

Tuomas Aunola

SÄHKÖNJAKELUVERKON SUURHÄIRÖIDEN SYYT JA SUURHÄIRIÖISTÄ SELVIYTYMINEN

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Kandidaatintyö
Maaliskuu 2021

TIIVISTELMÄ

Aunola, Tuomas: Sähkönjakeluverkon suurhäiriöiden syyt ja suurhäiriöistä selviytyminen
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Sähkötekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma
Maaliskuu 2021

Sähkönjakeluverkon suurhäiriölle ei ole vakiintunutta määritelmää, mutta tässä työssä sillä tarkoitetaan laajaa ja pitkäkestoista jakeluverkossa esiintyvää häiriötä. Sähköverkkojen suurhäiriöt ja sähkön toimitusvarmuus on saanut merkittävästi huomiota 2000-luvulla sattuneiden suurien häiriötilanteiden jälkeen. Pitkälti sähköstä riippuvaisessa nyky-yhteiskunnassa sähkönjakelun häiriöt heijastuvat voimakkaasti moniin yhteiskunnallisesti tärkeisiin toimintoihin ja aiheuttavat suuria taloudellisia haittoja.

Poikkeukselliset sääolosuhteet, kuten Suomessa sattuneet rajuilmat Pyry ja Janika vuonna 2001 sekä Asta, Veera, Lahja ja Sylvi vuonna 2010 aiheuttivat sähkönjakeluverkoille laajoja ja pitkäkestoisia häiriöitä eli suurhäiriöitä. Rajuilmojen seurauksena sadat tuhannet asiakkaat kokivat sähkökatkoja pisimpien katkojen kestäessä jopa viikkoja. Sähkökatkot aiheuttivat myös ongelmia viestintäverkkojen toimintaan sekä vesihuoltoon. Suurhäiriöihin varautumisen todettiin olevan puutteellista eri toimijoilla.

Suurhäiriöihin varautumisessa keskeisessä asemassa ovat luonnollisesti sähköverkonhaltijat. Sähkömarkkinalain ja sääntelyn avulla verkonhaltijat veloitetaan ehkäisemään ja varautumaan sähkönjakelun häiriöihin. Suurhäiriöiden hallinnassa tärkeässä roolissa ovat verkonhaltijoiden lisäksi sellaisia julkisia toimijoita kuten pelastuslaitos, poliisi, hätäkeskukset, kunnat ja puolustusvoimat.

Tässä työssä käytiin läpi sattuneita suurhäiriötilanteita, niiden syitä ja seurauksia. Suurhäiriöihin varautumista ja niiden hallintaa selvitettiin eri toimijoiden näkökulmista sekä esiteltiin näiden käytössä olevia tietojärjestelmiä. Lopuksi listattiin erilaisia mahdollisuuksia suurhäiriöriskin pienentämiseen.

Avainsanat: opinnäytetyö, kandidaatintyö.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ALKUSANAT

Haluan kiittää professori Pekka Verhoa tämän kandidaatintyön ohjaamisesta ja tarkastamisesta. Kiitos myös läheisilleni ja ystäväilleni, jotka kannustivat työn saattamisessa valmiiksi.

Helsingissä, 25.3.2021

Tuomas Aunola

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. SATTUNEITA SUURHÄIRIÖITÄ: SYITÄ JA SEURAUKSIA	2
2.1 Tammikuu 2005: Gudrun-myrsky	2
2.2 Marraskuu 2001: Pyry ja Janika	2
2.3 Heinä-elokuu 2010: Asta, Veera, Lahja ja Sylvi	4
2.4 Joulukuun 2011 rajuilmat	4
2.5 Alueverkkovika Helsingin alueella 2003	4
3. SUURHÄIRIÖISTÄ SELVIYTYMINEN	6
3.1 Verkonhaltijoiden rooli	6
3.2 Sähköjakelun toimitusvarmuuden kriteeristö	6
3.3 Muut suurhäiriöiden hallinnan toimijat	7
3.3.1 Pelastuslaitos	7
3.3.2 Kunnat	8
3.3.3 Poliisi	8
3.3.4 Hätäkeskukset	8
3.3.5 Puolustusvoimat	9
4. JÄRJESTELMÄT SUURHÄIRIÖIDEN VARALLE	10
4.1 Verkonhaltijoiden tietojärjestelmät	10
4.1.1 Käytönvalvontajärjestelmä	10
4.1.2 Verkkotietojärjestelmä	10
4.1.3 Käyttötukijärjestelmä	10
4.2 Hätäkeskusten ja pelastuslaitosten tietojärjestelmät	11
4.3 Tilannekuvajärjestelmät	12
5. SUURHÄIRIÖRISKIN PIENENTÄMISMAHDOLLISUUKSIA	13
5.1 Sähköverkkoyhtiöiden näkökulmasta	13
5.2 Lainsäädännön kehittäminen	13
5.3 Teleyhtiöiden varautuminen	14
5.4 Valot verkkoon -suurhäiriöharjoitus 2014	14
6. YHTEENVETO	15
LÄHTEET	16

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ATJ	Asiakastietojärjestelmä
DMS	Distribution Management System (käytöntukijärjestelmä)
kV	Kilovoltti
KVJ	Käytönvalvontajärjestelmä
NCS	Network Control System (käytönvalvontajärjestelmä)
NIS	Network Information System (verkkotietojärjestelmä)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (käytönvalvontajärjestelmä)
YETTS	Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia

1. JOHDANTO

Lähes kaikki nyky-yhteiskunnan toiminnot ovat välillisesti tai välittömästi riippuvaisia sähköstä. Laajat ja pitkäkestoiset katkokset sähkönjakelussa lamaannuttavat yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja ja vaikeuttavat huomattavasti ihmisten jokapäiväistä elämää, mutta jo lyhyetkin häiriöt sähkönjakelussa aiheuttavat merkittäviä taloudellisia haittoja.

Kandidaatintyön tavoitteena on käydä läpi sattuneita sähkönjakelun suurhäiriöitä, niihin johtaneita syitä ja niiden vaikutuksia. Tarkoituksena on selvittää mitä keinoja ja järjestelmiä eri toimijoilla on suurhäiriöistä selviytymiseen sekä niiden ennaltaehkäisyyn.

Sähköenergijärjestelmiin tai sähköhuoltoon liittyvä suurhäiriö-käsite ja sen lähikäsitteet eivät ole juurikaan vakiintuneita, vaan suurhäiriön määritelmä vaihtelee eri yhteyksissä. Esimerkiksi valtioneuvoston periaatepäätöksessä, ”Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia”, sähköhuollon suurhäiriöllä viitataan kantaverkon kaatumiseen [1], mutta toisaalta jakeluverkonhaltijat kuvaavat suurhäiriö-käsitteellä jakelualueellaan ilmeneviä merkittäviä sähkökatkotilanteita [2].

Koska työ käsittelee erityisesti sähkönjakeluverkon suurhäiriöitä, luonnollisesti myös työssä käytettävä suurhäiriön määritelmä koskee jakeluverkoissa esiintyviä laajoja ja pitkäkestoisia häiriöitä. Sähkön kuluttajille ei kuitenkaan ole suurta merkitystä sillä, minkä tason sähköverkosta sähkökatko johtuu. Siispä ne vaikutukset yhteiskunnan toimintoihin, jotka aiheutuvat jakeluverkkotason laajamittaisesta häiriöstä, voisivat yhtä hyvin johtua kanta- tai alueverkon häiriöstä. Sähköenergijärjestelmän vikojen tarkastelu kohdistuu kuitenkin jakeluverkkoihin eli alle 110 kV:n sähköverkkoihin.

Merkittäviä tuhoja aiheuttavat rajuilmat tai muut sääilmiöt ovat Suomessa harvinaisia, minkä johdosta kaikilla toimijoilla ei ole ollut riittäviä toimintamalleja tällaisia poikkeusolosuhteita varten eikä säävaroituksiin olla aina reagoitu tilanteen vaatimalla vakavuudella. Esimerkiksi vuoden 2010 kesän rajuilmojen aikana toimenpiteisiin ryhdyttiin vasta Asta-rajuilman aiheuttamien vahinkojen tapahduttua. [3]

2. SATTUNEITA SUURHÄIRIÖITÄ: SYITÄ JA SEURAUKSIA

Tässä luvussa käsitellään sähkönjakeluverkon suurhäiriöiden syitä ja seurauksia viimeaikaisten laajojen suurhäiriöiden valossa. Yleensä sähkönjakeluverkkojen merkittävät häiriötilanteet aiheutuvat vaikeista sääoloista tai muista ympäristötekijöistä: riskejä synnyttävät myrskyt tai rajuilmat, ukkoset, jäätävät sateet, kovat pakkaset ja tulvat. Tekniset viat johtavat harvoin pitkiin tai laajoihin keskeytyksiin.

Myrskyksi nimitetään olosuhteita, joissa tuulen mitattu 10 minuutin keskituulen nopeus on vähintään 21 m/s. Suomen sisämaassa suurimmat keskituulen nopeudet eivät ylitä arvoa 21 m/s, joten niitä ei määritelmällisesti voida pitää varsinaisina myrskyinä, vaikka tätä termiä yleisesti käytetään kuvaamaan kovasta tuulesta johtuneita tapauksia. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös termiä rajuilma. Myrskyjen aiheuttamien metsätuhojen aikana vaurioituu yleensä sähköverkkoja ja erityisesti jakeluverkkoja.

2.1 Tammikuu 2005: Gudrun-myrsky

Pohjois-Euroopan läpi 7–9.1.2005 pyyhkäissyt talvimyrsky Gudrun aiheutti erittäin mittavaa tuhoa eteläisen Ruotsin sähköverkolle ja sekoitti yhteiskunnan toiminnan totaalisesti. Myrsky vaati myös seitsemän kuolonuhria Ruotsissa. Korkein Ruotsissa mitattu keskituulen nopeus oli 33 m/s Hanössä. [4]

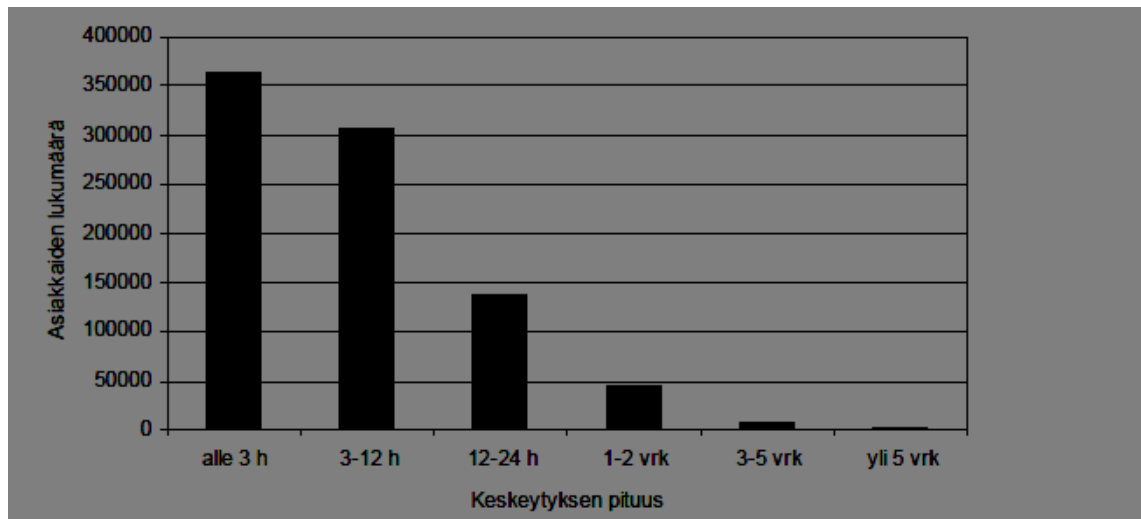
Myrskyn seurauksena sähkökatkesivat 730 000 asiakkaalta ja pisimmät katkot kestivät jopa 45 vuorokautta. Verkonhaltijoille aiheutuneiksi korjauskustannuksiksi on arvioitu noin 2 400 miljoonaa Ruotsin kruunua eli noin 250 miljoonaa euroa. Gudrun-myrskyn seurauksista on raportoitu kattavasti, ja suurhäiriötilanteessa on huomattu ainakin seuraavia ongelmia: tilannetietoisuuden puute, viestintäyhteyksien katkeaminen, verkkoyhtiöiden tiedottamisen puute, teiden raivaamiseen tarkoitetut resurssit puutteellisia, varaosien puute ja varavoiman järjestämisen vaikeudet. [2]

2.2 Marraskuu 2001: Pyry ja Janika

Pyryn ja Janikan päivinä marraskuussa 2001 sattuneet myrskyt aiheuttivat Suomen tunnetuimmat jakeluverkkojen suurhäiriöt [4]. Pyryn päivänä keskituulen nopeudet olivat sisämaassa 14–18 m/s ja Janikan päivänä 14–20 m/s. Paljon puiden kaatumista aiheuttavia puuskittaisia tuulia, nopeudeltaan jopa 30–50 m/s, esiintyi erityisesti Janikan

päivänä. Toisaalta Pyn päivänä ongelmia aiheuttivat kovan tuulen lisäksi painavat lumikuormat, jotka painoivat oksia ilmajohtojen päälle ja jopa kaatoivat puita rungon puolivälistä. Kolmen päivän aikana satoi yli 20 cm kosteaa lunta ja tämän lisäksi huurteen muodostuminen puiden latvuksiin lisäsi kuormaa. [5]

Rajuilmat aiheuttivat mittavia tuhoja, Pyy Pohjanmaalla ja Janika Pirkanmaalla, Hämeessä ja Itä-Hämeessä. Sähkökatkot koskivat yli 860 000:ta asiakasta pisimpien katkojen kestäessä yli viikon. Noin 1 600 asiakasta oli yli viisi vuorokautta ilman sähköä. Niiden verkonhaltijoiden, jotka kokivat myrskytuhoja, asiakkaista 38,7 % Pyyssä ja 36 % Janikassa kokivat sähkökatkoja [2]. Kuvassa **Error! Reference source not found.** on esitetty Pyn ja Janikan aiheuttamia sähköjakelun keskeytyksiä luokiteltuna keskeytyksen pituuden mukaan.



Kuva 1. Janika- ja Pyy-myrskyjen aiheuttamat keskeytykset [5].

Pyy ja Janika aiheuttivat paljon yhteiskunnallista keskustelua sähkön toimitusvarmuudesta. Sisäasiainministeriö teetti vuoden 2001 myrskyjen jälkeen selvityksen niiden vaikutuksista yhteiskunnan toimintoihin ja myös silloinen kauppa- ja teollisuusministeriö asetti selvitysmiehen tarkastelemaan sähköjakelun toimivuutta vaikeissa olosuhteissa. Esiin nousseita ongelmia olivat erilaiset tietoliikennehäiriöt viestintäverkoissa ja erityisesti kommunikaatio-ongelmat verkonhaltijoiden ja pelastustoimen välillä, mistä aiheutui ongelmia muun muassa vesihuollolle ja maataloille. Suurimpana ongelmana voitiin kuitenkin pitää eri toimijoiden varautumattomuutta laajoihin suurhäiriöihin. Yksi merkittävä käytännön seuraus Pyn ja Janikan suurhäiriöistä on vuonna 2003 voimaan astunut vakiokorvauskäytäntö, joka kirjattiin sähkömarkkinalakiin. [4]

2.3 Heinä-elokuu 2010: Asta, Veera, Lahja ja Sylvi

Suomessa vuoden 2010 heinä-elokuun vaihteessa 11 vuorokauden mittaisen jakson aikana sattuneet rajuilmat Asta, Veera, Lahja ja Sylvi aiheuttivat merkittäviä tuhoja sähköverkkoihin, erityisesti jakeluverkkoihin. Myrskyjen vaikutusalueet kattoivat yhteensä yli 100 000 km² alueen. Suurimmat tuhot syntyivät rajuilmojen vaikutusalueella Itä- ja Keski-Suomessa. Sähkökatkot seurauksineen koskettivat noin kolmasosaa Suomen sähköverkkoyhtiöistä ja 480 000 sähköasiakasta [3]. Huolimatta poikkeuksellisen kovista rajuilmoista, oli huomio mediassa kiinnittynyt lämpöennätysten rikkoutumiseen.

Myrskyt tulivat eri ilmansuunnista, mikä oli erityisen ongelmallista sähköverkkojen kannalta niillä alueilla, joihin osui useampi kuin yksi myrsky. Kun voimakkaat tuulet puhalsivat metsiin eri suunnista, puustoon kohdistui tavallista kovempi rasitus, mikä johti puiden kaatumiseen johdoille. [6]

2.4 Joulukuun 2011 rajuilmat

Viimeisimmät merkittävät suurhäiriöt sattuivat 26.–28. joulukuuta 2011 (Tapani- ja Hannu-myrskyt), jolloin sattuneet myrskyt aiheuttivat mittavia metsätuhoja. Tapaninpäivän yönä alkoivat myrskyt, jotka lähtivät Lounais-Suomesta leviten itään. Hetkellisesti tilanne oli pahimmillaan aamupäivällä 26.12.2011, kun sähköttä oli noin 200 000 taloutta. [7]

Energiateollisuuden tekemän pikakyselyn mukaan loppuvuoden 2011 sähkökatkoista kärsi yhteensä n. 570 000 asiakasta [8]. Vastaava luku kesän 2010 myrskyille oli 480 000 asiakasta, joten vuoden 2011 joulun jälkeiset suurhäiriöt osoittautuvat merkittävämmiksi. Myös sähkökatkoista seuranneita vakiokorvauksia maksettiin loppuvuoden 2011 myrskyjen jälkeen enemmän, lähes 30 miljoonaa euroa, verrattuna kesän 2010 myrskyjen runsaaseen 10 miljoonaan euroon. Loppuvuoden 2011 häiriöiden vakavuutta lisäsi hankala ajankohta.

2.5 Alueverkkovika Helsingin alueella 2003

Elokuussa 2003 sattui inhimillisestä virheestä aiheutunut alueverkon vika Helsingin alueella. Kruununhaan sähköaseman 110 kilovoltin kojeiston jännitteettömien huoltotöiden yhteydessä oli maadoituserotin unohtunut kiinni, jolloin sähköjä palautettaessa aiheutui kolmivaiheinen oikosulku. Helsingin Energian sähköverkon ja

kantaverkon suojausjärjestelmät eivät toimineet yhdessä toivotulla tavalla, jolloin Helsingin ja Vantaan sähköverkot jäivät omaksi saarekkeekseen. Kantaverkkoyhteyden puuttumisen myötä Helsingin voimalat (Vuosaari, Salmisaari ja Hanasaari) putosivat verkosta, sillä ne eivät pystyneet säilyttämään verkon tehotasapainoa. Sähköjä palautettiin sähköasema kerrallaan: 110 kV sähköverkon häiriö kesti kokonaisuudessaan 39 minuuttia pisimmän keskijänniteverkon sähkökatkon kestäessä 71 minuuttia. [9]

Häiriö pimensi koko Helsingin ja osia naapurikaupungeista: hissejä jumiutui, hätäkeskus ruuhkautui ja raideliikenne pysähtyi. Merkittävänä seurauksena häiriöstä oli Ylen radiokanavien hiljentyminen koko maassa, jonka mahdollisti varavoimajärjestelmän pettäminen. [4]

3. SUURHÄIRIÖISTÄ SELVIYTYMINEN

Tässä luvussa esitellään tapoja, joilla voidaan pienentää suurhäiriöriskiä, suurhäiriöiden hallinnan keskeisiä toimijoita sekä näiden rooleja.

3.1 Verkonhaltijoiden rooli

Verkonhaltijat ovat luonnollisesti keskeisessä asemassa suurhäiriöiden ehkäisemisessä ja niistä selviytymisessä. Suurhäiriöriskiä voidaan hallita paitsi kehittämällä toimitusvarmempaa sähköverkkoa, myös kehittämällä verkkoyhtiöiden organisaatioita.

Sähkömarkkinalain mukaan verkkonhaltijat ovat velvollisia ylläpitämään ja kehittämään verkkoa, ja siten ovat vastuullisessa avainroolissa suurhäiriötilanteissa. Verkonhaltijan on ylläpidettävä riittäviä resursseja verkon vikojen korjaamiseksi, joko omassa organisaatiossaan tai esimerkiksi alihankintana ulkopuolisilta palveluntarjoajilta. Suurhäiriöihin liittyen verkkonhaltijan tehtäviä ovat mm. suurhäiriöorganisaation valmiuden nostaminen ennakkoon (esimerkiksi sääennusteen perusteella), ennakkotiedottaminen asiakkaiden ja muiden sidosryhmien suuntaan, valvomo- ja vikapalveluhenkilöstökapasiteetin lisääminen ja tilannekuvan luominen ja ylläpito.

Puhtaasti oman liiketoimintansa kannalta verkkoyhtiöillä ei perinteisesti ole ollut suurta motivaatiota panostaa toimitusvarmuuteen. Poikkeuksellisten laajojen suurhäiriöiden seurauksena on verkkoyhtiöiltä kuitenkin alettu vaatia vähemmän vikaherkkää sähköverkkoa, joka on käytännössä toteutettu verkkotoiminnan sääntelyn kautta. Taloudellisen sääntelyn keinoja ovat esimerkiksi vakiokorvauskäytäntö sekä valvontamallin laatukannustin, minkä lisäksi verkkopalvelujen laadun kehittämiseksi on julkaistu myös verkkonhaltijoille suunnattu *sähkönjakelun toimintavarmuuskriteeristö*.

3.2 Sähkönjakelun toimitusvarmuuden kriteeristö

Energiateollisuus ry on teettänyt Sähkönjakelun toimitusvarmuuden kriteeristö ja tavoitetasot -tutkimushankkeen, jonka tuloksena syntyi verkkonhaltijoille suunnatut tavoitetasot tunnusluvuille koskien asiakkaiden kokemia vikakeskeytyksiä [10]. Toimintavarmuuskriteeristön tavoitetasot yksittäisten sähkökäyttäjien kokemien sähkökatkojen osalta on esitetty kuvassa Kuva 1.

Toimitusvarmuuden tavoitetaso cityssä

Kokonaiskeskeytysaika:	Enintään 1 tunti vuodessa
Lyhyiden keskeytysten (< 3 min) määrä:	Ei lyhyitä katkoja

Toimitusvarmuuden tavoitetaso taajamissa

Kokonaiskeskeytysaika:	Enintään 3 tuntia vuodessa
Lyhyiden keskeytysten (< 3 min) määrä:	Enintään 10 kpl vuodessa

Toimitusvarmuuden tavoitetaso maaseudulla

Kokonaiskeskeytysaika:	Enintään 6 tuntia vuodessa
Lyhyiden keskeytysten (< 3 min) määrä:	Enintään 60 kpl vuodessa

Kuva 1: Toimintavarmuuskriteeristön tavoitetasot yksittäisten sähkökäyttäjien kokemien keskeytysten osalta. [4]

Periaatteena kriteeristössä on, että tavoitearvon saa ylittää enintään kerran kolmen vuoden aikajaksolla. Poikkeuksellisen vaikean vian, kuten jakelumuuntajan vikaantumisen, tai laajan suurhäiriön tapauksessa tavoitearvoja pitempi keskeytys on siis lähtökohtaisesti sallittu. On arvioitu, että tavoitetasojen mukainen toimitusvarmuus voidaan saavuttaa vuonna 2030. [10]

3.3 Muut suurhäiriöiden hallinnan toimijat

Tässä luvussa esitellään sähkönhuollon suurhäiriöihin liittyviä keskeisiä toimijoita sekä näiden rooleja yleisesti ja erityisesti sähkönjakelun suurhäiriöiden sattuessa. Verkonhaltijoiden lisäksi suurhäiriöiden hallintaan osallistuu useampia julkisia toimijoita, kuten pelastuslaitos, poliisi, hätäkeskukset, kunnat ja mahdollisesti myös puolustusvoimat. Näiden rooli perustuu lakiin kirjattuihin yleisiin tehtäviin erilaisissa yhteiskunnan häiriötilanteissa, jonka pohjalta on edelleen mietitty näiden toimijoiden rooliin sähkönhuollon suurhäiriöiden hallinnassa. [2]

3.3.1 Pelastuslaitos

Pelastuslaitoksen tulee huolehtia mm. pelastustoimintaan liittyvistä tehtävistä, joiden tarkoituksena on pelastaa ja suojata ihmisiä, omaisuutta ja ympäristöä sekä lieventää häiriötilanteen seurauksia. Näihin tehtäviin pelastustoimen on varauduttava ennakkoon suunnitelmin ja valmisteluin kouluttamalla ja varaamalla henkilöstöä sekä ylläpidettävä tarvittavia järjestelmiä.

Esimerkkejä sähkönjakelun suurhäiriötilanteista, joissa pelastuslaitosta tarvitaan ovat mm. ympäristövahingon rajoittaminen viemäripumppujen pysähtyessä, suuren maatilan varavoiman varmistaminen, puiden raivaus teiltä ja johtokaduilta, ihmisten auttaminen pois pysähtyneistä hisseistä ja junista, väliaikaisen vedenjakelun järjestäminen yhdessä kunnan kanssa sekä heikkokuntoisten vanhusten evakuoinnin järjestäminen. [2]

3.3.2 Kunnat

Kunnat ovat normaalioloissakin vastuussa monien elintärkeiden toimintojen järjestämisestä, joten myös suurhäiriöihin varautumisessa näiden rooli on merkittävä. Kunnilla on oltava valmiussuunnitelma, jolla se varmistaa toimintansa kaikissa oloissa. Pelastuslain mukaan kunnat vastaavat erityistilanteissa onnettomuuden uhrien tai evakuoitujen majoituksesta ja perushuollosta.

Erityisesti sähkönjakelun suurhäiriötilanteiden seurauksena kuntien tehtäväksi voi tulla seuraavia: väliaikaisen vedenjakelun järjestäminen, päivähoidon ja koulutoiminnan varmistaminen, terveydenhuollon turvaaminen, erityisryhmien kotipalvelusta huolehtiminen, kunnan ruokapalveluiden turvaaminen sekä yleisesti perustoimintojen häiriöistä tiedottaminen. [2]

3.3.3 Poliisi

Sähkönjakelun suurhäiriötilanteisiin liittyen poliisin keskeisin tehtävä lienee yleisen järjestyksen ja turvallisuuden ylläpito. Poliisin rooli korostuu todennäköisesti sellaisissa suurhäiriötilanteissa, jotka vaikuttavat suuriin kaupunkeihin ja jotka kestävät poikkeuksellisen pitkään.

Esimerkkejä poliisin mahdollisista tehtävistä suurhäiriötilanteissa: suurten ihmismassojen turvallisuuden varmistaminen poistumistilanteissa (suuret yleisötilaisuudet, metrot, kauppakeskukset), järjestyksen ylläpito katuvalaistuksen sammuttua katualueilla, kauppojen ryöstelyn ja muiden rikosten ennalta estäminen murtohälyttimien ollessa toimimattomina ja mahdolliset henkilönsuojaustehtävät esimerkiksi sähköyhtiön edustajien saamien uhkausten takia. [2]

3.3.4 Hätäkeskukset

Hätäkeskusten tehtävänä on vastaanottaa hätäilmoitukset ja välittää ne edelleen auttaville viranomaisille ja yhteistyökumppaneille. Suurhäiriön sattuessa hätäilmoitusten määrä kasvaa merkittävästi ja esimerkiksi sähköyhtiöiden vikapalveluiden

ruuhkautuessa hätäkeskukset saavat myös ”turhia soittoja”, joiden seurauksena kyky vastaanottaa tärkeitä hätäpuheluita voidaan jopa menettää kokonaan. Tätä voidaan ehkäistä opastamalla ihmisiä hätänumeron oikeanlaiseen käyttöön. Hätäkeskusten ruuhkautuessa myös pelastuslaitos voi avustaa hätäkeskuksia avustustehtävien määrittelyssä. [2]

3.3.5 Puolustusvoimat

Puolustusvoimilla on yhtenä lakisääteisenä tehtävänä muiden viranomaisten tukeminen eli virka-apu, jota pääsääntöisesti annetaan pelastusviranomaisille tai poliisille näiden sitä pyytäessä. Virka-apu voi olla tuen antamista kaluston tai henkilöstön muodossa.

Sähkönjakelun suurhäiriötilanteissa puolustusvoimat voivat esimerkiksi tarjota varavoimakoneita tai maastoajoneuvoja pelastuslaitoksille. Joissain tilanteissa voidaan muodostaa myös varusmiehistä tai vapaaehtoisista reserviläisistä virka-apuosasto tukemaan viranomaisten toimintaa. [2]

4. JÄRJESTELMÄT SUURHÄIRIÖIDEN VARALLE

4.1 Verkonhaltijoiden tietojärjestelmät

Suurhäiriöiden hallinnan kannalta keskeisiä verkonhaltijoiden tietojärjestelmiä ovat käytönvalvontajärjestelmä (KVJ, NCS, SCADA), verkkotietojärjestelmä (NIS), asiakastietojärjestelmä (CIS) ja käytöntukijärjestelmä (DMS). Näillä järjestelmiä käytetään verkko-omaisuuden hallintaan, kytkentöjen suunnitteluun ja toteuttamiseen sekä mittaus tietojen hallintaan.

4.1.1 Käytönvalvontajärjestelmä

Käytönvalvontajärjestelmä muodostaa sähköverkon reaaliaikaisen hallinnan perustan. KVJ kerää ja varastoi yksityiskohtaista tietoa sähköverkon komponenteista ja toiminnoista, ja jalostaa siitä hyödyllistä tilannetietoa valvomon käyttöön. KVJ:n avulla voidaan myös suorittaa ohjaustoimenpiteitä etäkäyttönä valvomosta [11]. Verkon eri osista tuodaan mittausdataa kuten jännite-, virta ja lämpötilatietoja, sekä tilatietoja kuten kytkinten asennot tai hälytykset, KVJ:n prosessoitavaksi. Tietoja voidaan tuoda KVJ:hin automaattisesti tai manuaalisesti. KVJ analysoi käytettävissä olevaa tietoa esimerkiksi vertailemalla mittausarvoja normaaleihin arvoihin tai määritettyihin raja-arvoihin, jolloin merkittävistä poikkeamista voidaan luoda hälytys käytönvalvojan näytölle. [2]

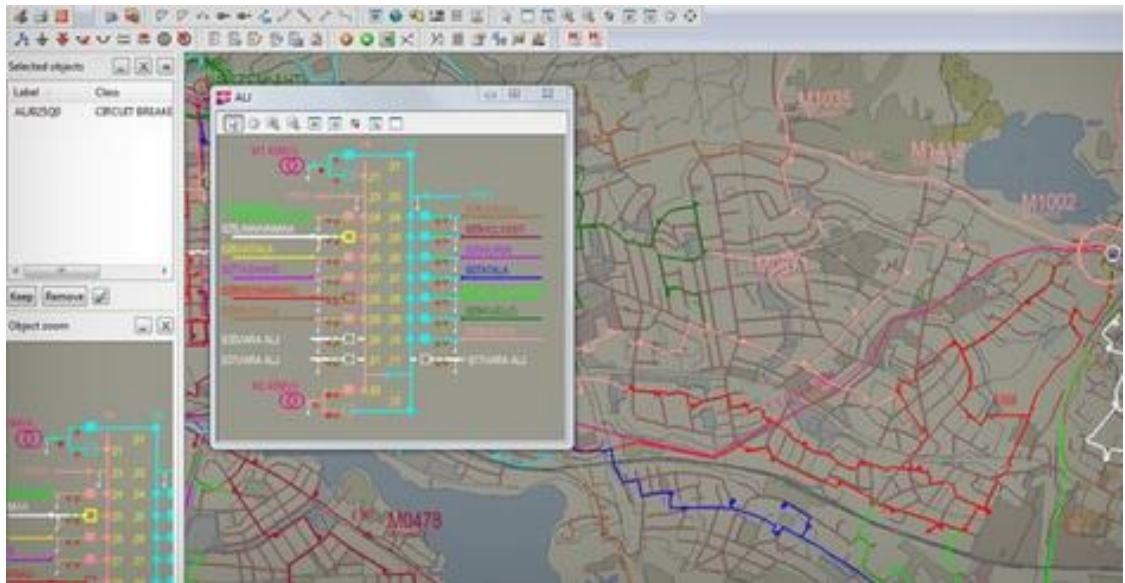
4.1.2 Verkkotietojärjestelmä

Verkkotietojärjestelmä (network information system, NIS) on verkko-omaisuuden hallintaan tarkoitettu järjestelmä, joka sisältää tiedot verkon komponenteista, voimalaitoksista ja niiden sijainneista. Tyypillisesti verkkotietojärjestelmässä on karttapohjainen käyttöliittymä, jonka kautta päästään tarkastelemaan verkon osien ominaisuuksia. Verkkotietojärjestelmä on pääasiallisesti tarkoitettu suunnittelijoiden käyttöön [11], ja sillä voidaan suorittaa esimerkiksi tehonjako- ja oikovirtalaskelmia. [2]

4.1.3 Käytöntukijärjestelmä

Käytöntukijärjestelmä (distribution management system, DMS) on verkon käyttöä helpottamaan kehitetty järjestelmä, joka yhdistää tietoja mm. käytönvalvonta-, verkkotieto- ja asiakastietojärjestelmistä. Käyttöliittymä on verkkotietojärjestelmän tapaan tyypillisesti karttapohjainen, jossa eri johtolähtöjä ja näiden tiloja on

havainnollistettu eri värejä käyttämällä. Käyttötukijärjestelmää käytetäänkin verkkoyhtiön tilannekuvajärjestelmänä, ja sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi vikapalvelun toteuttamisessa, kuten alla olevassa kuvassa Kuva 2 näkyy.



Kuva 2: Trimble DMS -käyttötukijärjestelmä. Kuvakaappaus otettu 5.5.2019. [12]

4.2 Hätäkeskusten ja pelastuslaitosten tietojärjestelmät

Hätäkeskusten tehtävänä on ottaa vastaan hätäilmoituksia ja välittää niitä tarpeen mukaan edelleen muille viranomaisille. Hätäkeskusten kautta saa apua poliisin, pelastus-, terveys- ja sosiaalitoimen hätätilanteisiin. Hätäkeskuslaitoksen tehtävänä on myös välittää vaaratiedotteita eteenpäin Yleisradiolle ja kaupallisille televisio- ja radioyhtiöille, joilla on puolestaan velvoite välittää vaaratiedotteita. Viranomaisten johtamis- ja tilannekuvajärjestelmät pohjautuvat hätäkeskusten antamiin tietoihin. [2]

Hätäkeskuslaitos on hankkinut hätäkeskuksille yhtenäisen tietojärjestelmän ELS vuonna 2002 [2]. ELS-järjestelmän haasteena on kuitenkin ollut se, etteivät eri hätäkeskusten järjestelmät ole yhteydessä toisiinsa. Näin ollen hätäkeskuksilla ei ole käytössään tietoa muiden hätäkeskusalueiden resurssien tilanteesta, mikä vaikeuttaa esimerkiksi ruuhkatilanteissa hätäpuheluiden ohjaamista toiseen keskukseseen [13].

Hätäkeskuslaitos onkin alkanut ottaa uutta ERICA-järjestelmää käyttöön vuosina 2018-2019. ERICA-hätäkeskusjärjestelmä (Emergency, Response, Integrated, Common, Authorities) on valtakunnallinen tietojärjestelmä, joka yhdistää kaikkia hätäkeskustoimintaan osallistuvia toimijoita. Käyttönoton Suomessa kaikki hätäpuhelut ohjautuvat yhteen yhtenäiseen hätäkeskukseen, joka toimii valtakunnallisesti. Puhelut ohjautuvat edelleen pääsääntöisesti lähimpään, verkottuneeseen hätäkeskukseen.

Uudistuksen on määrä parantaa koko 112-toimintaketjun tehokkuutta ja resurssien käyttöä. [14]

Pelastuslaitosten käytössä on PRONTO-järjestelmä (Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto), joka toimii onnettomuuksien ja tehtävien tilastointiin sekä resurssienhallintaan. Pelastuslaitoksen kenttäjärjestelminä toimii PEKE (Pelastustoimen kenttäjohtamisjärjestelmä) sekä Merlot [2], jotka tullaan korvaamaan uudella KEJO-järjestelmällä (Kenttäjärjestelmä) sen jälkeen kun ERICA-hätäkeskusjärjestelmä ollaan otettu käyttöön. [15]

4.3 Tilannekuvajärjestelmät

Suurhäiriöiden hallinnassa tilannekuvajärjestelmä antaa tukea päätöksentekoon häiriötilanteissa. Erityisesti sähköverkoille tehtyjä tilannekuvajärjestelmiä ei ole vielä paljon, mutta sen sijaan esimerkiksi sotavoimissa tilannekuvajärjestelmiä on kehitetty jo pidempään [16]. Tässä luvussa on esitelty muutamia esimerkkejä tilannekuvajärjestelmistä.

SUSIE (Samverkan under störning inom elförsörningen) on ruotsalaisille verkkoyhtiöille kehitetty, web-pohjainen järjestelmä suurhäiriöiden hallintaan. SUSIE:ssä on jakelualueiden tilannetta kuvaavia karttoja, eri toimijoiden yhteystietoja sekä mahdollisuus tiedottaa esim. joukkotekstiviestein tai hätätiedotteilla.

Google Earthin päälle kehitetty VERDE (Visualizing Energy Resources Dynamically on Earth) on tarkoitettu visualisoimaan sähköverkon tilaa. Kytkenätilanteiden ja sähkökatkotietojen lisäksi järjestelmällä voidaan esittää säätiloja sekä vaikutuksia väestöön, liikenteeseen ja infrastruktuuriin. VERDEN toiminta perustuu jo olemassa-oleviin verkkoyhtiöiden järjestelmiin kuten käytönvalvontajärjestelmä.

JOTKE (pelastustoimen johtamisen järjestelmä) on Sisäministeriön tilannekuvajärjestelmä pelastustoimen johtamista ja seurantaan varten [17]. JOTKE-järjestelmä muodostaa pelastuslaitoksen PRONTO-järjestelmän sekä muiden organisaatioiden kuten Säteilyturvakeskuksen ja Ilmatieteen laitoksen toimittamien tietojen perusteella. [2]

5. SUURHÄIRIÖRISKIN PIENENTÄMISMAHDOLLISUUKSIA

Tässä luvussa on esitelty mahdollisuuksia suurhäiriöriskin pienentämiseksi erityisesti sähköverkkoyhtiöiden osalta.

5.1 Sähköverkkoyhtiöiden näkökulmasta

Verkkoyhtiöt voivat kehittää verkkojaan ja organisaatioitaan hallitukseen suurhäiriöriskiä. Useimmissa tapauksissa sen on tapahduttava vähentämällä verkkoon syntyviä, poikkeuksellisen hankien sääilmiöiden aiheuttamia vikoja.

Perinteisesti sähköverkkojen suunnittelua on ohjanneet teknis-taloudelliset periaatteet, jotka ovat tähdänneet pitkän aikavälin kustannusten minimointiin. Tämä ei kuitenkaan ota riittävän hyvin huomioon yksittäisiä sähkökäyttäjiä. Jakeluverkoille on laadittu alueelliseen jaotteluun perustuvia toimintavarmuuskriteerejä, jotka antavat määrittävät toimintavarmuudelle tavoitetasot eri osille verkkoa: city, taajama, maaseutu. [4]

Verkkoteknisiä vaihtoehtoja vähentää vikojen määrää ja pituutta on verkostoautomaation ja sähköasemien kehittäminen, avojohtojen siirtäminen teiden varsille ja PAS-johtojen sekä kaapeleiden käyttäminen perinteisten ilmajohtojen sijaan. Kaikilla näistä on vaikutusta normaaliin käyttövarmuuteen, mutta erityisesti pitkien ja laajojen häiriötilanteiden varalle maakaapelointi toisi merkittävää parannusta [4].

5.2 Lainsäädännön kehittäminen

Koska verkkoyhtiöillä ei ole markkinoiden puolesta välttämättä intressiä parantaa sähkönjakelun toimitusvarmuutta, on sen vuoksi kehitetty lainsäädäntöä ja viranomaisvalvontaa. Sähkömarkkinalaissa edellytetään verkonhaltijoita varmistamaan, että toimitusvarmuus pysyy yleisesti hyväksyttävällä tasolla [5].

Verkkoyhtiöitä koskettava lainsäädäntö edellyttää syrjimättömyyttä, mutta käytännössä eri asiakasryhmiä on kuitenkin tarpeellista priorisoida toisten yli, jotta yhteiskunnan kannalta tärkeät toiminnot voidaan turvata myös suurhäiriöiden aikana. Lainsäädäntöä tulisi kehittää siten, että tällaista toimintaa ei katsota syrjiväksi [2].

5.3 Teleyhtiöiden varautuminen

Suurhäiriöiden hallinnassa tietoliikenneyhteyksien toiminta on erittäin tärkeää. Teleyhtiöissä on aiemmin lähdetty oletuksesta, että matkapuhelinverkon tukiasemille sähköä syöttävä jakeluverkko toimii luotettavasti. Yhteiskunnan kokonaisedun kannalta voisi olla kuitenkin edullisempaa kehittää tukiasemien varasyöttöjä jakeluverkkojen kehittämisen sijaan. Tällöin myös pitkäkestoisen kantaverkon häiriön sattuessa puhelinyhteydet toimisivat. [2]

5.4 Valot verkkoon -suurhäiriöharjoitus 2014

Tärkeänä osana suurhäiriöihin varautumista on erilaiset harjoitukset toimijoiden kesken. Huoltovarmuuskeskuksen voimatalouspooli järjesti yhdessä sähköyhtiöiden kanssa VALVE 2014 (Valot verkkoon 2014) –häiriöharjoituksen Rovaniemellä syyskuussa 2014. Harjoituksen tarkoituksena oli testata sähkönpalautusta koko Suomea koskevassa sähkökatkossa. [18] Harjoituksessa simuloitiin ensin kuvitteellinen, koko Suomen kattava kantaverkon häiriö, jonka jälkeen katkaistiin Rovaniemen alueelta sähköt. Harjoituksessa varmistettiin, että tämän kaltaisessa tilanteessa sähköjärjestelmän palautuminen onnistuu Pohjois-Suomen vesivoimaa apuna käyttäen.

6. YHTEENVETO

Tässä työssä on käyty läpi sattuneita suurhäiriöitä, niiden syitä ja seurauksia. Työssä on esitetty suurhäiriöiden hallintaan liittyviä toimijoita sekä käytössä olevia tietojärjestelmiä ja lueteltu erilaisia mahdollisuuksia, joilla suurhäiriöriskiä voidaan vähentää.

Yksi keskeisimpiä suurhäiriöiden hallintaan ja niihin varautumiseen liittyviä kehityskohteita on kommunikaatio eri toimijoiden välillä. Yhteistyö on oltava sujuvaa erityisesti sähköyhtiöiden ja viranomaisten, mutta myös muiden toimijoiden kesken. Suurhäiriöiden varalle on luotava selkeät organisaatioiden toimintamallit, joita myös harjoitellaan säännöllisesti.

Teknisillä ratkaisuilla, kuten järjestelmien yhtenäistämällä ja kehittämällä on osansa suurhäiriöiden hallinnassa. Tilannekuvan luominen on tärkeää, jotta käytettävissä olevat resurssit saadaan hyödynnettyä tehokkaasti.

Verkkoteknisillä parannuksilla saadaan toimitusvarmuutta parannettua merkittävästi, kun esimerkiksi avojohdoista siirrytään kohti säävarmaa maakaapelointia. Haasteena verkon kehittämisessä on sen vaatimat suuret investoinnit, jotka näkyvät väistämättä verkkoyhtiöiden hinnoittelussa. Siten myös verkkotoiminnan sääntelyn ja lainsäädännön on mukauduttava muuttuviin tarpeisiin.

LÄHTEET

- [1] Valtioneuvoston periaatepäätös 23.11.2006, "Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen strategia," Puolustusministeriö, Helsinki, 2006.
- [2] P. Verho, J. Sarsama, J. Strandén, H. Krohns-Välimäki, V. Hälvä ja O. Hagqvist, "Sähköhuollon suurhäiriöiden riskianalyysi- ja hallintamenetelmien kehittäminen - Projektin loppuraportti," TTY, VTT, Tampere, 2012.
- [3] Onnettomuustutkintakeskus, "Heinä-elokuun 2010 rajuilmat - tutkintaselostus," Helsinki, 2011.
- [4] P. Verho, J. Strandén, V.-P. Nurmi, A. Mäkinen, P. Järventausta, O. Hagqvist, J. Partanen, J. Lassila, T. Kaipia ja S. Honkapuro, "Nykyisen valvontamallin arviointi - suurhäiriöriski, raportti," Tampereen teknillinen yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2010.
- [5] J. Forstén, "Sähkön toimitusvarmuuden parantaminen - selvitysmiehen raportti," Kauppa- ja teollisuusministeriö, 2002.
- [6] Energiamarkkinavirasto, "Kesän 2010 myrskyt sähköverkon kannalta - raportti Dnro 306/401/2011," 2011.
- [7] Sisäasiainministeriö, "Myrskyihin varautuminen ja vahinkojen torjunta - Sisäasiainministeriön pelastusosaston selvitys," 2012.
- [8] Energiateollisuus ry, "Loppuvuoden sähkökatkoista kärsi 570 000 asiakasta - lehdistötiedote," 2012. [Online]. Saatavilla: <http://energia.fi/ajankohtaista/lehdistotiedotteet/loppuvuoden-sahkokatkoista-karsi-570-000-asiakasta>. [Haettu 2.5.2012].
- [9] Energiamarkkinavirasto, "Helsingissä 23.8.2003 tapahtunut sähkökatkos ja verkon kehittämisevelvollisuus - Päätös Dnro 185/429/2003."
- [10] J. Partanen, S. Honkapuro, J. Lassila, T. Kaipia, P. Verho, P. Järventausta, J. Strandén ja A. Mäkinen, "Sähkönjakelun toimitusvarmuuden kriteeristö ja tavoitetasot - tutkimusraportti," Energiateollisuus ry, Energiatutkimus SER Oy.
- [11] L. Korpinen, "Sähkövoimatekniikkaopus," 1998. [Online]. Saatavilla: <http://leenakorpinen.com/fi/julkaisut/opetusaineistoja/>. [Haettu 2019].
- [12] T. Energy, "Solutions for managing distribution networks," [Online]. Saatavilla: <https://energy.trimble.com/multi-utilities.html>. [Haettu 2019].

- [13] Hätäkeskuslaitos, "Usein kysyttyä - Tekniikka," [Online]. Saatavilla: https://www.112.fi/medialle/usein_kysyttya/tekniikka. [Haettu 2019].
- [14] Hätäkeskuslaitos, "ERICA-hätäkeskustietojärjestelmä," [Online]. Saatavilla: https://www.112.fi/hatakeskusuudistus/uusi_tietojarjestelma. [Haettu 2019].
- [15] Pelastuslaitosten kumppanuusverkosto, "ERICA tulee – olemmeko valmiit?," [Online]. Saatavilla: https://www.sspl.fi/images/ajankohtaisseminaari_2018/SSPL_10022018_ERICA_julk.pdf. [Haettu 2019].
- [16] H. Krohns, Sähköhuollon suurhäiriöissä käytettävien tilannekuvajärjestelmien nykytila-analyysi, TTY, 2009.
- [17] Sisäministeriön pelastusosasto, "Prontonet.fi," [Online]. Saatavilla: <https://prontonet.fi/>. [Haettu 2019].
- [18] Huoltovarmuuskeskus, "Rovaniemen suurhäiriöharjoitus testasi sähköyhtiöiden ja viranomaisten yhteistyötä sähkönpalautuksessa," 24 9 2014. [Online]. Saatavilla: <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/rovaniemen-suurhairioharjoitus-testasi-sahkoyhtioiden-ja-viranomaisten-yhteistyota-sahkonpalautuksessa/>. [Haettu 2019].