead cables with ground cables. This thesis is on to it: Introducing the environment of one of the most biggest Finnish DSO, Caruna's (Caruna Oy & Caruna Espoo Oy), focusing to the corresponding organization parts both in normal state and major disorder situation. Furthermore, the most important development needs in organization, tools and processes are formed.

Objective of this thesis is also to take into account the characteristics that purchase-based service model applied into field work gives to in advance-preparation, human resourcing and maintaining situation awareness of the system during major disorders. These themes were investigated via interviewing the field work crews and their foremen with one-to-one interviews and web-based survey. In addition, their propositions to possible new field-device applicable tool were asked.

The most significant disturbances/major disorders that have affected to Caruna's network area in 2010–2021 are introduced, analyzed and compared. More sophisticated analyze is applied only to cases between 2017 and 2021, as a result of lacking data from the early 2010s disturbances. Therefore thesis focuses introducing new way of measuring success in the overall disturbance management only validated by disturbances in 2017–2021. Answer for the biggest research question of the thesis, *"How should the new field-device applicable tool be constructed in order to answer needs of DSO's as well as subcontractors?"* is also formed during the thesis, as a vision. It includes upper-level propositions for the technology, devices, partners, software functionalities and features, preliminary schedule for transition and overall estimate of the package feasibility for Caruna's use. The vision is highly based on a third party's project that is lead by state-owned enterprise, Erillisverkot. Transition could take place between 2025 and 2030, based on preliminary schedule provided by Erillisverkot and several significant in-company inputs that affect the decisions strongly.

Keywords: Major disorder, security of supply, DSO, Field-device applicable tool, authoritative communications network, mobile software

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin sähkönjakeluyhtiö Caruna Oy:lle vuosien 2021 ja 2022 taitteessa. Aihe oli pitkän kypsyttelyn tulos ja lähellä silloisten työtehtävieni teemaa. Erityinen kiitos alusta asti tämän mahdollistamisessa mukana olleelle esihenkilölleni Kimmo Vainiolalle ja edelleen Jörgen Dahlqvistille. Aihe on sydäntäni lähellä ja oli erityisen mielekästä tehdä diplomityö juuri tästä aiheesta. Tuntuu, että montakin ajanjaksoa sai päätöksensä tämän työn myötä, hyvällä tavalla.

Suuret kiitokset myös työni ohjanneelle Pekka Verholle sekä Carunan ohjaajalle Olli Haakanalle. Apu ja neuvot olivat korvaamattomia monessakin kohtaa, huomionne tekivät tästä työstä paremman. Kiitos myös kaikille muille, joiden asiantuntijuudesta sain matkan varrella hyödyntää ja ammentaa. Kiitos vielä Erillisverkkojen Pekka Tynkkyselle ajastasi ja hyvistä keskusteluista aiheeseen liittyen.

Luonnollinen kiitos kuuluu myös läheisilleni tuesta ja kannustuksesta matkan varrella. Erityisesti puolisoni Netta on ollut korvaamaton tuki näinä työntäyteisinä kuukausina, kiitos siitä.

Niin vain tuli *"dippatyö"* valmiiksi. Työn tekeminen oli hyvä virstanpylväs itselleni ja sain oppia paljon lisää matkan varrella. Projektia voi tarkastella monesta suunnasta, mutta joka kantilta tämä oli hyvää treeniä tulevaisuutta ajatellen. Aiheen tiimoilta jäi vielä sopivasti nälkää, joten sisäistä motivaatiota riittää jatkossakin aiheen tutkimiseen, jos mahdollisuus avautuu.

Espoossa, 4. huhtikuuta 2022

Tuomas Tyni

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto . . . 1
2. Sähköverkkoyhtiön toimintaympäristön kuvaus vika- ja suurhäiriötilanteessa . . 3
   2.1 Regulaatio, sidosryhmät ja kumppanit . . . 3
      2.1.1 Regulaatio . . . 3
      2.1.2 Sidosryhmät ja kumppanit . . . 4
   2.2 Keskeiset tunnusluvut . . . 5
      2.2.1 CAIDI . . . 5
      2.2.2 KAH . . . 6
      2.2.3 Vakiokorvaukset . . . 7
   2.3 Turvallisuusvaatimukset käyttö- ja sähkötöiden aikana . . . 8
      2.3.1 Standardi SFS 6002 . . . 8
      2.3.2 Olosuhteiden vaikutus käyttö- ja sähkötöihin . . . 9
   2.4 Suurhäiriöt . . . 10
      2.4.1 Suurhäiriöiden mallinnus ja niiden jaottelu . . . 10
      2.4.2 Merkittävimmät myrskyt ja rajuilmat 2010-2021 . . . 14
3. Carunan suurhäiriö- ja vikaprosessi . . . 16
   3.1 Carunan vika- ja suurhäiriömallin kuvaus . . . 16
      3.1.1 Vikaorganisaatio . . . 17
      3.1.2 Suurhäiriöorganisaatio . . . 18
   3.2 Toimintaperiaatteet . . . 20
      3.2.1 Lisävarautuminen . . . 21
      3.2.2 Resursointi . . . 21
      3.2.3 Tilannekuvan ylläpito . . . 23
   3.3 Järjestelmät ja teknologiat . . . 23
      3.3.1 Verkonhaltijan perinteiset työkalut . . . 23
      3.3.2 Muut merkittävimmät tilannekuvaa tuottavat järjestelmät . . . 24
4. Suurhäiriöt ja niissä onnistuminen . . . 27
   4.1 Onnistumisen mittaaminen . . . 27
      4.1.1 Sääennusteen vaikutus . . . 27
      4.1.2 Resursoinnin ja tilannekuvan hallinnan vaikutus . . . 28
      4.1.3 Vertailun tunnusluvut sekä muut vertailuun soveltuvat luvut . . . 28
   4.2 Myrskykohtainen vertailu ja onnistumisen arviointi luokittain aikavälillä 2017–2021 . . . 30
      4.2.1 Suuret myrskymatalapaineet ja rajuilmat (Paula, Aila) . . . 34

4.2.2 Keskisuuret myrskymatalapaineet (Aapeli, Elina, Liisa) 36
4.2.3 Keskikokoiset myrskymatalapaineet ja rajuilmat (Tuuli, Topi) 38
4.2.4 Keskipienet myrskymatalapaineet (Minna, Kai) 40
4.2.5 Vaikutukseltaan pienet myrskymatalapaineet (Vesa, Suvi, Päiviö, Hilma) 42
4.2.6 Muut kiinnostavat ja merkittävät poikkeustilanteet (Valtteri ja Kiira) . 44
4.2.7 Myrskyvertailun yhteenveto 46
5. Lisävarautumisen, resursoinnin ja tilannekuvan ylläpidon tunnistetut tarpeet sekä haasteet 49
5.1 Kyselyn sisältö ja toteutustapa 49
5.1.1 Puolistrukturoitu haastattelu työnjohtajille 49
5.1.2 Verkkokysely asentajille 50
5.2 Haastatteluiden tulosten analysointi 50
5.2.1 Sopimukset ja resursointi 50
5.2.2 Järjestelmät 51
5.2.3 Suurhäiriöt ja tilannekuva 54
5.3 Sisäiset havainnot 55
5.3.1 Haasteet prosesseissa 55
5.3.2 Haasteet järjestelmissä 56
6. Kenttätyökalun määrittely 58
6.1 Käyttötarkoitus ja tarvittavat toiminnallisuudet 58
6.1.1 Resurssien ohjaus ja seuranta 59
6.1.2 Tilannekuvan ylläpito 60
6.1.3 Hyödylliset muut toiminnallisuudet 60
6.2 Toteutusalusta 61
6.2.1 Vaatimukset 61
6.2.2 Mahdolliset valmiit ratkaisut 62
6.3 Ehdotukset kehitykselle 65
6.3.1 Yhteistyö sidosryhmien kanssa 65
6.3.2 Demorakenne kenttätyösovellukselle 66
6.3.3 Työkalun aikaansaamat muutokset – työkuorman ja tilannetietoisuuden määrittely (NASA-TLX, SART) 69
7. Yhteenveto 71
Lähteet 74
Liite A: Haastattelurunko 77
Liite B: Valvontajaksojen 2016 – 2019 ja 2020 - 2023 valvontamenetelmät 79
Liite C: Myrskytaulukko 80
Liite D: Verkkokysely 81

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ADMS	Kehittynyt käytöntukijärjestelmä (engl. Advanced Distribution Management System)
CAIDI	Keskimääräinen pysyvän vian keskeytysaika asiakasta kohden (engl. Customer Average Interruption Duration Index)
CI	Keskeytyksen kokeneiden asiakkaiden määrä (engl. Customers interrupted)
CMI	Yhteenlaskettu keskeytyspituus (engl. Customer minutes of interruption)
CN	Keskeytyksen kokeneiden asiakkaiden määrä niin, että jokainen asiakas lasketaan vain kerran huolimatta useammista raportointiajan sisällä tapahtuneista keskeytyksistä (engl. Total number of distinct customers who have experienced a sustained interruption during the reporting period)
DMS	Perinteinen käytöntukijärjestelmä (engl. Distribution Management System)
EV	Energiavirasto, sähkön jakeluverkkoliiketoimintaa valvova viranomainen
IEEE	Kansainvälinen instituutio, joka pyrkii edistämään teknologisia innovatioita ja huippuosaamista ihmiskunnan hyödyksi (engl. Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IEEE SA	IEEE:n alainen toimintayksikkö, joka kehittää kansainvälisiä standardeja monille toimialoille (engl. IEEE Standards Association)
KAH	Keskeytyksestä aiheutuva haitta
KPI	Suorituskykymittari (engl. Key Performance Indicator)
KRIVAT	Viranomaisten ja muiden turvallisuuskriittisten toimijoiden yhteistyöalusta
NIS	Verkkotietojärjestelmä (engl. Network Information System)
PLC	Sähköverkkoa hyödyntävä kommunikointiteknologia (engl. Power Line Communication)

SCADA	Käytönvalvontajärjestelmä (engl. Supervisory Control And Data Acquisition)
SHJR	Suurhäiriöjohtoryhmä, Carunan suurhäiriöorganisaation osa

1. JOHDANTO

Harvoin mikään saa sähköverkkoalalla niin hyvää medianäkyvyyttä kuin sähkön siirtohintojen muutokset. Keskustelun ydinasiana esiintyy tietysti toimitusvarmuuden kiristyneet vaatimukset ja niiden myötä verkkoon kohdennetut investoinnit. Kun verkkoon investoidaan paljon ja niin sanotun *"säävarman"* verkon tavoitetila on enemmän tai vähemmän kaikilla tiedossa, herää kysymys; *"Miksi laajoja sähkökatkoja vieläkin on ja miksi jotkut asiakkaat kokevat edelleen todella pitkiä sähkönjakelun keskeytyksiä?"*. Ilmastonmuutos ja sen myötä tihentyneet ja voimistuneet sään ääri-ilmiöt ovat vaakakupin toisella puolella: Niin kauan kuin on ilmajohtoverkkoa, on myös myrskytuulien aiheuttamia vaikeita suurhäiriötilanteita. Niiden hoitoon osallistuu runsaasti eri toimijoita, ja jo pelkästään suuren jakeluverkkoyhtiön (Caruna Oy & Caruna Espoo Oy, myöhemmin Caruna) käyttöorganisaation sisäisen tilannekuvan ylläpito voi olla haasteellista. Sähköjen palautus koordinoidusti ja turvallisesti mahdollisimman nopeasti on tavoite, jonka onnistuessa sekä kustannukset ja asiakkaiden kokema haitta jäävät mahdollisimman pieniksi. Onnistunut varautuminen ja resursointi sekä tilannekuvan tehokas ylläpito ovat merkittävässä osassa kohti kyseistä tavoitetta.

Työn tavoitteina on tutkia ja kuvantaa resursoinnin ja tilannekuvan ylläpitoon liittyviä haasteita suuren jakeluverkkoyhtiön toimintaympäristössä, jossa merkittävä osa toiminnoista toteutetaan ostopalveluna. Mitä varautumisessa, resursoinnissa ja tilannekuvan ylläpidossa voidaan parantaa ja mitä hyötyjä sillä on saavutettavissa? Millainen uudenlainen työkalu vastaisi sekä verkkoyhtiön että toimittajien tarpeisiin?

Työn tutkimusmenetelmiä olivat puolistrukturoitu haastattelu ja verkkokysely. Haastateltavina olivat Carunan verkko-alueiden vianhoidon kumppaneiden työnjohtajat sekä aiheen muut asiantuntijat kyseisistä organisaatioista. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituna ja niissä pyrittiin kohdentamaan kysymyksiä tarkemmin vastaajien osaamisalan ja näkemyksien mukaan, jotta aiheesta saataisiin mahdollisimman tarkka näkemys. Liiteen haastattelurungon kysymykset kysyttiin kaikilta haastateltavilta. Verkkokyselyn tarkoituksena oli kerätä kvantitatiivisesti informaatiota käytetyistä työkaluista ja menetelmistä ja antaa verkkoalueen asentajille suodattamaton mahdollisuus vastata samoihin kysymyksiin mitä heidän työnjohtonsa. Verkkokysely toteutettiin pari kuukautta haastattelujen jälkeen.

Luvussa 2 kuvataan sähköverkkoyhtiön toimintaympäristöä ja erityisesti vika- ja suurhäi-

riötilanteeseen vaikuttavia seikkoja regulaatiosta. Luvussa esitellään tärkeimmät sidosryhmät ja kumppanit jotka liittyvät Carunan suurhäiriön- ja vianhoitoon. Lisäksi esitellään tärkeimmät tunnusluvut sekä turvallisuusvaatimukset käyttö- ja sähkötöissä. Luvun lopussa esitellään tämän työn näkökulma ja suhtautuminen suurhäiröihin sekä esitellään viimeisen reilun vuosikymmenen merkittävimmät poikkeustilanteet kansallisesti.

Luvussa 3 käydään läpi vika- ja suurhäiriöorganisaatio sekä niiden erot. Lisäksi pureudutaan ostopalveluina tuotettujen toimintojen koordinoinnin haasteellisuuteen ja esitellään sekä suurhäiriöiden yleisen että Carunan sisäisen jaottelun periaatteita. Lisäksi käydään läpi sähköverkkoyhtiön lisävarautuminen, resursointi ja tilannekuvan ylläpito yleisellä tasolla. Mitä osa-alueita siihen kuuluu, miten päätöksenteko toimii ja miten tietovirrat kulkevat.

Luvussa 4 keskitytään suurhäiriöiden toteuman mittaamiseen ja onnistumisen määrittelyyn. Luvussa vertaillaan historiassa Carunan verkkoalueella 2010–2021 tapahtuneita poikkeustilanteita ja analysoidaan mahdollisia löydöksiä myrskyjen välillä. Luvun lopussa on yhteenveto visuaalisesta vertailumenetelmästä vuosien 2017-2021 aikana sattuneille merkittäville poikkeustilanteille.

Luvussa 5 käsitellään haastetteluiden ja toimittajakentälle suunnatun verkkokyselyn tulokset ja vertaillaan ja yhdistellään niitä sisäisesti löydettyihin havaintoihin. Samalla muodostetaan kehityskohteet lisävarautumisen, resursoinnin ja tilannekuvan osalta ja pohditaan niitä korjaavia toimenpiteitä organisaatio-, prosessi- ja työkalutasolla.

Luvussa 6 esitellään visio uudenlaisesta kenttätyökalusta ja yleisellä tasolla esitellään toimintoja ja ominaisuuksia joita tulevaisuudessa kenttätyökalun olisi hyödyllistä sisältää, perustuen nykyisiin kyvykkyyksiin, kyselyn tuloksiin ja näkemykseen tulevaisuuden liiketoimintaympäristöstä. Luku 7 on yhteenveto.

2. SÄHKÖVERKKOYHTIÖN TOIMINTAYMPÄRISTÖN KUVAUS VIKA- JA SUURHÄIRIÖTILANTEESSA

Tässä luvussa keskitytään kuvaamaan lainsäädännön ja muiden ulkoisten tekijöiden vaikutusta sähköverkkoyhtiön toimintaympäristöön. Tarkoituksena on esitellä asiat joita jakeluverkkoyhtiön on välttämätöntä ottaa huomioon ja toimijat, joiden kanssa yhteistyötä on tehtävä.

2.1 Regulaatio, sidosryhmät ja kumppanit

Sähkönjakeluyhtiöiden toimintaa ohjaa sähkömarkkinalaki. Sen tarkoituksena on varmistaa toimintaedellytykset kansallisille, alueellisille ja Euroopan unionin sähkön sisämarkkinoille siten, että hyvä sähkön toimitusvarmuus, kilpailukykyinen sähkön hinta ja kohtuulliset palveluperiaatteet voidaan turvata loppukäyttäjille. (SML 588/2013, 1 §)

Jakeluverkkoyhtiönä Caruna Oy:llä ja Caruna Espoo Oy:llä (jäljempänä yleisesti Caruna, ellei erikseen muuta mainita) on velvollisuus jakaa sähköä kaikissa olosuhteissa yhteiskunnan kriittisten toimintojen varmistamiseksi. Verkkoyhtiöllä on myös vastuu varautua kaikkiin ennakoitaviin kriiseihin, häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin. (SML 588/2013, 28 §) Velvollisuutena on tämän myötä ylläpitää kirjallista varautumissuunnitelmaa, jossa eritellään keinot edellä mainittujen tapausten menestyksekkääseen hoitoon.

Varautumissuunnitelma on päivitettävä vähintään kerran kolmessa vuodessa ja silloin, kun olosuhteissa tapahtuu merkittäviä muutoksia. Carunan varautumissuunnitelma (Caruna 2020a) kuvaa kuinka Caruna verkkoyhtiönä toimii yhteistyössä muiden sähköverkonhaltijoiden ja toiminta-alueensa pelastusviranomaisten, poliisin, kuntien viranomaisten ja tieviranomaisten sekä muiden yhdyskuntateknisten verkkojen haltijoiden kanssa. Yhteistyö suurjännitteisen jakeluverkon puolella erityisesti kantaverkkoyhtiö Fingridin kanssa on merkittävää.

2.1.1 Regulaatio

Sähkön jakeluverkkotoimintaa ja sähkön suurjännitteistä jakeluverkkotoimintaa valvoo Energiavirasto (EV). EV valvoo hinnoittelua kokonaisuutena neljän vuoden jaksoissa ja vah-

vistaa valvonnan menetelmät aikajaksoille etukäteen. Menetelmät on kuvattu EV:n julkaisemassa valvontamenetelmät-asiakirjassa (Energiavirasto 2018). Liitteessä B on kuvattuna yhteenveto EV:n valvontamenetelmät valvontajaksoille 2016-2019 ja 2020-2023 ajalle. Vika- ja suurhäiriöorganisaation toiminnan vaikutus sijoittuu laatukannustimen, tehostamiskannustimen ja toimitusvarmuuskannustimen osioihin.

Koska hinnoittelua tarkastellaan kokonaisuutena neljän vuoden sykleissä, tasoittuvat todennäköisesti myös mahdollisten harvinaisten äärivuosien erittäin matalat tai korkeat keskeytyskustannukset niin, että niiden vaikutus seuraavan valvontajakson parametreihin ei ole korostunut. Tämä on yksi mallin hyvistä puolista, mikä nousee selkeästi esiin varsinkin asiakaskeskeytysten perspektiivistä tarkateltuna.

2.1.2 Sidosryhmät ja kumppanit

Valvovan viranomaisen, Energiaviraston, lisäksi merkittävä vaikuttaja jakeluverkkoyhtiöden toimintaan on kantaverkkoyhtiö Fingrid. Fingrid toimii yhtä lailla EV:n valvonnan alla, mutta se voidaan nähdä hierarkkisesti jakeluverkkoyhtiöiden yläpuolisen toimijana, vaikka toimintaa valvoo sama virasto. Erityisesti suurjänniteisen jakeluverkon osalta yhteistyö Fingrdin kanssa on tiivistä. Luonnollisesti jakeluverkkoyhtiöllä on velvollisuus pysyä Fingridin määrittämien raja-arvojen sisällä monien sähköverkon suureiden osalta, joten koko jakeluverkon hallinnan voidaan katsoa olevan jollakin tapaa kytköksissä Fingridin kautta tuleviin linjauksiin. Valtakunnallisen sähköverkon häiriön sattuessa Fingrid ohjaa toimintaa häiriön laajenemisen ehkäisemiseksi, suurhäiriöksi etenemisen pysäyttämiseksi ja normaalitilanteeseen palauttamiseksi. (Fingrid 2017)

Samalla tasolla olevia kumppaneita ovat tietysti muut jakeluverkkoyhtiöt. Maantieteellisesti sama sijainti ja osittain yhteinen verkkoinfra ovat ilmeinen syy yhteistyölle ja toimintatapojen sopimiselle. Omassa verkossa tapahtuvien muutoksien ja niistä tiedon välittäminen naapuriverkkoyhtiölle on ydintoimintaa verkkoyhtiöiden välillä. Yhtä lailla kuitenkin yhteisistä toimintatavoista sopiminen ja vertailu varsinkin samantyyppisten verkkoyhtiöiden kanssa on välttämätöntä ja hyödyllistä toiminnan kehittämiseksi sekä kansallisella että yhtiökohtaisella tasolla. Esimerkiksi verkkoyhtiöitä kuullaan runsaasti EV:n toimesta muun muassa aikaisemmin mainittuja valvontamenetelmiä suunnitellessa (Energiavirasto 2018, s. 5). Perustana monelle asialle on kuitenkin EV:n vaatimus, joten vaikuttaminen yhdessä voi muuttaa valmisteltuja päätöksiä, joiden vaikutus jakeluverkkoyhtiöiden toimintaympäristöön voisi olla vahingollinen.

Muita tärkeitä sidosryhmiä ovat toiminta-alueen pelastusviranomaiset, poliisi, kuntien viranomaiset ja tieviranomaiset sekä muut yhdyskuntateknisten verkkojen haltijat. Maakaapeloinnin yhteydessä yhteisrakentaminen kaasu- ja televerkkotoimijoiden kanssa on hyvä esimerkki verkon kehittämiseen liittyvästä yhteistyöstä (Caruna 2020b). Vika- ja suurhäiriötilanteessa pelastuslaitoksella on erityisen tärkeä rooli, sillä häiriöden aiheuttajasyihin

liittyy usein myös tarve pelastuslaitoksen toimille. Nopea verkon jännitteettömäksi kytkeminen turvallisia pelastustoimia varten on yksi hyvä esimerkki yhteistyöstä, joka vaatii selkeitä valmiita toimintamalleja pelastuslaitoksen ja jakeluverkkoyhtiön välillä. Esimerkiksi Carunalla on käytössä omat puhelinlinjat pelastuslaitoksen puheluille, jotta tarpeeksi nopeaan reagointiin pystytään. Tarkemmin yhteistyötä erityisesti suurhäiriöiden aikana kuvataan luvussa 3.

2.2 Keskeiset tunnusluvut

Sähköverkkoyhtiön perustehtävä on toimittaa sähköä loppuasiakkaille toimitusvarmasti ja turvallisesti. Joskus sähkönjakelu häiriintyy niin, että sähkönjakelu asiakkaalle keskeytyy ja tutuin syy lienee poikkeuksellisen sääilmiön aiheuttama vaurio sähköverkon alueilla, joissa on ilmajohtoja. Asiakkaille keskeytyksestä aiheutunut haitta, asiakkaan kokema keskimääräinen vian kesto ja loppukäyttäjille maksetut vakiokorvaukset ovat KPI-lukuja (engl. Key Performance Indicator), joita verkkoyhtiössä seurataan ja joiden perusteella voidaan arvioida mm. vika- ja suurhäiriötilanteissa onnistumista.

2.2.1 CAIDI

Asiakkaan kokeman keskimääräisen pysyvän vian kesto CAIDI (engl. Customer Average Interruption Duration Index) on toimitusvarmuutta kuvaava tunnusluku, joka on määritelty IEEE:n standardissa (IEEE 2012) seuraavasti:

$$CAIDI = \frac{\textit{Asiakaskeskeytysten kesto minuuteissa}}{\textit{Keskeytyksen kokeneiden asiakkaiden kokonaismäärä}} = \frac{CMI}{CI}, \tag{2.1}$$

joskin CMI on usein määritelmästä huolimatta muunnettu tunneiksi. Tässä työssä CAIDI:a käsitellään tunneissa sen paremman havainnollistavuuden vuoksi. CAIDI:a voidaan tarkastella monipuolisesti esimerkiksi vuositasolla ja yhtiökohtaisesti tai vikatasolla ja käyttöpaikkakohtaisesti. Pienellä ja kohdennetulla asiakasjoukolla sekä lyhyellä ajanjaksolla voidaan tutkia ja arvioida esimerkiksi suurhäiriössä onnistumista.

CAIDI:a on järkevää käyttää esimerkiksi vikatason tarkasteluun. Yksittäisen vian tunnusluvut kertovat vian luonteesta paljon yhdessä jännitetason ja vikatyypin kanssa. Esimerkiksi normaalioloissa pienjänniteilmajohtoverkon vikakeskeytyksen CAIDI on tyypillisesti välillä 1–4 (Caruna 2011), sillä vian paikantaminen ja korjaus hoituu yleensä nopeasti. Jos CAIDI on tyypilliseen lukemaan verrattuna suuri, esimerkiksi yli 12, on todennäköisesti viankorjausprosessissa tapahtunut jotain poikkeavaa. CAIDI:n avulla on helppo suodattaa laajasta vikamäärästä sellaiset, joihin on syytä tutustua hiukan tarkemmin, jos haluaa tarkastella yhtiötasolla tunnuslukuihin negativisesti vaikuttavia syitä vianselvitys-

prosessissa.

2.2.2 KAH

Jakeluverkkoyhtiön toiminta on säänneltyä, ja muun muassa keskeytyksestä aiheutuvan haitan (KAH) laskentatapa ja vaikutukset jakeluverkkoyhtiön hinnoitteluun vuosille 2016-2023 on kuvattu valvovan viranomaisen EV:n valvontamenetelmät-asiakirjassa (Energiavirasto 2018). Asiakirjan valintojen perusteet on johdettu suurelta osin SML:sta.

Tärkeä KPI-luku KAH on laskennallinen asiakkaalle sähkönjakelun keskeytymisestä aiheutunut haitta. Sen yksikkö on euro, mutta määrä ei ole suoraan verrannollinen esimerkiksi asiakkaalle maksettaviin vakiokorvauksiin, vaan kyseessä on tapa kuvata haittaa jollain tunnetulla yksiköllä. Haitalle on määritetty yksikköhinnat, joiden suuruuteen vaikuttaa keskeytystyypin lisäksi keskeytyksen teho ja siirtämättä jäänyt energia. (Energiavirasto 2018, s. 69). Yksikköhinnat ovat vuoden 2005 rahanarvossa, mutta korjataan kuluttajahintaindeksillä aina kunkin vuoden rahanarvoon niin, että laskennallinen haitta olisi mahdollisimman realistinen.

Asiakirjan mallissa keskeytyskustannukset ottavat huomioon sekä keskeytyksistä aiheutuvat kustannukset että niiden välttämisestä aiheutuvat kustannukset. Keskeytyskustannukset vaikuttavat mallissa verkonhaltijan tehokkuuslukuun T_L niin sanottuna ei-toivottuna tuotosmuuttujana. Tarkemmin kuvattuna tämä tarkoittaa sitä, että keskeytyskustannuksia kasvattamalla ei voi saada lisää tuotoksia, eivätkä ne myöskään ole toiminnan kannalta välttämättömiä. Tehokkuusluku itsessään kertoo kohtuullisen kustannustason ja toteutuneen kustannustason suhteen, joka edelleen on osana vaikuttamassa verkonhaltijalle muodostettavaan tehostamistavoitteeseen tietylle ajanjaksolle.

KAH:n suurin vaikutus on kuitenkin valvontamallin laatukannustimena. Valvontamenetelmät-asiakirjassa (Energiavirasto 2018, s. 75) kuvataan, että laatukannustimen vaikutus vähennetään toteutunutta oikaistua tulosta laskettaessa. Keskeytyskustannuksille määritetään edellisten vuosien perusteella referenssitaso, josta kuluvan valvontamallin aikaiset toteutuneet keskeytyskustannukset. Toisin sanoen, mitä pienemmät toteutuneet keskeytyskustannukset, sen parempi. Laatukannustimen vaikutus voi olla maksimissaan $\pm\ 15\ \%$:ia. Liitteen B yhteenveto kuvaa edellä mainittujen kannustimien vaikutusta osana kokonaisuutta.

Lyhyesti sanottuna valvontamalli muun muassa kannustaa verkonhaltijoita vähentämään keskeytyskustannuksia. Partasen (2018) mukaan on odotettavissa, että käyttövarmuustaso tulee kehittymään entisestään positiiviseen suuntaan. Tämän vuoksi vuosittaiset keskeytyskustannukset putoavat murto-osaan vuoteen 2029 mennessä, josta omalta osaltaan aiheutuu tarve tarkastella tarkemmin vuonna 2024 alkavan 6. valvontajakson metodiikkaa.

2.2.3 Vakiokorvaukset

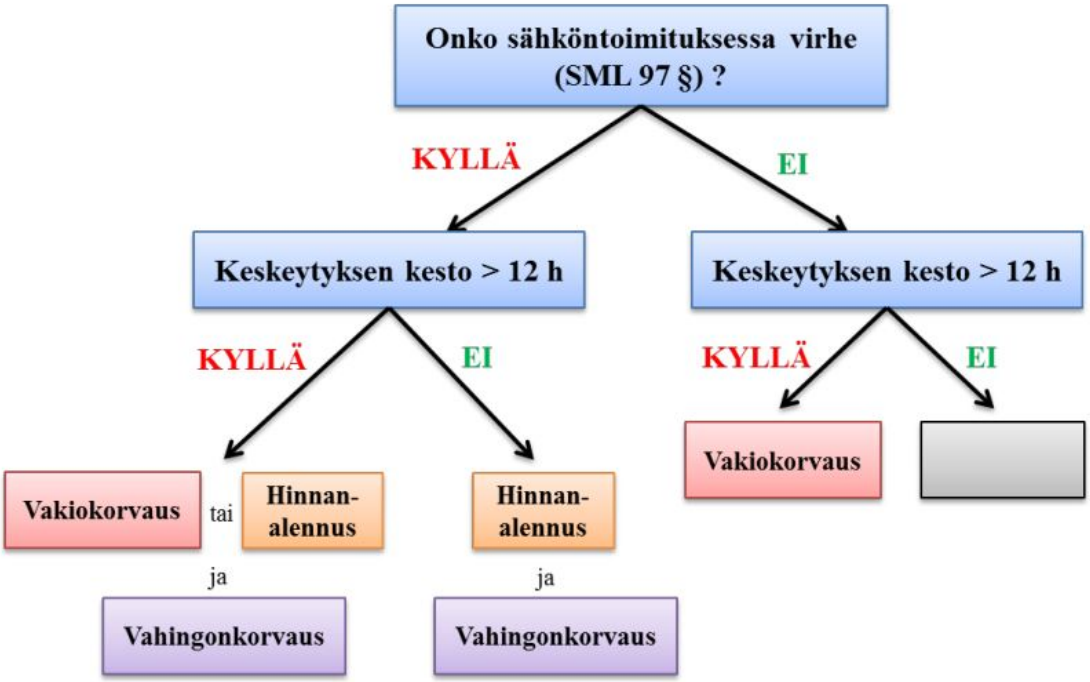
Sähkömarkkinalain mukaan loppukäyttäjällä on sähköntoimituksen yhtäjaksoisen keskeytymisen perusteella oikeus vakiokorvaukseen, ellei jakeluverkonhaltija pysty osoittamaan perustelua, jonka mukaan keskeytyminen "*Loppukäyttäjällä — — johtuu hänen vaikutusmahdollisuuksiensa ulkopuolella olevasta esteestä, jota hänen ei kohtuudella voida edellyttää ottavan huomioon toiminnassaan ja jonka seurauksia hän ei kaikkea huolellisuutta noudattaen olisi voinut välttää tai voittaa.*". Vakiokorvauksen määrä perustuu osuuteen loppukäyttäjän vuotuisesta siirtopalvelumaksusta, ja osuuden suuruus vaihtelee portaittain välillä 10–200 %, yhtäjaksoisen keskeytyksen ollessa vastaavasti vähintään 12–288 tuntia pitkä. (SML 588/2013)

Hinnanalennus tulee kysymykseen silloin, kun sähköntoimituksessa on virhe. Vakiokorvaukseen oikeuttava keskeytys ei vielä tarkoita, että sähköntoimituksessa olisi virhe. Vastaavasti virhe voi olla, vaikka vakiokorvaukseen oikeuttavaa keskeytystä ei olisikaan. Sähköntoimituksen virhe tarkoittaa esimerkiksi sähkön laadun puutteellisuutta tai jos sähköntoimitus on toistuvasti keskeytynyt eikä vaikutusta voida pitää vähäisenä. Vahingonkorvausvelvollisuuden syntyminen edellyttää aina virhettä sähköntoimituksessa. (Energiateollisuus 2019) Kuva 2.1 havainnollistaa vakiokorvauksen, hinnanalennuksen ja vahingonkorvauksen edellytyksiä.

Luonnollisesti verkkoyhtiöt pyrkivät minimoimaan maksettavien vakiokorvausten määrän. Energiateollisuuden vakiokorvausten sovellusohje antaa verkonhaltijalle periatteessa oikeuden asiakkaiden priorisointiin, sillä pitkään ilman sähköä olleet kohteet voidaan priorisoida muiden edelle, vaikka olisivat muuten tyypiltään aivan samanlaisia. Priorisoinnilla voitaisiin päästä alle 12 tunnin keskeytyksiin, jolloin vakiokorvausten maksamiselta vältyttäisiin. Lyhyempi katko vähentää asiakkaalle keskeytyksestä aiheutuvaa haittaa, joten menettely on usein perusteltu. (Energiateollisuus 2019)

Valvontamallin KAH-kustannus ehkäisee väärinkäytöksiä priorisoinnissa; Esimerkiksi korjausjärjestystä ei kannata muuttaa merkitykseltään vähäisen pienjänniteverkon vian takia niin, että KAH-kustannukseltaan suuren keskijänniteverkon vian korjaaminen viivästyy (Energiateollisuus 2019). Vakiokorvausten määrää pystyisi verkohaltija joissain tapauksissa pitkien keskijänniteverkon vikojen aikana säätelemään siten, että pidetään kahden tunnin tauko vianrajauksessa ja palautetaan sähköt kaikille väliaikaisesti, joille ne on palautettavissa. Tällöin vakiokorvaukseen oikeuttavan yhtämittaisen katkon laskenta alkaa alusta, jolloin vakiokorvattavia kohteita on reilusti vähemmän. Tämä tapa ei tietysti ole asiakashaittalähtöinen, joten se ei siitä syystä ole perusteltu syy viivästyttää vianrajausta. Mainittakoon, että tällaisessa tavassa jotkin kohteet kokisivat vielä normaalia pidemmän yhtämittaisen katkon ja olisivat mahdollisesti oikeutettuja suurempaan vakiokorvaukseen.

Maksettavien vakiokorvausten minimistä saa poiketa asiakkaalle edullisemmalla taval-



Kuva 2.1. *Vakiokorvauksen, hinnanalennuksen ja vahingonkorvauksen riippuvuus sähköntoimituksen virheestä ja keskeytyksen pituudesta. (Energiateollisuus 2019)*

la; jakeluverkkoyhtiöistä ainakin Caruna maksaa asiakkailleen korvauksia enemmän kuin SML edellyttää (Caruna 2021d). Vakiokorvauksia maksetaan tyypillisesti haja-asutusaluella tai saaristo-johtolähtöjen perässä oleville asiakkaille. (Caruna 2011)

2.3 Turvallisuusvaatimukset käyttö- ja sähkötöiden aikana

Käyttötoiminnan perustana on tilanteesta riippumatta ohjeiden noudattaminen ja turvallisuus. Vika- ja suurhäiriötilanteessa selvitysaika on aina minimissään sen verran mitä noudatettavat toimintatavat ja tehtävät työvaiheet ottavat aikaa. Lisäksi aikaan vaikuttaa pidentävästi olosuhteet joissa töitä tehdään. Kytkennänjohtajana (ja käytön johtajana) toimii Carunan tapauksessa pääsääntöisesti valvomon käyttökeskusoperaattori, paikalliskytkijänä tarvittaessa tehtävään opastettu henkilö, joka tekee kytkentöjä kytkennän johtajan pyynnöstä. Carunan kytkentöjä johdetaan normaalioloissa verkkoalueittain, joten jos samalla verkkoalueella on paljon vikoja, tulee toiminnasta hitaampaa, koska operaattori joutuu keskittymään useampaan vikaan samaan aikaan.

2.3.1 Standardi SFS 6002

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 83§ ja sen nojalla noudatettava standardi (SFS 6002 2015) sähkötyöturvallisuudesta määrittää muun muassa sen, kuka voi tehdä jakeluver-

kon parissa sähkö- ja käyttötöitä. Sähkötyöturvallisuudesta kaikkien henkilöiden, jotka osallistuvat työhön sähkölaitteistossa tai sen läheisyydessä, on oltava opastettuja työtä koskeviin säädöksiin, vaatimuksiin ja yrityksen ohjeisiin. Tästä syystä nopeita viankorjausresursseja esimerkiksi myrskytilanteisiin on saatavilla maksimissaan täsmälleen sen verran kun verkostotöihin on etukäteen koulutettu. Resursoinnista lisää luvussa 3.2.2.

Kansallinen lisävaatimus velvoittaa, että suurjännitelaitteistojen kytkennöistä tehdään yksittäisen laitteen kytkemisiä sekä häiriötilanne- ja hätäkytkentöjä lukuun ottamatta aina kirjallinen kytkentäohjelma, jonka tarkistaa tarvittaessa kytkentäohjelman laatijan lisäksi toinen asiantunteva henkilö. Tällä vähennetään virheiden mahdollisuutta ja kytkentätilanteessa helpottaa käytönjohtajan toimintaa, kun askellus on valmiiksi määritelty. Häiriötilannekytkennöissä kytkentäohjelmia ei ole saatavilla, joten käytönjohtaja joutuu miettimään kytkentöjen aikana hiukan enemmän, mikä hidastaa kytkentöjen suorittamista. Suurjännitelaitteistoilla tarkoitetaan standardissa yli 1000V vaihtojännitettä tai yli 1500V tasajännitettä, eli lukee mukaansa keski- ja suurjänniteverkon osat. (SFS 6002 2015)

Käytännössä minivaatimuksena on, että kaikilla sähköverkon parissa sähkö- ja käyttötöitä tekevillä tulee olla suoritettuna työ- ja sähkötyöturvallisuuskoulutus ja riittävällä määrällä koulutus ja tiedot antamaan ensiapua sähköiskuissa ja/tai palovammojen hoidossa. Lisäksi tiettyjä tehtäviä voi hoitaa ainoastaan ammattihenkilöt ja vain rajallista osaa vikatöihin liittyvistä tehtävistä opastetut henkilöt. On organisaation vastuulla huolehtia, että kaikki ovat tehtäviinsä perehdytetyt ja voimassaolevia vaatimuksia muun muassa suojavälineiden suhteen noudatetaan. Esimerkiksi Caruna ohjeistaa kaikkia sähköverkkonsa läheisyydessä toimivia erilaisin koulutuksin ja jakamalla *"Tiedä ennen kuin toimit sähköverkon läheisyydessä"* -turvallisuusohjeen (Caruna 2021c) painoversiota erityisesti kumppaneille kenttätöissä.

2.3.2 Olosuhteiden vaikutus käyttö- ja sähkötöihin

Keliolosuhteet vaikuttavat merkittävästi viankorjausaikoihin. Tuuli, valon puute ja kylmyys saattavat viivästyttää viankorjauskeikalle lähtemistä ja lisäksi hidastaa itse vian selvitystä. Turvallinen korjaaminen ei ole välttämättä lainkaan mahdollista pimeän aikaan, joten valoisan ajan pituus vaikuttaa keskimääräiseen viankorjausaikaan varsinkin useamman päivän kestävien häiriötilanteiden osalta.

Hankalat maasto-olosuhteet (kallio, vetinen maasto, saaristo, paksu lumikerros) hieman vuodenajastakin riippuen vaikuttavat myös hidastavasti viankorjausprosessiin. Joskus sopivaa kulkuvälinettä tai esim. varavoimaa on hankala saada paikalle haastavan sijainnin vuoksi. Saariston asiakkaat kokevat muun muassa näistä syistä usein pidempiä vikakeskeytyksiä kuin asiakkaat muualla keskimäärin. Lisäksi korjaushetkellä vallitsevat sääolosuhteet ovat saaristossa useammin sellaisia, joiden vuoksi korjausta ei voi aloittaa tai jatkaa. (Caruna 2021b)

Sähkötyöturvallisuuden näkökulmasta sääolosuhteisiin otetaan kantaa standardissa (SFS 6002 2015, s. 24) seuraavasti: Työn aloittamista on siirrettävä ja/tai jatkamista rajoitettava, jos esiintyy haitallisia ympäristöoloja esim. salamointia, rankkaa sadetta, sumua, kovaa tuulta jne. Ukkosen uhatessa, jos vaaran välttämiseksi on tarpeellista, on työ lopetettava välittömästi ja asiasta on ilmoitettava käyttöä valvovalle henkilölle. Säästä johtuvan huonon näkyvyyden tapauksessa työt on niin ikään keskeytettävä, ja lisäksi työkohde on saatettava turvalliseksi. (SFS 6002 2015)

Voimakkaimpien häiriötilanteiden (erittelystä tarkemmin luvussa 3) aikana valvomon kapasitetti saattaa olla rajallinen, jonka vuoksi kytkentöjen suorittaminen hidastuu monen yhtäaikaisen selvitettävän vian takia. Tämän vuoksi tietyntyyppisistä keskijännitevioista tulee normaalia hitaammin selvitettäviä eli sekä niiden rajaus että lopullinen korjaus kestää kauemmin, toki voimakkaasti vian luonteesta ja verkon rakenteesta riippuen (Halkosaari 2020, s. 63 - 65). Koska työnteko on suurhäiriössä intensiivistä ja tauoista huolimatta normaalia kuormittavampaa, on selvää että pitkien työvuorojen loppupuolella yksilön suorituskyky myös laskee. Häiriötilanteen pitkittyessä toiminnan jatkuvuuden varmistaminen on osa toimivaa suurhäiriöorganisaatiota, ja resursoinnista sekä työvuorosuunnittelusta vastaavien tuleekin ottaa tämä huomioon, jotta työturvallisuus säilyy ja riittävä resurssien määrä turvataan myös häiriön loppupuolelle.

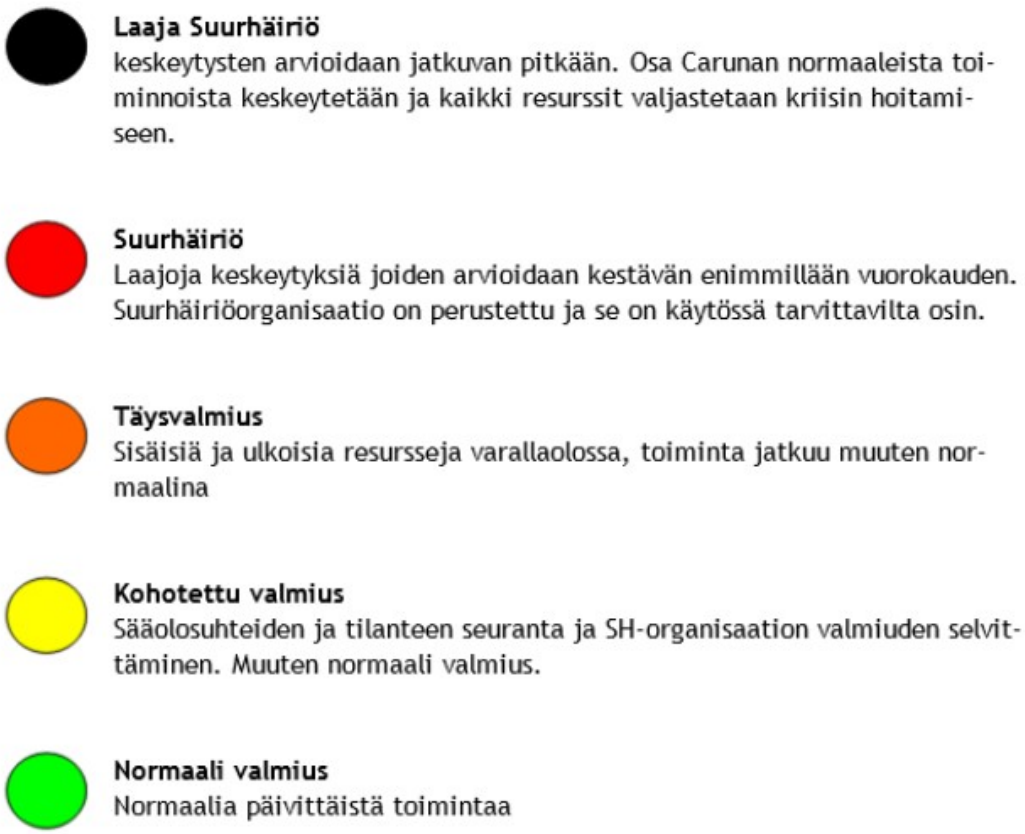
2.4 Suurhäiriöt

Suurhäiriölle ei ole olemassa yhtä yleisesti käytössä olevaa määritelmää, mutta sitä on kuvattu vuosien varrella numeerisesti esimerkiksi seuraavasti: "*Suurhäiriö on tilanne, jossa yli 20 % yhtiön asiakkaista on ilman sähköä tai jossa 110 kV johto tai 110/20 kV (110/10 kV) sähköasema tai päämuuntaja vikaantuu pitkäaikaisesti (useita tunteja).*"(Järventausta et al. 2005). Tässä luvussa pohjustetaan, miten tämän työn tarkasteluissa käsitellään suurhäiriötä.

2.4.1 Suurhäiriöiden mallinnus ja niiden jaottelu

Suurhäiriöitä voi ryhmitellä tai jaotella esimerkiksi jakelu-, alue- tai kantaverkoissa tapahtuneisiin tai vaihtoehtoisesti häiriön syyn perusteella epäsuotuisten sääolojen aiheuttamiin sekä muista syistä, esimerkiksi ihmisen toiminnasta tai teknisestä viasta, aiheutuviin tilanteisiin (Partanen et al. 2012). Jakeluverkkoyhtiönä Carunaa koskee pääosin sääolojen aiheuttamat häiriöt, joten tässä työssä keskitytään niihin. Suurhäiriöt jaotellaan Carunalla vakavuuden suhteen kahteen eri luokkaan; suurhäiriöön ja laajaan suurhäiriöön. Carunalla on olemassa lisäksi valmiustasot häiriötilanteiden vakavuuden mukaan. Vakavuutta kuvataan portaittain väreillä vihreästä mustaan, vihreän ollessa normaalia toimintaa ja musta poikkeuksellisen vakava häiriötilanne, jonka vuoksi osa normaalitoiminnoista

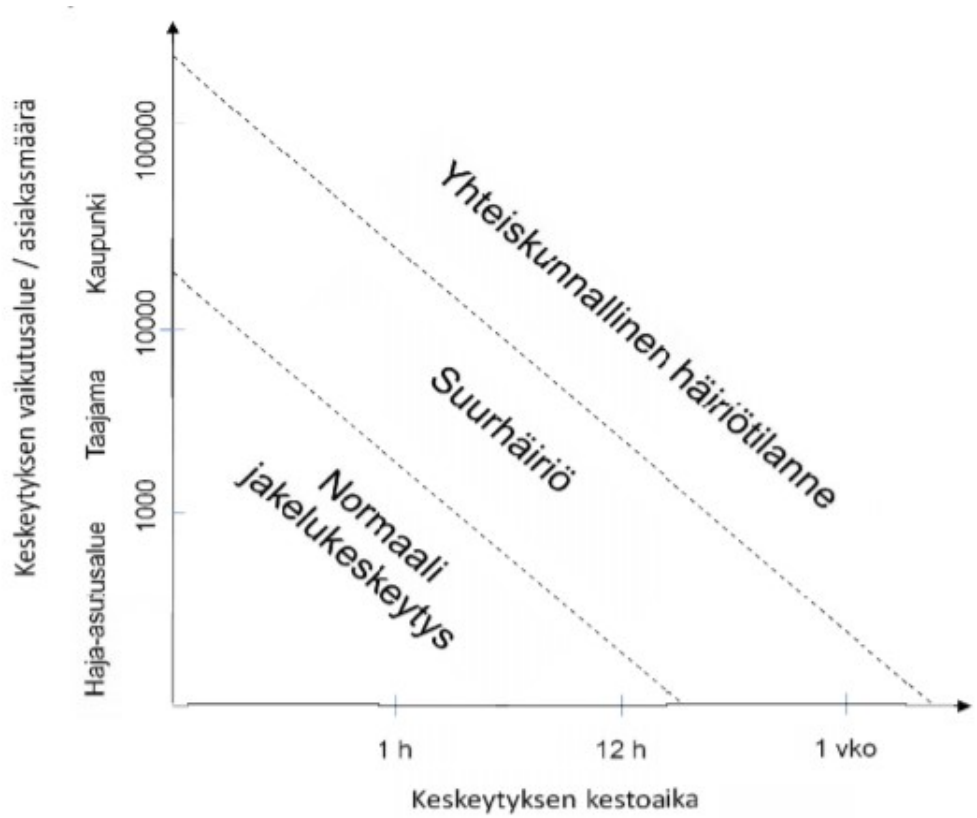
jopa keskeytetään. Eri valmiustasot ovat kuvattuna kuvassa 2.2.



Kuva 2.2. *Carunan valmiustasot, jotka kuvaavat tilanteen vakavuutta. Organisointi vaihtelee häiriötilan vakavuuden mukaan. (Caruna 2021a)*

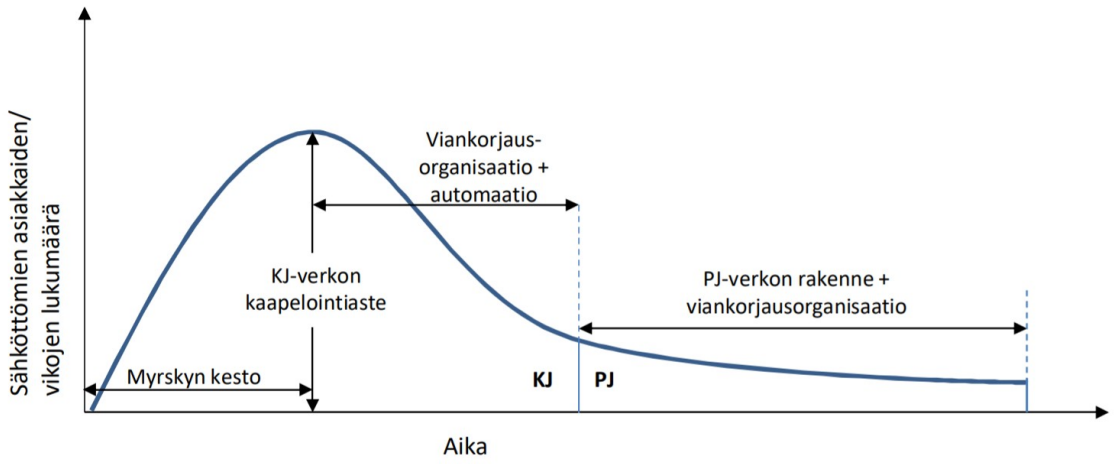
Luokittelun havainnollistamiseksi; mustia myrskyjä ovat olleet esimerkiksi Paula- ja Tapani-myrskyt (2020 & 2011), punaisista myrskyistä hyviä esimerkkejä ovat Aila- ja Aapeli-myrskyt (2020 & 2019). Karkeasti jaoteltuna punaiset myrskyt ovat historiassa tavanneet olla esiintymistaajuudeltaan vuosittaisia, mustat puolestaan kerran vuosikymmenessä tapahtuvia. Erityisesti pohjoisessa Suomessa talvisaikaan häiriöitä aiheuttavat myös niin kutsutut tykkylumitilanteet. Normaalisti *myrskyt* ovat kuitenkin joko matalapaineisiin liittyviä verrattain laaja-alaisia ja pitkäkestoisia voimakkaita tuulia, tai rajuilmoja, jotka ovat ukkospilviin liittyviä rajuja, usein lyhytkestoisia ja paikallisia ukkospuuskia (Ilmatieteen laitos 2022). Tässä työssä poikkeustilanteet ovat siis joko *myrskymatalapaineen*, *rajuilman* tai niiden yhdistelmän tuotosta. Vertailusta tarkemmin luvussa 4.

Verho et al.(2010) on kuvannut häiriökeskeytyksen vakavuuden riippuvuutta keskeytyksen kestoajasta ja laajuudesta kuvan 2.3 mukaisesti. Kuva havainnollistaa edelleen hyvin suurhäiriön aika- ja laajuusriippuvuutta, mutta — — *on tulkittava lähinnä suuntaa antavana eikä täsmällisenä määrittelynä."* (Verho, Strandén et al. 2010).



Kuva 2.3. *Häiriökeskeytyksen vakavuuden riippuvuus keskeytyksen kestoajasta ja laajuudesta. (Verho, Strandén et al. 2010)*

Karkea jaottelu ei lopulta kerro yksittäisestä häiriöstä paljoakaan, mutta tarkemmin tutkimalla ja varsinkin jälkeenpäin mahdollisimman samankaltaisiin tilanteisiin vertaamalla voidaan löytää mittareita esimerkiksi viankorjausorganisaation suoriutumiselle. Partanen et al. (2012) on muodostanut mallin, joka kuvaa sähköttömien asiakkaiden ja vikojen määrän jakaumaa suurhäiriön aikana. Malli on esitettynä kuvassa 2.4.



Kuva 2.4. *Sähköttömien asiakkaiden ja vikojen määrä –jakauma suurhäiriömallintamisessa. Kuvassa pääperiaatteet käyrän muotoon vaikuttavista tekijöistä. (Partanen et al. 2012)*

Kuvasta nähdään, että viankorjausorganisaation toiminnan vaikutukset näkyvät myrskyn niinsanotusta 0-hetkestä eteenpäin. Niinpä parempi varautuminen, tilannekuvan hallinta ja resursointi näkyy pitkittyneessä suurhäiriötilantessa nollahetkestä eteenpäin ja erityisesti kuvassa periaattellisen keskijänniteverkon ja pienjänniteverkon välisen siirtymäkohdan ympärillä ja häiriön loppuun saakka. Siirtymäkohta on periaatteellinen, sillä usein todellisuudessa töitä tehdään samaan aikaan sekä pien- että keskijänniteverkossa. Niin sanotuissa tykkylumitilanteissa, joissa lumikuorma painaa puita ilmajohtojen päälle, 0-hetken määrittäminen on vaikeampaa, koska uusia vikoja syntyy jatkuvasti myös vianselvityksen edetessä. (Partanen et al. 2012)

2.4.2 Merkittävimmät myrskyt ja rajuilmat 2010-2021

Ilmatieteen laitoksen mukaan merkittävimmät myrskyt ja rajuilmat 2010-2021 on kuvattu taulukossa 2.1. Listaus on peräisin ilmatieteen laitoksen nettisivuilta, jossa listalle pääsyyn on 2000-luvun myrkyissä ja rajuilmoissa sovellettu seuraavia kriteerejä:

- tilanteesta on aiheutunut vähintään 1 000 pelastustoimen tehtävää
- sähköttömiä talouksia on ollut vähintään 100 000 tai
- puustotuhoja on aiheutunut vähintään 0,5Mm^3.

Taulukko 2.1. *Merkittäviä myrskyjä ja rajuilmoja Suomessa. Muokattu lähteestä (Ilmatieteen laitos 2022)*

Ajankohta	Nimi	Myrsky/Rajuilma	Alue ja lisätietoja
23.6.2021	Aatu	Rajuilma	Maan etelä- ja itäosa, Uudeltamaalta Pohjois-Karjalaan.
22.6.2021	Paula	Rajuilma	Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu
19.11.2020	Liisa	Myrskymatalapaine	Maan etelä- ja keskiosa
17.9.2020	Aila	Myrskymatalapaine	Maan etelä- ja keskiosa. Suurimmat vaikutukset länsirannikolla.
30.6.2020	Päivö	Myrskymatalapaine	Maan itäosa
22.2.2020	Tuuli	Myrskymatalapaine	Maan etelä- ja keskiosa, etenkin maan lounaisosa
1.–2.1.2019	Aapeli	Myrskymatalapaine	Maan läntisin osa, erityisesti Ahvenanmaa
12.8.2017	Kiira	Rajuilma	Uusimaa, Kymenlaakso, Lahti, Etelä-Saimaa
27.8.2016	Rauli	Myrskymatalapaine, myös rajuilma	Pohjoisraja, Oulu, Pohjois-Karjala
2.10.2015	Valio	Myrskymatalapaine	Oulu-Kainuu pohjoisrajana
31.7.2014	Helena	Rajuilma	Maan etelä- ja keskiosa, Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu
13.12.2013	Seija	Myrskymatalapaine	Maan etelä- ja keskiosa, rajana Oulu-Kainuu
17.11.2013	Eino	Myrskymatalapaine	Oulu-Kajaani-Joensuu ja Pori-Tampere-Kotka-linjojen välissä
27.12.2011	Hannu	Myrskymatalapaine	Koko maa pois lukien Lappi
26.12.2011	Tapani	Myrskymatalapaine	Maan etelä- ja keskiosa
8.8.2010	Sylvi	Rajuilma	Uusimaa, Häme, Pirkanmaa, josta kapenevana kaistana Oulua kohti
4.8.2010	Veera	Rajuilma	Pirkanmaa, Häme, Keski-Suomi, Kainuu, maan itäosa
30.7.2010	Asta	Rajuilma	Kaakosta luoteeseen läpi Etelä-Savon ja Keski-Suomen Pohjanmaalle

Listaus ei ole täydellisen kattava, esimerkiksi rajuilmoista on mukana vain tapaukset, jotka ovat aiheuttaneet vahinkoa verrattain laajalla alueella. (Ilmatieteen laitos 2022) On hyvä huomata, että listaus ei vastaa täydellisesti Carunan verkkoalueille osuneiden merkittävimpien myrskyjen ja rajuilmojen listausta, vaikka suurimmat ja merkittävimmät sieltä

löytyvätkin. Carunaan vaikuttaneet merkittävimmät myrskyt ja rajuilmat on listattu ja analysoitu tarkemmin luvussa 4.

3. CARUNAN SUURHÄIRIÖ- JA VIKAPROSESSI

Carunan suurhäiriö- ja vikaprosessit ovat pääpiirteittäin hyvin lähellä toisiaan. Tässä luvussa keskitytään enemmän suurhäiriöorganisaation kuvaukseen, sillä tämän työn tarkastelukehykseen kuuluvat merkittävimmät tehostamis- ja muutostarpeet korostuvat nimenomaan suurhäiriötilanteissa. On hyvä huomata, että esimerkiksi digitaalisten työkalujen valikoima on suurhäiriössä lähes täysin sama kuin niin sanotussa normaalissa vikatilanteessa. Järjestelmien, henkilöstön ja sitä kautta organisaatioiden kyvykkyydet kuitenkin tulevat esiin ja parhaiten mitatuksi suurhäiriötilanteessa, jossa ylimääräistä aikaa ei ole ja toimintojen tulisi mielellään tulla kerralla kuntoon. Suurhäiriön viitekehyksestä löydetyt puutteet ja kehitystarpeet korjattuna todennäköisesti tehostavat toimintaa myös normaalioloissa, joskin voimakkaasti yleistäen hyöty luultavasti skaalautuu pienemmäksi. Prosessit ovat muotoutuneet nykytilaansa syystä; esimerkiksi tärkeimpien työkalujen tarjoamat toiminnallisuudet määrittävät, kuinka paljon toisteista työtä joudutaan tekemään.

3.1 Carunan vika- ja suurhäiriömallin kuvaus

Vika- ja suurhäiriöorganisaation kannattaa lähtökohtaisesti olla mahdollisimman pitkälle samanlaisia, jotta käytännöt johin on totuttu normaalitilanteessa ovat edelleen tuttuja myös poikkeustilanteessa. Kun viankorjaajiin vaikuttavat ympäristön tekijät ovat mahdollisimmat samanlaiset kuin aikaisemmin, voi suorituskyvyn odottaa pysyvän poikkeuksellisesta tilanteesta huolimatta hyvällä tasolla. Jos suurhäiriötilanteessa toteutettaisiin täysin normaalista vikaprosessista poikkeavia toimintamalleja, olisi lopputuloksena muun muassa kustannusrakenteeltaan kestämätön jatkuva rinnakkainen koulutustarve. Samankaltaisuuteen pyritäänkin Carunan vika- ja suurhäiriökäytännöissä. Muutokset vikamallista suurhäiriömalliin koskevat lähinnä organisaation rakennetta, järjestäytymistä ja raportointia. Viimeisenä mainitusta johtuvaa työkuormaa pyritään keventämään asentajilta, esimerkiksi käytöntukijärjestelmään raportoitavien tietojen tarkkuuden pienemmillä vaatimuksilla. Tämä siksi, että viankorjausresurssien työtunnit kannattaa suurhäiriössä kohdistaa reaalimaailman toimintoihin. Jälkikäteen on helppo korjata laskutukseen tai raportointiin liittyviä asioita, mutta vika- ja suurhäiriötilanteessa tärkeintä on luonnollisesti minimoida asiakkaalle aiheutuva haitta, toisin sanoen keskittyä asiakkaan kokeman keskeytyksen pituuden minimoimiseen.

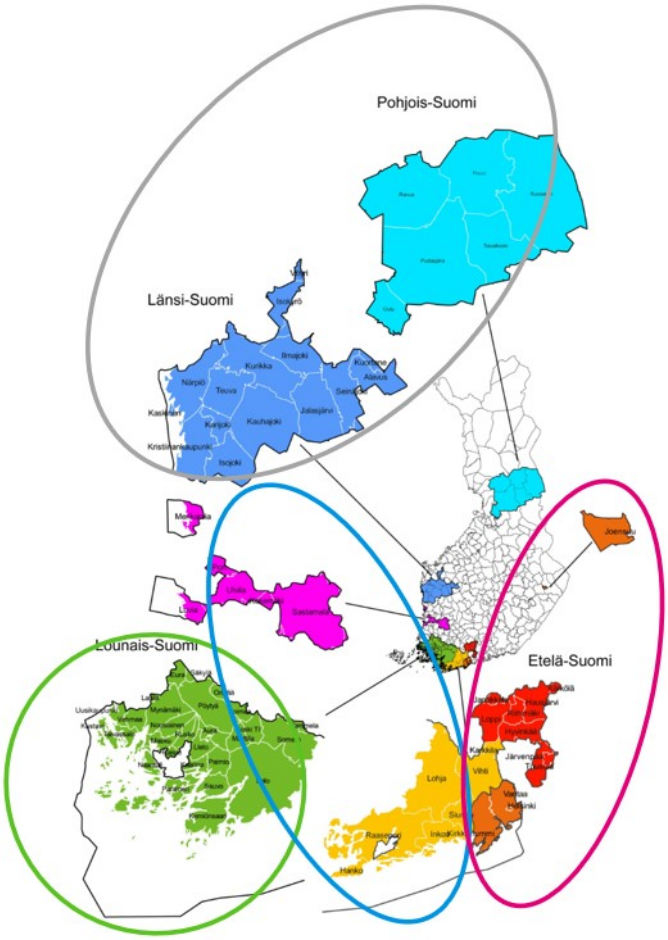
Ideaalitilanteessa laatu pysyisi samana, ja tietyllä tapaa prosessien ja järjestelmien soveltuvuutta nykyiseen käyttöönsä kuvaa *suoraviivaistamisen tarpeen määrä ja sitä kautta lisätuntien ja -kustannusten nettokasvu, kun raportointiin ja laskutukseen littyviä asioita selvitellään jälkikäteen*. Nettokasvua voi olla hankala mitata, sillä oletusarvoisesti tehokkuus on korkeampi suurhäiriö- ja vikatilanteessa. Jotta tehokkuutta päästäisiin mittaamaan, tulisi tilannekuvan reaaliaikaisen seurannan oltava mahdollista asentajaryhmän tarkkuudella. Vian loppuaika on helppo määrittää, mutta nykyisellään ei ole mahdollista saada käytöntukijärjestelmästä luotettavaa tietoa, koska viankorjaus on todella aloitettu. Asiakasta varten saadaan kyllä viimeistään mittaritietojen mukaan keskeytysajat kohdalleen, mutta vian tilausaika (hetki kun tilaajaorganisaatiossa saadaan tieto viasta ja se validoidaan ja lähetetään toimittajaorganisaatiolle) voi poiketa useita tunteja todellisesta vianetsinnän aloitusajasta. Sopimukset antavat normaalitilanteessa tilaajan puolesta hyväksyttävän maksimikorjausajan, mutta suurhäiriöiden osalta vastaava karkea seuranta ei ole tällä hetkellä mahdollista.

3.1.1 Vikaorganisaatio

Vikaorganisaatio voidaan kuvata yksinkertaisesti niin, että toimittajan ja tilaajan vastuut ovat selvästi eriteltynä. Tilaajana Carunan puolella vikaprosessista huolehtii käyttökeskuksen valvomo kaikilla jännitetasoilla. Valvomon työntekijät ovat käyttökeskusoperaattoreita, jotka valvovat Carunan verkon tilaa vuoroperusteisesti niin, että valvomossa on vuoden jokaisena tuntina useita henkilöitä huolehtimassa Carunan verkon tilasta.

Hieman tarkemmin eriteltynä käyttökeskus vastaa 0,4–220 kV osalta sähköverkon valvonnasta ja vian selvityksestä, käyttö- ja vikatöiden turvallisuudesta kytkennänjohtajana, optimaalisesta verkon käyttötilanteesta, vika- ja työkeskeytysten mahdollisimman pienestä asiakashaitasta, poikkeuskytkentöjen ja häiriötilanteiden riskikartoituksesta sekä suunniteltujen kytkentäohjelmien tarkastuksesta ja kytkentäsuunnitelmien toteutuksesta. Lisäksi normaalitilanteen aikana käyttökeskus huolehtii sääennusteiden seurannasta ja lisäresurssitarpeen käynnistämisestä, jos tilanne sitä edellyttää. Sisäinen ja ulkoinen viestintä on normaalitilanteessa myös käyttökeskuksen vastuulla.

Vikaorganisaatioon kuuluu normaalitilanteessa käyttökeskuksen lisäksi vikapalvelu ja toimittajaorganisaatio. Vikapalvelu vastaanottaa, suodattaa ja käsittelee asiakasrajapinnan kautta tulevat vikailmoitukset vuorokauden jokaisena tuntina ja välittää ne eri järjestelmiä hyödyntäen käyttökeskukselle. Viankorjauksesta ja raportoinnista huolehtii toimittajaorganisaatio sellaisin poikkeuksin, että keskijännite- ja suurjänniteverkon vikojen keskeytysraportoinnista huolehtii käyttökeskus. Jokaisella verkko-aluella on oma toimittajaorganisaationsa, joka huolehtii pääasiassa vain Carunan vika-, kunnossapito- ja palvelutöistä. Kuvassa 3.1 on kuvattuna Carunan verkkoalueet ja niiden valvonnan tyypillinen vastuujako käyttökeskuksessa.



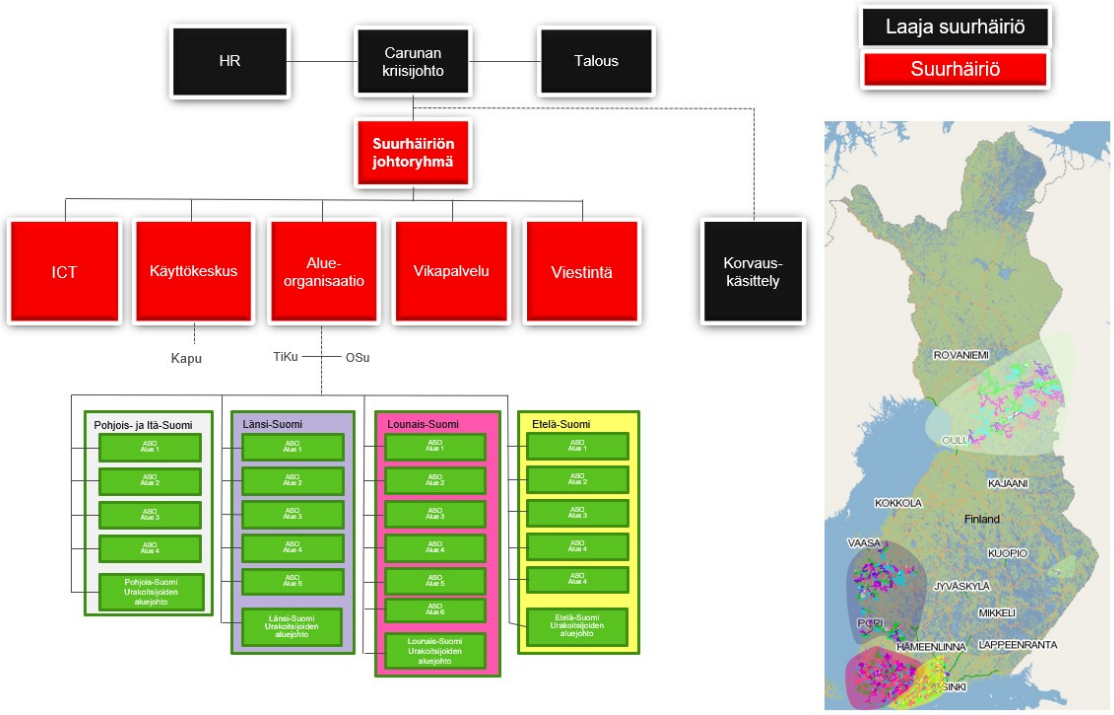
Kuva 3.1. *Carunan verkkoalueet ja niiden valvonnan tyypillinen vastuujako käyttökeskuksessa. Yhteen rengastetut alueet kuvaavat yhtä valvonta-aluetta. (Caruna 2021a)*

Aluejako normaalitilanteessa perustuu verkon valvonnan työkuorman jakamiseen, ei niinkään maantieteelliseen sijaintiin. Suurhäiriössä puolestaan etäisyyksien verkkoalueiden välillä tulee olla mahdollisimman lyhyitä, jotta resurssien siirtäminen on tarvittaessa mahdollisimman nopeaa. Lisäksi, jos alueet ovat liian kaukana toisistaan ja yhdistettynä yhdeksi alueeksi, kasvaa riski sille esimerkiksi, että häiriötilanne ei koske jompaa kumpaa verkkoaluetta ollenkaan. Tällainen tilanne voisi tulla kyseeseen esimerkiksi länsi- ja pohjois-Suomen verkkoalueiden ollessa yksi valvonta-alue.

3.1.2 Suurhäiriöorganisaatio

Suurhäiriöorganisaation rakenne riippuu hieman siitä, minkälainen häiriötilanne on kyseessä. Normaalitilanteeseen verrattuna henkilöstömäärää lähdetään kasvattamaan sen mukaan, missä resursseja tarvitaan toimittaja- ja tilaajapuolella. Päätöksistä resursointiin, varautumiseen ja muihin suurhäiriössä ja sitä ennen toimeenpantaviin asioihin liittyen vastaa Carunan suurhäiriöjohtoryhmä, joka kokoontuu tarvittaessa ja suurhäriön aikana säännöllisesti kaksi kertaa päivässä. Suurhäiriöorganisaatio muodostetaan, kun verk-

koalueille odotettava tilanne, useimmiten sääolojen poikkeustilanne, täyttää suurhäiriön (kuvattu punaisella) tai laajan suurhäiriön (kuvattu mustalla) kriteerit. Rakenne kussakin tilanteessa on kuvattu kuvassa 3.2.



Kuva 3.2. *Carunan suurhäiriöorganisaation malli. Kaaviossa mustalla on organisaatioon tehtävät lisäykset laajan suurhäiriön tapauksessa, karttapohjalla puolestaan on kuvattuna alueorganisaatiojaot.(Caruna 2021a)*

Huomattavaa on, että laajan suurhäiriön tapauksessa organisaatiota johtaa Carunan nimetty kriisijohto (käytännössä yhtiön toimitusjohtaja) apunaan henkilöstöhallinnon ja talouden päälliköt. Lisäksi normaalin suurhäiriöorganisaation lisäksi apuna on erillinen lisäyksikkö korvauskäsittelyitä varten, sillä käsiteltävien tapausten määrä kasvaa merkittävästi ja täten käsittelyn laadun ja yhdenvertaisuuden erityiseksi varmistamiseksi on lisäresursseja kyseiseen toimintoon saatava.

Suurhäiriössä toimintaa johtaa suurhäiriön johtoryhmä. Sen alla toimivia osakokonaisuuksia ovat ICT, käyttökeskus, alueorganisaatio, vikapalvelu ja viestintä. ICT huolehtii järjestelmien ylläpidosta aivan kuten normaalistikin ja varmistaa, että riittävä määrä resursseja on varattu järjestelmien mahdollisten ongelmatilanteiden välittömään selvitykseen ympäri vuorokauden. Vikapalvelu on ulkoisen kumppanin toteuttama toiminto (myös normaalitilanteessa), jonka tehtävänä on ottaa vastaan asiakkaiden vikapuheluita ja välittää niistä saatavat tiedot eteenpäin organisaatiossa käyttökeskukselle ja KAPUlle (käytön apu). Käyttökeskus huolehtii suur- ja keskijännitevikojen korjauksesta. Normaalitilanteesta poiketen asiakaskeskeytysviestintää (suur-, keski- ja pienjänniteviat) hoitaa KAPU. KAPUn vastuisiin kuuluu myös pienjännitevikojen havainnointi, validoiminen ja tilaaminen käytöntukijärjestelmän avulla.

Isoimmat muutokset normaalitilanteeseen ovat muodostettava alueorganisaatio ja viestinnän yksikkö. Viestinnän yksikkö huolehtii sidosryhmä- ja mediaviestinnästä, ja karkeasti ilmaistuna se pitää muun Suomen ajan tasolla ylätason tapahtumista. Esimerkkeinä viestintä kuntien viranomaisten ja erilaisten paikallismedioiden kanssa. Alueorganisaatio (AO) muodostuu Carunan ja eri verkkoalueilla toimivasta toimittajahenkilöstöstä niin, että tilannekuvan ylläpidosta vastaava TiKu ja ohjauksen suunnittelusta vastaava OSu ovat Carunan aliorganisaatioita ja kunkin alialueorganisaation (Pohjois- ja itä-Suomi, Länsi-Suomi, Lounais-Suomi ja Etelä-Suomi) alle kuuluvat alueelliset suurhäiriöorganisaatiot (ASO) ja aluejohto puolestaan urakoitsijoiden aliorganisaatioita. Alueorganisaatiota johtaa aluepäällikkö, joka tulee Carunan organisaatiosta. TiKu muodostaa tilannekuvaa ja välittää sen kaikkien osapuolien käytettäväksi. TiKun kanssa tilannekuvaa on välittämässä ja ylläpitämässä pelastuslaitoksen yhteysupseeri, jos tilanteen vakavuus sitä edellyttää. OSu tekee korjausennusteita, suunnittelee korjausjärjestyksiä, tekee resurssisuunnitelmia ja seuraa korjausten etenemistä. Kuva 3.2 selventää rakennetta ja aluejakoa tarkemmin, normaalitilanteesta poiketen Joensuun pienen alueen on määritelty kuuluvan Pohjois-Suomen kanssa samaan alialueorganisaatioon. Kunkin neljän alialueorganisaation alla verkkoalueita on edelleen pilkottu pienempiin kokonaisuuksiin viankorjauksen optimoinnin ja hallittavuuden vuoksi.

Yleensä resurssien kasvattaminen alkaa kenttäresursseista. Valmiuden kasvattaminen ei vielä lievempien sääilmiöiden aikana välttämättä tarkoita suurhäiriöorganisaatioon siirtymistä, vaan kyseessä on vain kohotetun valmiuden tilanne. Seuraava valmiustaso on niin sanottu täysvalmius, jolloin suurhäiriöorganisaatiota ei ole vielä perustettu, mutta resurssit läpi organisaation ovat varallaolossa ja valmiita siirtymään sivuun normaalitoimistaan muodostaekseen sen. Mahdollinen tila on myös niin sanottu kevennetty suurhäiriöorganisaatio, eli suurhäiriöorganisaatio on perustettu ja on käytössä tarvittavilta osin. Valmiustaso on tällöin *"suurhäiriö"*. Esimerkiksi voi olla, että alueorganisaatio ei ole käytössä kaikessa laajuudessaan. (Mickelsson 2021)

3.2 Toimintaperiaatteet

Tässä alaluvussa kuvaillaan lyhyesti toimintaperiaatteet lisävarautumisen, resursoinnin ja tilannekuvan ylläpidon osalta. Lisävarautumisella tarkoitetaan tässä normaalin varautumistason lisäksi toteutettavaa varautumista. Esimerkiksi arkiajan ulkopuolella ilmeneviä vikoja korjaa kullakin alueella nimetty päivystäjä, joka hälytetään tarvittaessa töihin. Kun normaalin varautumistason miehitys nähdään joltain osin riittämättömäksi lähitulevaisuudessa, suoritetaan lisävarautumista.

3.2.1 Lisävarautuminen

Varautuminen alkaa tyypillisesti niin, että saadaan tieto tulevasta poikkeavasta tapahtumasta sähköverkon alueella, joka todennäköisesti vaatii normaalia enemmän valvonta- ja korjausresursseja. Tässä työssä rajataan käsittely yksioikoisesti poikkeuksillisiin sääilmiöihin, jotka ovat merkittävin osa varautumiseen johtavista syistä Carunan verkossa. Siten tieto mahdollisesta tulevasta poikkeavasta tapahtumasta tulee käytännössä sääpalveluita Carunalle tuottavalta ilmatieteen laitokselta.

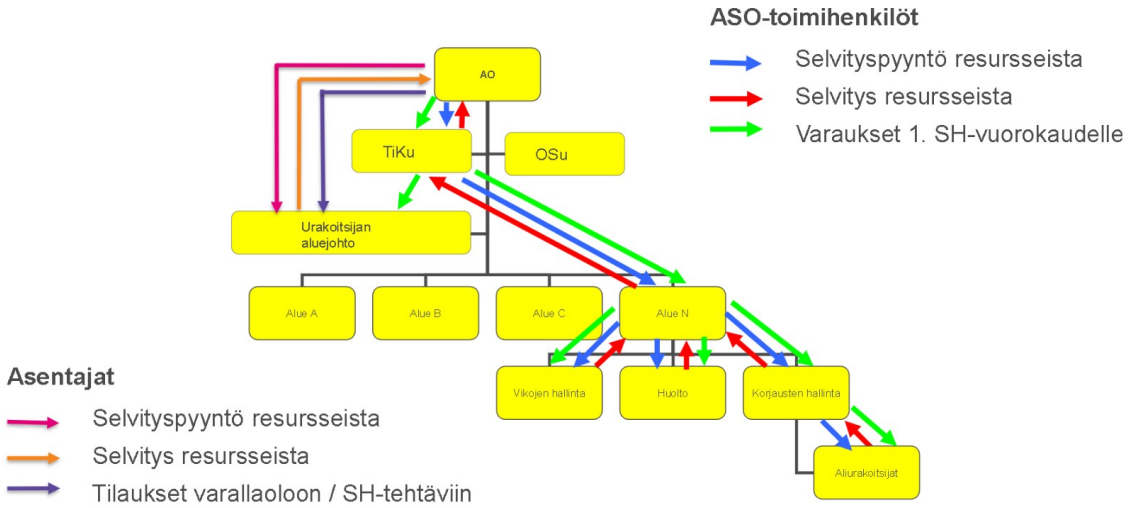
Sääennusteella on merkittävä vaikutus varautumiseen. Ennusteen muuttuminen useaan kertaan tai sen merkittävä poikkeaminen toteumasta on jälkeenpäin katsottuna oletusarvoisesti suurin tekijä varautumisen epäonnistumiselle. Ennusteen pohjalta tulkitsemista vaikeuttaa Carunan tapauksessa verkkoalueiden sijoittuminen Suomen eri osiin. Säätila on harvoin samanlainen koko Suomen alueella, ja tästä johtuen varautumista joutuu pohtimaan jokaiselle alueelle erikseen. Jos kyse on hyvin paikallisesta sääilmiöstä, on mahdollista, että esimerkiksi todellisen ilmiön sijainnin kymmenen kilometrin poikkeama ennusteen sijainnista johtaa merkittävästi erilaiseen lopputulokseen. Joissain tapauksissa voidaan tietää melko varmasti, että sääilmiön osuessa verkkoalueelle vahinkoja tulee aiheutumaan. Kyse on siis parhaimmillaan siitä, tuleeko Carunan verkkoalueelle vahinkoja vai ei. Jos ei ole varauduttu ollenkaan ja vahinkoja tulee merkittävästi, on alivarauduttu selkeästi. Jos taas varaudutaan jotenkin ja sääilmiö ei osu aluelle, on taas ylivarauduttu täsmälleen niin paljon kuin on varauduttu. Mitä vakavammasta sääilmiöstä on kyse, sen suuremmaksi kasvavat myös yksittäiset epäonnistumiset. Carunalla varautuminen ei ole yhden henkilön päätös, vaan siitä vastaa suurhäiriöjohtoryhmä, joka koostuu käyttöorganisaation asiantuntijoista.

Myrskykohtaisten varautumispäätöksien henkilöityminen ei ole optimaalista useastakin syystä. Yhden resurssin muodostuessa korvaamattomaksi on resurssin menettäminen suuri riski. Jos varautuminen on yhden henkilön päätös, on tämän henkilön oltava saavutettavissa vuoden ympäri. Myös mahdolliset epäonnistumiset henkilöityvät vahvasti, joten riskien välttely voi olla liian ohjaava toiminta-ajatus valintojen takana. Tämä voi näkyä toistuvana ylivarautumisena. Kustannusriskiin liittyvät eturistiriidat häiritsevät tiedolla johtamista. Onko varautumisen tason määrittämisen perusteena operatiivisten kustannusten välttely, keskeytyskustannusten minimointi, vai esimerkiksi mediariskin minimointi? Varautumisen tueksi on Carunalla yritetty kehittää erilaisia malleja tuhojen ennakointiin, hyödyntäen esimerkiksi koneoppimista. Näistä lisää luvussa 5.3.2.

3.2.2 Resursointi

Resursoinnilla tarkoitetaan tässä sekä varautumiseen liittyvää resurssien etukäteistä varaamista että resurssien dynaamista määränhallintaa ja uudelleensijoittamista. Edellä

mainittuja voidaan tarkastella sekä verkkoalueen sisäisesti että kokonaisena verkkoyhtiönä. Kiinnostavaa resursointi on lähinnä häiriötilanteiden näkökulmasta, jolloin Caruna tilaajana ylipäätään kertoo toimittajille, kuinka paljon resursseja tarvitaan. Normaalitilanteessa urakoitsija itse, vähimmäisresurssivaatimuksen täyttäen, huolehtii työsuunnittelullaan sopivasta töiden ja resurssien suhteesta. Vikojen määrän ollessa alhainen (korkeintaan 1–2 päivässä), koostuu verkkoaluekohtainen päivittäinen työmäärä suurimmaksi osaksi etukäteen tiedossa olevista suunnitelluista töistä. Edellisistä syistä johtuen tarkastellaan resursointia tarkemmin suurhäiriövalmiuden noston ja -ylläpidon kannalta, nimenomaan kumppanien resurssien osalta. Carunan suurhäiriömallissa (Caruna 2021a) resursointiperiaatteita on esitetty kuvan 3.3 mukaisesti.



Kuva 3.3. *Alueorganisaation valmiuden selvittäminen suurhäiriövalmiuden noston yhteydessä. (Caruna 2021a)*

Resurssien hallintaan liittyy todennäköisesti ainakin yksi järjestelmä, jossa on koottuna resurssit, jotka ovat käytettävissä kulloisenakin ajanhetkenä. Carunalla tällaisena järjestelmänä toimii linkity-järjestelmä. Perinteisesti resurssien hallintaa on hoidettu manuaalisesti Excelissä ja osittain toimintatapa on vieläkin käytössä toimittajaorganisaatioissa (Työnjohtajahaastattelut 2021). Manuaalisesti päivitettävien työlistojen ongelma on se, että ne ovat työläitä ylläpitää ja muutosten sattuessa eteenpäin annettu raportti ei enää pidäkään paikkaansa. Nykyisellään henkilöresurssien osalta tieto välittyy organisaation johdolle jatkuvasti, kun jokaisen henkilön työssäolo- ja saatavuustiedot kirjataan omatoimisesti käyttäjän tai kirjaamisesta vastaavan henkilön toimesta.

3.2.3 Tilannekuvan ylläpito

Tilannekuvan ylläpito voidaan nähdä koko organisaation laajuisena vastuuna, ja se pitää sisällään muun muassa edellisissä alaluvuissa esitellyt varautuminen ja resursointi. Jokainen osallistuja tuottaa omalla tahollaan tilannekuvaa jollakin tavalla. Ei ole olemassa keinoa, jolla yhdestä paikasta voisi nähdä ja pitää yllä täydellistä kokonaiskuvaa. Voidaan ajatella, että tilaajan organisaatio tuottaa omaa tilannekuvaansa, jota täydennetään kumppaneiden tuottamalla tilannekuvalla joko reaaliaikaisesti tai tietyin määrävälein. Esimerkiksi Carunan alueellinen suurhäiriöorganisaatio raportoi suurhäiriötilanteessa suurhäiriöjohtoryhmälle kaksi kertaa vuorokaudessa (Mickelsson 2021). Tilannekuvan ylläpito tapahtuu pitkälti järjestelmissä ja niiden rajapinnoissa, ja toivottavaa olisi, että se päivittyy mahdollisimman tiheästi ja vähäisellä työmäärällä.

3.3 Järjestelmät ja teknologiat

3.3.1 Verkonhaltijan perinteiset työkalut

Sisäisen tilannekuvan ylläpidosta vastaa Carunalla valtaosin käyntönvalvontajärjestelmä SCADA (engl. Supervisory control and data acquisition), kehittynyt käytöntukijärjestelmä ADMS (Advanced distribution management system) ja verkkotietojärjestelmä NIS (Network Information System). Edellä kuvattu perusrakenne on hyvin yleinen verkohaltijoiden keskuudessa (Lakervi ja Partanen 2008). SCADAssa on kerättynä reaaliaikainen kytkentätilanne, joka muodostuu eri ala-asemilta saataviin mittaustietoihin. SCADAn välittämä tilannetieto ja esimerkiksi sen mahdollistamat kauko-ohjaukset ovat kriittisiä toimintoja, joita ilman toiminta esimerkiksi suurhäiriötilanteessa heikentyy merkittävästi. Sen toiminta onkin turvattava kaikissa tilanteissa. Kauko-ohjattavien laitteiden tilatiedot päivittyvät SCADAan automaattisesti, mutta käsin ohjattavien tilatieto on päivitettävä manuaalisesti, mikä on välttämätöntä kytkentätilanteen hallitsemiseksi ja turvallisen työskentelyn takaamiseksi. SCADA soveltuu kuitenkin huonosti jakeluverkon kokonaistilanteen kuvaamiseen, sillä se ei sisällä täsmällistä verkkokarttaa asiakastietoineen ja komponentteineen. Toisin sanoen siitä puuttuu mahdollisuus esittää koko verkon kytkentätilanne graafisesti (Verho, Sarsama et al. 2012).

Käytöntukijärjestelmä DMS on ohjelmisto, joka kerää tietoa ja muodostaa kokonaiskuvan jakeluverkon tilasta. Tärkeimmät tiedonlähteet ovat SCADA, verkkotietojärjestelmä ja asiakastietojärjestelmä. Carunan kehittynyt käytöntukijärjestelmä ADMS on työkalu, joka ylläpitää tilannekuvaa yhdistelemällä edellämainituista lähteistä saatavia tietoja ja välittämällä tilannetietoa edelleen muille sovelluksille integraatioiden kautta. Esimerkiksi asiakaskesketysviestintäjärjestelmä ja Carunan ulkopuoliseen tilannekuvan välittämiseen tarkoitettu *häiriökartta* (Caruna 2022) saavat tietonsa ADMS:stä. Käyttäjät voivat esimerkiksi halutessaan, hiukan käyttöoikeuksista riippuen, lisätä kartalle manuaalisesti vikoja, jos

saadaan tietoon vikapaikka jotain muuta reittiä kuin automaattisesti järjestelmän muodostamana tai vikailmoituksella.

Toimittajien työntekijöille on omat riisutut käytöntukijärjestelmän käyttöliittymänsä, joilla on mahdollista seurata verkon kokonaiskuvaa ja tuottaa tilannekuvaa pienjänniteverkon osalta. Toisin sanoen nämä versiot hyödyntävät samaa tietoa, mutta käyttöoikeuksia on rajoitettu. Riisutut versiot ovat käytettävissä tietokoneella, joka on toimittajien tapauksessa lähes poikkeuksetta kannettava tietokone. Riisuttua kenttäversiota on mahdollista käyttää myös tabletilla, mutta käytännössä on todettu, että käyttäminen on sujuvampaa kannettavalla tietokoneella vähäisempien ongelmatilanteiden vuoksi. Joidenkin asentajien toiveissa on pitkään ollut mobiilikevytversio, jolla olisi mahdollista tehdä perustominnot raportoinnin suhteen nopeasti kentällä. Tämän muutoksen tukisi tavoitetta päästä kohti reaaliaikaisempaa tilannekuvaa. Tästä lisää luvussa 6.

Häiriökartta näyttää alueen missä häiriö on, mutta tarkempi viestintä keskeytyksen pituudesta ja etenemisestä tulee asiakaskohtaisen viestinnän kautta mobiilisovelluksessa (Carunan asiakkaille), tekstiviestinä tai sähköpostilla, asiakkaan itse määrittämien asetusten mukaisesti. Täysin avoin ja esimerkiksi käyttöpaikkojen tarkkuudella tiedottaminen on häiriökartalla ongelmallista, sillä tiedon näkee kuka vain kolmas osapuoli, joka voisi hyödyntää tietoa esimerkiksi rikollisiin aikomuksiin. Niinpä saatavissa olevia tietoja ovat keskeytyksen piirissä olevien asiakkaiden määrä, keskeytyksen tyyppi, aloitusaika ja arvioitu keskeytyksen päättymisaika. Kaikki näistä tiedoista tulevat ADMS:stä rajapinnan kautta keskeytyskohtaisesti ja päivittyvät kartalle muutaman minuutin välein.

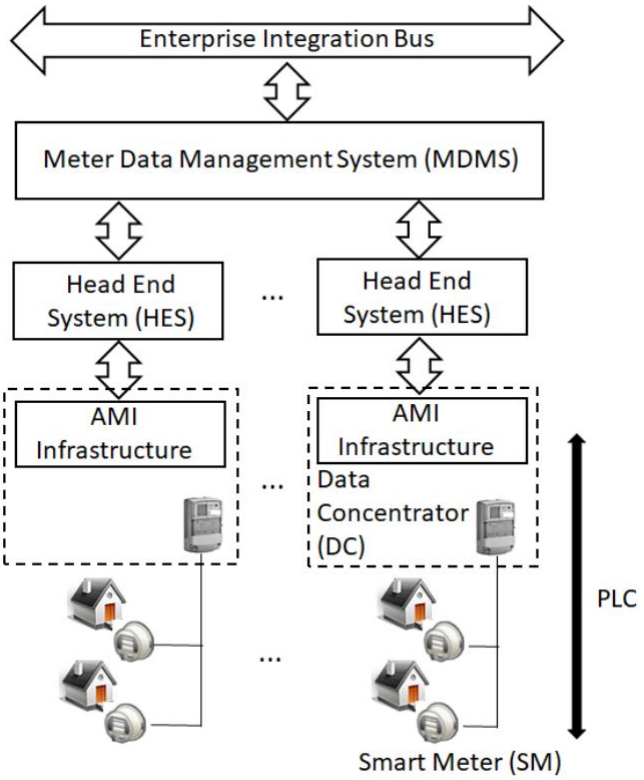
3.3.2 Muut merkittävimmät tilannekuvaa tuottavat järjestelmät

Carunan käytössä olevasta resursointityökalusta nähdään kootusti kunkin verkkoalueen olemassa olevat henkilöstöresurssit ja edelleen aktiivisena olevat päivystys- ja vianhoitoresurssit. Tämä tieto on tärkeä käyttökeskukselle, jotta oikeat henkilöt tavoitetaan tarpeen vaatiessa mahdollisimman nopeasti. Kyseisen järjestelmän kautta saadaan viestittyä kenttäresursseille tekstiviestein halutulla laajuudella, esimerkiksi roolin tai kustannuspaikan perusteella. Toimittajat ylläpitävät itse resurssiensa ajantasaisuutta, ja esimerkiksi suurhäiriöön ilmoitetut lisäresurssit kirjataan myös tänne. Tulevaisuudessa tästä järjestelmästä välitetään suoraan aktiivisena olevat resurssit järjestelmärajapinnan kautta ADMS:ään. Tämä nopeuttaa entisestään käyttökeskuksen suorittamaa vikojen kohdistamista sopiville resursseille.

ADMS:n järjestelmärajapinnoista on tässä yhteydessä hyvä mainita vielä asiakastieto- ja laskutusjärjestelmä, jonka avulla vikapalvelun kirjaamat vikailmoitukset välittyvät ADMS:n verkkokartalle. Tämä on merkittävin kyseisen järjestelmän tilannekuvan ylläpitoon vaikuttava toiminto. Lisäksi siellä käsitellään erilaisia tilauksia, mukaan lukien vikatöiden korjausta varten luodut vikatyötilaukset. On hyvä huomata, että tämä järjestelmä on elintär-

keä päivittäisten rutiininomaisten töiden tehokkaaseen suorittamiseen, mutta ei ole välttämättömässä asemassa poikkeustilanteen tiedonvälityksen kannalta, pois lukien aiemmin mainitun vikailmoitusten verkkokartalle kohdentumisen osalta.

Merkittävä tilannekuvaa tuottava keino on mittaripingauksten mahdollisuus suoraan verkkokartalta, eli etäluettavien mittarien hetkellisarvojen luenta ADMS:stä joko käyttöpaikkakohtaisesti tai isompana massana vaikkapa jonkun johtolähdön perässä oleville kaikille käyttöpaikoille. Mittareiden muodostamat hälytykset ovat osa nopeampaa ja jopa ennaltaehkäisevää vianselvitystä. Carunalla mittarit kommunikoivat keskittimen kautta, jolloin sähköjen katketessa keskittimeltä ei tilatietoa ole saatavissa kuin vasta sähköjen palauduttua keskittimille. Kyseessä on PLC-teknologiasta (Power Line Communication) eli sähköverkkoa pitkin tapahtuvasta kommunikaatiosta. Kuva 3.4 avaa PLC-teknologian edellyttämää arkkitehtuuria tarkemmin.



Kuva 3.4. *Periaatekuvaus PLC-teknologian edellyttämästä arkkitehtuurista. Vasemmalla perinteisen sähkömittarin ja oikealla älymittarin tapauksessa.(López et al. 2019)*

Käytännössä järjestelmä koostuu mittareista, keskittimistä ja mittaritiedon hallintajärjestelmästä. Mittarit lähettävät mittaustietoa keskittimelle, kommunikoimalla sähköverkkoa pitkin. Keskittimien sijainti vaihtelee verkon topologian ja älymittarien (kommunikoivien laitteiden) määrän mukaan (López et al. 2019), mutta tyypillisesti Carunalla ne on asennettu ensimmäiselle muuntamolle, joka tulee vastaan mittarin käyttöpaikalta vastavirtaan noustessa. Jos keskitin on vikaantunut, niin on olemassa mahdollisuus, että kyseinen muuntopiiri tulkitaan epähuomiossa sähköttömäksi, vaikka todellisuudessa näin ei ole.

Ongelmallisia, joskaan ei pelkästään PLC-teknologiaan liittyviä tilanteita ovat esimerkiksi tapaukset, joissa vapaa-ajan asunnolla pääkytkimestä on katkaistu sähköt. Tällöin etäluettava mittari ei kommunikoi ja näin ollen tilatietoa ei ole saatavilla esimerkiksi myrskyn jälkeisissä varmuuspingauksissa etänä, vaan kohde tulee tarkastaa mahdollisen vian vuoksi. Jos virta katkaistaan mittarilta, jää tästä verkonhaltijalle tieto ja mittari on edelleen kykeneväinen kommunikoimaan tilastaan tarvittaessa.

4. SUURHÄIRIÖT JA NIISSÄ ONNISTUMINEN

Vuosikymmenen merkittävimpiä myrsky- ja rajuilmatilanteita esiteltiin jo hieman luvussa 2. Tässä luvussa keskitytään kyseisistä poikkeustilanteista niihin, jotka ovat sijoittuneet Carunan (ml. ent. Fortum sähkönsiirron) verkkoalueille ja ovat aiheuttaneet muutoksia valmiustilaan. Lisäksi mukaan tarkasteluun otetaan muita merkittäviä Carunan verkkoaluetta koskeneita poikkeustilanteita, jotka kansallisesti eivät ole välttämättä olleet merkittäviä, mutta ovat vaikutukseltaan sivuuttamattomia Carunan suurhäiriöhistoriassa.

4.1 Onnistumisen mittaaminen

Onnistumisen mittaaminen suurhäiriössä on hankalaa, koska vertaileminen suurhäiriöiden kesken on hankalaa. Ei ole olemassa kahta samanlaista suurhäiriötilannetta. Tästä syystä mittaaminen vertailemalla eri myrskyjä ei välttämättä ole hedelmällistä. On ilmeistä, että onnistumiselle on oltava jokin määritelmä, joka perustuu menneisiin suurhäiriötilanteisiin. Onnistumisen edellytyksenä voisi olla muun muassa seuraavia:

- 0 turvallisuuspoikkeamaa suurhäiriön aikana
- Positiivinen medianäkyvyys (suurhäiriön kontekstissa)
- Lisävarautumisen ja resursoinnin onnistuminen
- Tunnuslukujen asettuminen referenssitasojen alapuolelle.

Voidaan todeta, että edellisistä aiheista useat ovat ainakin osittain päällekkäisiä tai vaikuttavat osaltaan toisiin mittareihin. Esimerkiksi ensimmäisen kohdan toteutuminen on välttämätöntä toisen toteutumiseen. Haasteellista onkin syy-seuraussuhteiden todentaminen ja varmuuden saaminen siitä, että mahdollinen löydös, onnistuminen tai epäonnistuminen, todella johtuu seikoista joista sen epäillään johtuvan. Tässä alaluvussa pyritään kuvaamaan jo tunnettuja osatekijöitä, jotka vaikuttavat onnistumiseen muun muassa edellä listattujen mittareiden osalta.

4.1.1 Sääennusteen vaikutus

Sääennusteen vaikutus onnistumiseen on oleellinen, koska sen perusteella arvioidaan, kuinka paljon on tarvetta lisävarautumiselle. Mitä aikaisemmin sään aiheuttamasta poik-

keustilanteesta tiedetään, sitä helpompi siihen on varautua hankkimalla lisäresursseja. Tämä ei kuitenkaan välttämättä ole määräävä tekijä myrskyssä onnistumiselle tai epäonnistumiselle. Kuten luvussa 3.2.1 käsiteltiin, joskus sääennusteen paikkansapitävyys tai -pitämättömyys tekee onnistumisen kysymyksestä binäärisen. Ongelma koskee useimmiten poikkeustilanteita, jotka ovat etukäteen ajateltuna vaikutuksiltaan vähäisiä, mutta eskaloituvat Carunan valmiustasolla suurhäiriöksi ainakin yhdellä verkkoalueella. Tämä siksi, että tällaisessa tapauksessa poikkeavan sääilmiön ennusteen maantieteellisellä osumatarkkuudella on iso merkitys lisävarautumisen tasoon.

Yleisesti verkkoyhtiölle sääennusteessa kiinnostavaa on ilmiön voimakkuus, sijainti ja kesto sekä edelläolevien tarkkuus tietyllä ajanhetkellä. Ennusteiden saatavuus ajallisesti ennen poikkeustilannetta on siten myös tärkeä osatekijä. Useimmiten valmiustasoltaan laajan suurhäiriön myrskyissä (esimerkiksi Tapani-myrsky) tieto melko varmasta poikkeustilanteesta on saatavilla jo vuorokausia ennen myrskyn alkua. Siten voidaan väittää, että lisävarautumisen onnistuminen ei riipu näissä tapauksissa ennusteesta vaan muista tekijöistä, joita on kuvattu tarkemmin luvussa 5.2.1. Esimerkiksi lomakaudelle, arkipyhille tai viikonlopulle osuminen todennäköisesti vaikuttaa myrskyn onnistumiseen negatiivisesti.

4.1.2 Resursoinnin ja tilannekuvan hallinnan vaikutus

Resursoinnin ja tilannekuvan hallinnan vaikutuksen voidaan arvioida olevan suurin valmiustasoltaan *suurhäiriön* myrskyluokassa. Mainittavaa on, että poikkeustilanteita voi tulla myös ennen tätä luokitusta, mutta valmiutta ei lopulta nosteta vähäisen vaikutuksen vuoksi. On hyvä huomata, että valmiustaso itsessään ei ole kovin tarkka mittari sille, kuinka paljon resursseja on ollut käytössä. Tarkemmin kuvailtuna resursoinnin ja tilannekuvan hallinnan toimivuus edesauttaa onnistumista parhaiten myrskyn loppupuolella kuvan 2.4 "häntäosiossa". Erityisesti silloin, kun toisiaan lähellä olevilla verkkoalueilla on epätasainen vika-asentajasuhde, olisi kokonaisonnistumisen kannalta järkevää uudelleenresursoida toisen alueen asentajia toiselle. Jotta tämä voidaan tehdä ketterästi, on tilannekuvan oltava ajan tasalla ja luotettava. Mitä pidempään poikkeustilanne kokonaisuudessaan kestää, sitä suurempi vaikutus resursoinnin ja tilannekuvan hallinnalla on.

4.1.3 Vertailun tunnusluvut sekä muut vertailuun soveltuvat luvut

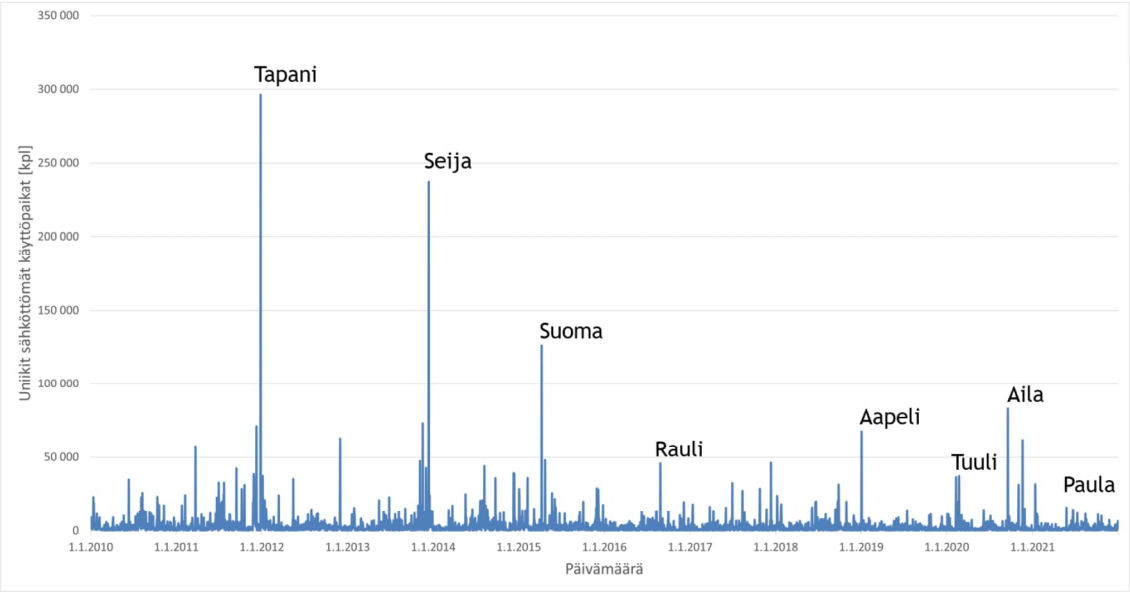
Verkkoyhtiöiden yleisistä tunnusluvuista kiinnostavia ovat KAH ja CAIDI. Tässä työssä tutkintaan on otettu merkittävimmät poikkeustilanteet väliltä 2010–2021. Vuosien 2010–2016 poikkeustilanteista on saatavilla luotettavaa keskeytystietoa ainoastaan keskijänniteverkon osalta, joten tunnuslukuihin ei ole sisällytetty pienjänniteverkon keskeytyksiä. Vuosien 2017–2021 aikana tapahtuneista poikkeustilanteista on saatavilla myös luotettavaa pienjänniteverkon keskeytysdataa, joten niissä vastaavasti KAH ja CAIDI sisältävät

myös pienjänniteverkon vikakeskeytykset. Muita poikkeustilanteiden vertailuun sopivia lukuja ja tietoja ovat

- Vakiokorvattavat asiakkaat (Yli 12h keskeytyksen kokeneiden asiakkaiden määrä)
- Tapahtumamäärä, keskijännite- ja pienjänniteverkko
- Asiakasmäärä
- Asiakashuippu
- Myrskyn nollahetken ja *"kaikki korjattu"* -tilanteen erotus tunteina
- Asentaja- ja ASO-henkilömäärä
- Sääennusteen ajankohtaan ja tarkkuuteen liittyvät huomiot

sekä poikkeustilannekohtaisesti erityiset selittävät huomiot lukujen taustalla. Myös poikkeustilanteen tyyppi ja vuodenaika ovat huomioonotettavia seikkoja. Edellä mainituista tiedoista menneen vuosikymmenen alusta lähtien Carunan verkkoalueelle tai alueille osuneet poikkeustilanteet on koottu liitteen C taulukkoon C.1.

Taulukossa myrskyt on lajiteltu ylhäältä alas päivämäärän mukaan välille 2021–2010. Jokaisessa sarakkeessa on värikoodaus; parhaat arvot vihreällä, keskinkertaiset keltaisella ja huonoimmat punaisella. Suuruusluokka vaikuttaa lukuihin merkittävästi, mutta värikoodaus saraketasolla helpottaa tiettyjen poikkeamien löytämistä taulukosta. Lisäksi kuvasta 4.1 saa nopealla silmäyksellä käsityksen suuruussuhteista.



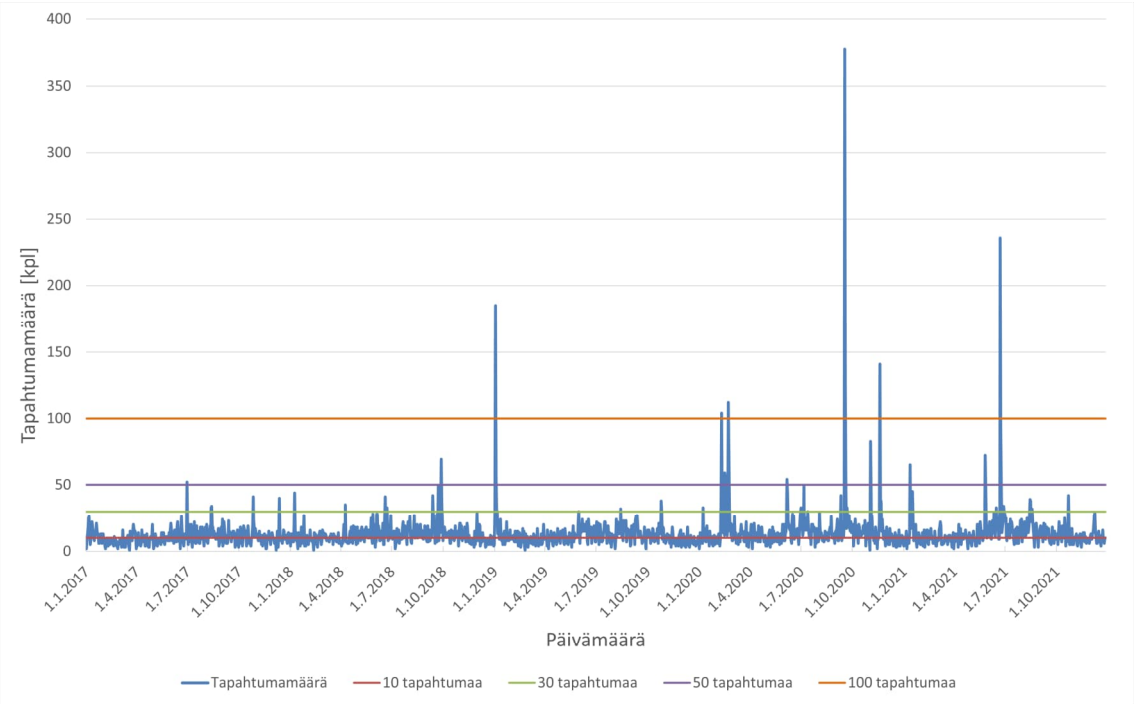
Kuva 4.1. *Keskijänniteverkon vikojen piirissä olevien uniikkien käyttöpaikkojen määrä vuorokausitasolla. Merkittävimmät Carunan verkkoalueilla tapahtuneet poikkeustilanteet vuosina 2010-2021 on merkattu graafiin nimellä vastaavan käyttöpaikkapiikin kohdalle.*

Tapani-, Seija- ja Suoma-myrsky ovat suuruusluokaltaan omaa luokkaansa ja näkyvät sel-

västi sekä taulukossa C.1 että kuvassa 4.1. Vuosikymmenen myrskyksikin ristitty Tapani on selkeä mittari suuruusluokassa, joskin samanlaisiin lukuihin pääseminen ei ole enää kovinkaan realistista toimitusvarmuusinvestointien ansiosta. Juhannuksen 2021 Paula-myrsky puolestaan oli merkittävän suuri pienjänniteverkossa, mutta ei kovinkaan merkittävä keskijänniteverkon osalta (verrattuna muiden myrskyjen sähköttömiin käyttöpaikkamääriin), sillä vahingot sattuivat vain yhdellä verkkoalueella. Tyypillisesti myrskyt osuvat ainakin osittain useille Carunan verkkoalueille samaan aikaan.

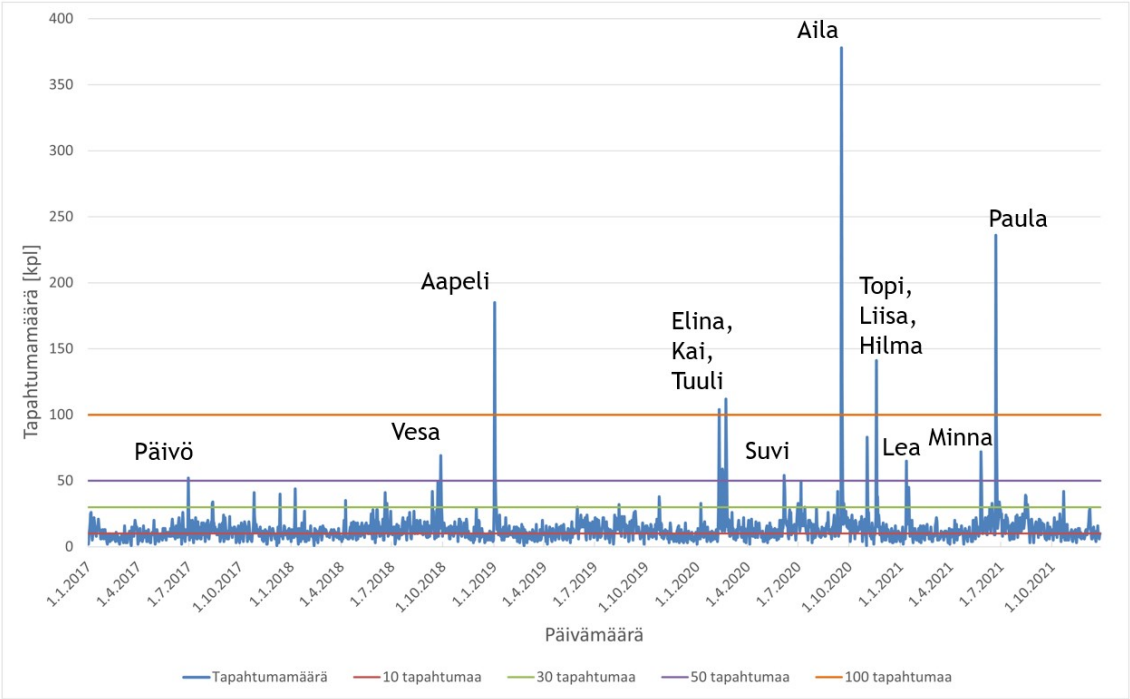
4.2 Myrskykohtainen vertailu ja onnistumisen arviointi luokittain aikavälillä 2017–2021

Kuten aikaisemmin mainittiin, vasta vuodesta 2017 lähtien on saatavilla luotettavaa pienjänniteverkon vikakeskeytystietoa. Tästä syystä tarkempi tutustuminen myrskyn "häntäosioon"on mahdollista verrattain suppealla poikkeustilannemäärällä. Kuitenkin on ensiarvoisen tärkeää, että tuntikohtaiset sähköttömien asiakkaiden määrät ovat saatavissa, jotta voidaan tehdä jonkinlaisia johtopäätöksiä suurhäiriöorganisaation toiminnasta ja tehokkuudesta. Kuvassa 4.2 on kuvattuna pienjänniteverkon vikakeskeytysten tapahtumamäärät vuorokausittain vuosina 2017–2021.



Kuva 4.2. *Pienjänniteverkon vikakeskeytykset vuorokausittain 2017-2021*

Kuvasta voidaan helposti muutaman apuviivan kanssa poimia merkittävimmät ja kiinnostavimmat poikkeustilanteet lähempään tarkasteluun. Alla olevassa kuvassa 4.3 on merkitty nimellä merkittävimmät poikkeustilanteet aikajanan ja suuruussuhteiden paremmaksi hahmottamiseksi.



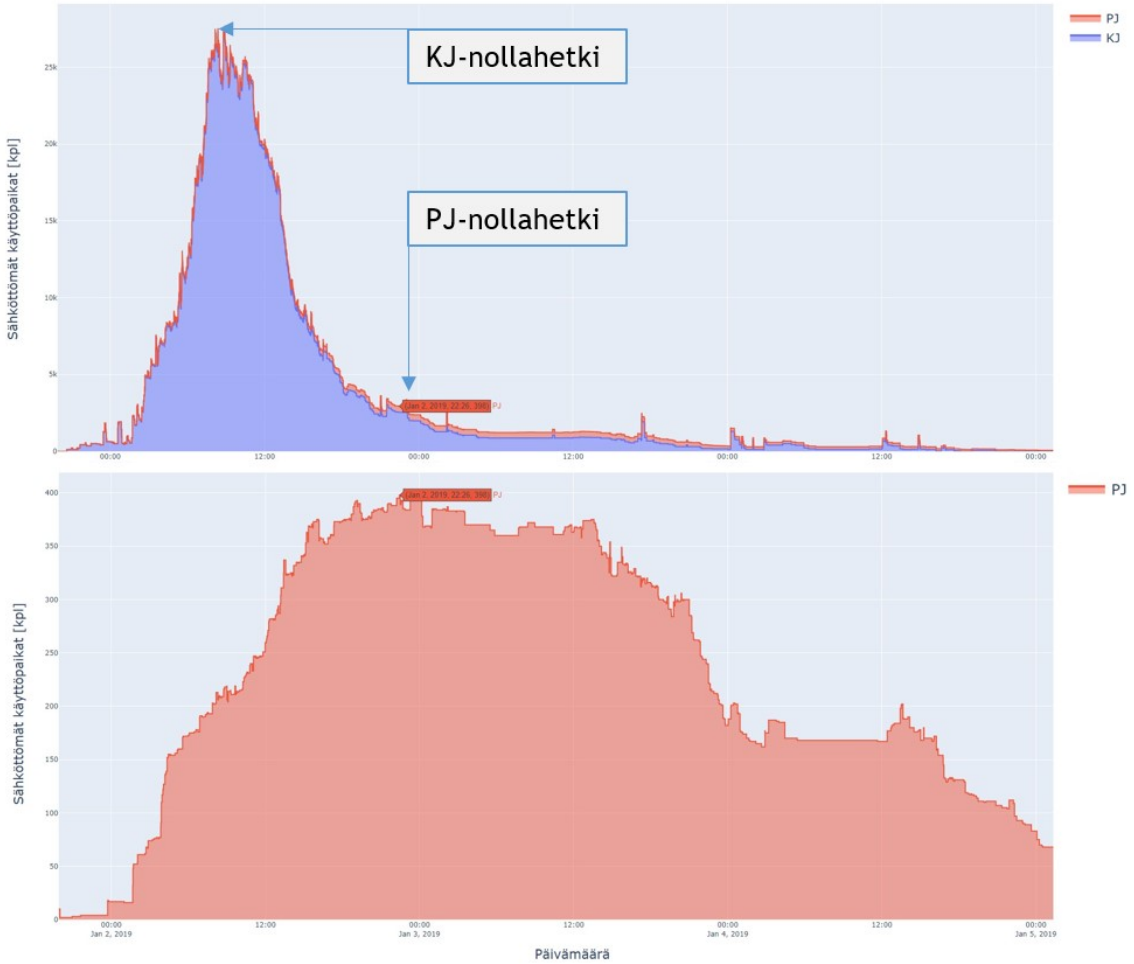
Kuva 4.3. *Pienjänniteverkon osalta merkittävimmät poikkeustilanteet 2017–2021 nimettynä*

Tämä alaluku koostuu näiden myrskyjen sähköttömien käyttöpaikkojen kehityksen vertailusta ajan funktiona. Tarkastelussa korostuu visuaalinen havainnointi, sekä keskijänniteettä pienjänniteverkon osalta. Tarkoitus on vertailla aikavälille poimittuja myrskyjä keskenään niin, että vertailussa olisi mahdollisimman samankaltainen myrsky tyypiltään, voimakkuudeltaan, ja kestoltaan. Koska rajuilmoja on ollut vain muutamia, on ryhmittelyssä korostettu suuruusluokan merkitystä. Suuruusluokkavertailu on tehty pienjänniteverkon vikamäärän mukaan, joten tämän määrittelyn mukaan jonkin *pienen* myrskyn tapauksessa keskijänniteverkon vikojen piirissä olevien sähköttömien määrä saattaa olla merkittävämpi mitä luulisi.

Luvun 4.2 kuvia tulee tulkita niin, että vaaka-akselilla on aikaskaala keston hahmottamista varten vuorokausina, mutta myrskyt on kohdistettu toisiinsa nähden asiakashuippunsa mukaan, joten sijoittuminen ei kerro myrskykohtaisesti kellonajoista mitään. Luonnollisesti kussakin myrskyssä sähköttömien asiakkaiden määrä laskee melko tasaisesti ajan funktiona, joten piikeistä tai tasaantumista voidaan päätellä jotain kunkin myrskyn kohdalla. Mitä nopeammin valtaosalle käyttöpaikoista on saatu palautettua sähköt, sen parempi. Tasaantumat kuvaavat tavallisesti yöaikaa, jolloin vianselvitys on useita tunteja tauolla. Mitä useampi yö ehtii välissä tulla, sitä huonompi on tulos sekä visuaalisesti että lukujen

osalta.

Tyypillisesti sähköttömien PJ-käyttöpaikojen huippuhetki on sillä hetkellä, kun melkein kaikki myrskyn aiheuttamat KJ-viat on korjattu, ja korjaamisessa aletaan siirtymään PJ-vikojen puolelle. Tämä siirtymähetki voidaan nähdä suurimmassa osassa myrskyistä. Myrskyjen onnistumisen vertailu keskenään on tyypillisesti hedelmällisintä asiakashuipun saavuttamisen jälkeen tapahtuvassa osiossa, kun myrsky ilmiönä on laantunut ja vikoja ei tule enää lisää enempää kuin niitä ehditään korjata. Tätä niin sanottua *"häntäosiota"* yritetään kuvata luvun 4.2 kaikissa kuvissa.



Kuva 4.4. *Pienjänniteverkon vikojen piirissä olevien sähköttömien käyttöpaikkojen nollahetken sijoittuminen koko myrskyn aikajanalla. Ylemmässä kuvassa päällekkäin sekä KJ-sähköttömät (sininen) että PJ-sähköttömät (punainen). Punainen tiketti kuvaa PJ-nollahetkeä. Esimerkki on Aapeli-myrskystä.*

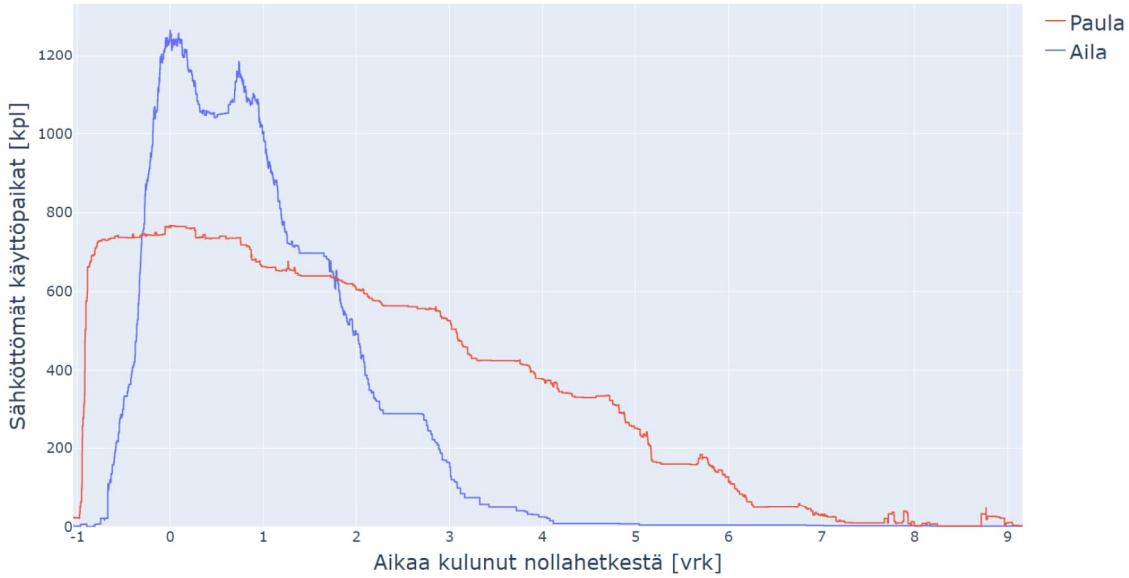
Visuaalisesti paras indikaattori on graafin muoto. Nollahetkestä eteenpäin kuvitteellisen sovitesuoran kulmakertoimen tulisi olla mahdollisimman jyrkkä, ikään kuin laskeva suora, joka lähestyy mahdollisimman nopeasti kohti nollaa sähkötöntä käyttöpaikkaa ajan funktiona. Myrskyjen välillä edellä mainittu kulmakerroin on kenties visuaalisesti paras keino vertailla onnistumista. Edelleen on hyvä huomata, että verkon rakenne vaikuttaa kul-

makertoimeen merkittävästi. Kulmakerrointa voidaan ajatella kuvitteelliselle suoralle välille *"nollahetki–sähköttömiä käyttöpaikkoja 0"*. Toinen vaihtoehto on katsoa oikean käyrän kulmakerrointa hetkellisesti tai lyhyemmälle ajanjaksolle. Jälkimmäisen maksimiarvo määrittyy pitkälti asentajamäärän perusteella ja saa tyypillisesti suurimmat arvonsa vuorokauden sisällä myrskyn nollahetkestä eteenpäin. Tällekin vaihtoehdolle on paikkansa, mutta kokonaiskuvaa se ei anna.

Koko myrskyn *"häntäosan"* kulmakertoimen määrittäminen on hieman hankalaa, sillä monessa myrskyssä aivan viimeisten sähköttömien käyttöpaikkojen sähköistäminen ottaa aikaa merkittävästi enemmän. Loppuhetken määrittäminen on siis ongelma, joten muutamat hankalat viat ja myrskyn loppupuolella ilmenevät uudet viat kannattaa rajata suuresta kuvasta pois. Se voidaan tehdä vaikkapa tutkimalla väliä 100–5 %, 100:n tarkoittassa nollahetkeä (asiakashuippua) ja 5:n puolestaan 5 %:ia nollahetken sähköttömien käyttöpaikkojen määrästä. Myrskyjä vertaillaan kulmakertoimen osalta määrittämällä se kullekin edellä mainitulla tavalla. Vertailusta lisää luvussa 4.2.7.

4.2.1 Suuret myrskymatalapaineet ja rajuilmat (Paula, Aila)

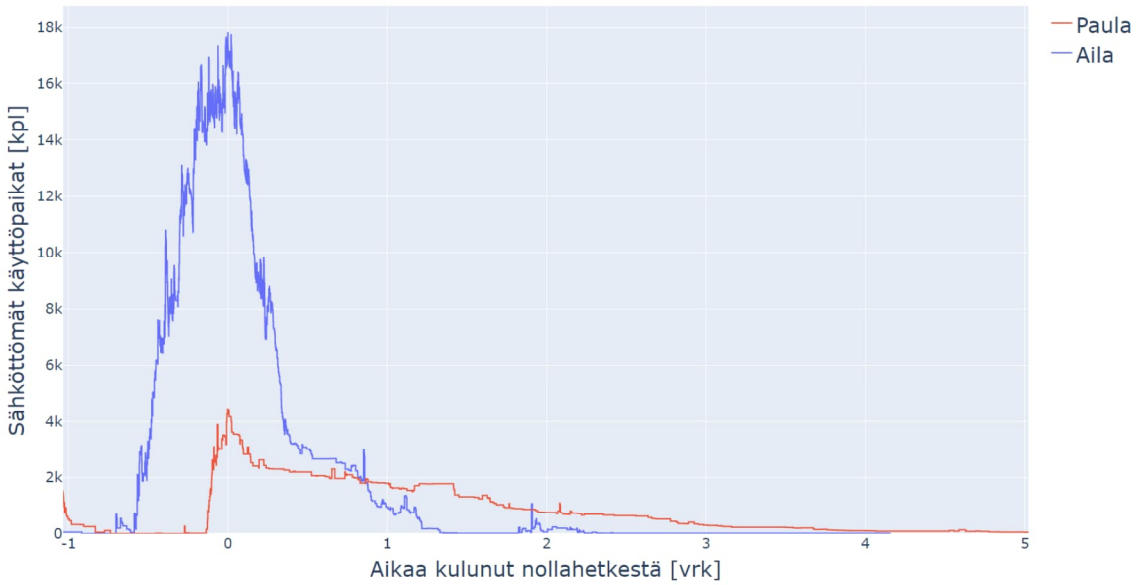
Luvun 4.2 tarkastelussa suurena myrskymatalapaineena ja rajuilmana on määritelty Aila- ja Paula-myrskyt, koska nämä ovat voimakkuudeltaan suurimmat kyseisellä tarkastelu-välillä. Nämä toimivat samalla vertailukohteena muille myrskyille. Kummallekaan ei löydy täysin sopivaa vertailumyrskyä, mutta kuvan 4.5 ja kuvan 4.6 graafeista löytyy silti mielenkiintoisia havaintoja.



Kuva 4.5. *Paulan ja Ailan sähköttömien PJ-käyttöpaikkojen kehitys PJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Paula-myrskyn poikkeuksellisuus näkyy erityisen hyvin kuvasta 4.5, jossa käyrän muoto on alusta todella jyrkkä, eli pienjänniteverkon käyttöpaikkoja on muuttunut sähköttömiksi samaan aikaan todella paljon. Tämä selittyy ilmiöllä; kyseessä oli voimakas paikallinen rajuilma Koillismaalla, jonka kesto puolestaan ei ollut kovinkaan pitkä. Käyrän loiva loppuosa selittyy vaikeilla tuhoilla ja sitä kautta pitkittyneinä vikakeskeytyksinä. Sama loiva loppuosan muoto on nähtävissä kuvassa 4.6. Vertailun vuoksi: Aila-myrskyn sähköttömien käyttöpaikkojen määrä on suurempi sekä pienjännite- että keskijännitevikojen osalta, mutta sähköt on palautettu huomattavasti aikaisemmin kaikille käyttöpaikoille.

Aila-myrsky oli tyypiltään myrskymatalapaine, joskin voimakkuudeltaan merkittävä 2010-luvun ja 2020-luvun alun myrskyjen mittakaavassa. Erityisesti pienjänniteverkon vikojen piirissä olevia sähköttömiä oli enemmän kuin esimerkiksi kokonaiskuvassa suuremmassa Aapeli-myrskyssä. Kuvasta 4.6 sekä taulukosta C.1 nähdään, että keskijänniteverkon osalta Aila kosketti merkittävästi suurempaa määrää käyttöpaikkoja kuin Paula. Kestoltaan Paula-myrsky oli puoli tuntia ja Aila 20, mikä jo pelkästään kuvaa poikkeustilanteiden erilaisuutta. Toisaalta ennen myrskyn nollahetkeä on jossain määrin yhdentekevää, kuinka pitkään myrsky on kestänyt. Oleellisempaa on tarkastella, kuinka pitkään vikakes-



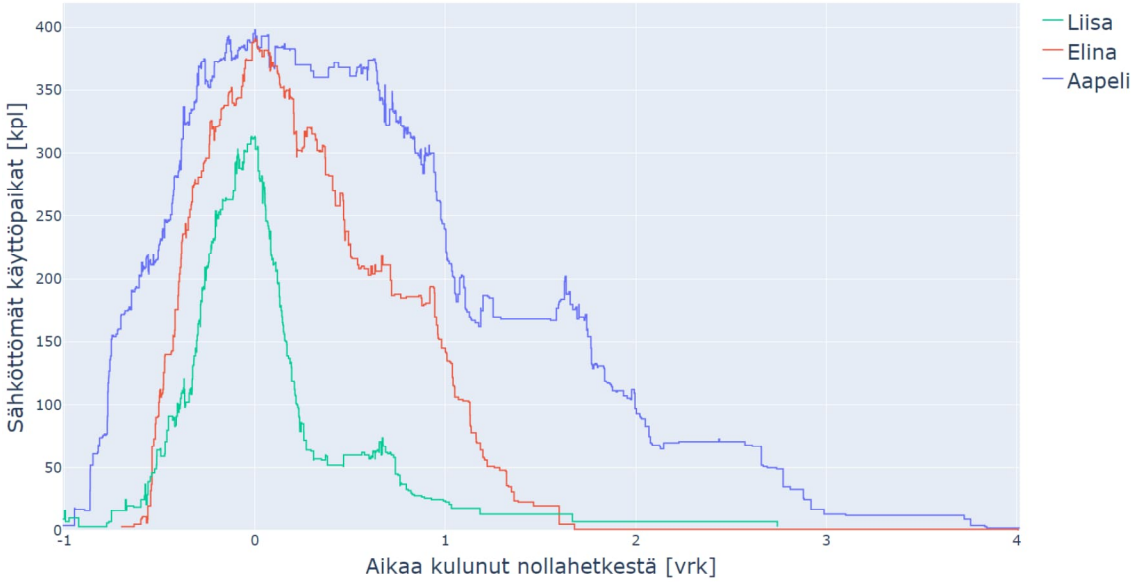
Kuva 4.6. *Paulan ja Ailan sähköttömien KJ-käyttöpaikkojen kehitys sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

keytyksien korjaamisessa kestää. PJ-CAIDI on Paulassa 3751 minuuttia ja Ailassa 1406. Vastaavat KJ-CAIDIt ovat 414 ja 135. Vaikka CAIDIa ei voi kuvista arvioida, on ero myrskyjen välillä nähtävissä visuaalisesti selvästi vertaamalla kulmakertoimia sekä kuvassa 4.5 että kuvassa 4.6. Graafin integraali on itse asiassa SAIDIn (System Average Interruption Duration Index) laskukaavan osoittaja – se kertoo myrskyn kaikkien asiakkaiden kokemien keskeytysten kestoajan. Jakamalla tämä kestoaika kaikkien asiakkaiden lukumäärällä, saadaan SAIDI.

Paula osui Koillismaalle, kun taas Aila jokaiselle Carunan verkkoalueelle Koillismaata ja Joensuuta lukuun ottamatta. Erot myrskyjen välillä selittyvät myös asentajamäärillä. Paula myrskyssä niitä oli tilastoitu 120, Ailassa 280, ASO-henkilöitä vastaavasti 20 ja 56. LUOVA-tiedote oli olemassa Ailan tapauksessa 58 tuntia ennen myrskyn alkua, Paulan tapauksessa 48. On hyvä huomata, että LUOVA-tiedote, niin kuin sääennusteilla on tapana, tarkentuu mitä lähemmäs toteutumisajanhetkeä siirrytään. Täten voidaan ilmaista, että LUOVA-tiedotteen *"ennakko"* kertoo viitteellisesti ajan, joka verran organisaatiolla on ainakin ollut aikaa varautua poikkeustilanteeseen, jonka vakavuus on ainakin osittain kysymysmerkki. Esimerkiksi Paula-myrskyn tapauksessa toimenpiteet olisivat olleet välittömästi aivan eri tasolla, jos rajuilman vakavuus ja sen aiheuttamat tuhot olisi osattu nähdä ennalta. Lisäksi on hyvä mainita, että Paula-myrsky sattui lomakaudella, juuri juhannuksen aikaan, jolloin lisävarautuminen on erityisen haasteellista. Kaikki edellä mainitut seikat huomioiden Aila-myrskyn vikakeskeytysten korjaamisen prosessi oli onnistuneempi.

4.2.2 Keskisuuret myrskymatalapaineet (Aapeli, Elina, Liisa)

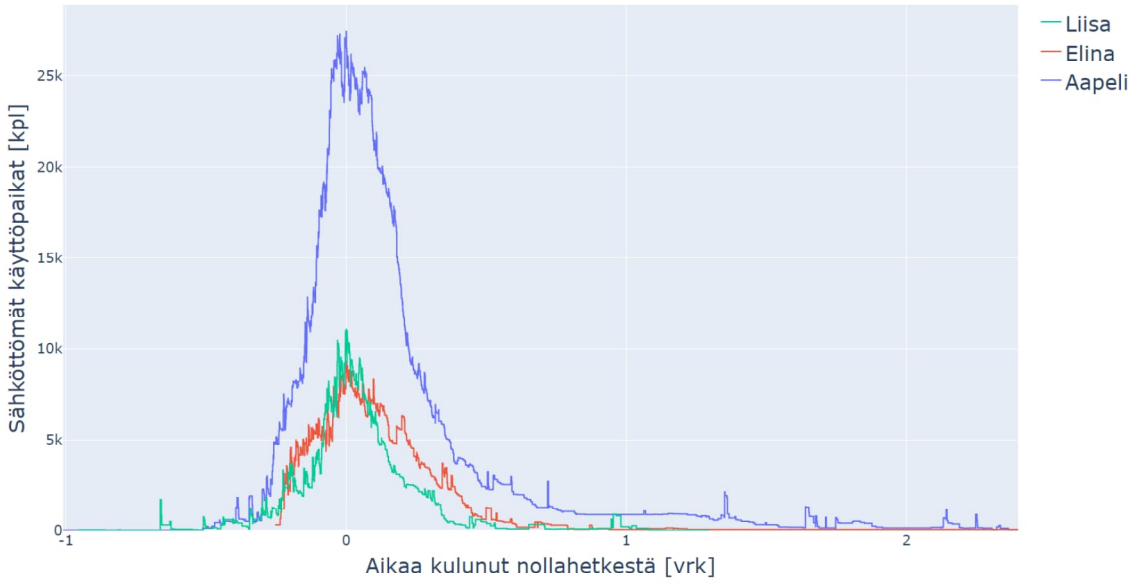
Keskisuurien myrskymatalapaineiden joukkoon on tässä tarkastelussa laskettu Aapeli-, Elina- ja Liisa-myrsky. Aapeli on kokonaisuudessaan paljon merkittävämpi poikkeustilanne, mutta pienjänniteverkon vikakeskeytysten piirissä olevien käyttöpaikkojen määrän kannalta suuruusluokka on tässä kategoriassa. Näiden keskisuurten myrskyjen osalta pienjänniteverkon häntäosiot on esitetty kuvassa 4.7.



Kuva 4.7. *Aapelin, Elinan ja Liisan sähköttömien PJ-käyttöpaikkojen kehitys PJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Kuvasta 4.7 pienjänniteverkon vikakeskeytysten piirissä olevien käyttöpaikkojen kehitystä seuraamalla myrskykohtaisten erojen pitäisi näkyä lukuina erityisesti vakiokorvausten määrässä. Taulukosta C.1 tarkistamalla voidaan todeta, että vakiokorvausten määrä on merkittävästi matalampi Liisan aikana verrattuna Aapeliin ja Elinaan. Suurimpana syynä tälle on varmasti asentajamäärä (280), mikä on paljon suurempi kuin Elinassa (120) ja hieman suurempi kuin Aapelissa (250). Elina-myrskyn aikaan asentajien ylityökielto vaikeutti resurssien saamista jossain määrin.

Myrskyn kokeneet verkkoalueet voivat olla yksi eroja selittävä tekijä – tosin tässä tapauksessa kunkin myrskyn tapauksessa myrskymatalapaine on koskenut pääosin kaikkia verkkoalueita Koillismaan ja Joensuun alueita lukuunottamatta. Jokainen verkkoalue on omanalaisensa, ja verkon rakenne muuttuu jatkuvasti vuosien varrella. Tämän vuoksi tarkka vertailu on hankalaa ja hedelmätöntä, varsinkin silloin, kun poikkeustilanteet ovat tapahtuneet merkittävästi eri aikakaudella. Keskijänniteverkon kaapelointiaste on esimerkiksi voinut muuttua merkittävästi vertailtavien myrskyjen välillä. Koska tässä työssä myrskyjä ei tarkastella verkkoalueen tasolla, jätetään kaapelointiasteen vaikutus tutkimatta tarkemmin ja todetaan, että se voi vaikuttaa asiaan. Verkkoaluekohtaiseen tarkasteluun ja



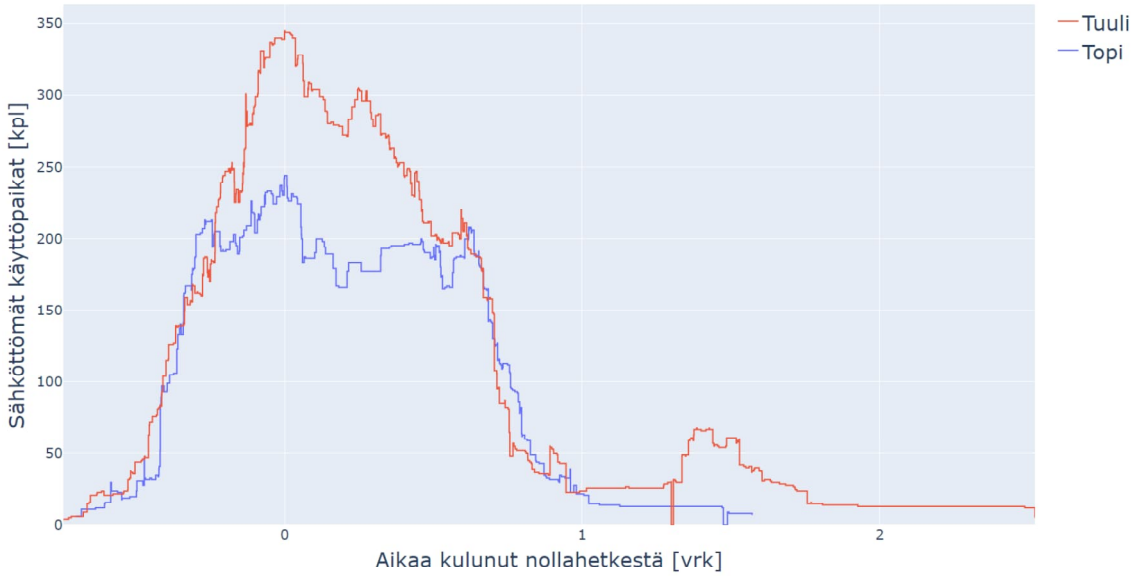
Kuva 4.8. *Aapelin, Elinan ja Liisan sähköttömien KJ-käyttöpaikkojen kehitys KJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan. Asiakasmäärät on ilmoitettu tuhansina.*

erojen tutkimiseen tarvittaisiin tarkempaa tietoa verkkoaluetasolla – resurssien tapauksessa vähintään tuntitasolla, nykyiseen myrskytason kirjaamiseen verrattuna. Esimerkiksi resurssien määrä ja jakautuminen keskijännite- ja pienjännitevikojen kesken antaisi lisää tarkkuutta ilmiöiden selittämiseen myrskytasolla.

Kuvasta 4.8 nähdään, että Aapeli on keskijänniteverkon vikakeskeytysten piirissä olevien sähköttömien käyttöpaikkojen suhteen kertaluokkaa merkittävämpi kuin Liisa ja Elina. Asetelma on sinänsä mielenkiintoinen, sillä Elina ja Liisa puolestaan ovat hyvin samanlaisia sekä keskijännite- että pienjänniteverkon osalta. LUOVA-tiedote oli kussakin myrskyssä olemassa useita vuorokausia ennen myrskyn alkamista, joten siitä ei suurta eroa tule. Myrskyn kesto oli pisin Elinan tapauksessa (9 tuntia), Liisan (8 tuntia) ja Aapelin (6 tuntia) ollessa hieman lyhyempiä. Kaikista parhaan kulmakertoimen arvon saavuttaa Liisa, sitten Elina, ja lopulta Aapeli. Kaikki seikat huomioiden Liisa erottuu edukseen. Ensimmäinen LUOVA-tiedote oli olemassa poikkeustilanteesta 96 tuntia ennen varsinaista myrskyä – varautumisaikaa on siis ollut runsaasti koko suurhäiriöorganisaatiolla.

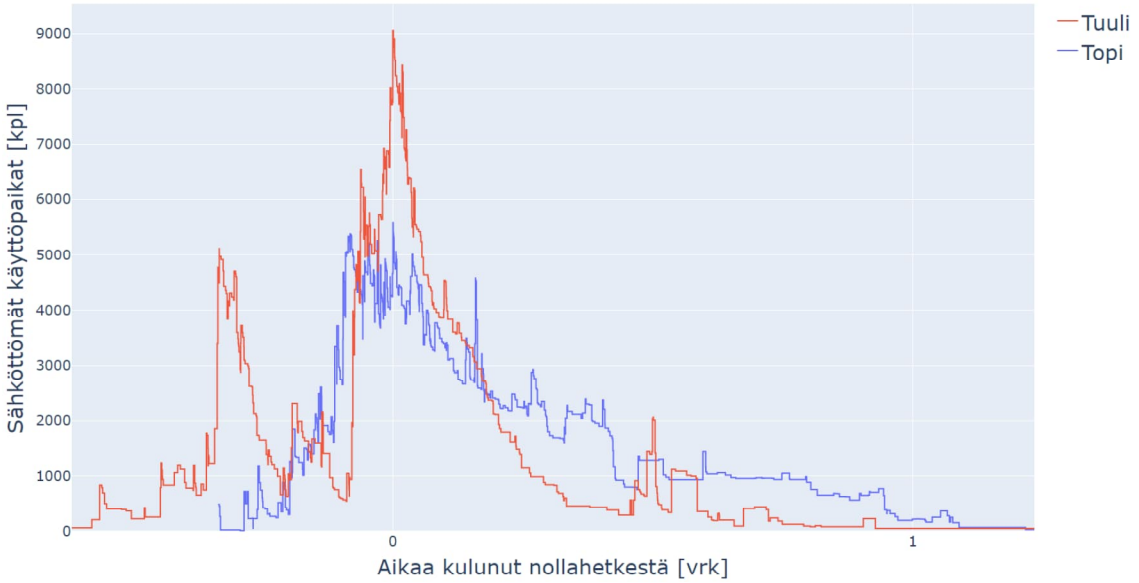
4.2.3 Keskikokoiset myrskymatalapaineet ja rajuilmat (Tuuli, Topi)

Keskikokoisten määrittelyyn kuuluu tässä tapauksessa myrskymatalapaineet Tuuli ja Topi. Kuvista 4.9 ja 4.10 nähdään, että myrskyt ovat profiililtaan melko samanlaiset, joskin Tuuli on vaikutukseltaan ollut kokonaisuudessaan merkittävämpi. Tämä voidaan havaita myöskin taulukon C.1 luvuista.



Kuva 4.9. *Tuulin ja Topin sähköttömien PJ-käyttöpaikkojen kehitys PJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Tuuli on visuaalisen analyysin perusteella myös onnistuneempi. Kulmakerroin on molemmissa graafeissa parempi. Kuvasta 4.9 nähdään, että Topi-myrskyn pienjänniteverkon keskeytysten alaisten käyttöpaikkojen määrän nollahetken jälkeen kestää jopa puoli vuorokautta ennen kuin sähköttömien käyttöpaikkojen määrä alkaa laskea. Tämä selittyy kahdella seikalla: yön aikaisella korjausten pysähtymisellä ja keskijänniteverkon uusien vikojen syntymisellä. Koska prioriteettilistalla keskijänniteverkon viat ovat lähtökohtaisesti korkeammalla, niihin myös ohjataan ensisijaisesti resursseja. Jos huippuhetki olisi reilua vuorokautta myöhemmin kuvassa 4.9 havaittava myrskygraafien "yhtymäkohta", voisi tulkinta olla erilainen pienjänniteverkon vianselvityksen osalta.

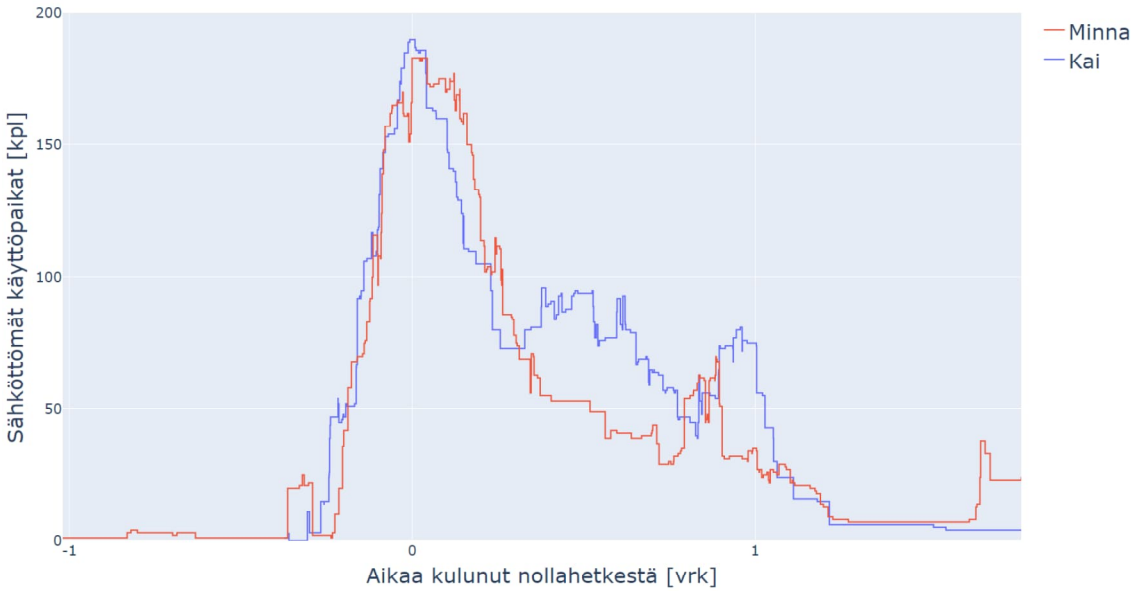


Kuva 4.10. *Tuulin ja Topin sähköttömien KJ-käyttöpaikkojen kehitys KJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Silti poikkeustilanteena Topi on valitettavan pitkittynyt ja pitkäkestoinen erityisesti suhteessa sähköttömien käyttöpaikkojen huippumäärään, joten se tämän työn tarkastelun puitteissa on tuomittava epäonnistumiseksi. Väitettä tukee vakiokorvattavien keskeytysten suuri määrä (Taulukko C.1).

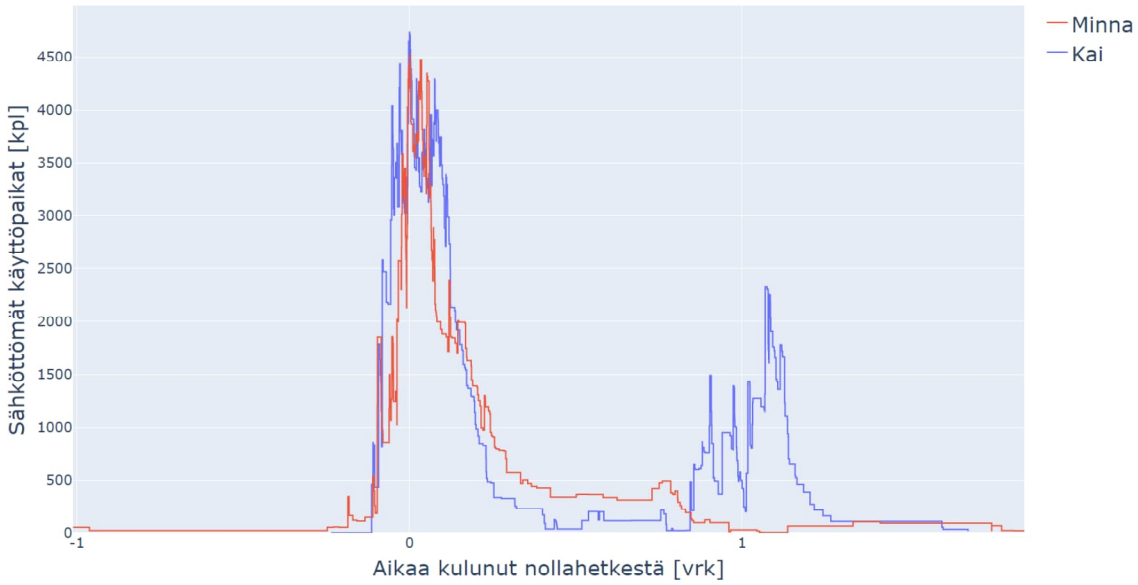
4.2.4 Keskipienet myrskymatalapaineet (Minna, Kai)

Keskipienten määrittelyyn kuuluu tässä tapauksessa myrskymatalapaineet Minna ja Kai. Kuvista 4.11 sekä 4.12 nähdään, että myrskyt ovat hyvin samanlaisia visuaalisen tarkastelun perusteella sekä pienjännite- että keskijänniteverkon vikojen osalta.



Kuva 4.11. *Minnan ja Kain sähköttömien PJ-käyttöpaikkojen kehitys PJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Myrskyistä ei ole saatavilla yhtä tarkkaa dokumentaatiota kuin suuremmista myrskyistä, mutta joitakin huomioita voidaan taustalta tehdä. Minnan osalta vakiokorvattavia asiakkaita tuli hieman enemmän, kun taas Kain yhteenlaskettu KAH on hieman suurempi. Myös hieman suurempi SAIDI voidaan arvioida kuvasta 4.12 silmämääräisesti graafisesti integroimalla, sillä Kain tapauksessa keskijänniteverkossa joko uusiutuu tai ilmenee uusia vikoja noin vuorokauden kuluttua varsinaisen myrskyn alkamisesta.

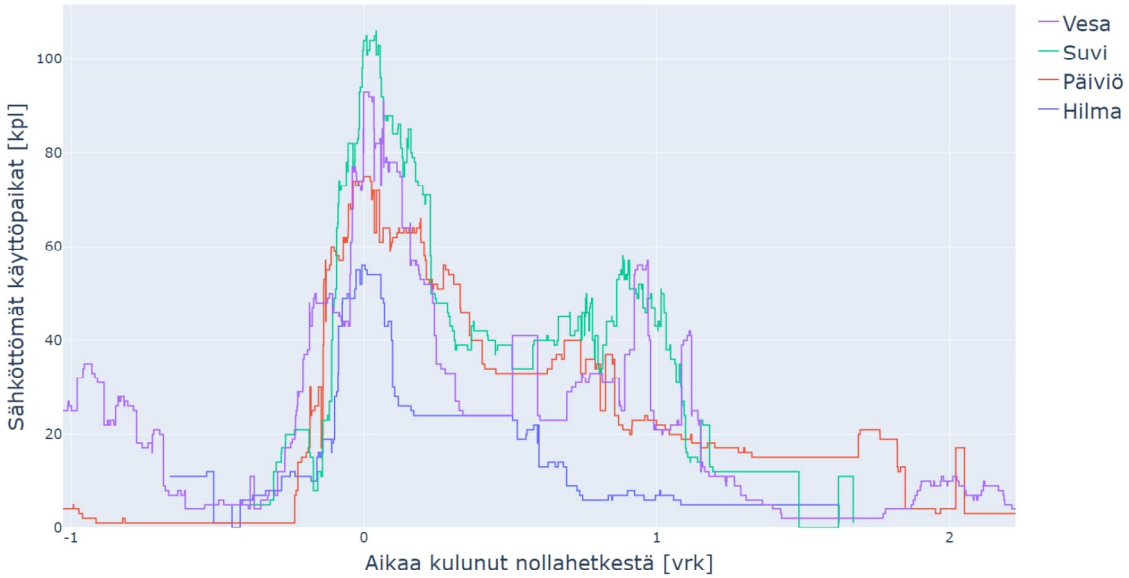


Kuva 4.12. *Minnan ja Kain sähköttömien KJ-käyttöpaikkojen kehitys KJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Huomattavaa myös on, että nollahetki ei kummassakaan myrskyssä ole keskijänniteverkon osalta kovinkaan selkeä. Yleisesti ottaen vaikutuksiltaan vähäpätöisemmät myrskyt ovat hieman vaikeammin vertailtavia ja tulkittavia, sillä yksittäisen vian vaikutus kasvaa ja tällöin graafista ei ole niin helppo tehdä oikeita johtopäätöksiä trendimielessä.

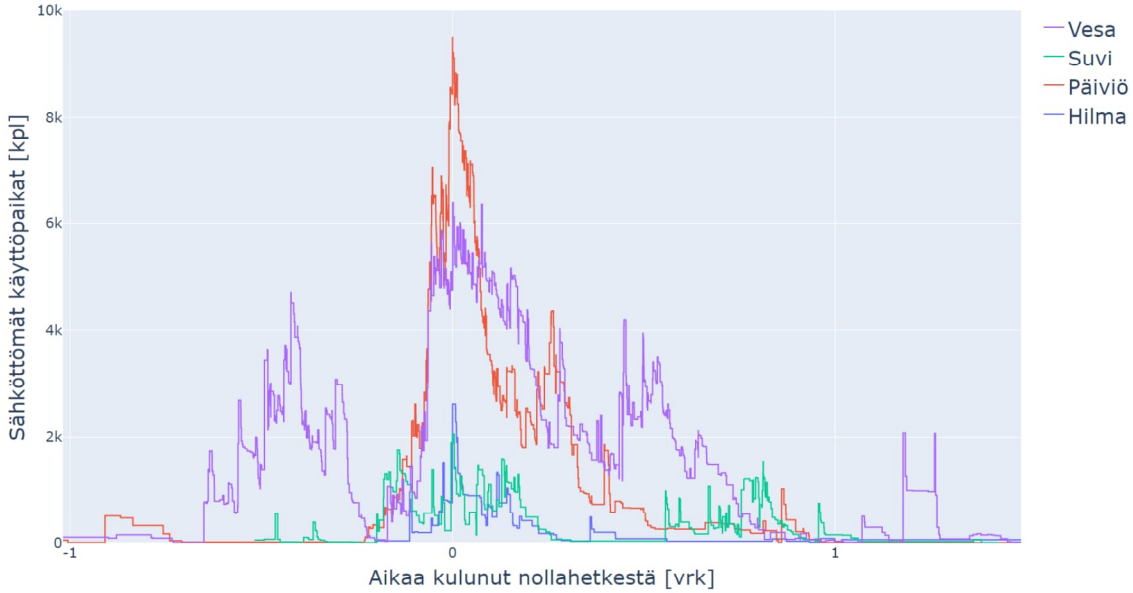
4.2.5 Vaikutukseltaan pienet myrskymatalapaineet (Vesa, Suvi, Päiviö, Hilma)

Pienten määrittelyyn kuuluu tässä tapauksessa myrskymatalapaineet Vesa, Suvi, Päiviö ja Hilma. Kuvista 4.13 sekä 4.14 nähdään, että tulkinta vaikeutuu jossain määrin.



Kuva 4.13. *Vesan, Suvin, Päiviön ja Hilman sähköttömien PJ-käyttöpaikkojen kehitys PJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Pienjänniteverkon vikojen piirissä olevien sähköttömien asiakkaiden graafit ovat tässä suuruusluokassa hieman epäselviä vertailla, toki trendit ovat samanlaisia edelleenkin ja graafin muoto on edelleen jossain määrin samankaltainen. Korjaustahdin riippuvuus vuorokaudenajasta on edelleen nähtävissä kuvassa 4.13, selkeimmän esimerkin ollessa Hilma-myrsky. Joidenkin myrskyjen (esimerkiksi Suvi) tapauksessa näyttää, että vikamäärä lähtee kasvuun yön aikana tai aamun valjettua. Pienjänniteverkon tapauksessa tämä on selitettävissä vikailmoitusten luonteella: osa asiakkaista soittaa vasta aamulla herättyään, jos sähköt ovat vielä pois. Tämä tarkoittaa sitä, että vikailmoituksia, joista edelleen muodostuu käytöntukijärjestelmään vikatapahtuma, tulee aamun tunteina usean tunnin edestä. Jotkut pienjänniteverkon vikaantuneet käyttöpaikat ovat selvillä jo valmiiksi mittarihälytysten perusteella, joten kaikki vikatapahtumat eivät perustu asiakkaan vikailmoituksilla. On hyvä ottaa huomioon, että vikoja ilmenee pitkin myrskyä myös sinä aikana kun niitä korjataan, se ei vain näy käyrässä kasvuna, vaan laskun vähenemisenä tai tasaantumisena.

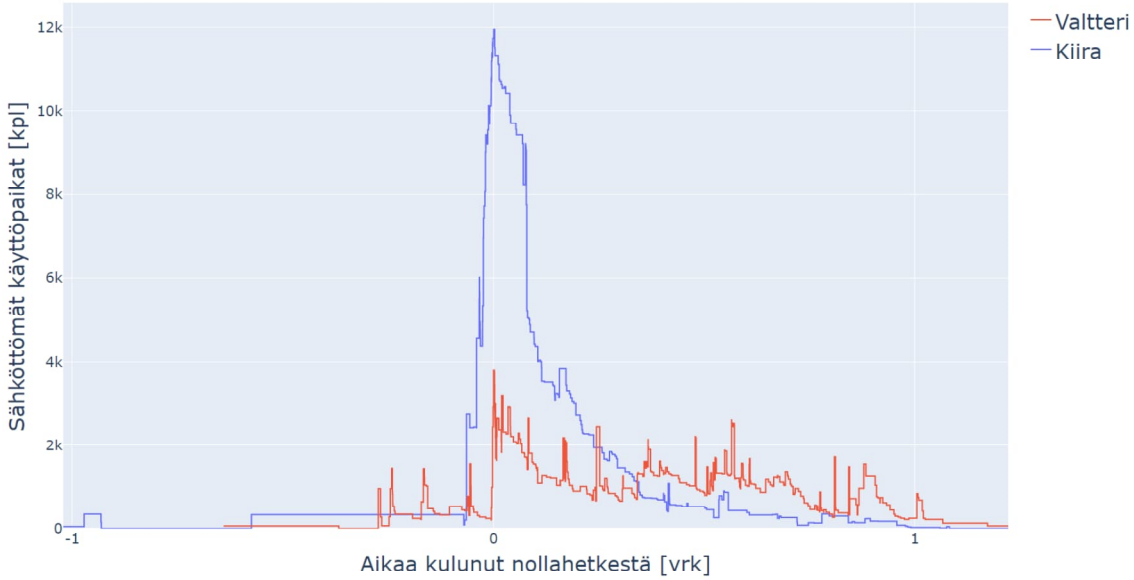


Kuva 4.14. *Vesan, Suvin, Päiviön ja Hilman sähköttömien KJ-käyttöpaikkojen kehitys KJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Keskijänniteverkon vikakeskeytysten piirissä olevat sähköttömät käyttöpaikat on esitetty kuvassa 4.14. Keskijänniteverkon osalta verkon tilatiedot päivittyvät käytönvalvontajärjestelmän avulla, joten edellä kuvattu pienjänniteverkon vikojen ilmaantumiseen liittyvä ilmiö ei koske keskijänniteverkon vikoja. Kuvasta nähdään, että Vesa ja Päiviö ovat olleet käyttöpaikkamäärältään merkittäviä, mutta molemmissa viat on korjattu alle vuorokaudessa. Suvi ja Hilma ovat puolestaan verrattain merkityksettömiä ja siten ei niin kiinnostavia tämän työn puitteissa.

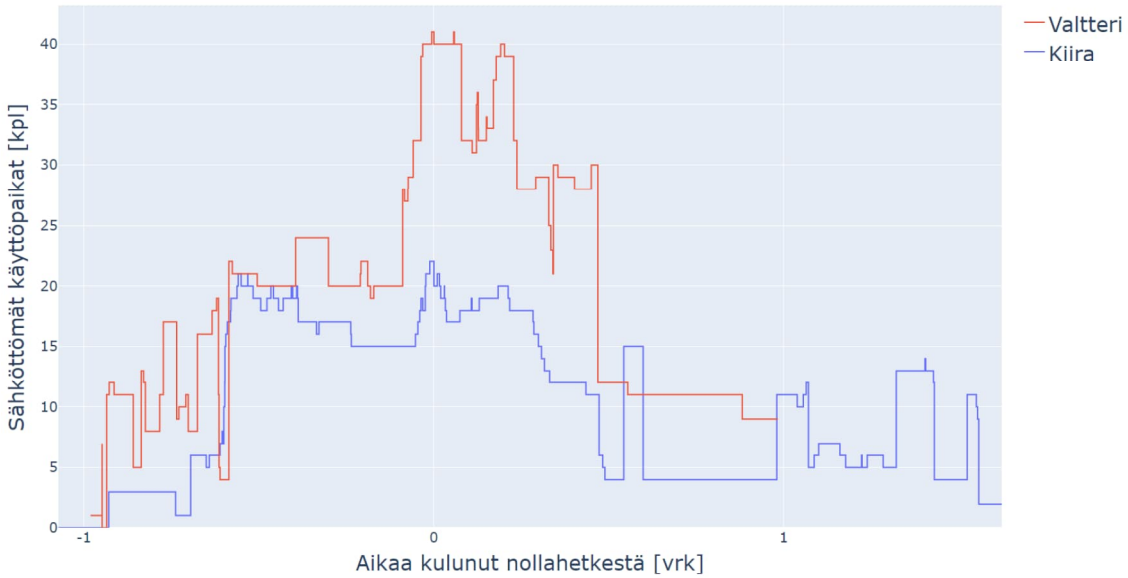
4.2.6 Muut kiinnostavat ja merkittävät poikkeustilanteet (Valtteri ja Kiira)

Vertailun vuoksi on hyvä tarkastella hieman erilaisia poikkeustilanteita, joita tarkastelujaksolla on ilmennyt. Kiira-rajuilma ja Valtteri-lumikuormatilanne kuvaavat hyvin eroa tyypillisiin edellä esiteltyihin erikokoisiin myrskymatalapaineisiin nähden. Kuvassa 4.15 on kyseisten myrskyjen pienjänniteverkon vikojen alaisuudessa olevien sähköttömien käyttöpaikkojen kehitys. Kuvasta huomataan, että käyttöpaikkamäärät ovat vähäisiä ja siten tulkinta varsin hedelmätöntä.



Kuva 4.15. *Valtterin ja Kiiran sähköttömien PJ-käyttöpaikkojen kehitys PJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Keskijänniteverkon vikojen piirissä olevien sähköttömien käyttöpaikkojen määrä (kuva 4.16) on puolestaan kiinnostava. Kiira-myrskyn suurin sähköttömien käyttöpaikkojen määrä on verrattain suuri korkeimmillaan, liki 12 000 käyttöpaikkaa. Rajuilmalle tyypillisesti (vertaa Paula-myrskyyn kuva 4.5) käyttöpaikkamäärä kasvaa myrskyn aluksi nopeasti tunneissa maksimiarvoonsa. Vastaavasti suurin osa sähköistä on palautettu myös nopeasti, mikä puolestaan poikkeaa Paula-myrskyssä nähdystä. Kiira myrsky osui pääosin Uudellemaalle (Carunan verkkoalueista Espoo, Länsi-Uusimaa ja Keski-Uusimaa), joten etäisyydet ovat olleet pienemmät ja vikojen korjattavuus siten myös parempi. Asutus on myös tiheämpää, joten yhtä vikaa kohden on keskimäärin enemmän käyttöpaikkoja. PJ-vikoja oli Kiirassa 116 ja Paulassa 610. KJ-vikoja puolestaan vastaavasti 30 ja 82. Asiakashuippu oli Kiirassa 12 000, Paulassa 5300. Kiira-myrskyssä asentajia oli 93, mikä on huomattavasti enemmän vikaa kohden kuin Paula-myrskyssä (120).



Kuva 4.16. *Valtterin ja Kiiran sähköttömien KJ-käyttöpaikkojen kehitys KJ-sähköttömien asiakkaiden nollahetkestä eteenpäin. Vaaka-akselilla aika vuorokausina, myrskyt on kohdistettu päällekkäin asiakashuippuhetken mukaan.*

Valtteri-lumikuormatilanteen graafi näyttää tyypilliseltä lumikuormatilanteelta: Vaikka maksimiarvo luonnollisesti on olemassa, ei selkeää myrskyn nollahetkeä ole olemassa, sillä uusia vikoja syntyy jatkuvasti lisää ja nollahetken kaltaisia piikkejä on useita. Tässä tapauksessa myrsky on kestänyt noin reilun vuorokauden. Tällaisen myrskyn tapauksessa CAIDI, KAH ja vakiokorvausten määrä ovat sopivampia mittareita onnistumiselle kuin visuaalinen tarkastelu.

4.2.7 Myrskyvertailun yhteenveto

Taulukossa 4.1 on koottuna avainlukuina vuosien 2017-2021 myrskyjen pienjänniteverkon vikojen piirissä olevien sähköttömien käyttöpaikkojen kehitys PJ-nollakohdasta eteenpäin (niin sanottu *häntäosio*). Taulukkoon on kerätty kustakin myrskystä pienjänniteverkon vikojen piirissä olevien sähköttömien käyttöpaikkojen huippu ja sen ajanhetki, jolloin vastaavia käyttöpaikkoja on sähköttä asiakashuipun määrästä 5% tai alle. Tätä (tämän työn tutkimustuloksia) hieman harhaanjohtavaa käyttöpaikkojen joukkoa ei haluta mukaan tällaiseen tarkasteluun. Prosenttilukema 5% on mitoitettu tässä Aapeli-myrskyn mukaan: 20 käyttöpaikkaa on 5% sen PJ-käyttöpaikkahuipusta (400). 20 käyttöpaikkaa valikoitui visuaalisen analyysin perusteella kynnysarvoksi Aapeli-myrskyn pienjänniteverkon sähköttömien käyttöpaikkojen graafin häntäosiota tarkastellessa: viimeinen graafin tasaantuma on suuruudeltaan 10–20 käyttöpaikkaa ja niiden korjaaminen kestää huomattavasti pidempään kuin aikaisemmin myrskyn edetessä vastaavan määrän korjaaminen. Toisin sanoen nämä ovat tyypillisiä vaikeasti korjattavia kohteita (esimerkiksi saaristoviat), tai hyväksytyllä tavalla kiireettömiä korjauksia, vaikka sähköt ovatkin poikki. Voi esimerkiksi olla, että vapaa-ajan asunnon omistajalta tulee ilmoitus, että sähköt ovat poissa, mutta että kyseistä kohdetta ei hänen mukaansa ole tarvetta kiireellisesti korjata. Tällöin kyseinen käyttöpaikka näkyy kyseisessä graafissa pitkänä keskeytyksenä, vaikka se on *tarkoituksella* sellainen.

Edellämainituista seikoista johtuen on siis syytä leikata jokaisesta myrskystä tietty häntäosuus pois, ja Aapeli-myrskyn mukaan mitoitettua 5%:n rajaa sovelletaan muihinkin tarkastelun myrskyihin. Kaikista taulukon myrskyjen pienjänniteverkon sähköttömien käyttöpaikkojen graafeista on muodostettu kulmakerroin tällä loppupistemenetelmällä. Mitä pienempi kulmakerroin, sen parempi. Taulukossa arvot on värjätty sarakkeittain niin, että parhaat ovat vihreitä, keskitason arvot keltaisia ja huonoimmat oransseja.

Taulukosta 4.1 yhdessä myrskygraafien häntäosioiden kanssa nähdään, että suhteellinen loppupiste tasapäistää vertailua myrskyjen välillä: jos sähköttömiä käyttöpaikkoja on ollut paljon jo alun alkaenkin, on reilua, että laskennallinen loppupiste on arvoltaan korkeampi kuin vaihtoehtoisesti mielivaltaisesti valittu 20:n käyttöpaikan raja-arvo. Vaikutuksiltaan suuremman myrskyn tapauksessa todennäköisyys kasvaa sille, että vaikeasti korjattavia (tai esimerkiksi saavuttamattomia saaristovikoja) vikoja on useampi ja siten reilu mittari on korkeampi. Esimerkiksi pari sähkötöntä muuntopiiriä saaristossa voi helposti aiheuttaa 20:n rajan ylittymisen, ja silloin mittari ei kerro totuudenmukaisesti suoriutumisesta.

Vastaavasti asiakashuipun ollessa matala (Esimerkiksi Hilmassa) on esimerkiksi 20 sähköttömän käyttöpaikan raja-arvo prosentuaalisesti todella korkea. Toisaalta 5%:n raja-arvo todennäköisesti heikentää alhaisen sähköttömien käyttöpaikkojen huippumäärän myrskyjen kulmakerrointa, koska raja-arvoksi muodostuu hyvin alhainen luku. Vaikeasti korjattavia kohteita on todennäköisesti aina jonkin verran, joten siinä mielessä esimerkiksi 5:n

Taulukko 4.1. *Vertailu vuosien 2017-2021 myrskyjen pienjänniteverkon vikojen piirissä olevien sähköttömien käyttöpaikkojen kehityksestä PJ-nollakohdasta eteenpäin.*

Myrsky	PJ-nollahetki	Käyttöpaikka-huippu	PJ-sähköttömiä alle 5%	Kulmakerroin, alle 5%	CAIDI, PJ (V1, V3)
Paula	23.6.2021 18:27	766	30.6.2021 16:32	-4.4	3751
Aila	17.9.2020 19:35	1264	21.9.2020 3:27	-15	1406
Liisa	19.11.2020 20:50	313	21.11.2020 1:44	-10.3	487
Elina	10.2.2020 13:50	391	12.2.2020 4:10	-9.7	856
Aapeli	2.1.2019 22:26	398	5.1.2019 20:30	-5.4	1062
Tuuli	23.2.2020 4:45	345	24.2.2020 22:54	-7.8	640
Topi	3.11.2020 1:22	244	4.11.2020 12:45	-6.6	551
Minna	26.5.2021 20:13	183	28.5.2021 1:20	-6	99
Kai	17.2.2020 1:53	190	18.2.2020 7:15	-6.1	58
Vesa	27.9.2018 18:38	93	29.9.2018 4:09	-2.6	342
Suvi	6.6.2020 22:54	106	8.6.2020 9:33	-2.9	347
Päiviö	30.6.2017 19:52	75	2.7.2017 21:05	-1.4	955
Hilma	21.11.2020 23:59	56	23.11.2020 2:07	-2	1420

sähköttömän käyttöpaikan raja-arvon saavuttaminen voi ottaa esimerkiksi vuorokauden lisää verrattuna 20:een sähköttömään.

Asiakashuippu-sarake on myös värjätty paremmuusjärjestykseen siten, että suurimmat arvot ovat vihreällä, keskikokoiset keltaisella ja pienet oranssilla. Tämä siitä syystä, että kulmakertoimella ja asiakashuipulla näyttäisi olevan voimakas korrelaatio: *"Kulmakerroin, alle 5%"*-sarakkeen korrelaatio *"Asiakashuippu"* -sarakkeen kanssa saa arvon -0.74. Tämä tarkoittaa sitä, että suuruusluokaltaan merkittävästi erikokoisten myrskyjen vertailu on epäsuhteista tällä menetelmällä. Tästä syystä kulmakerrointa vertailussa käytettäessä on syytä varmistaa, että myrskyjen suuruusluokka on kutakuinkin samanlainen.

Tässä työssä käytetyt vertailuryhmät on eroteltu taulukossa 4.1 tuplaviivalla. Nyt huomataan, että kulmakertoimien vertailussa onkin järkeä, aivan kuten luvussa ollaan visuaalisesti huomattu. On silti hyvä huomata, että edelleen kyseessä on karkea vertailutapa. Vertailun tueksi ja vahvistukseksi taulukon oikeaan laitaan on tuotu sarake *"CAIDI, PJ (V1, V3)"*, joka muiden värjättyjen sarakkeiden tavoin esittää vihreällä parhaat arvot ja oranssilla huonoimmat arvot. Kyseinen CAIDI kertoo kunkin myrskyn aikana pienjänniteverkon vikakeskeytysten piirissä olleiden käyttöpaikkojen keskimääräisen keskeytysajan. Tarkasteluun on otettu raportoidut V1:set (V1 Oman verkon vikakeskeytys) ja V3:set (V3 Oman verkon vikakeskeytys johtuen asiakkaan verkon viasta). Sama logiikka on käytössä kaikkien tunnuslukujen, ei pelkästään CAIDIn osalta tässä työssä. Kuten aikaisemmin luvussa 4.2.1 mainittiin, esitettyjen myrskygraafien integraali (PJ + KJ) on tunnusluku SAIDIn laskukaavan osoittaja. SAIDI kertoo koko myrskyn vaikuttavuuden suhteessa asiakasmäärään, mikä auttaa hahmottamaan paremmin vaikutusta yhtiölle, mutta ei tarjoa työkaluja tarkastella, mikä kyseisessä myrskyssä on mennyt hyvin tai huonosti. Tarkem-

min kuvattuna esimerkiksi Paula-myrskyn PJ- ja KJ-graafien integraali kertoo minuuteissa määrän, kuinka paljon juuri Paula-myrsky vaikuttaa SAIDIin, ei täsmällistä yhtiötason SAIDIn laskukaavan osoittajaa. Jyrkkä suora (tässä tapauksessa mahdollisimman pieni–kulmakertoiminen, koska kulmakertoimet ovat negatiivisia) johtaa pienempään integraaliin ja korreloi myös pienemmän KAH:n ja CAIDIn kanssa.

Onnistumisen mittareina PJ-puolen osalta voitaisiin siis pitää kulmakerrointa, CAIDIa ja SAIDIa. Myös kohteiden priorisointi on tärkeää, joten KAH ja vakiokorvausten määrä toimivat myös mittareina. Syitä suoriutumisen tasoon tulee etsiä verkkoalue- ja vikatasolta, ei niinkään myrskytasolta. Esimerkiksi tuntikohtainen kulmakerroin verkkoalueen PJ-vioille suhteutettuna asentajamäärään kyseisellä verkkoalueella kertoo jonkinlaisen lukeman tehokkuudelle. Tämän työn datan puitteissa tälläistä tutkimusta ei päästy tekemään. Jatkossa tarkemmat tiedot resursseista verkkoaluekohtaisesti tunneittain olisi hyvä saada dokumentoitua. Tehokkuuden seuraamisessa voisi lopulta mennä jopa alialue- ja vikatasolle.

5. LISÄVARAUTUMISEN, RESURSOINNIN JA TILANNEKUVAN YLLÄPIDON TUNNISTETUT TARPEET SEKÄ HAASTEET

Tässä luvussa esitetään kootusti sekä työn päätutkimusmenetelminä olevien haastatteluiden ja verkkokyselyiden tuloksia että yhtiön sisäisten haastattelujen ja prosessien kuvantamisen yhteydessä havaittuja huomioita

5.1 Kyselyn sisältö ja toteutustapa

Kyselyn tarkoituksena oli saavuttaa ajan tasalla oleva tietoisuus haasteista ja kehitystoiveista, joita toimittajien palveluksessa työskentelevillä asentajilla ja työnjohtajilla on. Kysely kohdennettiin niin sanotuille KARHU-urakoitsijoille, jotka huolehtivat pääasiassa Carunan verkkoalueen vika- ja kunnossapitotöistä. Carunan alueella toimii myös investointitöitä tekeviä toimittajia, mutta hyvin satunnaisesta vianhoidollisiin toimenpiteisiin osallistumisesta johtuen heitä ei ole mielekästä haastatella tämän työn tarpeisiin. Kaikkien Carunan alueella toimivien aktiivisten vianhoidollisten resurssien yhteenlaskettu määrä vuonna 2021 on noin 250.

5.1.1 Puolistrukturoitu haastattelu työnjohtajille

Haastatteluun pyrittiin kutsumaan Carunan jokaisen verkko-alueen työnjohtoa niin, että mukana olisi useampi jokaiselta alueelta. Osallistumishalukkuus oli korkealla tasolla ja sitä kautta kattava näkemys tuli varmistetuksi. Työnjohtajista monella on hyvin kattava kokemus alalta ja vertailupohjaa esimerkiksi muiden verkkoyhtiöiden kanssa työskentelystä, joten kommentit erityisesti heiltä ovat arvokkaita kokonaiskuvan saamiseksi. Lisäksi heillä on työnsä puolesta velvollisuus olla perillä asentajien kokemista haasteista ja auttaa heitä niiden ratkaisemisessa, joten he ovat todennäköisesti tietoisia suurimmasta osasta kehitystarpeita, joita kenttätoimintaan liittyy.

5.1.2 Verkkokysely asentajille

Verkkokyselyn tarkoituksena oli varmistaa koko toimittajakentän laajuinen näkemys ja vahvistaa haastatteluissa jo esiin tulleita huomioita. Lisäksi Caruna kerää vuosittain palautetta käyttökeskuksen toimintaan liittyen kenttätyytyväisyyskyselyn muodossa. Kysely toteutetaan yleensä loka-marraskuun aikana, keräten palautetta kuluneesta vuodesta. Kenttätyytyväisyyskyselyn yhteydessä kysellään lisäksi muutama kysymys työvälineiden käytöstä ja kehitysideoista vikaprosessiin liittyen. Näitä palautteita on hyödynnetty yhdessä verkkokyselyn kanssa, sillä kyselyn jakelu on sama.

5.2 Haastatteluiden tulosten analysointi

Haastatteluiden tulokset ovat esitettynä kootusti tässä alaluvussa. Jotta palaute ei henkilöidy, on viittaaminen haastatteluihin toteutettu yleisluontoisesti *"työnjohtajahaastattelut"* ja kenttäkyselyn tapauksessa *"verkkokysely"*. Haastattelupohja sekä verkkokyselyn merkittävimmät tulokset löytyvät liitteistä A ja D.

5.2.1 Sopimukset ja resursointi

Sopimuksien muotoilusta ei työnjohdolla tai kenttähenkilöstöllä ollut yllättäviä huomautuksia tai mainintoja. Yleisesti ottaen mallia Carunan kanssa pidetään toimivana. Haasteet resursoinnissa ja varautumisessa toimittajilla johtuu oikeastaan yksinomaan siitä, että Carunan varautuminen ja sitä kautta varallaolopyyntö tulee kentälle resurssien järjestämisen kannalta liian myöhään. Esimerkiksi viikonlopun varautumispyyntö tulee perjantai-iltapäivänä, jolloin työntekijöillä on lähtökohtaisesti jo henkilökohtaisia menoja suunniteltuna. Toisin sanoen, haasteiksi ilmenevät toimittajan päässä inhimilliset syyt. Lomakaudelle sattuvat lisävarautumistarpeet aiheuttavat myös paikoitellen haasteita. Useamman huonon sattumuksen, esimerkiksi irtisanoutumisen, sairausloman ja lomakauden, yhteisvaikutuksena haasteet voivat näkyä myös tilaajalle asti niin, että vaadittuun resurssivaatimukseen ei päästä tai siihen pääseminen kestää kauemmin kuin olisi toivottua. Rutinoitumattomien lisäresurssien käytön seuraus voi olla esimerkiksi heikompi raportoinnin laatu, kun järjestelmien osaaminen ei ole niin hyvällä tasolla. Mitä enemmän häiriötilanteesta jää raportointi- ja korjausvelkaa, sen enemmän häiriintyvät myös palvelu- ja kunnossapitotyöt alueella. Verkkoalueiden vika-asentajamäärä ei ole mitoitettu myrskyjen mukaan (eikä tätä ole kohtuullista vaatiakaan), jolloin on selvää että aika-ajoin kentällä on vikoja korjaamassa resursseja, jotka eivät ole niin kokeneita. Huomioitavaa on, että myös nämä ylimääräiset resurssit on koulutettu Carunan minimivaatimusten mukaisesti. Toisin sanoen, kyseiset resurssit tekevät päivittäin muita töitä, mutta ovat koulutettu päteviksi Carunan vikatöihin, jotta sopimuksessa määritetty tilaajan pyytämä maksimiresurssimäärä pystytään saavuttamaan tarpeen vaatiessa. Tällaisia tilanteita ei tyypillisesti tule sopi-

muskauden aikana montaa.

Jotkut aliurakoitsijat toimivat vararesursseina useamman verkkoalueen pääurakoitsijalle, joten aina ei ole realistista saada niin paljon resursseja kuin ehkä paperilla näyttää. Aliurakoitsijaresurssien käyttöaste on tällaisella toimintamallilla suurempi, joten sopimusten kyseenalaistaminen ei oikeastaan ole perusteltua. Lisäksi on huomioitava, että samanaikaisesti aliurakoitsijan resursseja tarvitaan kahdella eri verkkoalueella todennäköisimmin vain laajemman suurhäiriön aikana, jolloin resurssipula on oikeastaan alan rakenteellinen ominaisuus eikä urakoitsijoiden päällekkäisten aliurakointisopimusten aiheuttama. Carunan vianhoitokumppaneiden sopimusten pituudet koetaan liian lyhyiksi, jotta merkittäviä Carunan töihin liittyviä kalustoinvestointeja uskaltaisi tehdä kesken tai loppupuolella sopimuskautta. Lisäksi Carunan kehitysprojekteihin osallistuminen voi olla penseää jos yhteistyön jatkuminen on epäselvää. Yhteistyön päättyminen johtaa toimittajaorganisaatiossa väistämättä yhteistoimintaneuvotteluihin, sillä Carunan työllistämisvaikutuksen päättyessä lähialueelta ei yksinkertaisesti ole mahdollista löytää vastaavaa työllistäjää tarpeeksi lyhyellä aikataululla. Toisaalta tärkeänä koettiin mahdollisuus tarkastella vikatuotteiden hintoja, jotka saattavat muuttua sopimuksen aikana epäedullisiksi esimerkiksi materiaalihintojen odotettua suuremman kasvun myötä.

5.2.2 Järjestelmät

Järjestelmissä keskityttiin liitteen kysymysten mukaisesti vikatöissä käytettäviin järjestelmiin, sekä Carunan tarjoamiin että urakoitsijan oleellisimpiin omiin järjestelmiin. Carunan järjestelmistä tärkeimpiä olivat kenttäkäyttöön tarkoitetut käyttöliittymät käytöntukijärjestelmistä, verkkotietojärjestelmän kenttäversio ja joissain tapauksissa helikopterihavaintojen seurantajärjestelmä. Urakoitsijan puolelta mainittavimmat sovellukset ovat töidenhallintajärjestelmä (yhteydessä Carunan vastaavaan), auton navigointijärjestelmä ja autojen paikannusjärjestelmä.

Suurimmat haasteet koetaan käytettävyydessä. Kenttäkäyttöliittymät ovat monien mukaan hitaita ja raskaita käyttää. Järjestelmien epäintuitiivisuus ja tottumattomalle käyttäjälle liiallinen monimutkaisuus ovat toistuvia palautteita järjestelmästä. Kenttäkäyttöliittymiä voi käyttää myös tabletilla, mutta kokemuksen mukaan käytettävyys ja luotettavuus laskee verrattuna kannettavaan tietokoneeseen. Raportointivaatimusten mukaisesti pitäisi myös järjestelmien käytettävyyden parantua. Noin puolet (katso kuva D.4) kentällä raportointia tekevistä on sitä mieltä, että älypuhelimella käytettävä työkalu olisi paras. Osa on sitä mieltä, että puhelimella on joka tapauksessa hankala tehdä laatuvaatimukset täyttävää keskeytysraportointia, joten kannettavalla tietokoneella lopullinen raportointi tehtäisiin joka tapauksessa. Suunnilleen neljännes vastaajista on sitä mieltä, että kannettava tietokone on paras päätelaite kenttätyökalulle. Toinen vajaa loppuneljännes on sitä mieltä, että tabletti olisi paras vaihtoehto. Ikä ei kyselyn mukaan vaikuta juurikaan mieltymykseen:

yli 45-vuotiaista älypuhelimen valitsisi 40%, alle 35-vuotiaista 48%.

On melko selvää, että reaaliaikaisen raportoinnin kannalta parempi olisi mobiililaitteessa toimiva työkalu, sillä se mahtuu aina mukaan, toisin kuin kannettava tietokone. Jos ollaan kauempana autosta (jossa kannettava tietokone sijaitsee, jos se on mukana), on mobiililaite ainoa vaihtoehto. On huomoitava, että nopeampi raportointi voi johtaa raportoinnin laadun heikkenemiseen. Huomioonotettavaa on myös yksilöllisten erojen vaikutus; toinen henkilö pystyy raportoimaan laadukkaasti ja ajallaan jo nykyisillä järjestelmillä, toinen kaipaisi vielä hieman helppokäyttöisempää sovellusta. Tarkoitus ei ole asettaa kenttähenkilöstöä paremmuusjärjestykseen vaan osoittaa, että vaikka nykyiset prosessit ja järjestelmät ovat paikoitellen erittäin hiottuja ja tarkoitukseensa mainiosti soveltuvia, kehitystarvetta löytyy.

Koska mieltymykset eri laitteisiin eivät ole yksiselitteisiä, avataan kyselyn tuloksia hieman tarkemmin. Taulukossa 5.1 on esitelty lukuina vastaajien mieltymykset eri päätelaitevaihtoehtoja kohtaan nyt ja tulevaisuudessa.

Taulukko 5.1. *Päätelaitevaihtoehtojen vertailu verkkokyselyn vastausten perusteella.*

	Älypuhelin	Tabletti	Kannettava tietokone	Joku muu	Yhteensä
Käyttäjiä nyt [kpl]	42	6	23	3	74
Käyttäjiä tulevaisuus [kpl]	35	19	18	2	74
Muutos [kpl]	-7	13	-5	-1	0
Osuus nyt [%]	57	8	31	4	100
Osuus tulevaisuus [%]	47	26	24	3	100
Aiemmista käyttäjistä tämän valitsisi [kpl]	26	3	12	2	43
Aiemmista käyttäjistä tämän valitsisi [%]	62	50	52	67	58

Taulukosta havaitaan, kuten aiemmissa kappaleissa ollaan kuvattu, suurin osa valitsisi älypuhelimen jatkossa mieluiten kenttätyölaitteekseen. Osuus mieltymyksissä kuitenkin muuttuu: Tabletin valitsisi tulevaisuudessa laitteekseen noin neljännes verrattuna nykyiseen 8 %:iin, kun taas älypuhelimella vastaava osuus laskee 57 %:sta 47 %:iin. Kun tarkastellaan kahta alinta riviä, huomataan seuraavaa: Yhteensä ainoastaan 58 % vastaajista pitäytyisi nykyisessä valinnassaan. Parhaiten nykyisessä päätelaitteessaan pitäytyisivät *"Joku muu"*-kategorian (67 %) ja *"Älypuhelin"*-kategorian (62 %) vastaajat. Johtopäätöksenä tästä voisi sanoa, että kenttäkäyttöliittymät vaikuttavat olevan hankalia käyttää ihan jokaisella päätelaitteella. Ilmeinen vastaus kysymykseen parhaasta päätelaitteesta tulevaisuudessa oli etukäteen ajateltuna älypuhelin, mutta on mahdollista, että nykyisin tiedossa olevat haasteet assosioituvat niin vahvasti älypuhelimeen, että sen vuoksi sitä ei yksiselitteisesti nähdä mieluisimpana alustana tulevaisuuden hypoteettiselle kenttätyöka-

lulle. Toisaalta tabletti voi olla suuren näyttönsä vuoksi sujuvampi käyttää, vaikka mukana hieman vaikeammin kulkeekin. Tämä esimerkiksi voisi selittää tabletin osuuden nousua. Useassa vapaassa palautteessa älypuhelimella käytettävissä olevaan kenttäkäyttöliittymä *"FieldClientia"* suomitaan, mutta todetaan, että valinta osuisi silti älypuhelimeen tulevaisuudessa. Kvantitatiivinen analyysi ei tarjoa yksiselitteistä ratkaisua, joten spekulaatiolle jää hieman varaa.

Verkkokyselyssä kartoitettiin tarkemmin myös kenttäresurssien mieltymyksiä Carunan tarjoamien kenttätyökalujen ominaisuuksiin ja toimintoihin liittyen. Vastaajien mukaan 5 tärkeintä ominaisuutta kenttäsovelluksessa olisivat järjestyksessä seuraavat (liitteen kuva D.6):

1. Hyvä karttapohja
2. Kattavat verkkotiedot
3. Näppärät hakutoiminnot
4. Verkon tilatiedot näkyvillä
5. Navigointimahdollisuus.

Muita esitarjottuja ominaisuuksia, kuten offline-käytön mahdollisuutta, raportointimahdollisuuksia ja valo- ja videokuvausmahdollisuutta ei keskimäärin pidetty niin tärkeinä. Yksinkertaisuutta ja ohjelman keveyttä korostettiin vapaan palautteen puolella.

Vastaavasti, hieman samaan tyyliin kysyen, vastaajien mukaan 4 tärkeintä toimintoa kenttäsovelluksessa olisivat järjestyksessä seuraavat (liitteen kuva D.5):

1. Hakutoiminto
2. Navigointi
3. Syöttösuunnan jäljitys
4. Pikaraportointi (Kriittiset raportointitiedot valmiiksi, lopputietojen täydennys myöhemmin).

On selvää, että edelliset kysymykset ominaisuuksista ja toiminnoista ovat osittain päällekkäisiä, mutta tavoitteena on saada vankka perusteltu näkemys perustoiminnoista, jotka tulevaisuuden työkalussa ainakin tulisi olla. Muita esitarjottuja toimintoja, kuten dokumentointia, liitetiedostojen käsittelyä ja hallinnointia, asiakasviestintää sekä valo- ja videokuvaustoimintoa ei keskimäärin pidetty niin tärkeinä. Uusina toimintoina toivottiin toimintoa, jossa voisi vaihtaa vanhan verkon tason ja uuden rakennusvaiheessa olevan verkon tason välillä. Toinen toiveissa oleva toiminto olisi mittareiden etäluentamahdollisuus kenttäsovelluksen avulla. Aiemmin tämä on Carunalla ollut mahdollista ainoastaan tilaajan DMS-käyttöliittymällä.

5.2.3 Suurhäiriöt ja tilannekuva

Verkkokyselyn mukaan pikaviestintäsovelluksia pidetään monin paikoin erittäin tärkeänä ja keskiarvollisestikin melko tärkeänä vastaajien päivittäisessä työssä Carunan töihin liittyen. Asteikolla 0–100 (ei kovinkaan tärkeä–erittäin tärkeä) kaikkien vastaajien keskiarvo on 75.5 (kuva D.1). Virallisesti pikaviestintäsovelluksena toimii Teams, mutta todellisuudessa muiden pikaviestintäsovellusten käyttö on suositumpaa. Vastaajista 88% käyttää pikaviestintäsovellus WhatsAppia Carunan töihin joko välillisesti tai välittömästi. Sitä käytetään erilaisten ryhmien tiedotukseen esimerkiksi seuraavissa ryhmissä: työmaaryhmät, asentajien omat ryhmät, oman toimipisteen ryhmä ja suurhäiriötä varten perustettu ryhmä.

Kyselyn mukaan WhatsAppia käytetään kaikkiin asentajien ja työnjohdon välisiin asioihin. Tyypillisesti tämä tarkoittaa vikatehtävien välittämistä ja niiden tilatiedon kuittailua, karttojen ja kuvien jakamista sekä muuta ohjeistusta puolin ja toisin. Myös WhatsAppin sijainnin jakamisen mahdollisuutta hyödynnetään asentajaryhmien välillä jalkaisin linjoja partioidessa. Joidenkin vastaajien mukaan WhatsAppia käytetään kaikkeen työnjohdon ja asentajien väliseen tiedonvaihtoon. Yleisesti kuvattuna näyttää siltä, että tilannekuvan ylläpito Carunan urakoitsijaorganisaatioissa tapahtuu WhatsApp–ryhmissä sekä arkiaikana että suurhäiriöiden aikana.

Verkkokyselyssä kysyttiin myös mielipidettä mahdollisuudesta poimia kartalta vikatehtävä oman työryhmän hoidettavaksi. Vastausten keskiarvo on 70 edelleen samalla akselilla ei kovinkaan tärkeä–erittäin tärkeä), joten ominaisuus olisi keskimäärin toivottu. Mahdollisuus viestiä suoraan asiakkaalle pienjännitteisessä vika- tai keskeytystilanteissa sekä mahdollisuus välittää kuvia/videota vikatapahtumalta reaaliaikaisesti saivat ehdotuksina ristiriitaisimman vastaanoton: vastausten keskiarvot olivat 57 ja 55, keskihajonnan ollessa vastaavasti 28 ja 29. Kokonaisuudessaan voi sanoa, että molempia pidetään keskiarvollisesti hieman tärkeänä. Vasta-argumentteina kyseisille ominaisuuksille ilmenee toive kenttätyökalun mahdollisimman karsitulle versiolle, jonka käytettävyyden toivottaisiin olevan mahdollisimman hyvä. Taustalla vaikuttaa monen vastaajan kokemus siitä, että nykyisin käytössä olevia ominaisuuksia ei pystytä hyödyntämään täysin huonon käytettävyyden takia. Suoraan mobiiliverkon ajoittaisesta heikosta kuuluvuudesta johtuvista ongelmista johtuen kentällä lisää datansiirtonopeutta vaativaa videonvälitysmahdollisuutta kuvaillaan jyrkimmin "— —*käytännössä naurettavaksi ideaksi"*. Kritiikki on perusteltua, mutta mahdollisesti kehitteillä oleva työkalu ei ole jatkoversio yhdellekään nyt käytössä olevalle kenttäsovellukselle eikä perustu datansiirron osalta nykyisiin kyvykkyyksiin. Jos kyseistä ominaisuutta lähdetään mahdollistamaan tulevaisuuden työkalussa, on asiaa selvitettävä tarkemmin.

Verkkokyselyssä kysyttiin työnjohtajilta, *"Kuinka tärkeänä koet mahdollisuuden seurata omalla verkkoalueella työskentelevien resurssien liikkeitä reaaliaikaisesti?"*. Vastausten

keskiarvo on 73, joten keskiarvollisesti mahdollisuutta pidetään melko tärkeänä. Suurhäiriöiden ajalle voitaisiin nähdä hyödylliseksi tilannekuvan parempaan tuottamiseen ja osana sitä resurssien paikantamiseen (varsinkin tilapäisten resurssien osalta) vastaavaa työkalua. Etuina nähdään reaaliaikaisempi tilannekuva asentajien liikkeistä sekä parantunut sähkötyöturvallisuus, kun ollaan paremmin tietoisia missä kukakin liikkuu. Mittareiden pollausmahdollisuus on myös laajalti toivottu uudistus kenttäsovellukseen, kuten luvussa 5.2.2 mainittiin. Verkon reaaliaikaisen tilatiedon näkeminen, erityisesti keskijänniteverkon osalta, on myös toivottu ominaisuus suoraan asentajilta. Muutenkin tilanneraportoinnin kehittäminen nousi useasta lähteestä esiin sekä verkkokyselyssä että työnjohtajahaastatteluissa. Esimerkiksi työntekijöiden seuranta ja kaluston ja resurssien kirjaaminen voisi olla helpompaa, erityisesti suurhäiriön aikana näiden ylläpito ja raportoiminen voisi olla enemmän automatisoitua. Esimerkkinä *"QR-koodilla töihin"* -tyyppinen ratkaisu, jossa kunkin alialueen työnjohtajat jakavat tiedossa oleville resursseilleen QR-koodin, jolla kirjautuvat töihin. QR-koodi sisältäisi perusasetukset vuorotiedoista ja alueista, joilla työntekijän on tarkoitus operoida. Käyttäjän kirjautuessa kyseisellä koodilla vuoroon tiedot tallentuisivat automaattisesti resurssienhallintajärjestelmään, josta niitä muutosten tullessa olisi mahdollisuus tarvittaessa käydä muokkaamassa.

5.3 Sisäiset havainnot

Tässä alaluvussa eritellään huomioita, joita on tullut ilmi sisäisten haastatteluiden ja prosessien tutkimisen seurauksena. Huomiot on jaettu prosessi- ja järjestelmäperäisiin haasteisiin, vaikka monessakin tapauksessa päällekkäinen tarkastelu olisi myös perusteltua.

5.3.1 Haasteet prosesseissa

Varautumisen haasteista kuvattiin hieman jo luvussa 3.2.1. Suurimpia haasteita ovat huonot sattumukset, sääennusteen huono paikkansapitävyys ja maanlaajuuisen suurhäiriön aiheuttama tilapäinen lisäresurssipula. Alivarautuminen ja siitä seuraava KAH:n ja vakiokorvauksien määrän kasvu on kokonaisvaikutukseltaan lähtökohtaisesti aina kalliimpaa kuin ylivarautuminen. Ääriesimerkkinä, kuten aikaisemminkin työssä viitattiin, voimakkaiden paikallisten sääilmiöiden sijainnin ennusteeseen nojaaminen tekee varautumisen onnistumisesta lähinnä binäärisen mittarin.

Resurssien määrästä huolehtiminen on alueorganisaation (AO) tehtävä yhdessä suurhäiriöjohtoryhmän kanssa. Jos tilannekuva ei ole välittynyt oikeanlaisena riittävän ajoissa, on mahdollista, että tilanteen vakavuuden edellyttämät toimenpiteet tulevat käynnistetyksi myöhässä. Käytännössä tämä leikkaa resursseja lähinnä myrskyn alkupuolelta, jos haluttuun resurssimäärän pystytään lopulta aliorganisaaioissa vastaamaan.

Maltillisempien myrskytilanteiden tapauksessa vikaorganisaatiolle saattaa olla houkutta-

vaa yrittää korjata kaikki olemassa olevat viat yötä vasten työvuoroja hieman venyttäen, jos näyttää siltä, että vikoja ei tule enää lisää. Lopputulemana kaikille asiakkaille saataisiin sähkö mahdollisimman nopeasti ja seuraavana päivänä voidaan jatkaa normaalien töiden puitteissa. On toimittajaorganisaation tehtävä valvoa kenttäresurssien työaikaa ja tarvittaessa keskeyttää korjaukset, jos vuoron venyy liian pitkäksi turvallisuutta vaarantavalla tavalla. Yleinen käytäntö turvallisuuden ylläpitämiseksi on keskeyttää vianhoitotyöt yön ajaksi, jolloin asentajat saavat tarvittavan lepoajan ja voivat tarvittaessa jatkaa seuraavana aamuna.

Yleisesti ottaen pimeässä vianhoitotöitä tehtäessä tehokkuus laskee. Koska kyseessä on yleisesti käytössä oleva toimintatapa, osaa tilaaja käytännössä varautua myrskytilanteessa myöhään illalla siihen, että sillä hetkellä käynnissä olevista vioista suurin osa on samassa tilassa vielä aamun sarastaessa. Kuitenkin mitä nopeammin tieto kulkee tilaajaorganisaatiolle ja tulee integroiduksi osaksi tilannekuvaa, sitä järkevämmin pystytään tilaajan resursseja kohdentamaan. Esimerkiksi vikapalvelun tuottamien vikailmoitusten validoiminen ja edelleen välittäminen oikeille kenttäresursseille ADMS:ssä ei ole tällaisessa tilanteessa enää aikakriittinen toiminto, joten resursseja voidaan vapauttaa tilaajan puolella muihin tehtäviin tai levolle.

5.3.2 Haasteet järjestelmissä

Varsinkin tilannekuvan ylläpidon kannalta haasteena on se, että käytettäviä järjestelmiä on paljon. Tämä tarkoittaa sitä, että tieto ja siten myös osa tilannekuvaa on hajallaan eri järjestelmissä, jotka eivät välttämättä kommunikoi keskenään mitenkään. Tärkeimpien ja selvästi pitkäikäisimpien järjestelmien osana hyödynnetään järjestelmärajapintoja, jotka jakavat tietoa automaattisesti järjestelmästä toiseen. Silti ei ole olemassa yhtä yksittäistä järjestelmää, joka esimerkiksi riittäisi tilannekuvan seuraamista varten.

Yksi nykyisistä haasteista on edelleen varautumiseen liittyvän kokemustiedon jalostaminen automaattisen mallin käyttöön, jotta ainakin alustavia päätöksiä voisi ulkoistaa pois henkilöresursseilta. Varautumisen tueksi on yritetty kehittää työkalua, joka osaisi varata oikean määrän resursseja kullekin alueelle, hyödyntäen eri sääennustemallien tietoa ja yhdistelemällä siihen mm. historiatietoa aikaisempien myrskyjen osalta.

Eräs viime vuosina pilottina olleista työkaluista on koneoppimista hyödyntävä ja nojaa siten vahvasti historiatietoon. Mallin ennustamat vikamäärät ja niistä johdetut resurssimäärät yritetään säätää erilaisilla parametreilla niin, että ne vastaavat mahdollisimman lähelle todellisuudessa tapahtuneita. Historiatiedolla opetetaan mallia ja tuoreella tiedolla validoidaan mallin toimivuus.

Toisessa puolestaan keskitytään siihen, että verkkotietojen ja vegetaation, erityisesti vegetaation muutoksien lähellä ilmajohtoverkkoa, avulla voidaan tunnistaa kriittiset pisteet

ja alueet jossa todennäköisiä häiriöitä on sähkön jakelulle tulossa. Lisäksi malli hyödyntää toisen mallin tavoin sääennustetta, lähinnä tuuliennusteen osalta. Mallia testataan vertaamalla sen ennustamia vikapaikkoja toteutuneisiin.

Molempien mallien haasteena on luotettavuus. Heikkoon suoriutumiseen voidaan nähdä vaikuttavina tekijöidä taustadatan riittämättömyys ison kokoluokan suurhäiriöistä sekä ajan ja resurssien puute, jotta mallit saataisiin säädettyä Carunan käyttöön sopivaksi. Lisäksi tuulimittauspisteiden liian harva taajuus verkkoalueilla ja niiden lähistöllä aiheuttaa haasteita luotettaviin ennusteisiin koko verkkoaluetta ajatellen. Kumpikaan malleista ei myöskään ota huomioon maaperän koostumusta, esimerkiksi märkyyttä tai jos maa on roudassa. Tavoitteena molemmissa piloteissa oli selvittää, voiko mallilla saada lisäarvoa vikojen ja resursoinnin ennustettavuuteen. Molemmissa tunnistettiin joitain hyötyjä, mutta mallit olisivat vaatineet lisäkehitystä toimiakseen paremmin ja siten tuotto-panossuhdetta ei nähty kummassakaan tapauksessa enää edulliseksi. Verkkotietoja hyödyntävän mallin etuna olisi sen tarjoama lisäarvo kunnossapitotöihin; mallinnuksen avulla voidaan tunnistaa ilmalinjan riskipisteet etukäteen ja kohdentaa helikopteriraivauksia kyseisiin kohteisiin. Valitettavasti koko verkkoalueen laajuinen mallinnus veisi aikaa useita vuosia, ja siinä ajassa sekä verkko että vegetaatio ehtii muuttua siinä määrin, että panostus ei ole kannattava saatavia hyötyjä ajatellen. (Rokka 2021)

Kuten luvussa 3.3 aiemmin mainittiin, Carunan verkko hyödyntää PLC-teknologiaa mittaritiedon välittämisessä. Tämä voi olla haaste tiedon saamisen kannalta suurhäiriöissä. Keskittimen hajoaminen saattaa antaa väärää informaatiota sähköttömien määrästä, kun koko muuntopiirin mittareihin ei saa yhteyttä, vaikka yksikään asiakas ei todellisuudessa olisi sähkötön. Lisäksi PLC-teknologian kanssa suurimpien muuntopiirien osalta tiedonsiirtokyky saattaa muodostua rajalliseksi. Tulevaisuudessa tilannekuvan kannalta parempaa mittariteknologiaa edustavat PTP-kommunikointiin (Point-To-Point) kykenevät mittarit poistaisivat edellä mainitut haasteet.

6. KENTTÄTYÖKALUN MÄÄRITTELY

Työkalun työnimen tai edes määrittelytyypin valitseminen on vaikeaa. Tässä luvussa esiteltävä ehdotus ei ole täsmällinen vaan kirjoittajan näkemys tarpeesta ja siihen vastaavasta työkalusta, jonka toimintoja perustellaan osin työn aiempien lukujen sisällöllä sekä yleisesti käsityksellä Carunan liiketoimintaympäristöstä nyt ja tulevaisuudessa. Työn aikana sovellusta on kuvattu mm. seuraaviksi: resursointityökalu, tilannekuvasovellus, tilannekuvatyökalu, kenttätyösovellus ja jopa laiskasti mobiilisovellukseksi. Työn lähtötilanteessa on ollut tiettyjä olettamia, sillä työotsikon *"resurssien kohdentaminen ja digitaalisten työkalujen hyödyntäminen vika- ja suurhäiriötilanteessa"* takana oli pääajatus sujuvammasta resursoinnista (suurhäiriön aikana) ja ratkaisuna siihen mobiilisovellus, jonka toiminnallisuuksia ja mahdollisuuksia olisi tarkoitus selvittää. Työssä ei takerruttu pelkästään ajatukseen *"mobiilisovelluksesta"* ainoana vaihtoehtona, vaan muitakin vaihtoehtoja pidettiin avoimena. Tässä luvussa esitellään työn johtopäätöksenä koostunut näkemys sopivasta työkalusta sekä valittuja mahdollisuuksia ja näkemyksiä, joita on kansallisesti aiheeseen liitetty. Inspiraation lähteenä on erityisesti ollut Heidi Krohns-Välimäen väitöskirja *"Development of a Situation Awareness System for Disturbance Management of Electricity Networks"* (Krohns-Välimäki 2018).

6.1 Käyttötarkoitus ja tarvittavat toiminnallisuudet

Käyttötarkoituksen esittely noudattaa edelleen työstä tuttua rakennetta; lisävarautuminen, resursointi ja tilannekuvan ylläpito. Kuitenkin lisävarautumiseen annettavaa lisäarvoa ei työkalu juurikaan tule antamaan, joten se osiona jätetään erikseen käsittelemättä alalukuna. Integraatioiden myötä (lue: resursointityökaluun) työkalun voidaan nähdä tukevan lisävarautumista, mutta varsinaisesti se ei itse tuota suoraan sitä hyödyttäviä toimintoja.

Ytimekkäästi työkalua voisi kuvailla kaikilla kenttähenkilöillä helposti mukana kulkevana "sovelluksena", jolla voi tehdä merkittävän osan vikatilanteiden aikaisesta digitaalisia työkaluja vaativasta työstä, ja suurhäiriöiden osalta mielellään kaiken. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi kaikki välittömästi raportoitavissa oleva onnistuu sovelluksella, mutta myöhemmin esimerkiksi laskutukseen liittyvät toimenpiteet tulee edelleen tehdä normaalisti asiakastietojärjestelmän puolella. Täten sovellus soveltuisi oikeastaan parhaiten asentajan kannalta työpäivän aikana käytettäväksi, jolloin stereotyyppisesti ollaan kenttä-

töissä jossain päin verkkoaluetta. Työpäivän aluksi ja lopuksi tehdään toimenpiteitä, jotka vaativat muutakin kuin kenttäsovelluksen käyttöä.

Ehdotuksen mukainen sovellus kokoaa yhteen valitut osatoiminnot verkkotietojärjestelmästä ja käytöntukijärjestelmästä, sähköisen pikaviestintäsovelluksen, navigointisovelluksen, resurssien seuranta- ja hallintasovelluksen, PJ-vikaviestintäsovelluksen ja liitetiedostojen välivaraston, johon urakoitsija voi työllä liittää kaikki tarvittavat dokumentit odottamaan tarkempaa nimeämistä, jaottelua ja dokumentointia. Välivaraston logiikasta tarkemmin alaluvussa 6.1.3. Sovellus perustuu karttapohjalle, johon valitaan tilanteesta riippuen sopivat tasot ja näkymät. Edellä luetelluille toiminnoille olisi omat välilehdet, jotka toimisivat sopivina työtiloina kulloiseenkin hetkeen. Nämä kaikki olisivat yhden tunnisteen alla eli vikatapauksissa käytännössä ADMS:n INC-tunnisteen alle. Sovelluksessa INC-tunnisteita voisi olla auki useita, jokaisen alle muodostuisivat omat välilehtensä.

6.1.1 Resurssien ohjaus ja seuranta

Yksi merkittävimmistä uusista toiminnoista nykytilanteeseen verrattuna olisi resurssien ohjaus- ja seurantamahdollisuus. Tämä toiminnallisuus olisi alustavan näkemyksen mukaan käytössä urakoitsijan työnjohdolla ja Carunan henkilöillä. Käytännössä tämä tarkoittaisi reaaliaikaista näkymää karttapohjalla resurssien sijainnista sekä vioista, joilla tietyt resurssit ovat. Resursseihin voidaan lukea sekä henkilöresurssit että kalusto, esimerkiksi veneet ja varavoimakoneet. Kaikilla käyttäjillä on mahdollisuus liittää *"mukaansa"* ei-henkilöresursseja, esimerkkinä edellä mainittu varavoimakone. Näin samassa näkymässä pysyy hallinta myös kriittisistä resursseista ja niiden liikkeistä. Jos esimerkiksi varavoimakone liitetään jollekin vialle käyttöön, sekin näkyy reaaliaikaisessa seurannassa kartalla. Asentajilla olisi mahdollisuus ottaa *"jonoon"* pj-vikatehtäviä tietyin reunaehdoin, järjestelmän on esimerkiksi hyvin helppo optimoida algoritmiperustuisesti prioriteettien ja etäisyyksien mukaan optimaalisin seuraava vikatehtävä ja ehdottaa sitä asentajalle (työryhmälle), joka voi todeta olevansa tyytyväinen ehdotukseen ja valita kyseisen vikatehtävän. Lisäksi tähän voidaan lisätä mahdollisia hyväksyntälogiikoita hierarkiassa ylöspäin käyttökeskukseen asti, jos kontrollia halutaan ottaa syystä tai toisesta. Ideaalitilanteessa vikojen välittyminen sopiville kenttäresursseille on itseohjautuva prosessi, jossa suurimman työn tekee sovellus ja työryhmä. Seurauksena tällainen toiminnallisuus keventäisi ASO-toimistojen ja työnjohtajien työtaakkaa töiden hallinnan suhteen.

Vika- ja suurhäiriötilanteen aikana iso osa työnjohtajien resursseista voitaisiin allokoida tulevaisuudessa haastavien tapausten konsultoimiseen ja kokonaiskuvan seurantaan – nyt aikaa kuluu manuaaliseen raportointiin ja töiden ohjaukseen työryhmätasolla. Vastuun tiputtaminen organisaatiossa alaspäin keventäisi ASO-organisaatiota jossain määrin. Edelleen tärkeiden kohteiden laittaminen prioriteettilistalla ensimmäiseksi olisi mahdollista.

6.1.2 Tilannekuvan ylläpito

Kaikki sovelluksen käyttäjät ylläpitävät tilannekuvaa omalta osaltaan. Sovellukseen on tietenkin edullista muodostaa koontinäkymätila Carunan käyttökeskusta varten. Yhtä lailla tätä koontinäkymää voisi muokata haluamallaan tavalla, esimerkiksi ottamalla tarkasteluun jonkin tietyn verkkoalueen vikoineen ja resursseineen. Visuaalisesti tarkoitus on antaa yleiskuvaa nopealla silmäyksellä tilanteesta. Tarvittaessa sovellus muodostaa resurssilistan kyseisellä alueella toimivista resursseista. Vastaavasti karkea vikamäärä tai sähköttömien asiakkaiden määrä on helppo saada tällaiseen kuviteltuun *"ASO"*- tai *"SHJR"*-näkymään. Carunan tapauksessa tarkkoja vikamääriä vikatyyppeineen on kätevämpi seurata sitä varten luodusta dynaamisesta raportista (Carunalla olemassa) tai suoraan käytöntukijärjestelmästä, joten siinä mielessä vastaavaa ajatusta varten ei toimintoa kannata sovellukseen kopioida. Tilannekuvan ylläpito helpottuu ja paranee sovelluksen myötä. Tämä perustuu reaaliaikaisuuteen ja jatkuvaan tietoon siitä, missä resurssit ovat, mikä niiden tila on ja mikä on vikapartiokohtainen odottama aluekohtaisen vikamäärän korjaamiseen. Jos jollakin alueella on selkeä ali- tai ylimiehitys, voidaan toimenpiteitä tehdä huomattavasti ketterämmin asian korjaamiseksi.

6.1.3 Hyödylliset muut toiminnallisuudet

Eräs portentiaalienn tulevaisuuden tominnallisuus olisi asiakasviestintä suoraan suurhäiriösovelluksesta - asentajilla kentällä on kaikista paras tieto siitä, milloin sähköjä ollaan tulossa palauttamaan. Asiakasta voisi tiedottaa etukäteen niin, että nyt on partio matkalla odotettuun kohteeseen. Samaan tyyliin kuin esimerkiksi ruoan kotiinkuljetukseen tehdyt karttapalvelut, voisi asentaja nähdä itsensä kartalla ja *"lassota asiakkaat"* joille haluaa viestit lähtevän toimistaan joita hän tekee. Tämä olisi keino kohti läpinäkyvämpää vianhoitoa ja täsmällisempää tiedottamista asiakkaiden suuuntaan. Ajantasaisen tiedon saaminen asiakkaille edesauttaa asiakastyytyväisyyttä, sillä asiakkaat voivat tehdä ratkaisuja olemisessaan kun saavat jotain luotettavaa tietoa jolle perustaa ratkaisunsa.

Dokumenttien hallinnan tulisi olla helpompaa. Aiemmin mainittu välivaraston vastaisi siihen. Kysessä ei sinänsä tarvitse olla kummempaa kuin esimekiksi pikaviestintäsovelluksista tuttu nopea tapa ottaa kuvia, audiota ja videota ja ladata se vikatyö-perusteiseen chat-keskusteluun. Chat perustusi automaattisesti käyttäjän aktiivisen vikatyön mukaisesti, joten erillisiä toimenpiteitä sen luomiseksi käyttäjän ei tarvitsisi tehdä. Välivarastona olisi siis yksinkertaisesti chat-keskustelu, jolta voi myöhemmin käydä poimimassa tarkempaa dokumentointia varten kuvia. Tässä hyödyllistä olisi se, että Carunan vikatyöstä vastaava henkilö seuraa myös omien vikatehtävien chat-keskusteluja ja saa nopeammin alustavan tiedon kuvamuodossa esimerkiksi kaapelivauriopaikalta. Chat ei olisi kuitenkaan tarkoitettu varsinaiseksi viestintävälineeksi käyttökeskuksen ja kenttähenkilöstön valille, vaan on tehty dokumenttien nopeaan jakamiseen raakamuodossa kaikkien

osapuolien saatavaksi.

6.2 Toteutusalusta

Toteutusalustaksi voi kyselyn perusteella suositella ensisijaisesti älypuhelinta, toissijaisesti tablettia. Syyt tälle ovat selvät: Jotta odottama reaaliaikaisuuteen perustuvasta raportoinnista voi toteutua, on itse raportointilaitteen oltava mukana jatkuvasti. Kätevää tämä ei ole millään puhelinta suuremmalla laitteella. Älypuhelimella pystyy tekemään nykypäivänä suorituskyvyn puolesta kaiken, mitä voi kenttäsovellukselta odottaa. Tarkoitus ei ole, että kenttäsovellukseen sisällytetään kaikki mahdollinen – päinvastoin, tarkoitus on keventää tarvittavilta osin nykyisiä toimintoja ja keskittyä lisäämään sellaisia osioita, jotka vastaavat kenttäorganisaation toiveisiin ja samalla palvelevat Carunan toivomaa kehityssuuntaa.

Kenttätyösovelluksen idea on vastata tarpeeseen kenttäkäytössä. Ei ole perusteltua liittää siihen toimintoja, joiden tekeminen ei ole aikakriittistä ja/tai jotka hoituvat paremmin tietokoneella hieman myöhemmin. Toisaalta on oltava mahdollista, että aamulla työt aloittaessa otetaan mukaan puhelin, jolla voidaan tehdä kaikki mitä järjestelmien puolesta vaaditaan.

6.2.1 Vaatimukset

Kenttätyösovellus on sitä raskaampi ja monimutkaisempi käyttää, mitä enemmän siihen sisällytetään ominaisuuksia ja toimintoja. Puhelimen suorituskyvyn tulee olla riittävän hyvä, että laite itsessään ei muodostu pullonkaulaksi. Laitekohtainen suorituskyky on ostettavissa riittävän hyväksi, mutta keskimääräinen mobiiliverkkojen kuuluvuus vaihtelee sijainnista riippuen, eikä siihen voi vaikuttaa. Sen kuuluu siis olla mitoittava ominaisuus kenttäsovelluksen monipuolisuuden tasoa mietittäessä. Jos mitoitus ei ole ongelma, voi työkalun kehitystä lähestyä kunnianhimoisemmalla näkökumalla.

Työkalussa tulisi olla mahdollisuus pikaviestintään. Aiemmin mainittu WhatsAppin kaltainen viestintä tulee onnistua myös tietoturvallisesti. Etuna työkalussa olisi se, että sitä käytetään vain työkäytössä – tämä auttaisi myös rajaamaan työasioita pois vapaa-ajalta. Luonnollisesti kaikki modernin pikaviestintäsovelluksen toiminnot olisivat toivottavia myös kenttäsovellukselle: kuvien, videon ja äänen jakaminen, sijainnin jakaminen ja erilaisten ryhmien muodostaminen.

Kenttäsovelluksen kustomoitavuus monellakin tasolla on tärkeää. Tarkoittaen paitsi perinteisiä suodatus-, työtila- ja valikkonäkymien muuttamista niin myös sitä, haluaako käyttäjä ottaa tiettyjä osioita sovelluksesta kyseisellä istunnolla aktiiviseksi lainkaan. Tämä valinta tulisi olla mahdollista ennen ja jälkeen kirjautumisen. Etuna tällaisessa olisi se, että vaikka kenttäsovelluksessa olisi paljon erilaisia toimintoja mahdollistavia moduuleja sisällytetty-

nä, niin minkään niistä ei tarvitse olla hidastamassa taustalla jos käyttäjä ei niin halua. Jos on aika pikaviestinnälle, aktivoidaan vain pikaviestintämoduuli ja käytetään sitä. Jos tulee tarve raportoida tai dokumentoida jotakin, aktivoidaan vastaava tai vastaavat moduulit sitä varten. Suorituskykyisellä päätelaitteella ja hyvällä verkkoyhteydellä voitaisiin käyttää menestyneesti useampaa moduulia rinnakkain, jolloin päästään kaikista lähimmäksi ideaalitilanteen kaikkivoipaa sovellusta.

6.2.2 Mahdolliset valmiit ratkaisut

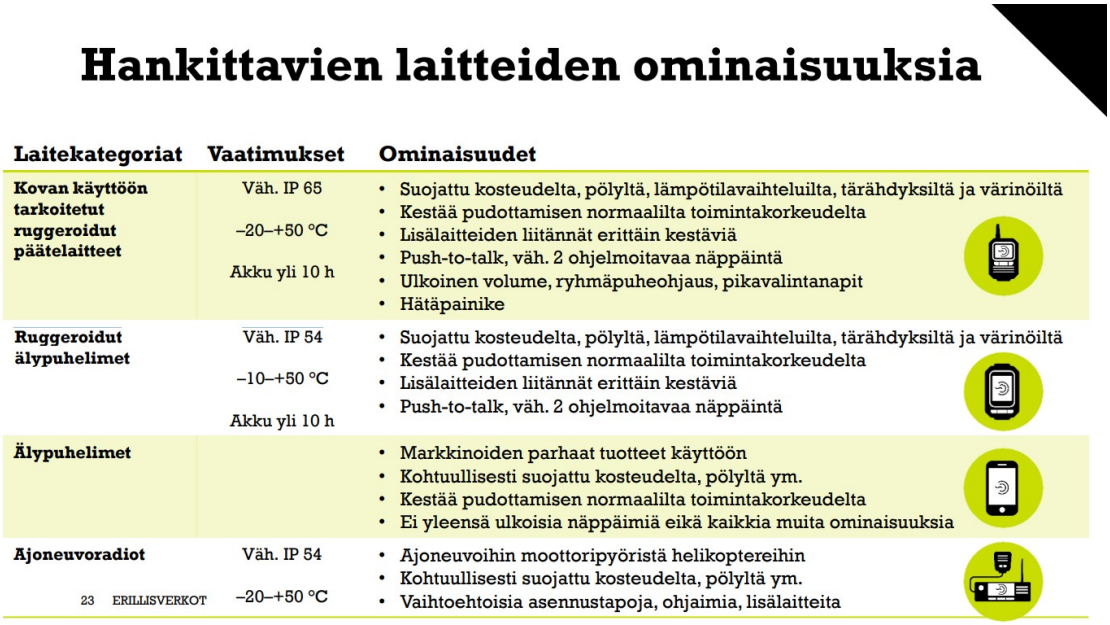
Edellä työssä hahmoteltua ja kuvattua kokonaisuutta ei kirjoittamishetkellä tarjota missään – erilaisia tilannekuvan ylläpitosovelluksia on kylläkin käytössä sekä viranomaisilla että puolustusvoimilla, mutta suoraan jakeluverkkoyhtiön tarpeeseen vastaavia ratkaisuja ei taustoituksessa löytynyt. Lähimpänä haluttua järjestelmää olisi Trimblen UTG (Trimble Inc. 2022), joka monelta osin vastaa käytettävyydeltään ja toiminnoiltaan sitä mitä kentällä kaivataan. UTG on Carunalla käytössä kunnossapidollisiin tarkoituksiin. Carunalla ei ole käytössä Trimblen DMS:ää, eikä käytössä oleva DMS-järjestelmä ole myöskään menossa vaihtoon lähivuosina. Muun muassa näistä syistä UTG ei ole Carunan tapauksessa ajankohtainen vaihotehto. Lisäksi tavoitteet ovat korkeammalla kuin nykytilassa: haastatteluiden perusteella UTG on parasta mitä kenttäorganisaatiossa tiedetään – pitkälti käytettävyyden vuoksi. Tarkoituksena on haastaa *"käytettävyyteen tyytyminen"* ja pyrkiä suuntaamaan ajatus vielä hieman eteenpäin.

Potentiaaliseksi muutoksen mahdollistajaksi nousee Erillisverkkojen Virve 2.0-projekti. Virve eli viranomaisverkko on tulossa elinkaarensa päähän ja samalla sen tarjoamia palveluita laajennetaan saneerauksen yhteydessä. Aiemmin puheviestintää tarjoava verkko muuttuu priorisoitua mobiililaajakaistapalvelua tarjoavaksi palveluksi. Viranomaisten oma radioverkko vaihtuu kaupalliseen radioverkkoon, mutta tietokannat ja ja ydintoiminnallisuus pysyvät Erillisverkkojen hallinnassa. Mobiiliteknologia perustuu 4G-verkkoon, alueellisesti jopa 5G-verkkoon. Projekti on kiinnostava, sillä se käytännössä vaikuttaa vastaavan tässä työssä esitettyihin toiveisiin suorituskykyisestä ja tietoturvallisesta alustasta. Lisäksi se integroisi yhteen laitteeseen jo valmiiksi Carunalla käytössä olevan sähkö- ja käyttötöiden puheviestinnän palvelun (Virve-radiopuhelimet) ja laajakaistaa hyödyntävät muut nykyaikaiset palvelut. Kuvassa 6.1 on kuvattuna Virve 2.0:ssa käytettävät palvelut.

Virve-ryhmäpuhe ja -ryhmävideo, tilannekuvapalvelut, paikannus ja pikaviestipalvelu ovat perustoimintoina sellaisia, jotka vastaavat jo isolta osin Carunan toiveita. Lisäksi kaikkia palveluita ei ole lyöty lukkoon, joten on vielä mahdollista, että Erillisverkkojen kehittämässä ja ylläpitämässä peruspalvelukokonaisuudessa tulee vielä muutoksia tai laajennuksia. On tiedossa, että asiakkaat voivat kehittää itse omia sovelluksia käytettäväksi Virve 2.0-yhteensopivilla päätelaitteilla, joiden kategoriat ovat kuvattuna kuvassa 6.2.

Kenttäsovelluskäyttöön parhaiten sopisi todennäköisesti ruggeroitu älypuhelin, sillä siinä

Kuva 6.1. *Virve 2.0-palvelut. Kuvakaappaus Erillisverkkojen esitysmateriaalista energiayhtiöille.*



Hankittavien laitteiden ominaisuuksia

Laitekategoriat	Vaatimukset	Ominaisuudet
Kovan käyttöön tarkoitetut ruggeroidut päätelaitteet	Väh. IP 65 –20–+50 °C Akku yli 10 h	• Suojattu kosteudelta, pölyltä, lämpötilavaihteluilta, tärähdyksiltä ja värinöiltä • Kestää pudottamisen normaalilta toimintakorkeudelta • Lisälaitteiden liitännät erittäin kestäviä • Push-to-talk, väh. 2 ohjelmoitavaa näppäintä • Ulkoinen volume, ryhmäpuheohjaus, pikavalintanapit • Hätäpainike
Ruggeroidut älypuhelimet	Väh. IP 54 –10–+50 °C Akku yli 10 h	• Suojattu kosteudelta, pölyltä, lämpötilavaihteluilta, tärähdyksiltä ja värinöiltä • Kestää pudottamisen normaalilta toimintakorkeudelta • Lisälaitteiden liitännät erittäin kestäviä • Push-to-talk, väh. 2 ohjelmoitavaa näppäintä
Älypuhelimet		• Markkinoiden parhaat tuotteet käyttöön • Kohtuullisesti suojattu kosteudelta, pölyltä ym. • Kestää pudottamisen normaalilta toimintakorkeudelta • Ei yleensä ulkoisia näppäimiä eikä kaikkia muita ominaisuuksia
Ajoneuvoradiot	Väh. IP 54 –20–+50 °C	• Ajoneuvoihin moottoripyöristä helikoptereihin • Kohtuullisesti suojattu kosteudelta, pölyltä ym. • Vaihtoehtoisia asennustapoja, ohjaimia, lisälaitteita

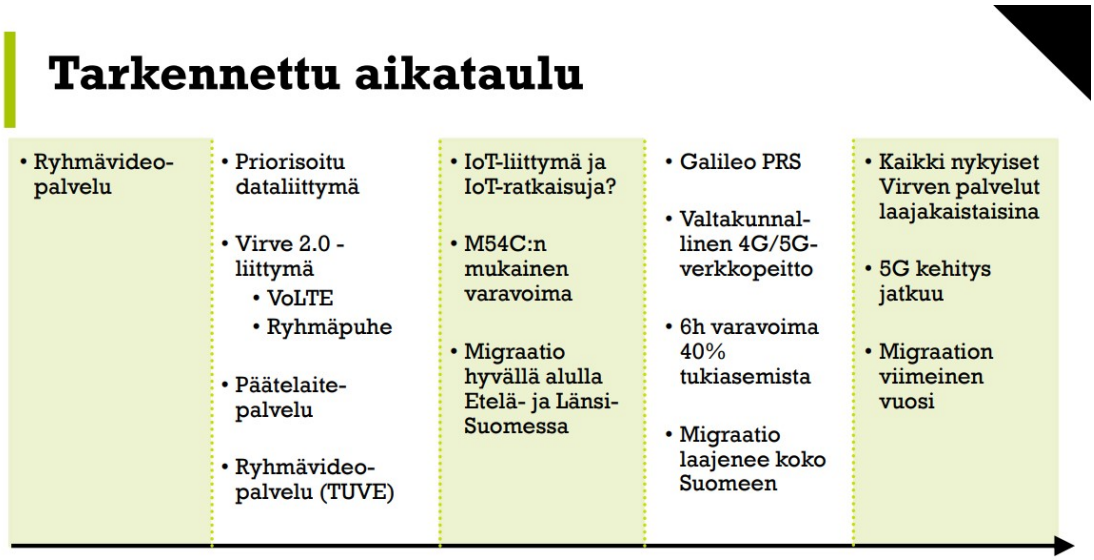
23 ERILLISVERKOT

Kuva 6.2. *Virve 2.0-päätelaitteet. Kuvakaappaus Erillisverkkojen esitysmateriaalista energiayhtiöille.*

saisi kovaan käyttöön soveltuvan ja kuitenkin modernit raportointityökalun ominaisuudet täyttävän laitteen. Kevyeen käyttöön tietysti pelkkä suorituskykyinen älypuhelin on riittävä.

Carunan (ja kenen tahansa Virve-laitekantaa jo valmiiksi hyödyntävän jakeluverkkoyhtiön) kannalta on järkevää, että joka tapauksessa vanhojen laitteiden ja teknologian väistyessä sivuun ollaan vaihdoksen yhteydessä maksimoimassa uusien laitteiden tarjoamaa potentiaalia käytännön tasolle. Tämä tarkoittaa käytännössä aktiivista vuoropuhelua Erillis-

verkkojen kehitysvaiheessa olevien palveluiden kehittäjien kanssa – minkälaisia ominaisuuksia ja toimintoja Virve 2.0-kokonaisuudella voidaan mahdollistaa ja millä aikataululla? Kuvassa 6.3 esitetään alustava aikataulusuunnitelma migraatiolle.



Kuva 6.3. *Virve 2.0-käyttöönoton tarkennettu aikataulu. Kuvakaappaus Erillisverkkojen esitysmateriaalista energiayhtiöille.*

Täysipainoisen laajakaistapalvelun hyödyntäminen tullee mahdolliseksi ennen vuotta 2030. On luonnollista, että palveluita testataan aluksi kriittisemmässä viranomaiskäytössä (poliisi, pelastustoimi, puolustusvoimat) ja myöhemmin tarjotaan paremmin tuotteistettu kokonaisuus muun muassa energiayhtiöille. Tiedetään, että nykyinen Virve-verkko tulee olemaan saatavilla rinnakkain uuden verkon kanssa vuosikymmenen loppuun asti, joten siirtymä jakeluverkkoyhtiön kannalta sijoittunee välille 2025–2030. Kyseessä on kuitenkin vain arvio, ja ajankohta riippuu luonnollisesti paljon muistakin tekijöistä jakeluverkkoyhtiössä.

Eräs iso kysymysmerkki luotettavuuden kannalta on mobiiliverkkojen kuuluvuus suurhäiriön aikana, kun sähköt voivat olla laajaltikin poissa pidemmän aikaa, myös tukiasemilta. Erillisverkkojen vaatimuksesta sen teleoperaattorikumppanilla on tulossa merkittäviä parannuksia tukiasemien varavoimaan niin, että vähintään 6 tunnin varavoiman piirissä olevia tukiasemia on 40% tukiasemista (kuva 6.3). Varavoiman sijoittelusta tai sopimuksen ulkopuolisista varavoimatason parannuksista ei ole tietoa, mutta laajakaistapalvelu on todennäköisesti käytettävissä aikaisemmin Etelä- ja Länsi-Suomen alueella kuin muualla Suomessa.

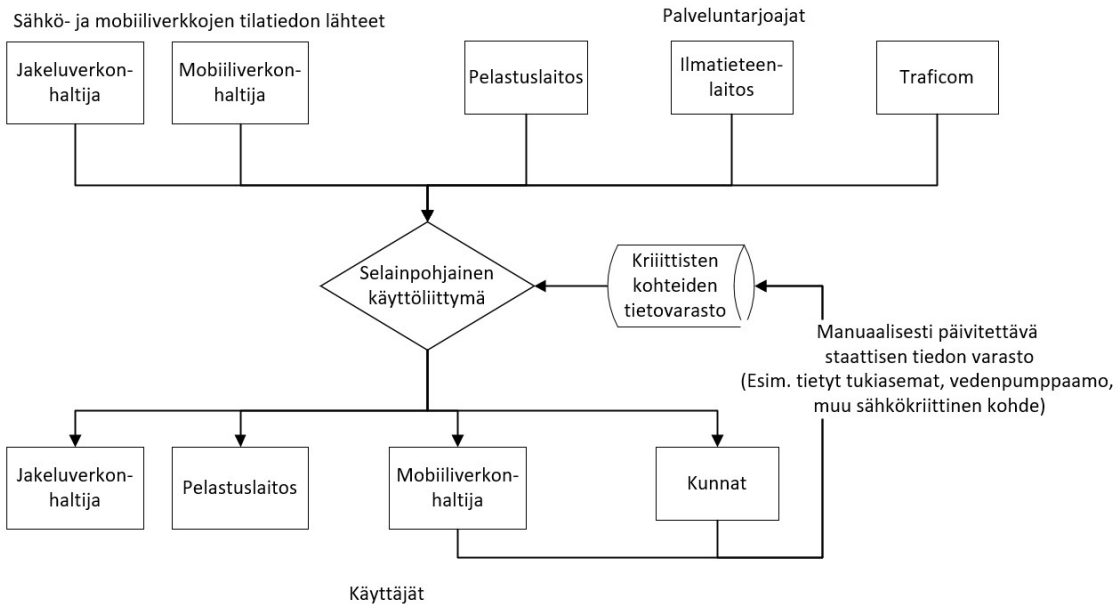
6.3 Ehdotukset kehitykselle

Tässä alaluvussa kuvaillaan ehdotusten joukko, joiden mukaan toimittaessa työssa havaitut tarpeet ja kehitysmahdollisuudet tulisivat monilta osin täytetyiksi. Lisäksi ehdotus pitää sisällään kirjoittajan henkilökohtaisen näkemyksen Carunan liiketoimintaympäristön nykytilan ja kehityksen puitteissa optimaalisista ajankohdista ja tavoista toteuttaa projekti uuden kenttätyökalukokonaisuuden luomiselle.

6.3.1 Yhteistyö sidosryhmien kanssa

Rahoituksen saaminen tällaiseen projektiin voi olla haasteellista – kasvavathan kustannukset melkoisesti ja vastaavasti säästöjä ei projekti varsinaisesti esitä. On lähtökohtaisesti tehokkaampaa ehkäistä säästä johtuvia vikoja (pääasiassa korvaamalla ilmajohdot maakaapeleilla) kuin keskittymällä mahdollisimman tehokkaaseen viankorjaukseen. Kuitenkin uusi laitekanta, palvelut ja omat asiakassovellukset tarjoavat paljon muitakin mahdollisuuksia, joten hyödyt eivät rajoitu ainoastaan suurhäiriöiden ajalle.

Valtiollisen toimijan (Erillisverkot) olisi hyödyllistä kehittää tai ainakin tukea kehitystä. Jos jakeluverkkoyhtiöiden parissa palvelun käyttöönotto samankaltaisilla tarpeilla on tarpeeksi suurta, on mahdollisuus saada taloudellisia koko- ja määrähyötyjä. Tutkimuksen (Krohns-Välimäki 2018, s. 78) ajatuksia mukaillen: Hyödyllistä olisi kansallisen tason tilannekuvajärjestelmän luominen, joka yhdistää tietoja mahdollisimman monelta jakeluverkkoyhtiöiltä, samaan tapaan kuin KRIVAT. Haasteena kansallisen laajuiselle järjestelmälle nostetaan tutkimuksessa muun muassa sidosryhmien osallistumishalukkuden varmistaminen, tiedon jakamisen avoimuus, yksityisyydensuoja ja kyberturvallisuus (Krohns-Välimäki 2018, s. 78). Valtio-omisteinen järjestelmä voisi ratkaista tietoturvaan liittyviä kysymyksiä, mutta toisaalta huonona puolena nähdään mahdollinen kehityksen hitaus ja resurssien riittämättömyys. Krohns-Välimäen (2018) kuvaaman kansallisen tason tilannekuvajärjestelmän rakenteen vuokaavio on esitetty kuvassa 6.4.



Kuva 6.4. *Vuokaavio kansallisen tason tilannekuvajärjestelmän rakenteesta. Muokattu lähteestä (Krohns-Välimäki 2018). Kyseessä ei ole tämän työn kenttätyökalun vuokaavio, vaan kuvaa hierarkkisesti ajateltuna yksittäisestä jakeluverkonhaltijasta ylemmän tason tilannekuvan rakentumista.*

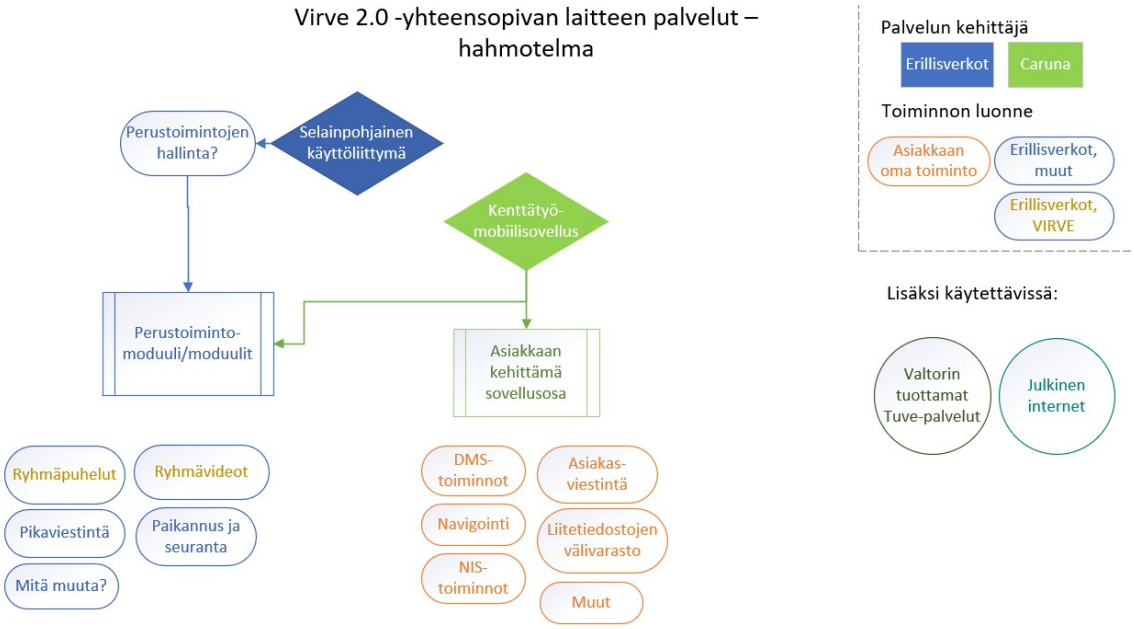
Tämä kansallisen tason tilannekuvan välittämiseen soveltuva työkalu saisi tietonsa käytännössä kunkin jakeluverkkoyhtiön käytöntukijärjestelmästä järjestelmärajapintojen avulla. Mahdollinen kansallista tilannekuvaa hyödyttävä lisäinformaatio välitettäisiin kenttäsovelluksen kautta, jonka perusversio voisi olla valtiollisen toimijan kehittämä ja ylläpitämä. Samassa kansallista tilannekuvaa esittävässä järjestelmässä olisi jakeluverkon tilatietojen lisäksi hyödyllistä näkyä ainakin mobiiliverkkojen kuuluvuus ja arvioitu aika, miten kauan varavoima riittää esimerkiksi suurhäiriötilanteen aikana, jos tukiasemalta katkeaa sähköt. Kansallisen tason tilannekuvasovelluksen hyötyjä sidosryhmille (jakeluverkonhaltijat, mobiiliverkonhaltijat, pelastuslaitos ja kunnat) on perusteltu ja listattu kattavasti samassa tutkimuksessa (Krohns-Välimäki 2018, s. 71–76).

6.3.2 Demorakenne kenttätyösovellukselle

Perustuen edellisen alaluvun ajatukseen, kenttätyösovellus (tai järjestelmäkokonaisuus) olisi isossa kuvassa tarkasteltuna hyödyllinen sekä jakeluverkohaltijalle itselleen että myös sidosryhmille: rajapinta kansallisen tason tilannekuvasovellukseen mahdollistaisi nopeamman ja helpomman informaation jakamisen puolin ja toisin. Jos esimerkiksi pelastuslaitos tai puolustusvoimat tarvitsee tarvitsee yksityiskohtaisempaa tietoa jonkin jakeluverkkoyhtiön alueelta sähköjakelun toimiin liittyen, olisi vuoropuheluun olemassa jo tietoturvallinen keino. Kenttätyösovellus olisi kuitenkin tässä tarkastelussa lähinnä tarvittaessa kansallisen tilannekuvan dataa tuottava työkalu, ja olisi muuten ja pääosin jakeluverkkoyhtiön sisäiseen jatkuvaan tilannekuvan ylläpitoon ja kenttätöiden digitaalisten osioiden

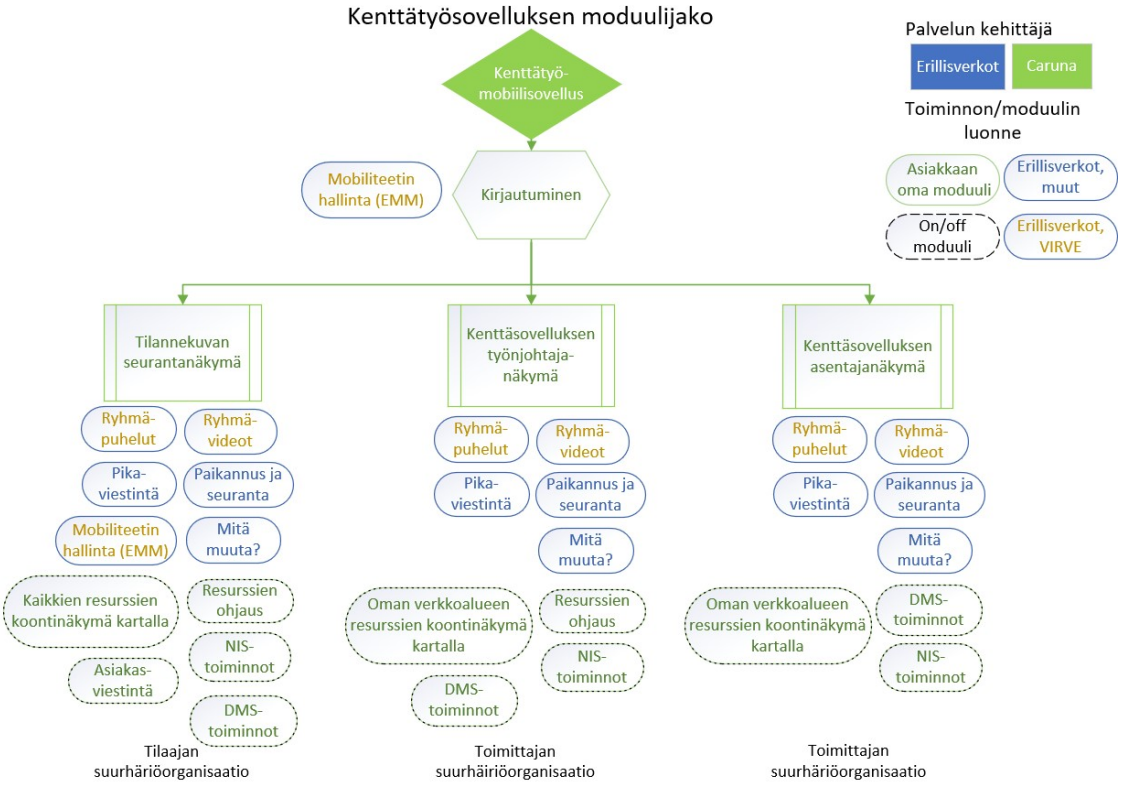
suorittamiseen. Siten tämä työkalu sijoittuu hierarkkisesti ajateltuna tutkimuksen (Krohns-Välimäki 2018) alle, ja olisi siten hypoteettisesti tuottamassa tilannekuvaa kyseiselle kansallisen tason alustalle. On hyvä muistaa, että monet tämän työn aikana esitetyistä tilannekuvan elementeistä eivät ole hyödyllistä tietoa muille kuin Carunan suurhäiriöorganisaatiolle.

Tämän työn ehdotelmassa kenttätyösovelluksen hahmotelma perustuu oletukseen, että sovellusta käytettäisiin VIRVE 2.0 -päätelaitteilla. Perustelut oletukselle Carunan tapauksessa on kuvattu tarkemmin luvussa 6.2. Kuvassa 6.5 on kuvattuna edellä kuvatun pohjustuksen mukainen **palvelu- ja toimintokokonaisuus, joka tämän työn tuotoksena on näkemys Carunan liiketoimintaympäristössä vähintäänkin hyödyllisenä koottuna yhteen sovellukseen**.



Kuva 6.5. *Palveluiden jako ja vastuut. Kuvassa on eriteltynä osiot, jotka ovat Erillisverkkojen omistamia ja kehittämiä sekä osiot, jotka olisivat asiakkaan vastuulla. Ehdotelma perustuu vuoden 2022 alun tietämykseen Virve 2.0-ympäristön suunnitelluista kyvykkyyksistä.*

Kuvassa on esiteltynä pääkohdat, hypoteettisesti VIRVE 2.0-yhteensopivalla laitteella, käytettävissä olevista palveluista ja toiminnoista sekä eritelty niitä kehittäjä- ja luonnekohtaisesti. Esimerkiksi *"DMS-toiminnot"* olisi asiakkaan itse kehitettävä moduuli ja olisi täten asiakkaan vastuulla. Vastaavasti *"Pikaviestintä"* olisi Erillisverkkojen kehittämä lisäpalvelu, jota on mahdollista käyttää VIRVE 2.0-yhteensopivalla laitteella asiakkaan niin halutessa. Kuvassa 6.6 puolestaan on kuvattuna asiakkaan, tässä tapauksessa Carunan, hypoteettisen itse kehittämän kenttätyösovelluksen moduuli- ja toimintokokonaisuuksia.



Kuva 6.6. *Hahmoteltu moduulijako tulevaisuuden kenttätyösovelluksessa.*

Kaaviossa esitellään karkeasti, minkälaisia näkymiä kullekin Carunan suurhäiriöorganisaation (myös normaaliorganisaation) osioille tarjottaisiin. Käytännössä *"Tilannekuvan seurantanäkymän"*, *"Kenttäsovelluksen työnjohtajanäkymän"* ja *"Kenttäsovelluksen asentajanäkymän"* erot olisivat siinä, mitä moduuleja näkymässä on aktivoitavissa ja mitä siihen kenties vakiona aktivoidaan kirjauduttaessa. Kirjautumisen perusteella säädetään, minkälainen aloitusnäkymä käyttäjälle avataan ja mitä moduuleita on lisäksi vielä aktivoitavissa. Erillisverkkojen kehittämät, tässä *"perusmoduuliksi"* nimettyyn ja siihen kuuluvat toiminnot olisivat käytettävissä jokaisella VIRVE 2.0-päätelaitteen haltijalla, joka on Carunan organisaatioon mobiliteetin hallinnan suorittajan toimesta lisätty. Mobiliteetin hallinnasta (EMM, Enterprise Mobility Management) huolehtii ensisijaisesti Erillisverkot. Mobiliteetin hallinnalla tarkoitetaan tässä lyhyesti VIRVE 2.0-laitteiden, käyttäjien, palveluiden ja informaation hallintaa. Esimerkiksi oman laitteen käyttöön (BYOD, engl. bring your own device) ei VIRVE 2.0-ympäristössä ole mahdollisuutta, vaan laitteet on hankittava erikseen määritellyiltä laitetoimittajilta ja konfiguroitava Erillisverkkojen toimesta. Lisäksi laitteisiin voi asentaa vain kyseiseen ympäristöön hyväksyttyjä sovelluksia. Tarkkoja määrittelyjä ei kuitenkaan ole kirjoitushetkellä tiedossa.

Muun muassa tarkempi layout-suunnittelu, sovelluksen rajapinnat, design, kustannusarviot ja aikatauluarviot jätetään tässä työssä käsittelemättä, sillä ne koskisivat vielä voimakkaammin triviaalisti Carunan organisaatio-, prosessi-, ja järjestelmäkokonaisuuksia. Ylimalkaisesti arvioituna ehdotelman mukainen kokonaisuus voisi olla ainakin osittain käyttöönotettuna välillä 2026-2030

6.3.3 Työkalun aikaansaamat muutokset – työkuorman ja tilannetietoisuuden määrittely (NASA-TLX, SART)

Jotta työkalun onnistumista ja sen aiheuttamia muutoksia voidaan arvioida, olisi hyödyllistä mitata työkuormaa ja tilannetietoisuutta tietyissä tehtävissä. Väitöskirjassa (Krohns-Välimäki 2018, s. 78) mainitaan, että parhaiden tulosten saamiseksi tilannekuvajärjestelmän vaikutuksista työkuormaan ja tilannetietoisuuteen tulisi järjestelmän testauksen yhteydessä hyödyntää siihen soveltuvilla metodeilla. Krohns-Välimäki lisäksi ehdottaa, että esimerkiksi NASA-TLX (NASA Task Load Index) ja SART (Situation Awareness Rating Technique) tarjoavat sopivat kvantitatiivisen metodin vastaavien määreiden mittaamiseen ja edelleen niiden muutoksen mittaamiseen. Kyseessä on siis sekä projektin aikaiseen että projektin jälkeiseen aikaan sopiva menetelmä mittaamaan mahdollisesti saavutettua kehitystä tiettyjen tehtävien tai toimintojen yhteydessä.

Metodit ovat molemmat yksinkertaisia testin jälkeisiä (engl. post trial) vastaajan subjektiivisia näkemyksiä mittaavia arviointimenetelmiä, jotka ovat olleet käytössä jo useita vuosikymmeniä ja ovat laajalti hyväksyttyjä tiedepiireissä. Molemmat ovat menetelmiä, joiden toteuttaminen on helppoa ja onnistuu tarvittaessa jopa ainoastaan kynällä ja paperilla. (SESAR 2012a, 2012b) Nykyisillä sähköisillä kyselytyökaluilla voidaan toteuttaa molemmat niin, että kyselyiden järjestäminen on vielä helpompaa.

SART on alunperin kehitetty vuonna 1989 lentäjien tilannekuvajärjestelmien kehittämisen tueksi, mutta on sittemmin käytetty laajalti muissakin yhteyksissä. Testissä on 10 eri kysymyskokonaisuutta, joista kuhunkin testattavan on vastattava asteikolla 1–7 (pieni–suuri). Vastausten perusteella muodostetaan tilannetietoisuuden arvo pistemääräisenä tietyn kaavan mukaisesti. Pistemäärän avulla voidaan seurata tilannetietoisuuden kehitystä järjestelmämuutosten yhteydessä. (SESAR 2012b)

NASA-TLX on alunperin kehitetty vuonna 1988 mittaamaan ihmisten kokemaa työkuormaa, joka on määritelty vapaasti suomennettuna NASA-TLX:n mukaan seuraavasti: "kuinka paljon inhimillisiä resursseja vaaditaan saavuttamaan tietty suoritustaso tietyssä tehtävässä". Arviointimenetelmässä on 6 eri kysymyskokonaisuutta, joista kullekin annetaan painokerroin (0–5) ja arvo asteikolla 0–100 (pieni–suuri). Näistä lasketaan edelleen yksinkertaisella kaavalla pistemääräisenä kokonaisarvo työkuormalle. (SESAR 2012a).

Menetelmät olisivat perusteltuja valintoja myös Carunan järjestelmäkehityksen tueksi, sillä ne ovat yksinkertaisia, helppo toteuttaa ja yleisesti ottaen soveltuviksi todettuja vastaavaan käyttöön. Luonnollisesti testitapauksia tulee suunnitella ja määritellä tarkemmin etukäteen, jotta mittaaminen kohdistuu oikeisiin kohtiin prosesseissa. Asentajien tapauksessa vikatapahtuman raportointielinkaari voisi olla soveltuvin, työnjohtajien tapauksessa tulisi keskittyä kokonaisuuden hallintaan. Tilaajan puolella suurhäiriöorganisaation eri osioiden kokemus on yhtä lailla kiinnostavaa, erityisesti laaja-alaisesta tilannekuvasta huoleh-

tivien (ASO-organisaatioon ja SHJR:ään kuuluvien) henkilöiden osalta. Tarkempi arviointimenetelmien suunnittelu jätetään mahdolliseen kehitysprojektiin.

7. YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin yleisellä tasolla jakeluverkkoyhtiön toimintaympäristöä vika- ja suurhäiriötilanteessa. Työn alkuosa pyrkii kuvaamaan raameja, jonka puitteissa toimitaan ja asioita pyritään kehittämään. Toimitusvarmuusinvestoinnit ovat saaneet ja saavat päähuomion isossa kuvassa, koska se on helppo liittää kuluttajan näkökulmasta usein aivan liian suureen siirtomaksuun. Asian täysi sivuuttaminen olisi vastuutonta, mutta tässä työssä sen sijaan on haluttu paneutua enemmän siihen, miten poikkeustilanteen aikaisilla infralla, resursseilla ja kyvykkyyksillä on suoriuduttu ja miksi.

Tosin sanoen miten poikkeustilanteissa Carunalla on toimittu, toimitaan ja miten kannattaisi toimia tulevaisuudessa. Valitettavasti monelta osin historia on niellyt tarkan dokumentaation iäksi; ideaalitilanteessa 2010–2021 poikkeustilanteista löytyisi kaikista vastaavat tiedot joita voisi vertailla nyt ja tulevaisuudessa, kun sään ääri-ilmiöiden aiheuttamia poikkeustilanteita tulee eittämättä vielä enemmän tulevaisuudessa.

Lisävarautuminen, resursointi ja tilannekuvan ylläpito ovat kolme suurta kokonaisuutta, jotka vaikuttavat poikkeustilanteiden hoitoon. Lisävarautuminen perustuu lähes yksinomaan sääennusteeseen, resursointi vikaennusteisiin ja niin ikään ennusteeseen tulevasta säästä. Ajantasainen tilannekuva auttaa päätösten tekemisessä sekä lisävarautumisen että resursoinnin osalta. Työkalut, työtavat, prosessit ja henkilöstön osaaminen ovat asioita, joihin voidaan vaikuttaa. Kaikkia edellä mainittuja kokonaisuuksia on yritetty kehittää ja parantaa työkaluja ja menetelmiä, jotka pala palalta parantavat kokonaisuutta omalta osaltaan.

Asentajamäärien dokumentointi vikakohtaisesti ja tuntitasolla, ylöspäin esitettynä verkkoaluetasolla, antaa tulevaisuudessa tarkempaa tietoa suurhäiriötilanteiden kulusta ja mahdollistaa paremman pureutumisen syy-seuraussuhteisiin. Sääennusteet sekä niiden historia ja edelleen niiden hyödyntäminen vikojen ennustamisessa tai ennaltaehkäisyssä pienentävät myrskyjen kokonaisvaikutusta verkkoon. Nykyinen data, mallit ja työkalut ovat vielä osittain puutteellisia, mutta älykkään varautumisen ja resursoinnin aika tulee ennemmin tai myöhemmin. Suurhäirötilanteiden taltiointi ja niiden dokumentointi tarkemmin palvelee tulevaisuuden hetkiä, jolloin havaintoja ja päätöksiä tehdään.

Modernimpaan ja ketterämpään vika- ja suurhäiriötoimintaan siirtyminen vaatii myös sellaisia työkaluja, joilla se on mahdollista. Järjestelmät ovat kuitenkin täsmälleen yhtä hyviä

kuin käyttäjät osaavat niitä hyödyntää. Työn yhteydessä tehtyjen työnjohtajahaastatteluiden sekä verkkokyselyn mukaan joissakin nykyisissä kyvykkyyksissä on parannettavaa, mutta on monia asioita, joita nykyisillä järjestelmillä ei voi tehdä. Lisäksi järjestelmiä on runsaasti ja joidenkin käyttö kenttäkäytössä hankalaa moninaisista syistä johtuen. Kustomoitavuutta, keveyttä ja toimintavarmuutta arvostetaan. Mahdollisimman yksinkertainen työkalu olisi monen mieleen, mutta toisaalta yhden laitteen raportointia kaivattaisiin: taskussa kulkeva älypuhelin on suurimman osan mielestä ratkaisu reaaliaikaisempaan ja näppärämpään työskentelyyn.

Uudenlainen ehdotus kenttätyökaluksi vastaa sekä kentältä tulevaan toimittajien huomioihin ja pyyntöihin, mutta pitää sisällään elementtejä, joita aina kehittyvä ja tiedolla johtamiseen pyrkivä käyttö- ja suurhäiriöorganisaatio tarvitsee seuraavaan askeleeseen kohti digitaalisempaa ympäristöä. Vaatimukset ovat kovat: äärimmäinen luotettavuus, kokoava ja typistetty rakenne, käyttäjäystävällisyys ja pitkässä juoksussa liiketoimintahyötyjä antava kokonaisuus.

Taloudellisesti raskas uusi sovellus(ympäristö) uusine päätelaitteineen ja koulutuksineen on sellainen kokonaisuus, että koko- ja määrähyötyjä on edullista pyrkiä saamaan. Valtiolliset toimijat sekä muut saman alan yritykset jakamassa kustannuksia (ja hyötyjä) on yhtälönä jo mahdollisesti toteutuskelpoisempi.

Miksi asioita pitäisi muuttaa? Tärkeimmät syyt ovat seuraavat: Tämän työn puitteissa huomattu dokumentaatiovelka poikkeustilanteista aiheuttaa sen, että vertailua myrskyjen välillä ei voida tehdä tarkalla tasolla. Parannusten kohdentaminen on hankalampaa, kun epävarmuus syy-seuraussuhteista on korkealla tasolla. Mitä enemmän suurhäiriön aikaisesta toiminnasta tiedetään, sen paremmin voi eritasoisia syy-seuraussuhteita havaita.

Edelleen datan laadun paraneminen muun muassa vikakeskeytysten osalta mahdollistaa sen, että tarkkojakin johtopäätöksiä ja investointikohdennuksia voidaan tehdä. Tätä varten tarvitaan tarpeeksi hyvät prosessit ja työkalut. Kuitenkin lopulta raportointi on juuri niin hyvää kuin sopimuksissa vaaditaan; keinot erinomaisen lopputuloksen saavuttamiseksi voivat olla yhdistelmä erilaisia kannustimia ja sanktioita.

Paremman kenttäsovelluksen (ja sen emoseurantasovelluksen) ansiosta tilannekuva reaaliaikaistuu ja tiedon jakaminen myös ulospäin on mahdollista suhteellisen nopeasti, jos niin halutaan. Tilannekuvassa (ja työkuormassa) tapahtuneita muutoksia on syytä seurata ennen ja jälkeen suurten muutosten – SART- ja NASA-TLX-kyselyiden avulla voidaan selvittää yksilön tilannetietoisuutta ja työkuormaa tehdessä tiettyjä työtehtäviä. Tämän työn yhteenvetona tehdään hypoteesi, jonka mukaan esitetyn uuden kenttäsovelluksen myötä yksilön tilannetietoisuus kasvaa ja työkuorma kevenee työnjohdon osalta yhtä suoritettavaa tehtävää kohden, varrattuna vanhoihin järjestelmiin ja prosesseihin. Tilannetietoisuuden kasvaminen koko toimittajaorganisaatiossa parantaa mahdollisuuksia vastuun siirtämisessä alaspäin, sillä itsenäisten päätösten tekeminen on mahdollista paremman tiedon

kanssa. Työkuorman tehtäväkohtainen pienentyminen tarkoittaa työnjohdolle aikaa suorittaa muita toimia, kun aikaa ja huomiota riittää muuhunkin kuin perustoimintoihin.

LÄHTEET

Caruna (2011). *Carunan ADMS-käytöntukijärjestelmän historiatiedot*.

– (2020a). *Caruna Oy ja Caruna Espoo Oy varautumissuunnitelma (SML 28§ (25.8.2017/590))*.

– (2020b). *Caruna on selvittänyt uusia keinoja yhteisrakentamisen tehostamiseksi*. URL: https://www.caruna.fi/ajankohtaista/caruna-selvittanyt-uusia-keinoja-yhteisrakentamisen-tehostamiseksi (viitattu 03. 11. 2021).

– (2021a). *Carunan suurhäiriöohjeet*.

– (2021b). *Suurhäiriöhavainnot. Käytännön osoittamat yleisimmät syyt viankorjausaikojen pidentymiselle*.

– (2021c). *Tiedä ennen kuin toimit sähköverkon läheisyydessä*. URL: https://www.caruna.fi/tieda-ennen-kuin-toimit (viitattu 03. 11. 2021).

– (2021d). *Vakiokorvaus yli 12 tunnin sähkökatkosta*. URL: https://www.caruna.fi/sahkokatkot/hae-korvauksia-sahkokatkoista-ja-vahingoista/vakiokorvaus-yli-12-tunnin-sahkokatkosta (viitattu 29. 10. 2021).

– (2022). *Häiriökartta*. URL: https://hairiokartta.caruna.fi/ (viitattu 06. 03. 2022).

Energiateollisuus (2019). *Vakiokorvaukset - sovellusohje*.

Energiavirasto (2018). *Valvontamenetelmät neljännellä 1.1.2016 - 31.12.2023 ja viidennellä 1.1.2020 - 31.12.2023 valvontajaksolla. Sähkön jakeluverkkotoiminta, Sähkön suurjännitteinen jakeluverkkotoiminta*.

Fingrid (2017). *Käyttösäännöt. Sähköverkon hätätilaa ja käytönpalautusta koskevan verkkosäännön (Network Code for Emergency and Restoration, NC ER) kuvaus*. URL: https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyys/verkkosaannot/kayttosaannot/#network-code-for-emergency-and-restoration-nc-er (viitattu 29. 10. 2021).

Halkosaari, T. (2020). *Vianhallinnan automatisoinnin vaikutukset vikakeskeytyksien tunnuslukuihin*. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. URL: http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020072347579 (viitattu 08. 12. 2021).

IEEE (2012). IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. *IEEE Std 1366™-2012*.

Ilmatieteen laitos (2022). *Merkittäviä myrskyjä ja rajuilmoja Suomessa*. URL: https://www.ilmatieteenlaitos.fi/merkittavia-myrskyja-suomessa (viitattu 22. 02. 2022).

Järventausta, P., Mäkinen, A., Kivikko, K., Partanen, J., Lassila, J. ja Viljainen, S. (2005). *Sähköverkon kehittämisvelvoitteen arviointi käyttövarmuuden näkökulmasta*. Tampe-

reen teknillinen yliopisto & Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Energiamarkkinaviraston julkaisuja 1/2005.

Krohns-Välimäki, H. (2018). Development of a Situation Awareness System for Disturbance Management of Electricity Networks. Tohtorinväitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto. URL: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-4232-9 (viitattu 14. 10. 2021).

Lakervi, E. ja Partanen, J. (2008). *Sähkönjakelutekniikka*. Otatieto. 285 s.

López, G., Matanza, J., De La Vega, D., Castro, M., Arrinda, A., Moreno, J. I. ja Sendin, A. (2019). The Role of Power Line Communications in the Smart Grid Revisited: Applications, Challenges, and Research Initiatives. *IEEE Access* 7, s. 117346–117368. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2928391.

Mickelsson, A. (2021). *Käyttöpäällikkö, Caruna Oy. Haastattelu 25.10.2021*.

Partanen, J., Lassila, J., Kaipia, T. ja Haakana, J. (2012). *Sähkönjakelun toimitusvarmuuden parantamiseen sekä sähkökatkojen vaikutusten lieventämiseen tähtäävien toimenpiteiden vaikutusten arviointi*. Vaikutusarvioselvitys TEM:n muistiossa 16.3.2012 ehdotetuista toimenpiteistä sähkönjakelun varmuuden parantamiseksi sekä sähkökatkojen vaikutusten lieventämiseksi.

Partanen, J. (2018). *Sähkönsiirtohinnat ja toimitusvarmuus*. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 43/2018. URL: http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-356-6 (viitattu 07. 10. 2021).

Rokka, A. (2021). *Liiketoiminta-asiantuntija, Caruna Oy. Haastattelu 15.11.2021*.

SESAR (2012a). *NASA Task Load Index (NASA TLX)*. URL: https://ext.eurocontrol.int/ehp/?q=node/1583 (viitattu 22. 02. 2022).

– (2012b). *Situation Awareness Rating Technique (SART)*. URL: https://ext.eurocontrol.int/ehp/?q=node/1608 (viitattu 22. 02. 2022).

SFS 6002 (2015). *Sähkötyöturvallisuus*.

SML 588/2013 (2013a). *100 § Vakiokorvaus sähkönjakelun tai sähköntoimituksen keskeytymisen vuoksi*. URL: https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130588 (viitattu 07. 10. 2021).

– (2013b). *1. Osa, Yleiset säännökset. 1 § Tavoitteet*. URL: https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130588 (viitattu 07. 10. 2021).

Trimble Inc. (2022). *Utility to go. Tuotekuvaus Trimblen verkkosivuilla*. URL: https://upa.trimble.com/fi/tuotteet/utility-to-go (viitattu 06. 03. 2022).

Työnjohtajahaastattelut (2021). *Carunan verkkoalueiden vianhoidon sopimuskumppanien työnjohtajien haastattelut. Liitteen A mukaisen kysymysrungon mukaiset teemahaastattelut marraskuussa 2021*.

Verho, P., Sarsama, J., Strandén, J., Krohns-Välimäki, H., Hälvä, V. ja Hagqvist, O. (2012). *Sähköhuollon suurhäiriöiden riskianalyysi- ja hallintamenetelmien kehittäminen*. Tampereen teknillinen yliopisto, teknologian tutkimuskeskus VTT. Raportti.

Verho, P., Strandén, J., Nurmi, V.-P., Mäkinen, A., Järventausta, P., Hagqvist, O., Partanen, J., Lassila, J., Kaipia, T. ja Honkapuro, S. (2010). *Nykyisen valvontamallin arviointi*

- *suurhäiriöriski*. Tampereen teknillinen yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Raportti.

LIITE A: HAASTATTELURUNKO

Alkukysymykset: Tausta

Mikä on työnkuvasi?

Missä roolissa toimit suurhäiriön aikana?

Aihepiiri 1: Sopimukset ja resursointi

Normaalissa vikatilanteessa: minkälaisia muutoksia toivoisitte toimitusaikoihin ja toimintatapoihin niiden käsittelyssä?

Minkä haluaisitte olevan eri tavalla, jotta vika- ja suurhäiriötilanteessa resursointi ja varautuminen olisi helpompaa/onnistuneempaa?

Onko resurssien saatavudessa ollut haasteita? Mistä haasteet johtuvat?

Onko sopimuskauden pituus mielestäsi hyvä? Miksi, miksi ei?

Aihepiiri 2: Järjestelmät

Toimivatko Carunan tarjoamat palvelut riittävän hyvin? Ovatko jonkin järjestelmän toiminnallisuudet hidasteena nopeamman ja sulavamman toiminnan toteuttamiseksi?

Mitä järjestelmiä käytätte omassa organisaatiossa, jotka vaikuttavat jollain tapaa vika- ja/tai suurhäiriöprosessiin? Mitä haasteita näihin liittyy?

Onko organisaatiosi järjestelmien ja Carunan järjestelmien tiedonsiirron välillä ongelmia? Jos on, millaisia? Kuinka paljon ongelmat aiheuttavat haittaa ja miten se näkyy päivittäisessä toiminnassa?

Onko nykyisten järjestelmien käyttäminen kentällä helppoa?

Millaisella päätelaitteella teet nykyisin kenttätyöhön liittyvää raportointia? Jos saisit valita, millä tekisit mieluiten?

Mitä haluaisit pystyä tekemään kentällä mitä nyt et pysty?

Haluaisitko käyttää mielummin yhtä vai useampaa järjestelmää? Mitä kehitettävää järjestelmissä on?

Haluaisitko käyttää esim. FieldClientin kevytversiota mobiilissa?

Ovatko karttapohjat vaaditulla tasolla eri järjestelmissä? Jos eivät, miksi näin on?

Onko päivystysaluerajojen kanssa ongelmia? Jos on, miksi?

Aihepiiri 3: Suurhäiriöt ja tilannekuva

Oletko tyytyväinen tapaan jolla suurhäiriöitä koordinoidaan? Onko mielessäsi jotain, minkä voisi tehdä paremmin?

Onko työkuorman jakaminen optimaalista? Hyödynnetäänkö asentajien sijaintia järkevästi, vai pysytäänkö tiukasti sovituissa aluejaoissa? Voitaisiinko alueen sisäisiä tehtäviä koordinoida paremmin?

Priorisoitteko jotenkin tehtäviä muuten kuin tuotteen perusteella? ADMS:n prioriteettien (1-5) perusteella? Vai jotenkin muuten?

Miten työaikojen seurannasta huolehditaan teillä suurhäiriön aikana?

Onko tilannekuvan tuottaminen ja hallinta oman organisaation osalta selvää? Miksi? Miksi ei?

Onko mobiiliverkon saatavuus/tila joskus hankaloittanut raportointia? Milloin, kuinka usein tällaista tapahtuu? Kuinka suuri haitta tästä aiheutuu?

Mikä on suurin yksittäinen asia mikä hidastaa vikojen korjaamista suurhäriötilanteessa ja olisi korjattavissa jollain tapaa?

Hidastavatko järjestelmät tai sopimusten määrittelemät toimintatavat viankorjausta suurhäiriö- tai vikatilanteessa?

Aihepiiri 4: Terveiset kehittäjille

Vapaa sana.

Haluaisitko olla tulevaisuudessa osana kehittämässä ja testaamassa työkalua, jos sinua sellaiseen kysyttäisiin?

LIITE B: VALVONTAJAKSOJEN 2016 – 2019 JA 2020 - 2023 VALVONTAMENETELMÄT

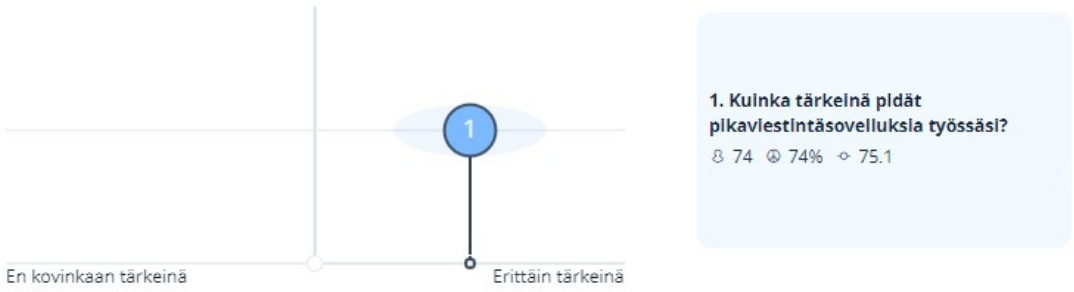
Kuva B.1. *Valvontajaksojen 2016 – 2019 ja 2020 - 2023 valvontamenetelmät (Energiavirasto)*

LIITE C: MYRSKYTAULUKKO

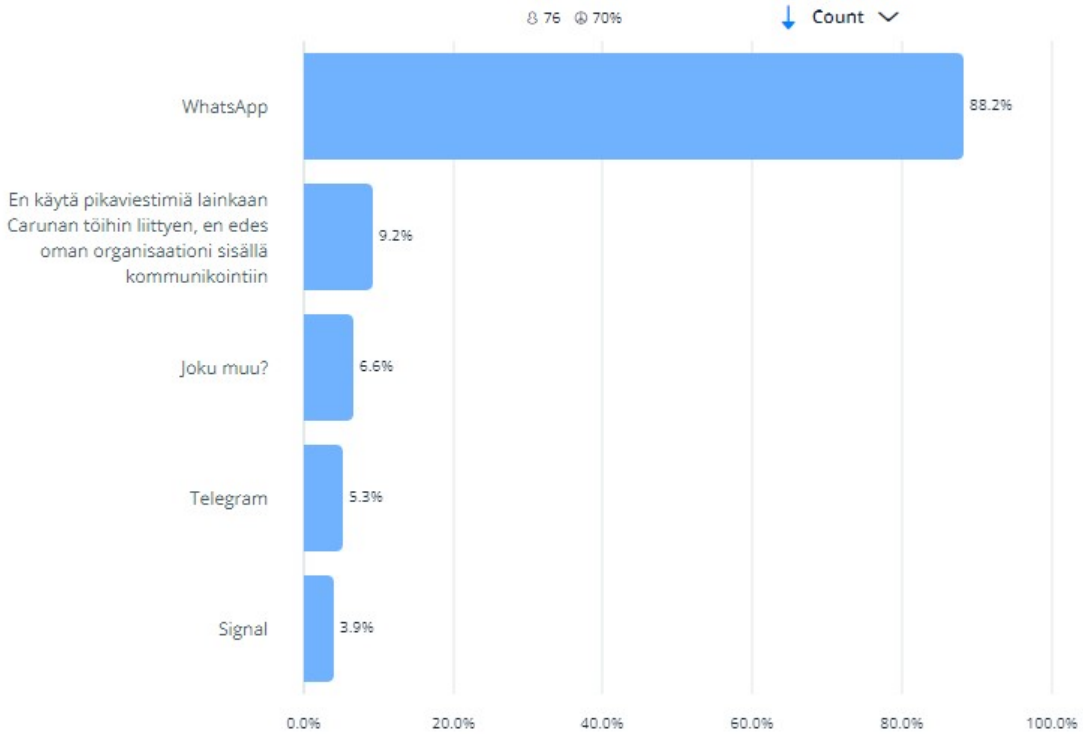
Taulukko C.1. *Myrskytaulukko*

Ajankohta / Aikaväli	Carunan verkkoalue	Nimi	Myrsky/Rajuilma	KJ, PJ KAH [MEur]	Viat CAIDI raportti [min]	PJ-CAIDI [min]	KJ-CAIDI [min]	Vakiokorvaukset [kpl]	Asiakashuippu [kpl]	Asiakasmäärä [kpl]	KJ-viat (V1,V3) [kpl]	PJ-viat (V1,V3)[kpl]	Asentajat [kpl]	ASO-henkilöiden määrä [kpl]	"Kaikki korjattu" PJ-nollahetkestä eteenpäin [h]	Luova-tiedote ennen myrskyä [h]
22.6.2021 (20.6. klo 12:00-2.7. klo 23:00)	Koillismaa	Paula	Rajuilma	1.7	550	3751	414	3550	5300	9600	82	330	120	20	166	48
26.5.2021 (25.5. klo 01:00-28.5. klo 23:00)	Länsi-Uusimaa, Lounais-Suomi, Keski-Uusimaa	Minna	Myrskymatalapaine	0.47	99	370	93	580	4650	14000	45	125	Ei tiedossa	Ei tiedossa	29	Ei Luova-tiedotetta
21.11.2020 (21.11. klo 06:00-22.11. klo 23:00)	Länsi-Suomi, Lounais-Suomi, Länsi-Uusimaa,	Hilma	Myrskymatalapaine	0.19	78	1420	57	60	2640	7000	23	35	Ei tiedossa	Ei tiedossa	26	12
19.11.2020 (18.11. klo 16:00-20.11. klo 06:00)	Länsi-Uusimaa, Lounais-Suomi, Länsi-Suomi, Satakunta, Espoo, Keski-Uusimaa	Liisa	Myrskymatalapaine	1.55	53	487	61	350	13850	60000	134	170	280	72	29	96
2.11.2020 (2.11. klo 06:00-3.11. klo 23:00)	Länsi-Uusimaa, Lounais-Suomi, Länsi-Suomi, Satakunta, Espoo, Keski-Uusimaa	Topi	Myrskymatalapaine	0.9	91	551	87	1480	6100	62000	81	125	Ei tiedossa	Ei tiedossa	35	54
17.9.2020 (16.9. klo 08:00-19.9. klo 23:00)	Lounais-Suomi, Länsi-Suomi, Satakunta, Länsi-Uusimaa, Espoo, Keski-Uusimaa	Aila	Myrskymatalapaine	4.35	160	1406	135	9350	19900	80000	230	564	280	56	80	58
7.6.2020 (6.6. klo 08:00-8.6. klo 00:00)	Lounais-Suomi, Länsi-Suomi, Satakunta, Länsi-Uusimaa, Espoo, Keski-Uusimaa, Pohjois-Suomi	Suvi	Myrskymatalapaine	0.38	45	347	43	80	3400	23500	63	182	60	7	35	24
22.2.2020 (22.2. klo 08:00-24.2. klo 16:00)	Lounais-Suomi, Länsi-Uusimaa, Keski-Uusimaa, Espoo, Satakunta, Länsi-Suomi	Tuuli	Myrskymatalapaine	1.1	70	640	80	550	9300	49000	87	215	Ei tiedossa	Ei tiedossa	42	12
16.2.2020 (16.2. klo 16:00-17.2. klo 16:00)	Lounais-Suomi, Länsi-Uusimaa, Länsi-Suomi, Satakunta, Espoo	Kai	Myrskymatalapaine	0.6	58	522	67	310	5700	34000	69	113	Ei tiedossa	Ei tiedossa	29	52
9.2.2020 (9.2. klo 20:00-11.2. klo 02:00)	Lounais-Suomi, Länsi-Uusimaa, Länsi-Suomi, Satakunta	Elina	Myrskymatalapaine	1.6	79	856	87	1210	10200	59000	118	175	120	4	38	58
1.–2.1.2019 (31.12.2018 klo 01:00- 4.1.2019 klo 23:00)	Länsi-Suomi, Lounais-Suomi, Satakunta, Länsi-Uusimaa, Espoo	Aapeli	Myrskymatalapaine	4.73	150	1062	147	Ei tiedossa	29000	87000	210	300	250	Ei tiedossa	70	70
27.9.2018 (25.9.2018 klo 01:00-30.9.2018 klo 23:00)	Lounais-Suomi, Länsi-Uusimaa, Länsi-Suomi, Satakunta, Espoo, Keski-Uusimaa	Vesa	Myrskymatalapaine	1.58	75	342	73	Ei tiedossa	6400	64000	140	175	Ei tiedossa	Ei tiedossa	34	24
12.8.2017 (11.8.2017 klo 01:00-14.8.2017 klo 23:00)	Espoo, Keski-Uusimaa, Länsi-Uusimaa, Lounais-Suomi, Satakunta,	Kiira	Rajuilma	1.83	151	301	149	Ei tiedossa	11500	31200	50	90	93	Ei tiedossa	48	24
30.6.2017 (29.6.2017 klo 01:00-2.7.2017 klo 23:00)	Länsi-Uusimaa, Lounais-Suomi, Espoo, Keski-Uusimaa, Satakunta	Päiviö	Myrskymatalapaine	1.11	73	955	74	Ei tiedossa	9600	41400	70	85	Ei tiedossa	Ei tiedossa	49	24
Tämän allaolevat tunnusluvut eivät ole täysin vertailtavissa														**Tämän allaolevat tunnusluvut eivät ole täysin vertailtavissa**		
27.8.2016	Ei eritelty	Rauli	Myrskymatalapaine, myös rajuilma	1.76	129	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	16000	42000	Ei tiedossa	300	125	Ei tiedossa	15	48
2.10.2015	Ei eritelty	Valio	Myrskymatalapaine	0.65	68	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	7800	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	48
8.4.2015	Ei eritelty	Suoma	Myrskymatalapaine	3.51	95	Ei tiedossa	Ei tiedossa	1200	24500	80500	180	510	150	0	15	38
31.7.2014	Ei eritelty	Helena	Rajuilma	1.06	45	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	12
13.12.2013	Ei eritelty	Seija	Myrskymatalapaine	39	584	Ei tiedossa	Ei tiedossa	71320	145000	231000	650	3690	362	Ei tiedossa	44	36
17.11.2013	Ei eritelty	Eino	Myrskymatalapaine	1.6	77	Ei tiedossa	Ei tiedossa	250	16350	72000	142	336	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	40
26.12.2011	Ei eritelty	Tapani & Hannu	Myrskymatalapaine	177	1300	Ei tiedossa	Ei tiedossa	155500	216000	316400	1054	15600	500	50	144	72

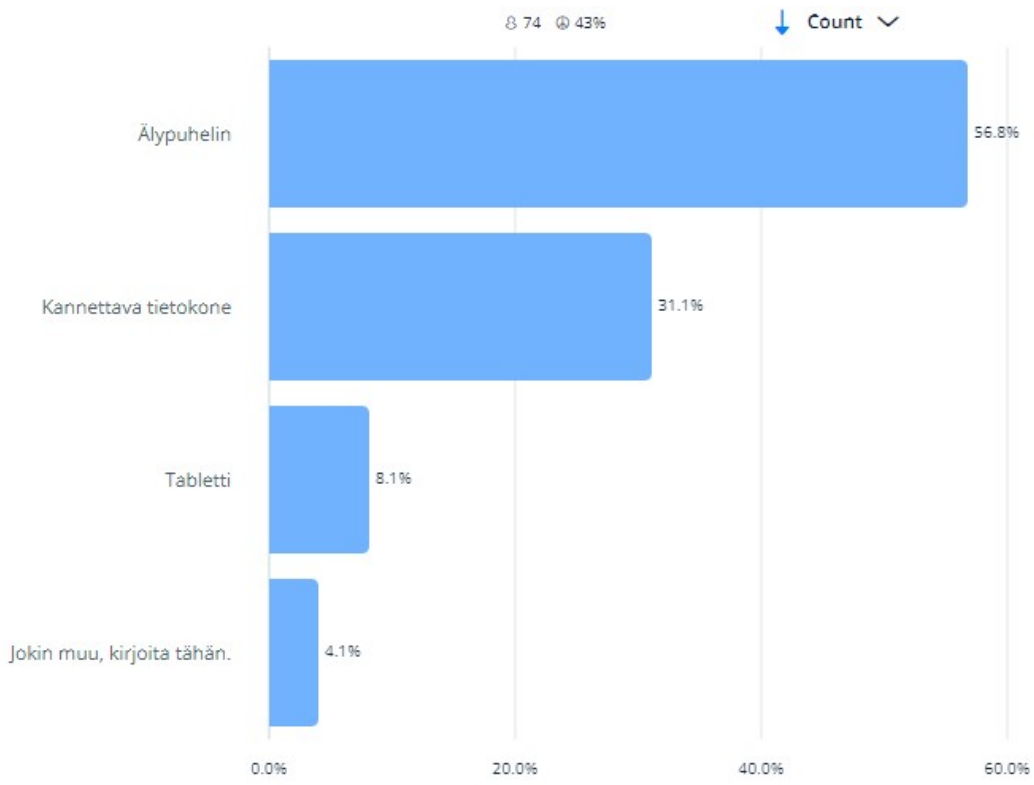
LIITE D: VERKKOKYSELY



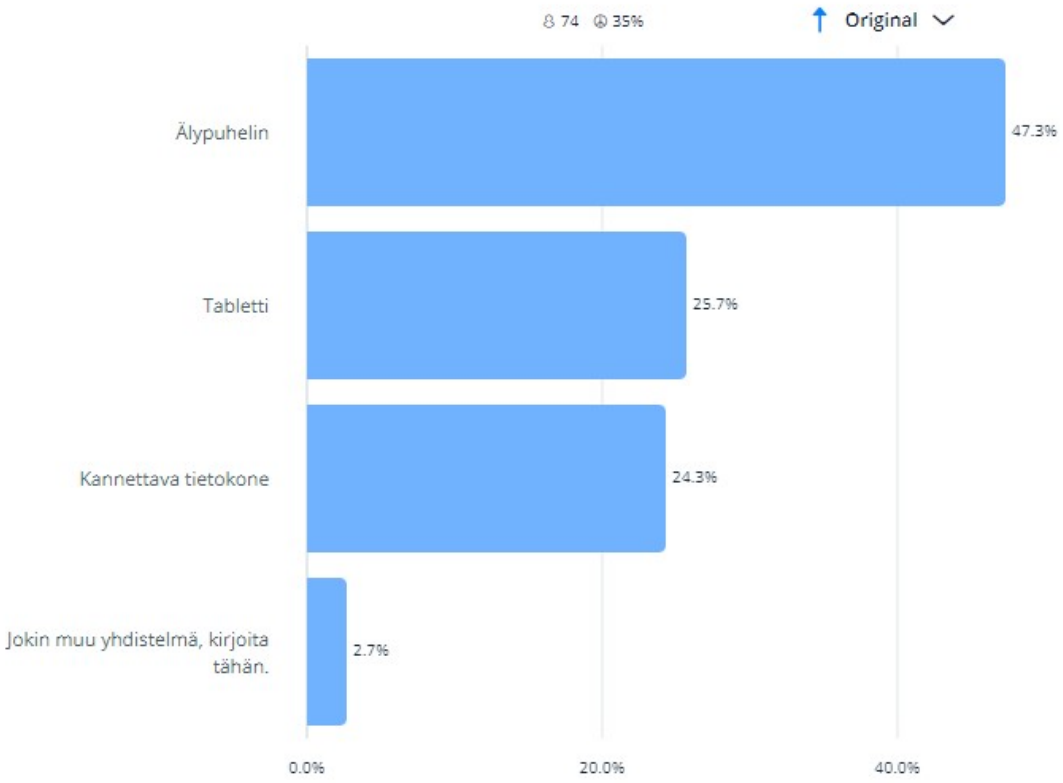
Kuva D.1. *Kuinka tärkeinä pidät pikaviestintäsovelluksia työssäsi?*



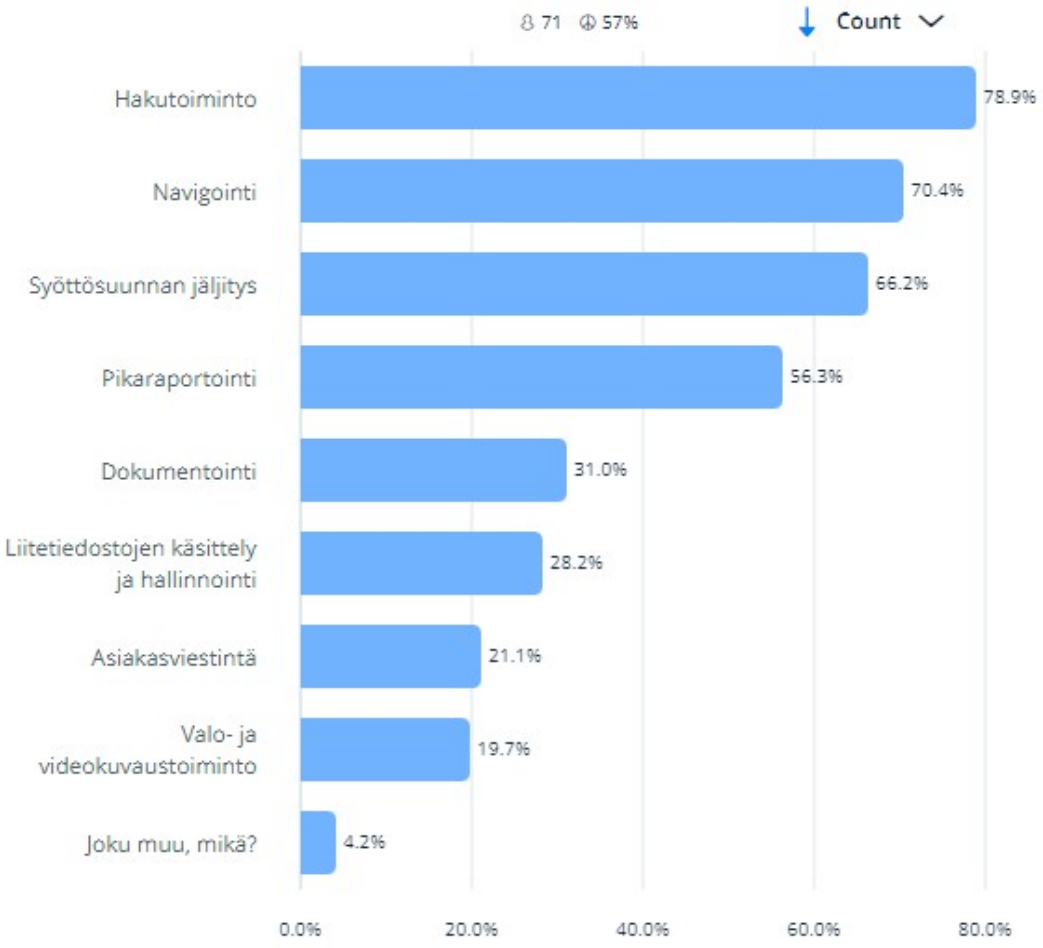
Kuva D.2. *Mitä seuraavista pikaviestintäsovelluksista käytät Carunan töihin liittyen? Valitse yksi tai useampi.*



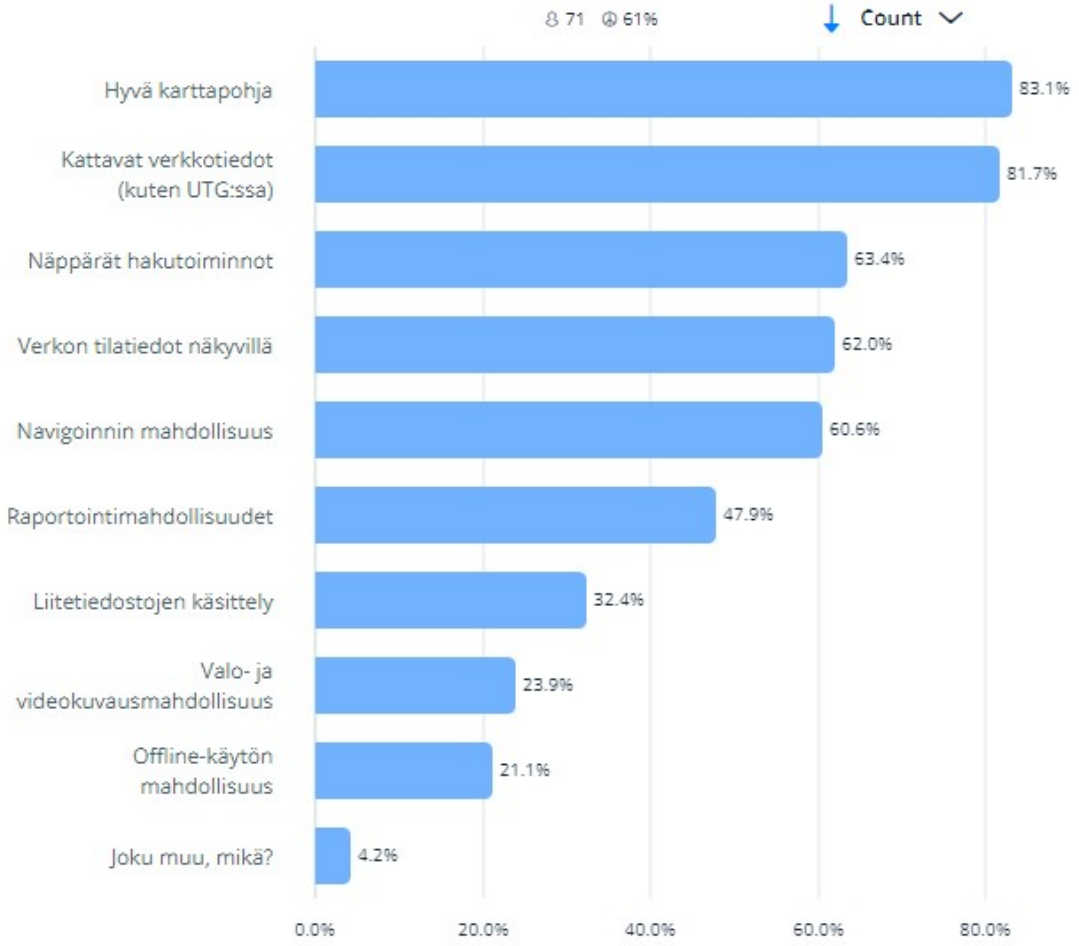
Kuva D.3. *Millaisella päätelaitteella teet nykyisin kenttätyöhön liittyvää raportointia?*



Kuva D.4. *Mikä olisi mielestäsi paras päätelaite kenttätyökalulle?*

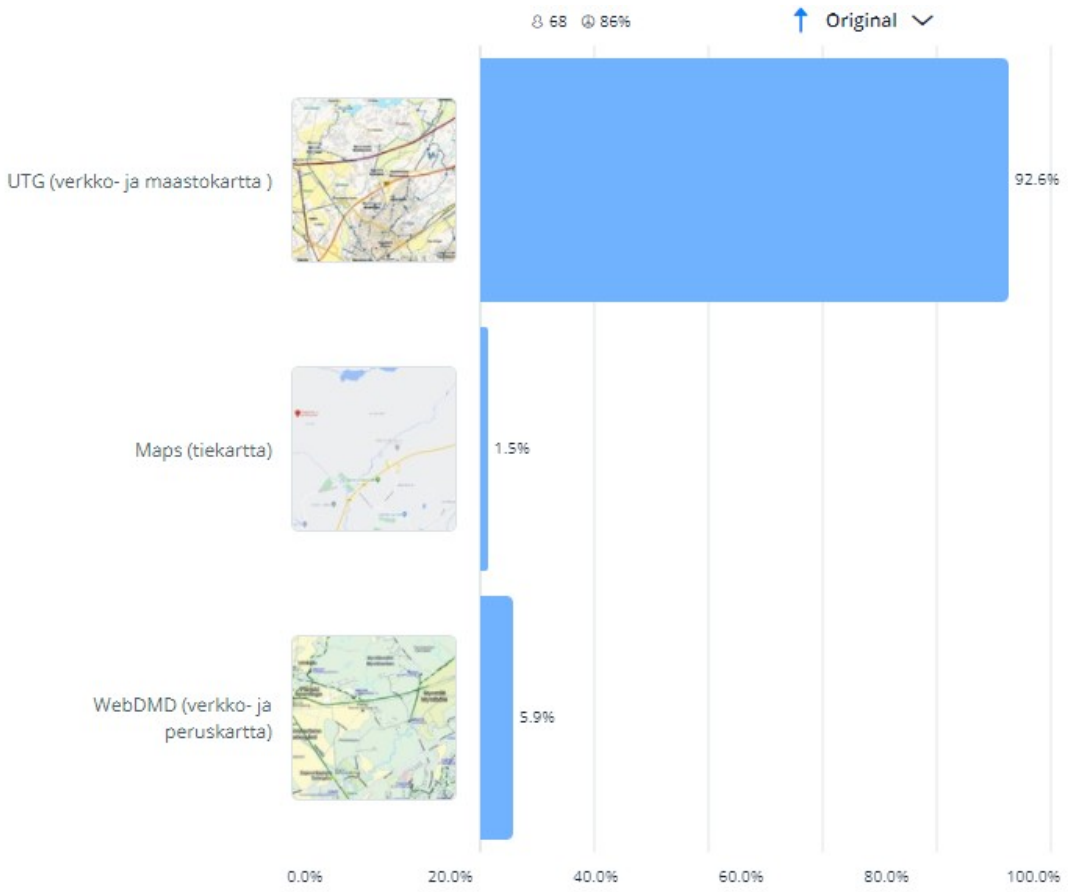


Kuva D.5. *Valitse sinulle 4 tärkeintä TOIMINTOA kenttäsovelluksessa.*



Kuva D.6. *Valitse sinulle 5 tärkeintä OMINAISUUTTA kenttäsovelluksessa. Mieti mitä arvostat nykytilassa, mutta toisaalta mitä haluaisit pystyä tekemään tulevaisuudessa.*

Kuva D.7. *Suurhäiriöt ja tilannekuva, voit peilata kokemuksiisi menneistä myrskyistä*



Kuva D.8. *Mikä näistä miellyttää silmääsi eniten? Minkä tyyppiselle pohjalle toivoisit mahdollisen kenttäraportointisovelluksen tulevaisuudessa rakentuvan? Voit antaa tarkempaa palautetta myöhemmin vapaassa palautteessa.*