

Advanced Energy Solutions

Kantaverkon kytkentäprosessin digitalisointi

Sähkötekniikan korkeakoulu

Ville Salminen

Copyright ©2021 Ville Salminen

Tekijä Ville Salminen

Työn nimi Kantaverkon kytkentäprosessin digitalisointi

Koulutusohjelma Advanced Energy Solutions

Pääaine Sustainable Energy Systems and Markets

Vastuupettaja/valvoja Prof. Matti Lehtonen

Työn ohjaaja(t) DI Ilkka Luukkonen

Yhteistyötaho Fingrid Oyj

Päivämäärä 27.09.2021

Sivumäärä 80 / 2

Kieli Suomi

Tiivistelmä

Kantaverkkoyhtiön toimintaympäristö on muutoksessa. Kantaverkkoon tehtävien investointien, verkko-omaisuuden ylläpidon sekä verkkoon liitettävän tuulivoimakapasiteetin kasvun tuomat keskeytstarpeet edellyttävät enenevässä määrin selkeämpiä ja helposti hallittavia tietojärjestelmiä kytkentäprosessin toteutukseen. Siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessi on tärkeä osa kantaverkon käyttötoimintaa, joka koskettaa monia ulkoisia sekä sisäisiä sidosryhmiä. Kytkentäprosessi käsittää verkossa tehtävien keskeytyksien suunnittelun ja toteutuksen. Jokainen verkossa tehtävä siirtokeskeytys suunnitellaan huolellisesti ja niistä laaditaan prosessin aikana erillinen kytkentäpäätös ja -ohjelma.

Diplomityössä tutkittiin Fingrid Oyj:n siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessia alkaen alueellisesta siirtokeskeytyssuunnittelusta päättyen Kantaverkkokeskuksessa tapahtuvaan kytkentöjen suunnitteluun ja toteutukseen. Työssä oli tarkoituksena tunnistaa prosessissa tuotettavien kytkentädokumenttien luonnin ja hallinnan järjestelmä- ja prosessikehityksen kohteet. Diplomityössä kuvattiin nykymuotoisen kytkentädokumenttiprosessin ongelmakenttä sekä kartoitettiin prosessin sidosryhmien kehitysehdotukset ja tarpeet. Lisäksi tutkittiin prosessin suorituskykyä ja siinä tuotettujen kytkentädokumenttien laatua. Järjestelmäkehityksen kohteiden toteutettavuutta tutkittiin tarkastelemalla Fingrid Oyj:n nykyisten järjestelmien mahdollisuuksia sekä kokeellisesti toiminnallisen pilotin avulla.

Diplomityön tuloksena saatiin kattava listaus siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin kehityskohteista sekä käyttäjien tarpeista. Teemahaastatteluiden tuloksien perusteella kehitettiin toiminnallinen pilotti kytkentäohjelmien suunnittelutyökalusta. Suunnittelutyökalun pilotilla osoitettiin kytkentäohjelmien luonnin toteutettavuus hyödyntämällä käytönvalvontajärjestelmän verkkokuvia. Diplomityön tuloksia voidaan hyödyntää lyhyellä aikavälillä prosessin ja nykyisen kytkentäsovelluksen kehitystyössä ja pidemmällä aikavälillä kytkentäprosessin kokonaisvaltaisessa digitalisoinnissa.

Avainsanat kantaverkko, käyttötoiminta, digitalisaatio, keskeytys, kytkentäohjelma

Author Ville Salminen

Title of thesis Digitalization of the Switching Process in the Transmission Grid

Programme Advanced Energy Solutions

Major Sustainable Energy Systems and Markets

Thesis supervisor Prof. Matti Lehtonen

Thesis advisor(s) MSc Ilkka Luukkonen

Collaborative partner Fingrid Oyj

Date 27.09.2021

Number of pages 80 / 2

Language Finnish

Abstract

The operating environment of the transmission system operator is changing. The outage needs arising from grid investments, maintenance of grid assets and grid connection of wind power require increasingly more comprehensible and easily manageable information systems for the switching process. The outage management and switching process is an important part of the grid operations that affects many external and internal stakeholders. The switching process involves the planning and execution of outages in the transmission grid. Each transmission outage is carefully planned and a separate outage order and switching schedule is prepared during the process.

The thesis examined Fingrid Oyj's outage management and switching process, starting with regional transmission outage planning, and ending with the planning and implementation of switching schedules. The objective of the thesis was to identify the system and process development needs for the creation and management of switching and outage documents produced in the process. The thesis described the problem domain of the current switching and outage document process and identified the development needs of the stakeholders. In addition, the performance of the process and the quality of the documents produced in it were examined. The feasibility of system development proposals was studied by examining the possibilities of the existing systems and with a functional prototype.

As a result of the thesis, a comprehensive list of the development goals of the outage management and switching process and the needs of the users were obtained. Based on the results of thematic interviews, a functional prototype of the switching planning system was developed, where the feasibility of creating switching schedule by utilizing the network image of the SCADA was demonstrated. In the short-term, the results of the thesis can be utilized in the development of the process and the switching application. In the long-term, the results can be utilized for digitalization of the switching process.

Keywords transmission network, grid operation, digitalization, outage, switching schedule

Sisällys

Esipuhe	7
Lyhenteet	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Tutkimuksen tausta	9
1.2 Tutkimusmenetelmät ja tavoite	9
1.3 Diplomityön rakenne	10
2 KÄYTTÖTOIMINTA KANTAVERKKOYHTIÖSSÄ.....	11
2.1 Suomen sähköjärjestelmä	11
2.2 Kantaverkon käyttötoiminnan periaatteet	13
2.3 Käyttötoiminnan tietojärjestelmät	17
2.3.1 Käytönvalvontajärjestelmä.....	17
2.3.2 Käytöntukijärjestelmät.....	18
3 DIGITALISAATIO JA PROSESSIEN KEHITTÄMINEN	24
3.1 Digitalisaatio osana liiketoimintaprosesseja	24
3.2 Liiketoimintaprosessien kehitysmallit	26
3.2.1 Lean ja Six Sigma	28
3.2.2 Suunnitteluajattelu.....	32
4 SIIRTOKESKEYTYKSEN- JA KYTKENTÄPROSESSI – FINGRID OYJ	35
4.1 Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessi	35
4.2 Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessi	40
5 TUTKIMUSAINEISTO JA -METODIT	47
5.1 Tutkimuksen tausta ja prosessi.....	47
5.2 Tutkimusaineiston keruu ja menetelmät.....	48
5.2.1 Sidosryhmähaastattelut.....	48
5.2.2 Toiminnallinen pilotti	49
6 TUTKIMUSTULOKSET	51
6.1 Siirtokeskeytyssuunnittelu.....	51
6.1.1 Siirtokeskeytyssuunnittelun ongelmakenttä.....	51
6.1.2 Siirtokeskeytyssuunnittelun kehitysehdotukset	54
6.2 Kytkentöjen suunnittelu ja toteutus	58
6.2.1 Käyttövarmuustarkastelu	59

6.2.2	Kytkenäohjelmien laadinta	60
6.2.3	Kytkenäohjelmien tarkastaminen ja laatu	62
6.2.4	Kytkenän toteutus	64
6.2.5	Dokumenttien hallinta	65
6.2.6	Kytkenöjen suunnittelun ja toteutuksen kehitysehdotukset..	66
6.3	Prosessin suorituskyky ja laatu	69
7	PROSESSIN DIGITALISOINTI JA KEHITYS.....	76
7.1	Kytkenäprosessin aikataulutuksen kehittäminen	77
7.2	Kytkenäprosessin tilannekuvan ja näkyvyyden kehittäminen.....	78
7.3	Kytkenädokumenttien yhdenmukaisuutta ja laatua parantavat toimenpiteet	79
7.4	Kytkenädokumenttien perustamisen ja hallinnan kehittäminen .	80
7.4.1	Toiminnallinen pilotti	81
7.4.2	Jatkokehitysehdotukset.....	84
8	YHTEENVETO	88
	LÄHTEET	90
A.	Haastattelulomake, käyttöasiantuntijat	94
B.	Haastattelulomake, verkonhallinta	95

Esipuhe

Haluan kiittää Fingrid Oyj:tä mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta. Erityiskiitokset työn ohjaajalleni Ilkka Luukkoselle sekä Kati Koivuselle avusta ja tuesta läpi työn. Lisäksi haluan kiittää ohjausryhmääni Fingridillä kommentteista ja ohjauksesta diplomityön aikana. Kiitos työnvalvojalle professori Matti Lehtoselle neuvoista ja kommentteista.

Lisäksi haluan kiittää avopuolisoani Saraa tuesta ja kannustuksesta niin opintojen kuin diplomityön aikana.

Espoossa 27.09.2021
Ville Salminen

Lyhenteet

SO	Transmission System Operation (käytön verkkosäännöt)
Nordic RSC	Nordic Regional Security Coordination (pohjoismainen käytönsuunnittelutoimisto)
KAH	keskeytyksestä aiheutuva haitta
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (käytönvalvontajärjestelmä)
KVJ	Käytönvalvontajärjestelmä
DCS	Distributed Control System (hajautettu automaatiojärjestelmä)
DMS	Distribution Management System (käyttötukijärjestelmä)
CIS	Customer Information System (asiakastietojärjestelmä)
GIS	Geographical Information System (karttatietojärjestelmä)
AMS	Asset Management System (omaisuudenhallintajärjestelmä)
OMS	Outage Management System (keskeytyksien hallintajärjestelmä)
ELVIS	Electricity Verkko Information System
PSS/ODMS	Power System Simulator/Operational Database Management System
PSS/E	Power System Simulator/Engineering
POF	Partnereiden Oma Fingrid
IOT	Internet of Things (esineiden ja asioiden internet)
IOE	Internet of Everything (kaiken internet)
RPA	Robotic Process Automation (ohjelmistorobotiikka)
TQM	Total Quality Management (laatujohtaminen)
TBM	Time Based Management (aikaan perustuva johtaminen)
LSS	Lean Six Sigma
DPMO	Defects Per Million Opportunities
PCE	Process Cycle Efficiency (prosessisyklin tehokkuus)
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
VAT	Value-Added Time (tuottava aika)
TLT	Total Lead Time
WIP	Work In Progress
PLT	Process Lead Time (prosessin läpimenoaika)
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control
DFSS	Design For Six Sigma
DMADV	Define, Measure, Analyze, Improve and Verify
CIM	Common Information Model

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Fingrid Oyj on suomalainen kantaverkkoyhtiö, joka vastaa sähkönsiirron kantaverkon kehityksestä, ylläpidosta ja käytöstä. Kantaverkkoyhtiön toimintaympäristö on muutoksessa, johtuen tiukentuneista ilmastotavoitteista sekä sähkön käytön ja sääriippuvaisen energiantuotannon lisääntymisestä. Toimintaympäristöön vaikuttavat myös globaalit megatrendit, kuten digitalisaatio, joka tulee uudistamaan sähköjärjestelmän käytäntöjä ja toimintatapoja. Tiedon, tietotekniikan ja tietoliikenteen merkitys tulee kasvamaan ja automaation lisääntyminen muuttaa työn tekemisen tapoja. (Fingrid 2020a.) Nämä toimintaympäristöön vaikuttavat trendit asettavat erityisiä vaatimuksia niin kantaverkon käyttövarmuudelle, kuin käyttötoiminnan toteutukselle.

Keskeisenä osana kantaverkon käyttötoiminnan toteutusta on toimiva siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessi. Osana siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessia jokainen verkossa tehtävä siirtokeskeytys suunnitellaan huolellisesti etukäteen, jotta voidaan varmistaa henkilöturvallisuus, käyttövarmuus sekä sähkömarkkinoiden toimivuus. Suunnitelluista keskeytyksistä tehdään erillinen kytkentäpäättös ja -ohjelma, joissa on esitetty kytkennän toteutus, ajankohta ja tarvittavat resurssit. Kytkentädokumenttien suunnittelun ja hallinnan prosessi on ollut pitkään samanlainen ja se pitää sisällään monia käsityötä vaativia rutiinitehtäviä eri tietojärjestelmissä.

Toimintaympäristön muutos ja tietojärjestelmien merkityksen korostuminen käyttötoiminnassa on toiminut ajurina Fingridin Valvomo 2023-hankkeen kytkentäprosessin digitalisointi projektille. Projektin tarkoituksena on nykyaikaistaa siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin työkaluja sekä -prosesseja. Tämä diplomityö tehdään osana Fingridin kytkentäprosessin digitalisointi projektia. Työssä tutkitaan siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessia alkaen alueellista siirtokeskeytyssuunnittelusta päättyen Kantaverkkokeskuksessa tapahtuvaan kytkentöjen suunnitteluun ja toteutukseen. Tavoitteena on tunnistaa nykyisestä kytkentädokumenttien suunnittelun ja hallinnan prosessista keskeisimmät prosessin ja järjestelmäkehityksen tarpeet.

1.2 Tutkimusmenetelmät ja tavoite

Diplomityössä tehtävä tutkimus toteutetaan pääosin laadullisena tutkimuksena haastattelemalla siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin toteutuksessa mukana olevia sidosryhmiä. Tutkimuksessa käytetään myös määrällisen tutkimuksen menetelmiä ja aineistoa täydentämään laadullista haastatteluaineistoa. Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa kytkentädokumenttien

suunnittelun ja hallinnan nykytilanne sekä tunnistaa siitä kehitettävät kohdet tietojärjestelmissä ja prosessissa. Tutkimusongelma jaettiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä ovat nykyisen siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin haasteet?
- Miten nykyistä kytkentädokumenttien luonti- ja hallintaprosessia tulisi kehittää?
- Miten kytkentädokumenttien luonti- ja hallintaprosessia voidaan digitalisoida ja kehittää jo olemassa olevien ratkaisujen avulla?
- Millaisia uusia järjestelmäominaisuuksia mahdolliset kehitysratkaisut vaativat ja mitä hyötyjä niillä saavutetaan?

Työssä määritetään siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin kytkentädokumenttien suunnittelun ja hallinnan ongelmakenttä tarkastelemalla nykymuotoisen prosessin haasteita. Tarkoituksena on selvittää, miten nykyinen kytkentädokumenttien luontiprosessi toimii ja mitä siinä koetaan haasteelliseksi. Työssä selvitetään kytkentäprosessissa osallisena olevien sidosryhmien näkemykset kehitettävistä kohteista tietojärjestelmissä ja prosesseissa. Lisäksi työssä tutkitaan nykymuotoisen kytkentädokumenttiprosessin suorituskykyä tarkastelemalla dokumenttien läpimenoaikoja ja laatua tietojärjestelmissä. Sidosryhmähaastatteluiden kehitysehdotuksien toteutettavuutta tutkittiin kokeellisesti toiminnallisen pilotin avulla. Diplomityön tuloksena on tarkoitus saada selville nykymuotoisen kytkentädokumenttiprosessin suorituskyky sekä kartoittaa, millaisilla ratkaisuilla kytkentäpäästösten ja -ohjelmien laadintaprosessia voidaan kehittää.

1.3 Diplomityön rakenne

Diplomityön teoriaosuudessa tarkastellaan Suomen sähköverkkoa yleisellä tasolla sekä sitä, miten lisääntynyt uusiutuva sääriippuvainen energiantuotanto vaikuttaa kantaverkkoyhtiön käyttötoimintaan ja toimintaympäristöön. Käyttötoiminnan toteutuksesta kuvataan kantaverkkoyhtiön käytönsuunnittelun periaatteet siirtokeskeytysuunnittelun osalta. Lisäksi kuvataan käyttötoiminnan toteutuksessa tarvittavat tietojärjestelmät ja niiden käyttötarkoitus. Toimintaympäristön muutosta tarkastellaan globaalin, koko energiatoimialaan vaikuttavan megatrendin, digitalisaation kautta. Tietopohjana diplomityössä hyödynnetään kirjallisuutta prosessien kehittämistä sekä tietotyön digitalisoinnista ja automatisoinnista. Luvussa neljä kuvataan Fingridin nykymuotoinen siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessi. Luvussa viisi käydään läpi diplomityön metodologiset valinnat sekä tutkimuksen ja kehitystyön toteutus. Luvussa kuusi esitellään haastattelututkimuksen tulokset. Lopuksi luvussa seitsemän käsitellään haastatteluiden pohjalta johdetut jatkokehitysehdotukset sekä toiminnallisen pilotin kehitystyön tulokset ja havainnot.

2 KÄYTTÖTOIMINTA KANTAVERKKOYHTIÖSSÄ

2.1 Suomen sähköjärjestelmä

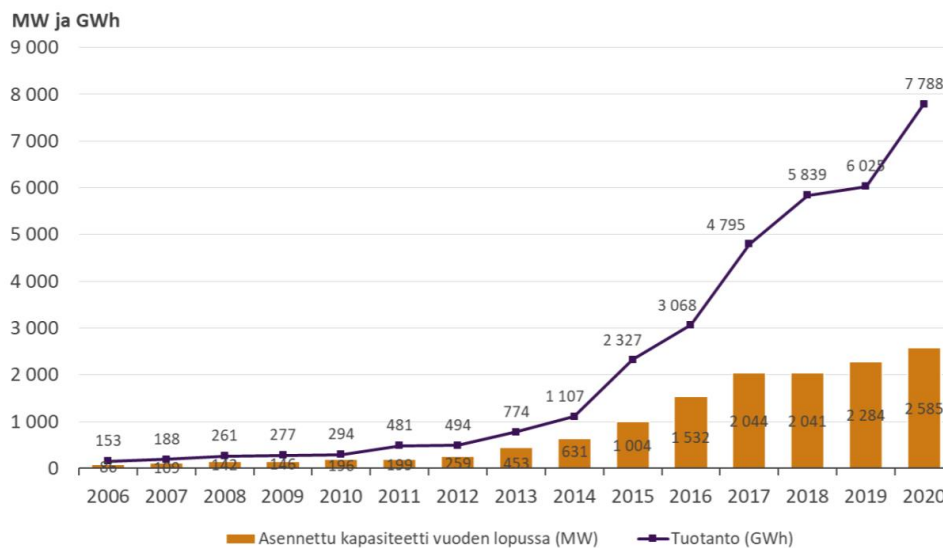
Suomen sähköjärjestelmä muodostuu sähkönsiirto- ja jakeluverkoista sekä niihin kytketyistä kuluttajista ja voimalaitoksista. Suomen sähkönsiirtoverkko on osa pohjoismaista yhteiskäyttöverkkoa, joka muodostaa oman synkronisen alueensa, missä kaikki verkonosat toimivat samalla taajuudella. Kantaverkko on koko Suomen kattava verkko, joka käsittää 116 sähköasemaa ja yhteensä noin 14400 kilometriä suurjännitteistä voimajohtoa. Kantaverkkoon kuuluvat myös rajat ylittävät rajasiirtoyhteydet muihin maihin. Kantaverkon voimajohdoilla käytetään nimellisjännitteinä 400, 220 ja 110 kilovolttin jännitetasoja. Kantaverkon tehtävänä on siirtää sähköä koko Suomen alueelle sekä liittää kulutus- ja tuotantokeskittymät toisiinsa. Suoraan kantaverkkoon ovat liitettyinä suuret tuottajat, kuluttajat sekä alueelliset jakeluverkot. Kantaverkon omistaa Fingrid Oyj, jolla on Suomen sähköjärjestelmän järjestelmävastuu. Tämä tarkoittaa, että Fingrid vastaa kantaverkon ylläpidosta, hallinnasta ja kehityksestä. Lisäksi velvollisuutena on tarjota tasapuolisesti sähkönsiirtopalveluita kaikille markkinaosapuolille. (Elovaara & Haarla 2011a; Fingrid 2021a.)

Suurjännitteisen jakeluverkon ja jakeluverkkojen sähköjakelusta vastaa yhteensä noin 90 verkonhaltijaa. Verkot eroavat toisistaan niissä käytettyjen jännitteiden mukaan. Verkoja operoivat yhtiöt taas eroavat maantieteellisen verkkoluvan vastuualueen osalta. Suurjännitteisessä jakeluverkossa käytetään vain 110 kV jännitettä ja verkkoa operoivalla yhtiöllä ei ole maantieteellistä vastuualuetta. Jakeluverkoissa käytetty nimellisjännite on alle 110 kV, ja verkkolupa sisältää maantieteellisen vastuualueen sekä verkon kehittämisvelvoitteen. (Elovaara & Haarla 2011a; Energiavirasto 2021.) Jakeluverkon tehtävänä on toimittaa verkkoon liitettyjen sähköntuottajien sekä sähkönsiirtoverkosta tuleva sähköenergia loppukäyttäjille (Lakervi & Partanen 2009). Jakeluverkkoyhtiöistä suurin osa on joko suoraan kunnan omistuksessa tai kunnalla on enemmistöosuus osakeyhtiön omistuksesta. Suomessa toimivista jakeluverkkoyhtiöistä koon mukaan merkittävimmät ovat Caruna Oy, Elenia Verkko Oyj ja Helen Sähköverkot Oy. (Energiateollisuus 2021a.)

Sähköverkon tehtävä on yhdistää tuotanto ja kulutus. Suuret sähköntuotantolaitokset ovat kytkettynä suoraan sähkönsiirtoverkkoon, kuten esimerkiksi ydinvoimalaitokset ja suuret tuulivoimapaistot. Valtaosa sähköntuottajista ja kuluttajista on kuitenkin liitetty sähköjakeluverkkoon. (Fingrid 2020b.) Vuonna 2020 Suomen kokonaissähkökulutus oli 81 TWh. Tästä sähkön kulutuksesta katettiin 66 TWh omalla tuotannolla ja loput 15 TWh tuotiin

Pohjoismaista, Venäjältä ja Virosta. Suomessa merkittävin sähköntuotantomuoto vuonna 2020 oli ydinvoima 27,7 % osuudella ja toisena on vesivoima 19,3 % osuudella kokonaiskulutuksesta. Kuluttajista merkittävimmät sähkön loppukäyttäjät olivat Suomessa vuonna 2020 teollisuus 46 % osuudella, asuminen ja maatalous 28 % osuudella sekä palvelut ja rakentaminen 23 % osuudella kokonaiskulutuksesta. (Energiateollisuus 2021b.)

Sähkön tuotantorakenteen muutos on yksi merkittävimmistä sähkön siirtoverkon kehitysajureista. Merkittävimpinä tekijöinä ovat uusiutuvan sääriipuvaisen tuotannon lisääntyminen, uudet ydinvoimalaitosyksiköt sekä uuden tuotannon maantieteellinen sijoittuminen. (Fingrid 2021b.) Uusiutuvista sähköntuotantomuodoista merkittävimmin kasvussa on tuulivoima, jonka asennettu kapasiteetti kasvoi 301 MW vuosien 2019 ja 2020 välillä (kuva 1). Suomen tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2020 lopussa 2585 MW ja vuosituotanto 7,8 TWh. Se kattoi vuonna 2020 noin kymmenesosan Suomen sähkön tuotannosta. (Energiateollisuus 2021b.)



Kuva 1: Asennetun tuulivoimakapasiteetin määrä ja kehitys (Energiateollisuus 2021b)

Kantaverkkoyhtiön toiminnassa tuulivoiman kasvu näkyy lisääntyneinä liityntäkyselyinä, joita on saatu kymmenien tuhansien megawattien edestä. Fingrid arvioi, että 2020-luvulla tuulivoimakapasiteetti tulee kasvamaan noin 1000 MW vuodessa, mikä johtaisi 10–15 GW kapasiteettiin vuonna 2030 (Fingrid 2021b). Maantieteellisesti uusi tuulivoimakapasiteetti sijoituu pääsääntöisesti Pohjois-Suomeen, kun taas sähkön kulutus keskittyy Etelä-Suomeen. Tuulivoiman maantieteellinen sijoitus ja määrän kasvu näkyy kantaverkossa uusina sähköasemina ja voimajohtoyhteyksinä. (Fingrid 2019a.)

2.2 Kantaverkon käyttötoiminnan periaatteet

Fingrid Oyj on suomalainen kantaverkkoyhtiö, joka vastaa Suomen sähkönsiirron kantaverkon kehittämisestä, ylläpidosta ja käytöstä. Kantaverkkoyhtiön toimintaa ohjaa lainsäädännölliset velvoitteet, jotka toimivat perustana kantaverkon kehittämisessä, suunnittelussa ja käyttötoiminnassa. (Fingrid 2021a.) Fingrid Oyj:lla on sähkömarkkinalain mukainen kantaverkon järjestelmävastuu, joka on määritelty sähkömarkkinalain 5 luvun 45 pykälässä seuraavalla tavalla: ”*Järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan tulee ylläpitää ja kehittää järjestelmävastuun piiriin kuuluvia toimintojaan ja palveluitaan sekä ylläpitää, käyttää ja kehittää sähköverkkoaan ja muita järjestelmävastuun hoitamiseen tarvittavia laitteistojaan sekä yhteyksiä toisiin verkkoihin siten, että ne toimivat tehokkaasti ja että edellytykset tehokkaasti toimiville kansallisille ja alueellisille sähkömarkkinoille sekä Euroopan unionin sähkön sisämarkkinoille voidaan turvata* (Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588).

Sähkömarkkinalain lisäksi kantaverkon kehittämistä ohjaavat eurooppalaiset verkkosäädökset sekä Fingridin sisäiset verkon kunnossapidon ja suunnittelun periaatteet. Kantaverkon pitkäjänteisellä suunnittelulla varmistetaan, että sähkön siirtoverkko ja koko sähköjärjestelmä pystyy täyttämään tulevaisuuden toimintaympäristön asettamat vaatimukset. Verkkoa kehitetään jatkuvasti ennakoiden yhteiskunnan ja kantaverkkoon liitettyjen asiakkaiden tarpeita. Uudet liittynät, muutokset tuotantorakenteessa ja sähkönkulutuksessa, synnyttävät tarpeita verkon vahvistuksille. (Fingrid 2021b.)

Käyttötoiminnan tehtävänä on verkon taloudellinen ja turvallinen käyttö sekä sähkön laadun ylläpito lyhyellä aikavälillä. Käyttötoiminnan toteutus on luonteeltaan prosessin hallintaa, missä tavoitteena on prosessissa käytettävien toimintojen mahdollisimman tehokas ja turvallinen hyödyntäminen. Käyttötoiminnan päätoiminnot voidaan tyypillisesti jakaa verkon tilan seurantaan ja ohjaukseen, häiriöiden hallintaan, käytön suunnitteluun ja kunnossapidon käytännön toteutukseen. Näillä toiminnoilla on usein moninainen yhteys yhtiön muihin toimintoihin, kuten verkon kehittämis- ja ylläpito-toimintoihin. Käytönsuunnittelun tavoitteena on verkon turvallinen käytön mahdollistaminen taloudellisesti myös rajoitustilanteissa. (Lakervi & Partanen 2009; Elovaara & Haarla 2011b.)

Fingridin käyttötoiminta on jaettu Kantaverkkokeskuksen ja aluetoimipaikkojen kesken. Kantaverkkokeskus toimii ympärivuorokautisesti ja sen tehtävänä on valvoa tehotasapainoa ja sähkönsiirtoa Suomen kantaverkossa 400 kV, 220 kV ja 110 kV jännitetasoilla. Kantaverkkokeskus vastaa verkon käytöstä, häiriötilanteiden hallinnasta ja siirtohäviöihin kuuluvan sähköenergian hankinnasta. Sen tehtävät voidaan jakaa kolmeen päätehtävään:

voimajärjestelmän hallinta, verkonhallinta ja tasehallinta. Alue toimipaikat taas vastaavat asemalaitteiden ja voimajohtojen kunnossapidosta sekä siirtokeskeytyssuunnittelusta. (Fingrid 2020b.)

Kantaverkkoyhtiön käyttötoimintaa ohjaa EU-tasolla määritellyt verkon käyttö säännöt (engl. *Transmission System Operation, SO*). Päämääränä on varmistaa toisiinsa liitettyjen sähköjärjestelmien korkea käyttövarmuus sekä luoda edellytykset rajat ylittävälle yhteistyölle, kuten varavoimaresurssien jakamiselle. Käytön verkkosäännöt tulivat voimaan vuonna 2017 ja niiden tavoitteena on mahdollistaa entistä koordinoitumpi yhteistyö sähköjärjestelmän tasapainon hallinnassa EU-alueen kantaverkkoyhtiöiden välillä. Fingridin käytönsuunnittelussa verkkosäännöt ohjaavat käyttövarmuuden kannalta merkittävien siirtokeskeytysten aikataulutusta ja niiden yhteispohjoismaista koordinaatiota. (Kaukonen 2017; Gustavsson & Mattila 2021.)

Käytönsuunnittelua tehdään myös yhteispohjoismaisesti. Tätä varten pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt ovat perustaneet pohjoismaisen käytönsuunnittelutoimiston (Nordic RSC, *Nordic Regional Security Coordination*). Nordic RSC:n tarkoituksena on tuottaa palveluna yhteistä tilannekuvaa käyttövarmuuden ja tehotasapainon hallintaan. Kantaverkkoyhtiöt toimittavat RSC:lle suunnittelu- ja ennustetietonsa tietojen yhdistämistä ja analysointia varten. Tietoja hyödynnetään kantaverkkoyhtiöiden operatiivisten päätösten tukena sekä sähköpörsseissä. RSC:ssä tehdään myös yhteispohjoismaista keskeytystarkastelua, jossa tarkastellaan merkitykselliseksi luokiteltujen verkkoelementtien keskeytyksiä. (Gustavsson & Mattila 2021.)

Siirtokeskeytykset ja kytkennät

Kantaverkon siirtokeskeytysten suunnittelu ja toteutus ovat osa verkon käyttötoimintaa. Siirtokeskeytysprosessi pitää sisällään siirtokeskeytyksien kartoittamisen, suunnittelemisen ja lopulta keskeytyksien toteuttamisen. Siirtokeskeytysprosessi koskettaa useita sisäisiä sekä ulkoisia sidosryhmiä. Prosessin toimivuus on tärkeä osa kantaverkon käyttöä, kunnonhallintaa ja verkon investointien toteutusta. Alue toimipaikkojen käyttöasiantuntijat vastaavat siirtokeskeytyksien suunnittelusta, kun taas Kantaverkkokeskus vastaa siirtokeskeytyksen vaatimien kytkentöjen johtamisesta ja toteutuksesta. (Mäki-hannu 2021.)

Siirtokeskeytyksellä tarkoitetaan jonkin jännitteellisen verkon osan erottamista siten, että voidaan mahdollistaa turvallinen työskentely kohteella. Verkon osien erotus toteutetaan kytkinlaitteilla, kuten katkaisijoilla ja erottimilla, joita ohjataan Kantaverkkokeskuksen johdolla. Siirtokeskeytyksiä ja näihin liittyviä kytkinlaitteiden ohjauksia tehdään pääosin verkon

kunnossapidon, investointien, käyttöhäiriöiden ja asiakkaiden tarpeiden mukaan. (Mäkihannu 2021.)

Kaikki kantaverkossa tehtävät siirtokeskeytykset ja niihin liittyvät kytkennät suunnitellaan huolellisesti ja niistä laaditaan tarvittava dokumentaatio. Jokaisesta siirtokeskeytyksestä tehdään erillinen kytkentäpäätös ja kytkentäohjelma, joissa on esitetty kytkennän toteutus, ajankohta ja tarvittavat resurssit. (Mäkihannu 2021.) Siirtokeskeytyksiin liittyviä kytkentäpäätöksiä tehdään vuosittain noin 1100 kappaletta ja vastaavasti niihin liittyviä kytkentäohjelmia tehdään vuosittain noin 1750–2000 kappaletta. Kytkentöihin liittyviä kytkinlaitteiden ohjauksia tehdään 50 000–60 000 kappaletta vuodessa. (Maximo 2021.)

Siirtokeskeytyssuunnittelussa tarvitaan tietoa verkon toteutushetken tilasta sekä kytkennöistä aiheutuvien kuormitusten jakautumisesta (Lakervi & Partanen 2009). Tätä suunnittelua tehdään yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa, jotta voidaan mahdollistaa turvallinen työskentely kohteella. Taloudellisuus ja käyttövarmuus varmistetaan erinäisillä laskelmilla ja selvityksillä. Lisäksi varmistetaan, että keskeytyksistä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa asiakkaille ja markkinoille. Reunaehtoina siirtokeskeytyssuunnittelussa on N-1 -kriteerin täyttyminen 400 kV ja 220 kV verkoissa. N-1 -kriteeri tarkoittaa, että sähköjärjestelmän tulee kestää, minkä tahansa yksittäisen verkon komponentin vikaantuminen ja irtoaminen ilman laajenevaa seurasta. Keskeytykset pyritään ajoittamaan ja suunnittelemaan siten, että tämä kriteeri täyttyy kaikissa tilanteissa. Tästä ehdosta poiketaan vain pakotavissa tilanteissa, esimerkiksi sähköverkon rakenteen takia. (Mäkihannu 2021; Fingrid 2020b; Fingrid 2021c.)

Käyttövarmuus

Käyttövarmuus on osa voimajärjestelmän luotettavuutta, joka kuvaa järjestelmän pitkänaikavälin suorituskykyä erilaisissa käyttö- ja vikatilanteissa. Käyttövarmuudella tarkoitetaan sähköjärjestelmän kykyä sietää äkillisiä häiriöitä tai verkon komponenttien vikaantumisia siten, että sähköjärjestelmän tasapaino säilyy ja verkolle asetetut käyttövarmuuskriteerit täyttyvät. Siirtoverkossa käyttövarmuuskriteerinä käytetään N-1 -kriteeriä. Silmukoidun sähkönsiirtoverkon on kestävä tavanomaiset yksittäiset viat ja vikaantuneiden komponenttien irtoamiset ilman, että siitä koituu tuotannolle tai kulutukselle keskeytystä tai seurannaisvikoja. (Elovaara & Haarla 2011; Fingrid 2020b.)

Käyttövarmuuteen vaikuttavat erilaiset sähkönsiirron keskeytykset, jotka voidaan jakaa suunniteltuihin ja suunnittelemattomiin keskeytyksiin. Suunniteltuja keskeytyksiä kantaverkossa tehdään kunnossapidon, asiakkaiden

tarpeiden, verkon investointien ja perusparannuksien takia. Suunnittelemattomalla keskeytyksellä tarkoitetaan verkossa esiintyvän käyttöhäiriön johdosta tapahtunutta tilapäistä tai jatkuvaa sähkönsiirron rajoitustilannetta. (Mäkihannu 2021; Lakervi & Partanen 2009.) Häiriö on tilanne, jossa suojaus laukaisee automaattisesti katkaisijan tai se avataan manuaalisesti häiriön laajenemisen estämiseksi. Häiriötä hallitaan erottamalla vikaantunut osuus ehjästä siirtoverkosta, joka aiheuttaa sähkönsiirron keskeytyksen erottuun verkon osaan. (Fingrid 2020b.)

Kantaverkossa tehtäville siirtokeskeytyksille tehdään siirtokeskeytyssuunnittelun prosessin aikana käyttövarmuuden tarkastelua, jossa selvitetään keskeytyksestä aiheutuvat tekniset ja taloudelliset vaikutukset. Tarkastelussa selvitetään N-1 -kriteerin toteutuminen maan rajoilla ja sisäisessä verkossa. Alueellisesti tarkastellaan käyttövarmuuskriteereiden toteutumien keskeytyksen aikana. Tässä vaiheessa myös arvioidaan mahdollisten vikojen aiheuttamat kustannukset kulutukselle ja tuotannon menetykselle. (Fingrid 2021c.) Mikäli keskeytyksissä aiheutuu markkinarajoituksia, ne koordinoidaan yhteispuhjoismaisesti muiden siirtoverkonhaltijoiden kanssa. Tarvittaessa käyttövarmuus varmistetaan vastakaupoilla, uudelleenmäärittämällä keskeytysten ajankohtia tai muuttamalla voimalaitosten ajojärjestystä. Myös rajayhteyksiä ja sisäisiä siirtoja voidaan tarvittaessa rajoittaa käyttövarmuuden takaamiseksi. (Mäkihannu 2021.)

Käyttövarmuustason seurannan lisäksi kantaverkossa seurataan asiakkaiden liityntäpisteiden vuosittaisia keskeytyksilukumääriä ja -aikoja sekä keskeytyksestä aiheutunutta haittaa. Kantaverkkoyhtiön asiakkaita ovat muun muassa suuret sähköntuottajat ja -kuluttajat sekä jakeluverkkoyhtiöt. Keskeytyshaittojen arviointiin käytetään KAH-arvoja, joilla voidaan määrittää keskeytyksestä aiheutuneen haitan rahallinen menetys. (Fingrid 2020b.) KAH-arvoja voidaan myös käyttää sähköntoimituksen laadun seurantaan ja verkkoinvestointien arviointiin (Elovaara & Haarla 2011). Rahallisen menetyksen suuruuteen vaikuttaa keskeytyksen pituus ja ajankohta sekä loppukäyttäjän tyyppi (Fingrid 2020b). Siirtokeskeytyksestä aiheutuva haitta lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$KAH = (A + B * T) * P * K_{va} * K_{vp} * Indeksikerroin \quad (1)$$

missä A on kulutuksen tyypistä riippuva tehokerroin, B kulutuksen tyypistä liittyvä energiakerroin, T on keskeytyksen kesto tunneissa, P on pätoeho keskeytyksen alkaessa, K_{va} on vuodenaikakerroin, K_{vp} on vuorokaudenaikakerroin ja indeksikerroin on rahanarvonkerroin, jota käytetään tarvittaessa. Liittymispistekeskeytyksistä aiheutuva haitta pyritään aina minimoimaan keskeytyssuunnittelulla. (Elovaara & Haarla 2011; Fingrid 2020b.)

2.3 Käyttötoiminnan tietojärjestelmät

Käyttötoiminnan toteutuksessa tarvitaan useiden eri tietojärjestelmien tietoja, niin reaaliaikaisia kuin historiatietoja. Käyttötoiminnan sovellukset käsittävät yleensä siirtokeskeytysten suunnittelun, kytkentätilanteen ja -jännitetilanteen optimoinnin. Verkon tilaseurantaan käytetään sovelluksia, joilla voidaan tehdä verkon tilaa liittyvää sähköteknistä laskentaa, kuten tehonjako- tai vikavirtalaskelmia. Häiriötilanteiden hallintaan käytetään sovelluksia, joilla voidaan muun muassa analysoida tapahtumia, paikantaa vikoja sekä tehdä asiakaspalveluun liittyvää raportointia. (Lakervi & Partanen 2009.)

2.3.1 Käytönvalvontajärjestelmä

Käytönvalvontajärjestelmä (SCADA, *Supervisory Control And Data Acquisition*) on tietojärjestelmä, jolla reaaliajassa valvotaan ja ohjataan prosessia tai prosessilaitteita. SCADA-järjestelmä tarjoaa tietoa prosessista tai prosessilaitteiden tilasta, jonka perusteella operaattori voi valvomossa tehdä ohjaustoimenpiteitä tai muita prosessin hallintaan liittyviä toimenpiteitä. Käytönvalvontajärjestelmät tai SCADA-järjestelmät tunnetaan myös yleisesti valvomo-ohjelmistoina. (Lakervi & Partanen 2009; McDonald & Thomas 2015.)

SCADA-järjestelmä eroaa tavanomaisista hajautetuista automaatiojärjestelmistä (DCS, *Distributed Control System*) alueellisen kattavuuden osalta. SCADA-järjestelmiä käytetään, kun prosessi on hajautettu suuren maantieteellisen alueen sisälle, kun taas DCS-järjestelmät käsittävät tyypillisesti yksittäisten tuotantolaitoksien prosessien ohjauksen. (McDonald & Thomas 2015.) Laajan alueellisen kattavuuden takia SCADA-järjestelmät soveltuvat sähköverkon hallintaan, jossa järjestelmällä toteutetaan sähkönverkon reaaliaikainen valvonta sekä verkossa tehtävät ohjaustoimenpiteet (Lakervi & Partanen 2009).

Käytönvalvontajärjestelmä on osana monissa sähköverkon kriittisissä toiminnoissa. Tämän takia järjestelmän luotettavuuden on oltava äärimmäisen korkealla tasolla. Järjestelmän tulee kestää muiden järjestelmien häiriöt, kuten sähkökatkokset ja julkiset tietoliikennehäiriöt. Luotettavuus on yleisesti varmistettu kahdennetuilla järjestelmillä, jolloin vikaantunut järjestelmä voidaan välittömästi korvata toimivalla järjestelmällä. Kriittisten prosessitietokoneiden sähkönsyöttö on yleisesti varmistettu UPS-akkujärjestelmillä. (Lakervi & Partanen 2009.)

Sähkönsiirto- ja sähkönjakeluyhtiöissä käytönvalvontajärjestelmällä tyypillisesti hallitaan sähköverkon tapahtuma- ja mittaustietoja sekä verkossa tehtäviä kytkinlaitteiden kauko-ohjauksia ja -asetteluita. (Lakervi & Partanen

2009). Fingridin käyttötoiminnassa käytönvalvontajärjestelmän avulla valvotaan sähkönsiirtoa 400, 220 ja 110 kV johdoilla, kantaverkon jännitteitä, järjestelmän taajuutta sekä muuntajien läpi menevää tehoa. Järjestelmä välittää Kantaverkkokeskuksen operaattoreille reaaliaikaisia mittaus-, tila- ja tapahtumatietoja. Näitä tietoja esitetään erilaisilla näyttökuvilla, tapahtumaja hälytyslistoilla sekä reaaliaikaisilla trendiviivoilla. Käytönvalvontajärjestelmään kuuluu myös verkostolaskentaohjelma, johon sisältyy tehonjakosovellus, joka laskee automaattisesti optimaalista jännitettä eri jänniteportaiden sähköasemille. Optimaalisen tehonjaon tarkoituksena on minimoida verkon kokonaishäviöt ottamalla huomioon verkossa esiintyvät virta- ja koronahäviöt. (Fingrid 2020b.)

Kaikki kantaverkossa tehtävät kytkennät valvotaan käytönvalvontajärjestelmän kautta. Käytönvalvontajärjestelmän verkkokuvasta nähdään reaaliajassa kytkennän vaikutus verkon tilaan. Kytkentöjen toteutusvaiheessa käytönvalvontajärjestelmästä varmistetaan verkon siirtotilanne ja jännitetasot ennen kytkennän toteutusta. Siirtotilanteen ja jännitetasojen tulee vastata etukäteen suunniteltua tilannetta. Kytkennässä kytkinlaitteiden ohjaukset tehdään näyttökuvan symboleita ohjaamalla. Muutos laitteen tilassa näkyy verkkokuvassa ohjattavan laitteen symbolin värin muutoksella. Laitteiden tilatietojen muutokset tallentuvat järjestelmässä tapahtumalistalle. Myös paikallisesti sähköasemalta tehtävien ohjauksien tieto tallentuu tapahtumalistalle ja tieto tilan muutoksesta tulee näkyviin näyttökuvaan. Kytkinlaitteiden lisäksi käytönvalvontajärjestelmästä kautta voidaan ohjata muun muassa lukitusjännitteitä, sekä estää jälleen kytkentöjen toiminta ja nollavirtalaukaisut. (Fingrid 2020b.)

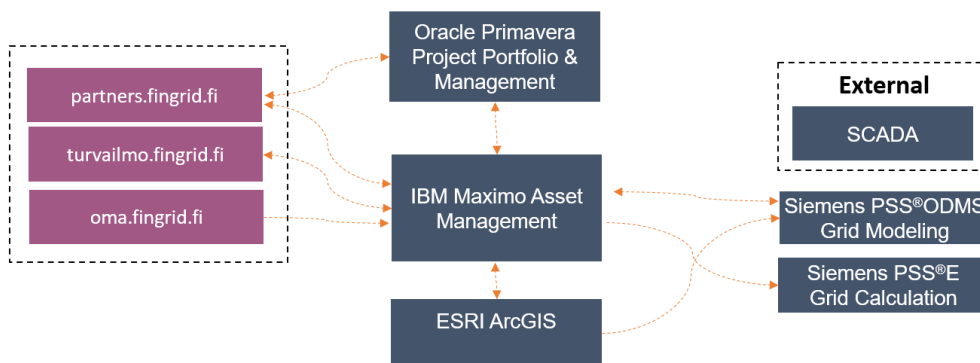
2.3.2 Käytöntukijärjestelmät

Käytöntukijärjestelmällä tarkoitetaan joukkoa sovelluksia, joita hyödynnetään verkon käyttötoimintojen ohjauksessa ja päätöksenteon tukena. Merkittävin ero SCADAn ja käytöntukijärjestelmävälillä on tapa, miten tietoa käsitellään ja prosessoidaan. Käytöntukijärjestelmät (DMS, *Distribution Management System*) käsittävät datan analyysi- ja päättelytoimintoja, kun taas SCADAssa lähinnä valvotaan ja ohjataan verkon laitteita. (Lakervi & Partanen 2009.)

Käytöntukijärjestelmien sovellukset voidaan jakaa esimerkiksi käyttötoimintojen tarpeiden mukaan verkon tilaseurannan pääsovelluksiin, häiriötilanteiden sovelluksiin ja käytön suunnittelua tukeviin sovelluksiin (Lakervi & Partanen 2009). Tyypillisesti käytöntukijärjestelmään kuuluvia sovelluksia ovat muun muassa asiakastietojärjestelmät (CIS, *Customer Information Systems*), karttatietojärjestelmät (GIS, *Geographical Information Systems*), omaisuudenhallintajärjestelmät (AMS, *Asset Management Systems*) ja

keskeytyksienhallintajärjestelmät (OMS, *Outage Management Systems*). (McDonald & Thomas 2015.)

Fingridillä on käytössään useita käytöntukijärjestelmiä, joista yksi on ELVIS (Electricity Verkkoinformation System) niminen tietojärjestelmäkokonaisuus (Fingrid 2016). ELVIS on rajapinnoilla integroitu järjestelmä erilaisista käyttöomaisuustiedoista, joka yhdistää eri liiketoimintaprosesseissa käytetyn datan. Toisin sanoen kaikki järjestelmät, jotka käyttävät jossain muodossa omaisuustietoja ovat ELVIS-järjestelmän osia (Stenstrand 2020). ELVIS koostuu useista yleisesti kaupallisesti saatavilla olevista omaisuudenhallintasovelluksista. Tiedon liikkuminen eri sovelluksien välillä on toteutettu siten, että käytetystä datasta on olemassa vain yksi yhteinen tietomalli. Tämä tarkoittaa sitä, että yhden sovelluksen tietomalliin tehdyt muutokset näkyvät muissakin järjestelmän sovelluksissa. (Fingrid 2016.) ELVISistä hyödynnetään verkon käytön tukena niin pitkäaikaisessa verkon suunnittelussa, kuin päivittäisessä kunnossapito- ja käyttötoiminnassa.



Kuva 2: KytKentäprosessissa käytettävät ELVIS-sovellukset. Muokattu kohteesta Stenstrand (2020)

Kuvassa 2 on esitetty siirtokeskeytys- ja kytKentäprosessin näkökulmasta keskeiset ELVIS-järjestelmään kuuluvat sovellukset ja niiden keskinäiset yhteydet. Kaiken keskellä on IBM Maximo käyttöomaisuuden hallintajärjestelmä, jossa hallitaan kaikkia siirtokeskeytys- ja kytKentäprosessiin liittyviä tietueita. PSS/ODMS:ssä ylläpidetään siirtoverkon verkkomallin ydintiedot, joka viedään rajapintojen kautta muihin ELVIS-järjestelmän osiin. ArcGIS on taas karttapohjainen paikkatietojärjestelmä, jossa ylläpidetään siirtoverkossa olevien omaisuuksien piirustuksia, kuten esimerkiksi voimajohtojen ja sähköasemien piirustuksia. (Hätönen 2021a.)

Verkon omaisuustiedot mallinnetaan ArcGIS- ja Maximo-järjestelmissä. Omaisuustietoja viedään rajapintojen kautta järjestelmien välillä ristiin, jotta saadaan täydellinen omaisuustieto. PSS/ODMS:ssä verkkomallin

omaisuustiedot päivittyvät ArcGIS-järjestelmään piirretyn mallin perusteella sekä Maximon omaisuustietojen perusteella. PSS/ODMS:stä verkkomalli vietään käytönvalvontajärjestelmään sekä PSS/E-laskentatyökaluun, jossa verkkomallia hyödynnetään verkostolaskennassa tai muussa suunnittelukäytössä. (Hätönen 2021a.)

PSS/ODMS

PSS/ODMS (*Power System Simulator/Operational Database Management System*) on kaupallinen Siemensin PSS-tuoteperheeseen kuuluva verkon mallinnus- ja analysointiohjelma. PSS/ODMS:n toimii keskitetysti verkkomallin ylläpito- ja hallintapaikkana, jossa sillä on mahdollista analysoida ja simuloida verkkoa yksityiskohtaisesti eri käyttötilanteissa. (Siemens 2017a.) Järjestelmässä ylläpidetään kantaverkkomallin tietokantaa, joka sisältää koko Suomen kantaverkon sekä siihen liitettyjen asiakkaiden 110 kV verkon mallinnettuna. PSS/ODMS:än verkkomalli kattaa muun muassa kaikki verkkoon liitetyt voimalaitokset, sähköasemat, voimajohdot ja kytkinlaitteet. (Luukkonen 2021.)

Ohjelmalla voidaan muun muassa tehdä tehonjakolaskentaa solmupisteistä haarautuville verkon osille. Järjestelmää käytetään lyhyen ja pidemmän aikavälin verkon suunnittelussa. Tätä varten PSS/ODMS mahdollistaa erilaisien käyttökkenaarioiden luonnin, missä verkkomalliin voidaan yhdistää esimerkiksi tulevat siirtokeskeytykset, tuotanto- ja kulutusennusteet. Pidemmän aikavälin verkon suunnittelua ohjelmassa hallitaan projektit toiminallisuudella, jota käytetään työtilana muutoksien testaukselle ennen kuin pääverkkomallia päivitetään. (Siemens 2017a.)

PSS/ODMS tallentaa verkkodatan CIM:n perustuvaan relaatiotietokantaan, josta data voidaan ottaa käyttöön joko Microsoft SQL-palvelimella tai Oraclella. Tietokantaa on myös mahdollista kustomoida sisältämään käyttäjän määrittelemiä kenttiä. Tietokannasta tietoa voidaan hakea ja jakaa rajapintojen avulla yrityksen eri toimintojen omaisuuden- ja tiedonhallintajärjestelmiin. Järjestelmä tukee muun muassa Python™ ja .NET API-rajapintoja, joiden avulla on mahdollista luoda omia räätälöityjä käyttöliittymälajennuksia. (Siemens 2017a.)

PSS/E

PSS/E (*Power System Simulator/Engineering*) on Siemensin verkostolaskentaohjelma, joka on Fingridillä käytössä pääosin käytön- ja verkon suunnittelun työkaluna. PSS/E:n avulla voidaan tarkastella siirtoverkon tilaa erilaisissa käyttö- ja häiriötilanteissa. Ohjelma sisältää muun muassa työkalut tehonjako- ja vikavirtalaskentaan sekä dynaamisten vikojen mallintamiseen,

jännite- ja transienttistabiilisuus analyysiin ja jakoraja optimointiin. (Siemens 2017b)

PSS/E hyödyntää PSS/ODMS:n verkkomallia ja Maximon omaisuustietoja (Luukkonen 2021). Siirtokeskeytysprosessissa PSS/E:tä käytetään työkaluna käyttövarmuustarkastelun tekemiseen prosessin eri vaiheissa. Kantaverkko mitoitetaan tietyille siirtokapasiteeteille yhteispohjoismaisten mitoitussääntösuositusten mukaan. Mitoituskriteerinä on N-1 -säännön toteutuminen ennustetuissa kantaverkon kuormitustilanteissa. PSS/E:n tehonjakolaskennalla varmistetaan N-1 -kriteerin toteutuminen verkossa keskeytystilanteissa. (Pohjanpalo 2021.)

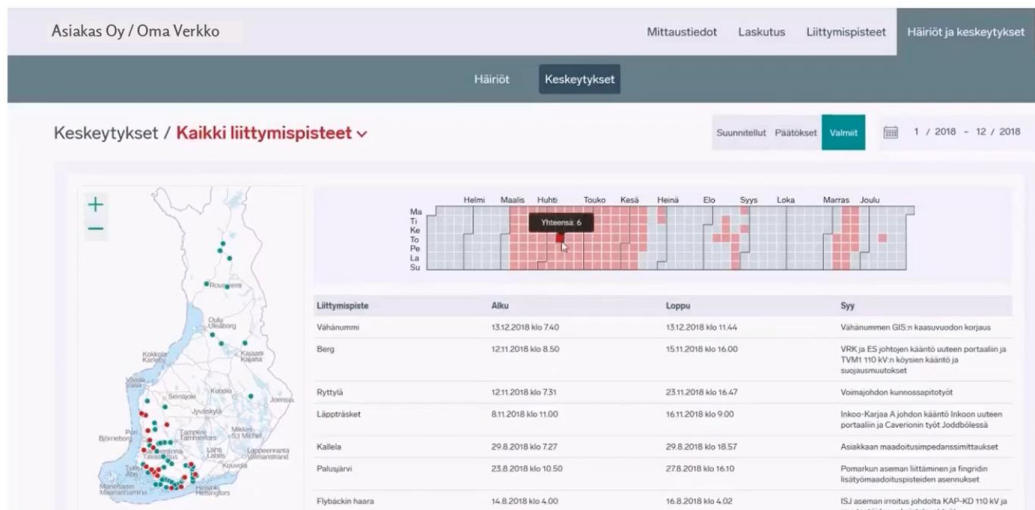
ESRI ArcGIS

ArcGIS on ESRI:n toimittama paikkatietojärjestelmä (GIS), joka toimii alustana maantieteellisten tietojen keräykselle, hallinnalle ja analysoinnille. Ohjelmalla on mahdollista integroida monenlaista paikkatietoa ja luoda näiden pohjalta usean tietokerroksen visualisointeja. ArcGIS mahdollistaa GIS-pohjaisten karttojen jakamisen ja upottamisen eri sovellusten käyttötärpeitä varten. (ESRI 2021.) GIS-järjestelmät perustuvat siihen, että tiedot järjestetään tasoiksi, jotka on kohdistettu toisiinsa maantieteellisesti. Nämä karttatasot voivat kuvata mitä tahansa objektia, rajaa tai tapahtumaa. Karttatasoilla voidaan esittää esimerkiksi rakennuksia, teitä, satelliittikuvia tai verkkoja. (Brown & Harder 2021.)

Fingridin verkko-omaisuus, kuten voimajohdot ja sähköasemat ovat mallinnettuna ArcGIS:een, joka on osa ELVIS-järjestelmää. Sähköverkon pääkaavio on mallinnettu järjestelmään yksivaiheisena esityksenä, joka sisältää useamman tason. Ylemmillä tasoilla esitetään sähköasemat ja niiden väliset voimajohdot. Verkon topologia ja siihen kuuluvat komponentit on mallinnettu järjestelmään siten, että ne ovat maantieteellisesti oikeilla sijainneilla. Alemmilla karttatasoilla omaisuustiedoista esitetään yksityiskohtaisempia tietoja, kuten yksittäisten verkkokomponenttien tunnistetiedot ja sijainti. (Fingrid 2017b.)

Oma Fingrid

Oma Fingrid on Fingridin kehittämä sähköinen palvelu (kuva 3), jossa kantaverkkoasiakkaat voivat tarkastella heitä koskevia sähkönsiirron mittaus-, laskutus- ja loissähkötietoja sekä häiriö- ja siirtokeskeytystietoja (Fingrid 2019b). Palvelun aloitussivulla asiakkaille esitetään tietoa heidän liittymispisteidensä kautta siirretyn sähkön- ja loistehon määrästä.



Kuva 3: Oma Fingrid -portaalin keskeytysnäkö (Fingrid 2019b)

Siirtokeskeytysprosessin näkökulmasta asiakkaat voivat tarkastella palvelun kautta heidän sähköasemiaan ja liittymispisteitään koskevia keskeytys-suunnitelmia (Mantela 2018). Palvelun kautta asiakas näkee liittymispisteensä maantieteellisen sijainnin verkossa sekä missä tilassa liittymispisteeseen vaikuttava keskeytystietue on. Liittymispisteeseen vaikuttavien suunniteltujen keskeytyksien tila ja toteutusajankohta on esitetty palvelussa kalenteri- ja listanäkymässä. (Fingrid 2019b.)

Kantaverkkoasiakkaat voivat myös ilmoittaa heidän keskeytystarpeensa Oma Fingridin kautta. Palvelussa on ilmoituskaavake, jonka kautta asiakas voi ilmoittaa omaa liittymispistettään ja sähköasemaansa koskevat keskeytystä vaativat kunnossapitotarpeensa. Ilmoitetusta keskeytystarpeesta tulee Maximoon uusi keskeytystarvetietue, jonka tilaa asiakas voi seurata palvelun kautta. Oma Fingridin teknisissä ratkaisuihin on hyödynnetty laajasti ELVIS-järjestelmässä olevaa dataa. Esimerkiksi asiakkaiden liittymispisteitä koskevat keskeytykset on toteutettu kohdistamalla Maximon omaisuustietoon asiakkaan työalue, liittymispiste sekä sähköasema. Oma Fingridin karttanäkymissä on taas hyödynnetty ArcGIS-järjestelmän karttoja, jotka sidottu on Maximon omaisuustietoja ja tuotu rajapintojen kautta asiakkaan näky-mään. (Mantela 2018.)

Partnereiden Oma Fingrid (POF)

Oma Fingridistä on olemassa myös versio nimeltä Partnereiden Oma Fingrid, joka on tarkoitettu Fingridin ja palveluntoimittajien väliseen yhteistoi-mintaan ja tiedonvaihtoon. Järjestelmää käytetään pääosin tiedonvaihdon alustana verkon rakennusprojekteissa ja kunnossapidossa. Järjestelmän pääasiallinen kohderyhmä on kunnossapidon toimittajat, rakennusurakoit-sijat ja hankesuunnittelun palvelun toimittajat. Palvelussa ylläpidetään

projektien hallinnollista ja teknistä dokumentaatiota, ja sitä myös käytetään projektien aikataulujen seurantaan ja hallintaan. Palveluntoimittajat voivat käyttää alustaa yhdessä Fingridin kanssa projektin hallinnoimiseen. (Fingrid 2021e.)

IBM Maximo Asset Management

Fingridin käyttötoiminnassa hyödynnetään Maximo Asset Management nimistä omaisuudenhallintajärjestelmää, joka on IBM:n kehittämä. Sillä voidaan hallita omaisuustietoja ja niihin liittyviä työnkiertoja. Järjestelmässä on mahdollista luoda, seurata, ilmoittaa ja raportoida keskeisistä prosessikomponenteista, kuten työ- ja ostotilauksista. Maximon tietokannassa nähdään omaisuustietojen attribuutit, kokoonpano sekä niiden suhde muihin järjestelmässä oleviin resursseihin. (IBM 2021.)

Käyttötoiminnan tarpeita varten Maximoon on rakennettu sovellukset käyttöhäiriöiden, turvallisuusilmoitusten, työilmoitusten, siirtokeskeytystietueiden hallintaan. Häiriöt-sovelluksella hallitaan tietoja kantaverkossa vaikuttaneista käyttöhäiriöistä. Sovellus toimii myös alustana häiriönselvityksessä käytettäville työkaluille, kuten kulkuaaltomittauksille, vikapaikan laskeamiselle, salamatieoille, suojaustiedoille ja viestinnälle. (Fingrid 2020b.)

Turvallisuusilmoitus-sovelluksen avulla hallitaan tehtyjä turvallisuusilmoituksia. Turvallisuusilmoitus on suunnitelma tulevasta työstä Fingridin sähköasemalla, varavoimalaitoksella tai voimajohdolla. Se pitää sisällään tehtävät työt ja niihin liittyvät riskit sekä tiedon työtä suorittavista henkilöistä. Ilmoitukset laaditaan joko web-lomakkeella tai tarkoitukseen tehdyllä Turvallisuusilmoitus-sovelluksella (turvailmo.fingrid.fi). Turvallisuusilmoituksen lisäksi Fingridin työkohteilla työskentelevien henkilöiden on tehtävä työilmoitus saapuessaan ja poistuessaan kohteelta. (Fingrid 2020b.)

Siirtokeskeytysprosessissa tuotettuja kytkentätietueita hallitaan Maximon Siirtokeskeytykset ja kytkentäohjelmat -sovelluksessa. Siirtokeskeytyksiä käsitellään Maximossa kytkentäsuunnitelma- ja kytkentäohjelmätietueilla. Kytkentäsuunnitelma on yksityiskohtainen suunnitelma keskeytyksestä, joka pitää sisällään eroon- ja palautuskytkennän ajankohdat, sijainnin, maadoitukset, toteutustavan sekä keskeytyksen liittyvät työvaiheet. Kytkentäohjelma on yksityiskohtainen suunnitelma kytkennästä ja kytkettävien laitteiden ohjaustoimenpiteistä. (Fingrid 2021f.)

3 DIGITALISAATIO JA PROSESSIEN KEHITTÄMINEN

3.1 Digitalisaatio osana liiketoimintaprosesseja

Digitalisaatiota on kirjallisuudessa kuvattu useilla eri tavoilla eikä termille ole yhtä vakiintunutta käsitettä. Termillä voidaan joko tarkoittaa prosessia, jossa analoginen data muunnetaan digitaaliseen muotoon tai sitä voidaan pitää perustavanlaatuisena muutoksena, joka käsittää kaikki digitaalisen tekniikan soveltamiseen liittyvät muutokset yhteiskunnan kaikilla osa-alueilla. Digitalisoinnilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi asioiden, esineiden, prosessien muuttamista osittain tai kokonaan digitaaliseen muotoon. Digitalisaatio on itsessään globaali megatrendi, joka tulee vaikuttamaan yritysten liiketoimintamalleihin ja ihmisten tapaa tehdä työtä. (Ilmarinen & Koskela 2015; Parviainen ym. 2017.)

Digitalisaation kehityksen ajureina ovat olleet digitaaliseen teknologioiden halventuminen ja prosessointitehon kasvaminen. Ilmarinen & Koskela (2015) jakavat digitalisaation kehityksen eri sukupolviin. Ensimmäisen sukupolven digitaalisten ratkaisujen voidaan katsoa alkaneen 1990-luvulla kotisivujen yleistymisen myötä. Tämä mahdollisti aivan uudella tavalla asiakkaiden ja tiedon tavoittamisen. Samaan aikaan kehitettiin hakupalveluita ja -koneita sekä perustettiin erilaisia mainostamisen alustoja. Toisen sukupolven ratkaisut kehittyivät 2000-luvusta eteenpäin. Verkkokauppojen ja mobiili-internetin yleistymisen myötä markkinoiden dynamiikka alkoi muuttua. Kilpailusta tuli entistä globaalimpaa kansainvälisten verkkokauppojen myötä. Kehityskulun kolmas sukupolvi alkaa 2010-luvusta eteenpäin. Kolmannen sukupolven digitalisaatiolle on tunnusomaista, että siinä muuttuu arvontuotannon ydin automatiikan ja robotiikan ansiosta. Laitteet, koneet ja tavarat ovat enenevässä määrin älykkäitä ja niillä on kyky kommunikoida keskenään. Tätä voidaan myös kuvata termeillä teollinen internet (engl. *Industrial Internet*), esineiden ja asioiden internet (engl. *Internet of Things*, IOT) tai kaiken internet (engl. *Internet of Everything*, IOE). (Ilmarinen & Koskela 2015.)

Digitalisaation vaikutuksia voidaan tarkastella neljän osa-alueen kautta, joita ovat yhteiskunta-, liiketoiminta-, organisaatio- ja prosessitaso. Yhteiskuntatasolla digitalisaation vaikutus näkyy muuttuvina yhteiskuntarakenteina ja taloudellisena kasvuna. (Parviainen ym. 2017.) Nämä makrotason muutokset vaikuttavat markkinoiden toimintaan ja ihmisten käyttäytymismalleihin. Yritysten digitaaliset ratkaisut ja liiketoimintamallit muuttavat markkinoilla vakiintuneita käytäntöjä, joilla voidaan vastata aivan uudella tavalla asiakkaiden tarpeisiin. Markkinoilla tapahtuvat muutokset

vaikuttavat myös työvoiman tarpeeseen, jolla on taas vaikutusta yhteiskuntaan. Esimerkiksi sanomalehtien kulutus on vähentynyt digitalisaation myötä, kun uutisten lukeminen on siirtynyt internettiin. Tämä muutos on näkynyt suomalaisilla metsäteollisuuspaikkakunnilla, jossa paperitehtaat ovat joutuneet vähentämään tuotantoaan tai siirtymään kokonaan uusiin tuotteisiin. (Ilmarinen & Koskela 2015.)

Organisaatio- ja liiketoimintatasolla digitalisaatio taas näkyy uusina lisäarvoa tuottavina palveluina ja toimintatapoina. Tyypillisesti tämä tarkoittaa liiketoimintamallien, tuotteiden, palveluiden tai kokonaisten prosessien ja niiden osien digitalisointia. (Fleischmann ym. 2020; Parviainen ym. 2017.) Yritykset voivat parantaa arvoketjuaan hyödyntämällä digitaalisista tuotteista saatua dataa tai arvoketju voidaan virtaviivaistaa kokonaan digitaalisella ratkaisulla (Ilmarinen & Koskela 2015).

Prosessitaso käsittää prosessien virtaviivaistamisen ja siinä käytettävien työkalujen digitalisoinnin, millä vähennetään prosessissa esiintyviä manuaalisia työvaiheita. Prosessitason digitalisoinnilla voidaan saavuttaa parempia, tehokkaampia ja laadukkaampia prosesseja. Digitalisoinnin hyödyt prosessien kehityksessä eivät ainoastaan rajoitu työn tehokkuuden paranemiseen, vaan niillä on myös rinnakkaisvaikutuksia, jotka voivat johtaa työntekijöiden parempaan työhyvinvointiin. Prosessissa tehtävän käsityön automatisointi mahdollistaa työntekijäresurssien tehokkaamman hyödyntämisen. Vapautuneen ajan ansiosta koulutukseen ja uusien taitojen kehittämiseen jää enemmän aikaa. Näillä prosesseihin ja työskentelytapoihin saavutetuilla hyödyillä on positiivinen vaikutus organisaation sisäiseen tehokkuuteen, jolla mitataan yrityksen sisäisten prosessien suorituskykyä. (Parviainen ym. 2017.)

Tyypillisesti automaatio on keskittynyt tehostamaan prosesseja siirtämällä ihmisen tekemään työtä tietojärjestelmän, koneen tai robotin työksi. Perinteisesti automaatiolla on korvattu rutiinitehtäviä, mutta lopullinen päättely ja harkinta on jätetty ihmiselle. Nykyään digitaalisilla ratkaisuilla voidaan automatisoida monimutkaisia toimintoja sekä tehdä päätöksiä data-analytiikan ja päättelyalgoritmien avulla. (Ilmarinen & Koskela 2015.) Esimerkiksi tietotyön prosessissa tehtävien toimenpiteiden suorittamiseen tarvitaan erilaisia sovelluksia ja palveluita, joissa ihmiset tekevät toistuvia rutiinitoimenpiteitä. Tällaisia prosesseja voidaan digitalisoida esimerkiksi ohjelmistorobottiikalla (engl. *Robotic Process Automation*, RPA). Ohjelmistoroboteilla voidaan automatisoida työnkulkuja eri järjestelmien välillä jäljittelemällä ihmisten toimintaa. Ohjelmistorobottiikan etu on, että se mahdollistaa tietojen siirron eri sovellusten välillä ilman, että olemassa olevaa IT-infrastruktuuria tarvitsee muokata. (Fleischmann ym. 2020.)

3.2 Liiketoimintaprosessien kehitysmallit

Organisaatioissa tapahtuvaa ennalta määritettyä toimintaa voidaan kuvata termillä liiketoimintaprosessi. Prosessi on tapahtumasarja, joka koostuu toimenpiteiden ketjusta, jolla päästään ennalta määritettyyn lopputulokseen. Prosessille on myös tyypillistä siinä tehtävien toimienpiteiden toistuvuus ja mitattavuus. Prosessin voidaan katsoa alkavan syötteestä (engl. *input*), joka voi olla tulla organisaation sisältä tai ulkopuolelta. Syötteet ovat joko materiaalia tai tietoa, kuten esimerkiksi asiakkaan tilaustapahtuma. Tähän syötteeseen kohdennettua ja koordinoitua toimintaa kutsutaan prosessiksi. Prosessissa tehtäviä toimenpiteitä (engl. *activity*) voivat suorittaa ihmiset useilla eri organisaatiotasolla ja tietojärjestelmillä. Toimenpiteet ovat usein eritokonejärjestelmissä suoritettavia tapahtumia. Lopulta syöte jalostuu prosessissa tulokseksi (engl. *output*), eli tuotteeksi tai palveluksi. (Fleischmann ym. 2020; Laamanen 2005.)

Yritykset ohjaavat liiketoimintaansa prosesseilla ja jokaiselta yritykseltä löytyy ennalta määritetty tapa tehdä asioita. Mitä paremmin yritys on määritellyt liiketoimintaprosessinsa ja mitä johdonmukaisemmin se päivittäisessä toiminnassaan niitä hyödyntää, sitä tehokkaampi ja kilpailukykyisempi yritys tulee olemaan. Ihmiset myös ymmärtävät paremmin oman roolinsa osana kokonaisuutta, sekä miten lisäarvo prosessissa tuotetaan. Hyödyt näkyvät parempana asiakaskokemuksena sekä lopputuotteen laatuina. Lopputuotteen laadun lisäksi yrityksen kilpailukykyyn ja asiakaskokemukseen vaikuttaa myös itse prosessin laadukkuus. Esimerkiksi kirjakaupan asiakaskokemus koostuu kirjojen etsinnän, valinnan, oston ja toimituksen prosessista. (Fleischmann ym. 2020; Laamanen 2005.)

Prosesseille on tunnusomaista, että ne eivät ole staattisia, vaan niihin kohdistuu jatkuvasti painetta muutokselle ja uudistumiselle. Yrityksen toimintaympäristön muutokset, kuten uudet kilpailijat, tekninen kehitys, tai prosessin suorituskyvyn heikkeneminen, tuo painetta prosessien kehittämislle. Kehittäminen kohdistuu myös usein myös prosessissa käytettävien IT-järjestelmiin. IT-järjestelmien on myös uudistuttava prosessin mukana, jotta voidaan täyttää muuttuneen prosessin vaatimukset. Tämän lisäksi pitää huomioida kustannustehokkuus. Haluttu lopputulos prosessissa tai sen kehittämisessä tulee saavuttaa mahdollisimman pienillä resursseilla niin, että sisäiset ja ulkoiset vaatimukset täyttyvät. Tätä kokonaisuutta pyritään hallitsemaan prosessijohtamisen keinoin. (Fleischmann ym. 2020.)

Prosessijohtaminen on johtamisoppi, jossa yrityksen organisaatioiden toimintaa johdetaan prosessien avulla (Lecklin 2002). Se käsittää menetelmät johtamis-, ydin- ja tukiprosessien analysointiin, suunnitteluun, optimointiin, toteuttamiseen, hallintaan, seurantaan ja niiden kehittämiseen

(Fleischmann ym. 2020). Prosessijohtamisen voi jakaa eri koulukuntiin, jossa prosessien hallinnan, mittaamisen ja kehittämisen menetelmiä sovelletaan kyseisen koulukunnan näkökulmasta. Merkittäviä prosessijohtamisen koulukuntia ovat muun muassa laatujohtaminen (engl. *Total Quality Management, TQM*) ja aikaan perustuva johtaminen (engl. *Time Based Management, TBM*). Laatujohtamisen keskiössä on asiakkaalle toimitetun tuotteen laatu, kun taas aikaan perustuvassa johtamisessa tärkein mittari on aika. (Lecklin 2002; Hannus 1994.)

Prosessien mittaaminen on oleellinen osa prosessijohtamista ja prosessien jatkuvaa kehittämistä. Prosessien suorituskykyä voi mitata ja tarkastella monesta eri näkökulmasta, kuten talouden, tehokkuuden ja asiakastyytyväisyyden osalta. Yleisimpänä prosessin tehokkuuden tunnuslukuna käytetään prosessin läpimenoaikaa. Läpimenoaika mittaa aikaa, joka kuluu prosessissa tuotetun tuotteen valmistamiseen. Läpimenoaika koostuu siirto-, odotus-, suoritus- ja lopetusajasta. Tyypillisesti läpimenoaikojen mittaamisessa huomataan, että prosessin suoritusosuus vie vain murto-osan prosessin koko läpimenoajasta. Prosessin läpimenoajan lyhentäminen ei vaikuta ainoastaan prosessin nopeuteen, vaan sen on myös pienentää kustannuksia ja parantaa tuotteen laatua. Aikaa perustuvaa suorituskyvyn tarkastelua voi tehdä myös mittaamalla toimitusajan täsmällisyyttä. Asiakkaan näkökulmasta tarkasteltuna on tärkeää, että tuote saadaan toimittua täsmällisesti sovittuun aikaan. Prosessin suorituskykyä voidaan myös mitata kustannusten ja määrällisten tapahtumien kautta. Prosessin kustannukset pitävät sisällään suorat kustannukset ja prosessiin sitoutuneen pääoman. Määrällisesti taas voidaan mitata tuotteiden, tapahtumien, poikkeamien ja reklamaatioiden määrää. (Laamanen 2005.)

Prosessin kehittäminen voi kohdistua joko ihmisen toimintaan prosessissa tai prosessissa käytettäviin järjestelmiin. Prosessien kehittämisen kontekstissa digitalisaatiolla voidaan tuottaa lisäarvoa yritysten liiketoimintamalleihin, tuotteisiin ja prosesseihin (Fleischmann ym. 2020). Prosessien kehittämiseen on olemassa useita erilaisia kehitysmalleja, joille on usein tyypillistä prosessien nykytilan kuvaaminen, suorituskyvyn mittaaminen, analysointi ja ratkaisujen testaaminen (Laamanen 2005).

Seuraavissa luvuissa on esitetty erilaisia kirjallisuudessa esitettyjä lähestymistapoja prosessien kehittämiseen. Ensimmäisenä esitellään Lean ja Six Sigma, jotka ovat tilastotieteeseen pohjautuvia laatujohtamisessa käytettyjä liiketoimintaprosessien kehitysmenetelmiä. Tämän jälkeen tarkastellaan suunnitteluajattelun kehitysmallia, jonka keinoin voidaan kehittää innovatiivisia ratkaisuja prosesseihin ja niissä käytettäviin tietojärjestelmiin.

3.2.1 Lean ja Six Sigma

Lean ja Six Sigma on tilastotieteeseen perustuva joukko prosessien kehitysmenetelmiä, joilla pyritään vaikuttamaan prosessin suorituskykyyn keskittymällä prosesseissa esiintyviin vaihteluihin. Six Sigma -menetelmiä käytetään vaihtelun minimoimiseen, kun taas Lean-menetelmillä poistetaan prosessissa esiintyvää hukkaa ja prosessin monimutkaisuutta. Asiakkaalle tuotettu hyöty ovat Lean ja Six Sigma -menetelmien keskiössä. Päämääränä on tuottaa laadukkaita tuotteita ja palveluita asiakkaille kustannustehokkaasti. (George 2002.)

Taulukko 1: Sigma-tasot. Muokattu kohteesta (George 2002)

Sigma-taso	DPMO	Tarkkuus [%]
1 σ	690 000	31
2 σ	308 547	69
3 σ	66 807	93.3
4 σ	6 210	99.38
5 σ	233	99.997
6 σ	3,4	99.99966

Yrityksissä Six Sigmaa hyödynnetään joko dataan pohjautuvana liiketoiminnan kehitysmenetelmänä tai johtamisstrategiana (Swink & Jacobs 2012). Six Sigma -menetelmillä pyritään kvantitatiivisesti määrittämään ja parantamaan prosessien suorituskykyä ja laatua. Termi Six Sigma tarkoittaa lähes täydellistä laatutasoa. Kuten taulukosta 1 nähdään, niin tilastollisesti Six Sigma -taso saavutetaan, kun prosessi tuottaa vähemmän kuin 3,4 virhettä miljoonaa virhemahdollisuutta (eng. *Defects Per Million Opportunities*, DPMO) kohden. Vastaavasti, mikäli prosessin laadullinen Sigma-taso on kolme, niin prosessin virheiden määrä on alle 66 800 DPMO. Six Sigman tavoitteena on nostaa organisaation Sigma-tasoa hyödyntämällä tilastollisia prosessien kehitysmenetelmiä ja tekniikoita (Anabari & Kwak 2006).

Useimmat Six Sigman alaiset kehitysmenetelmät eivät keskity nopeuttamaan prosessin työvaiheita tai tunnistamaan hukkaan käytettyä aikaa. Parannus prosessin suorituskykyyn saavutetaan prosessissa esiintyvän vaihtelun poistamisen sivutuotteena. Termillä vaihtelu tarkoitetaan vaihtelua materiaaleissa, työmenetelmissä ja prosessiolosuhteissa. Vaihtelu voidaan usein yhdistää suoraan vikojen lähteeksi. Tästä syystä prosessissa esiintyvä vaihtelu vaikuttaa lopputuotteen laatuun ja prosessin suorituskykyyn. (George 2002.)

Lean on prosessijohtamisen filosofia, jonka menetelmillä taas pyritään tunnistamaan ja poistamaan prosessissa esiintyvää hukkaa niin, että samalla

voidaan laskea toiminnan kustannuksia ja parantaa laatua (George 2002). Termillä hukka tarkoitetaan prosessissa tuhlettua aikaa, työtä ja materiaaleja. Leanin tavoitteena on nopeus, johon pyritään prosessien virtaviivaistamisella ja poistamalla niissä esiintyvää odotusaikaa. Prosessissa tehtävät aktiviteetit pyritään ajoittamaan ja tekemään niin joustaviksi, että lopputuotetta tehdään vain sen verran, kuin on kysyntää. Valmistavassa teollisuudessa George (2002) mukaan materiaali on usein 95 % ajastaan odotustilassa, jonka aiheuttaa alle 20 % työvaiheista. Leanin ydin on näiden vaiheiden tunnistaminen ja priorisointi. (George 2002.)

Lean-menetelmien avainmittarina on prosessisyklin tehokkuus (engl. *Process Cycle Efficiency*, PCE). Prosessisykli on sarja prosessissa suoritettavia työvaiheita ja aktiviteetteja halutun lopputuloksen tuottamiseksi. Prosessisyklin tehokkuus (kaava 2) saadaan vertaamalla tuottavaa aikaa (engl. *Value-Added Time*, VAT) prosessin läpimenoaikaan (engl. *Total Lead Time*, TLT). Tuottavalla ajalla tarkoitetaan aikaa, joka on tarpeellinen tuotteen tai palvelun luomiseksi siten, että se on asiakkaalla käytettävissä. Prosessin voidaan katsoa olevan Lean, kun tuottava aika ylittää 25 % prosessin kokonaisläpimenoajasta. (George 2002.)

$$PCE = \frac{VAT}{TLT} \quad (2)$$

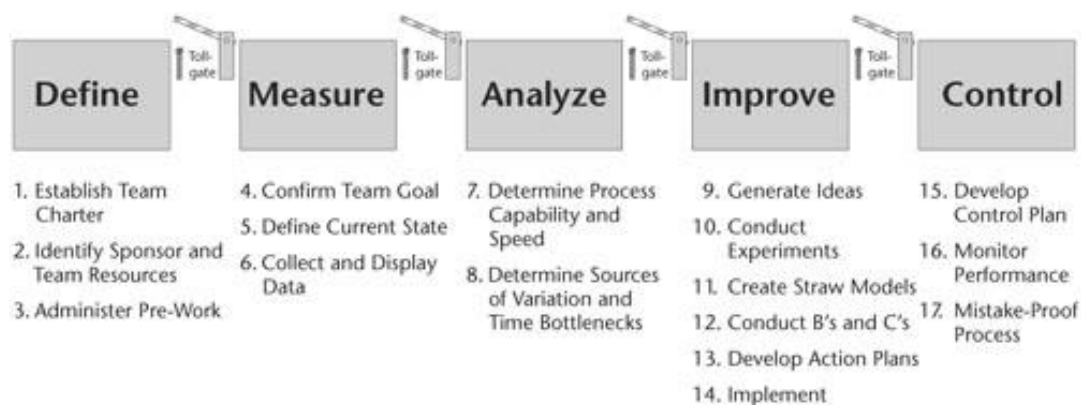
Huono prosessisyklin tehokkuus tarkoittaa käytännössä, että prosessissa kasaantuu keskeneräisiä töitä (engl. *Work In Progress*, WIP). Prosessin läpimenoaikoja voidaan tarkastella Littlen lain (engl. *Little's Law*) avulla. Littlen laki kertoo prosessissa kasaantuvien keskeneräisten töiden vaikutuksen läpimenoaikoihin ja valmistuneisiin töihin. Soveltamalla Littlen lakia prosessin läpimenoajan määrittämiseen saadaan kaavan 3 mukainen lauseke, jossa prosessin läpimenoaika (PLT) on verrannollinen keskeneräisiin töihin (WIP) ja keskimääräiseen työn suoritusajaan. (George 2002.)

$$PLT = \frac{WIP}{\text{Completions per Hour}} \quad (3)$$

Lean ja Six Sigma eivät ole toisiaan poissulkevia menetelmiä, vaan niitä usein käytetään yhdessä, jolloin puhutaan Lean Six Sigmasta (LSS) (George 2002). LSS toteutetaan tyypillisesti projektimaisesti, jossa projektitiimin jäsenet ja vetäjä ovat metodeihin koulutettuja ammattilaisia. Tyypillisesti heidän taitotasoaan kuvataan Belt-tasoilla, kuten esimerkiksi Black Belt ja Green Belt. Green Beltit toimivat kehitysprojekteissa spesialisteina, kun taas Black Beltit toimivat yleensä projektien vetäjinä. (Jaatinen 2020.)

Lean Six Sigma -kehitysprojekteja toteutetaan tyypillisesti viisivaiheisen DMAIC-ongelmanratkaisumallin (*Define, Measure, Analyze, Improve and*

Control) mukaan. DMAIC on systemaattinen jatkuvan parantamisen malli, jossa soveltamalla LSS-menetelmiä pyritään poistamaan prosessista tuottamattomat vaiheet (Anabari & Kwak 2006; Swink & Jacobs 2012). Kehitysmalli pitää sisällään kuvan 4 mukaisesti viisi vaihetta.



Kuva 4: DMAIC-mallin prosessikehityksen vaiheet (George 2002)

Define-vaiheessa määritetään kehitysprojektin tavoitteet ja rajat yhdessä hankkeen eri osapuolien kanssa. Käytännön tekeminen Define-vaiheessa keskittyy projektin suunnitteluun ja avaintietojen dokumentointiin. Tavoitteena on, että kehitysprojektin eri osapuolilla on yhteinen näkemys hankkeen laajuudesta ja kehitettävän prosessin- alku ja loppupisteistä. Tähän tarkoitukseen käytetään korkeantason prosessikuvauksia, kuten SIPOC-kaavioita (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*), joilla voidaan kuvata prosessin arvovirrat sekä eri osapuolien vuorovaikutussuhteet. (George 2002.)

Measure-vaiheessa kerätään dataa prosessin toiminnasta ja määritetään prosessin nykytilanne. Prosessin nykytilanteen ja ongelmankentän määrittämisessä hyödynnetään erilaisia prosessinkuvaustekniikoita, tiedonkeruutyökaluja ja työpajoja. Prosessin nykytilanteen kuvaaminen on käytännössä melkein aina prosessin kehittämisen lähtökohtana. Prosessien kuvaamisen työkaluna käytetään prosessikarttoja, joissa prosessin eri vaiheet ja aktiviteetit ovat esitettynä graafisesti esimerkiksi vuokaavioon. Prosessin kuvaaminen on tärkeää kahdesta syystä. Ensinnäkin prosesseja on yksinkertaisesti vain liian vaikea hahmottaa ilman visuaalista esitystä ja toiseksi prosessikartan laatiminen prosessissa osallisena olevien toimijoiden kanssa auttaa tunnistamaan prosessin ongelmia. (George 2002.)

Analyze-vaiheessa kerätty data analysoidaan ja siitä tunnistetaan ongelmien syy-seuraus-suhteet. Tässä vaiheessa käytetyillä metodeilla ja työkaluilla pyritään ymmärtämään kerättyä historiallista dataa ja löytämään sieltä ongelmien juurisyitä. Työkaluina käytetään kausaaliteetin arviointiin käytettäviä menetelmiä, kuten hajontakuvioita, varianssi- ja regressioanalyysyjä. Näistä menetelmistä hajontakuvio on yksinkertainen metodi, jolla voidaan

esittää visuaalisesti prosessin syötteen korrelaatio prosessin tuloksiin. (George 2002.)

Improve-vaiheessa kehitetään ratkaisuja Analyze-vaiheessa tunnistettujen syiden korjaamiseksi. Tämä vaihe sisältää kaikista laajimman skaalan hyödynnettävistä Six Sigma- ja Lean-menetelmien alle kuuluvista työkaluista, joilla vaikutetaan prosessin laatuun ja läpimenoaikoihin. Menetelmät voidaan ylätasolla jakaa yksinkertaisiin datan keräys- ja analysointityökaluihin tai ne ovat tietyyppisiin prosessiongelmien kohdennettuja erikoistyökaluja. (George 2002.)

Control-vaihe käsittää ratkaisujen implementoinnin ja prosessin suorituskyvyn mittaamisen. Tämän vaiheen tarkoitus on ylläpitää Improve-vaiheessa saavutettuja hyötyjä ja luoda edellytykset, että uudistukset vakiintuvat osaksi jokapäiväistä toimintaa. Tätä tuetaan prosessin dokumentoinnilla, prosessikartoilla ja mittaamalla prosessien suorituskykyä. (George 2002; Lintula 2015.)

Edellä esitettyä DMAIC-mallia käytetään, kun kehitetään olemassa olevaa prosessia, mutta muitakin muunnelmia on kehitetty eri käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi Six Sigmaa voidaan käyttää myös suunnittelun työkaluna, jolloin puhutaan DFSS:stä (*Design For Six Sigma*). DFSS-ajattelun lähtökohtana on suunnitella ja tuottaa asiakkaille tuotteita tai palveluita siten, että Six Sigman mukaiset laatumittarit täyttyvät. DFSS ohjaa tuottamaan tuotteita, joissa laatu ja asiakkaiden tarpeet ovat keskiössä. (Anabari & Kwak 2006.) Suunnitteluprosesseissa uusien tuotteiden ja palveluiden kehittämiseen käytetään DFSS:n alle kuuluvaa DMADV-mallia (*Define, Measure, Analyze, Improve and Verify*), jossa Control-vaihe on korvattu Verify-vaiheella (Swink & Jacobs 2012).

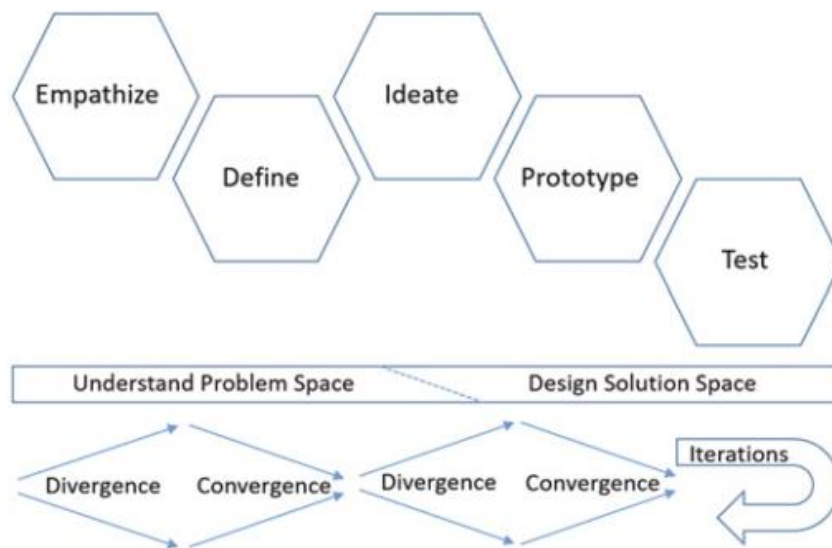
Lean- ja Six Sigma-kehitysmallien juuret ovat valmistavan teollisuuden prosessien tehostamisessa, mutta yhtä lailla näitä kehitysmalleja voidaan hyödyntää myös ei-valmistavissa prosesseissa. Leania voidaan hyödyntää myös tietotyön prosessien tehostamiseen ja virtaviivaistamiseen. Tästä esimerkkinä on Lean IT -suuntaukset, joissa digitaalisten prosessien kehittämiseen on sovellettu Lean-menetelmiä. Six Sigmaan sitoutuneet organisaatiot pyrkivät huippulaatuun ja sen periaatteet soveltuvat hyvin aloille, joissa virheen mahdollisuudelle ei ole varaa. (Anabari & Kwak 2006.)

3.2.2 Suunnitteluajattelu

Suunnitteluajattelu (engl. *Design Thinking*) on systemaattinen käyttäjien ja kehittäjien väliseen yhteistyöhön perustuva menetelmä monimutkaisten ongelmien ratkaisuun, sekä uusien tuotteiden, prosessien ja järjestelmien kehittämiseen (Luchs ym. 2015). Alun perin menetelmää hyödynnettiin fyysisten tuotteiden kehityksessä, mutta nykyään sitä hyödynnetään useilla toimialoilla, niin palveluiden kuin kokonaisten liiketoimintamallien kehityksessä. Suunnitteluajattelu on myös kasvattanut suosiotaan prosessijohtamisessa, jossa sitä on hyödynnetty liiketoimintaprosessin uudelleen mallintamiseen tai kehittämiseen. (Fleischmann ym. 2020.) Laajamittaisesti suunnitteluajattelua on hyödynnetty kuitenkin vasta viimeisen 15 vuoden aikana. Suunnitteluajattelu on kohtalaisen tuore menetelmä, verrattuna muihin prosessijohtamisessa käytettyihin kehitysmenetelmiin, kuten Six Sigma- tai Lean-menetelmiin. (IDEO 2021.)

Suunnitteluajattelun kehitysmalli sopii tilanteisiin, joissa ongelmakenttää ei ole selkeästi määritelty tai tarvitaan kokonaan uusi tuote tai tapa tehdä asioita (Luchs ym. 2015). Suunnitteluajattelu perustuu ajatukseen, että ongelmat pystytään paremmin ratkaisemaan, kun keskitytään käyttäjien tai asiakkaiden tarpeisiin. Näihin tarpeisiin pyritään vastaamaan jatkuvilla iteraatioilla ja prototyypeillä. (Fleischmann ym. 2020.) Toisin kuin tavanomaisissa kehitysmenetelmissä, niin suunnitteluajattelun mallissa ensimmäisten ratkaisujen prototyypit pyritään tekemään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa (Luchs ym. 2015). Suunnitteluajattelun kehitysmallin etuna nähdään, että sen menetelmillä pystytään vastaamaan paremmin prosessi- ja ohjelmistokehityksessä esiintyviin ongelmiin sekä muuttuviin käyttäjä- ja sidosryhmävaatimuksiin. (Fleischmann ym. 2020.)

Suunnitteluajattelun kehitysmallissa ei ole yhtä tiettyä tapaa tehdä asioita, vaan menetelmästä on useita muunnelmia. Prosessin vaiheiden sisällössä voi olla marginaalisia eroja, mutta pääpiirteittäin suunnitteluajattelu noudattaa samaa kaavaa, joka keskittyy iteratiiviseen ongelmien tunnistamiseen ja ratkaisemiseen. (Luchs ym. 2015.) Kuvassa 5 on esitetty Stanfordin d.school-koulun suunnitteluajattelun malli. Kyseessä on iteratiivinen viisivaiheinen prosessi, joka alkaa ongelmakentän määrittelyllä ja päättyy ratkaisun toteutukseen ja testaukseen. Kaikissa prosessin vaiheissa visuaalisuus on keskiössä. Ajatukset, ideat ja ratkaisut pyritään esittämään visuaalisesti piirustuksina, prosessikartoilla, ajatuskartoilla tai prototyypeillä. Tavoitteena on löytää optimaalinen ratkaisu, joka kattaa käyttäjien tarpeet, teknisen toteutettavuuden ja taloudellisen kannatettavuuden. (Fleischmann ym. 2020.)



Kuva 5: Stanfordin d.school-koulun suunnitteluajattelun prosessi (Fleischmann ym. 2020)

Käyttäjät ja asiakkaat ovat suunnitteluajattelun keskiössä. Siksi suunnitteluajattelun prosessi aloitetaankin asettumalla käyttäjien asemaan. Empatia-vaiheessa (engl. *Empathize*) on tarkoituksena kasvattaa ymmärrystä käsiteltävästä ongelmakentästä sekä käyttäjien kokemuksista ja tarpeista. Päätaroituksena on ymmärtää miksi ja miten ihmiset tekevät asioita. Tässä vaiheessa käytetään erilaisia tiedonkeruumenetelmiä kuten prosessikarttoja, konsepteja ja käyttäjähaastatteluja. (Fleischmann ym. 2020.)

Määritä-vaiheessa (engl. *Define*) on tarkoituksena hyödyntää edeltävässä vaiheessa saatuja tuloksia. Tulokset kootaan ja analysoidaan ja sen myötä pyritään rakentamaan syvempää ymmärrystä ongelmakentästä. Ongelma pyritään määrittelemään yhdeksi ns. ongelmalausekkeeksi, jota tullaan hyödyntämään Ideointi-vaiheessa. Käytännössä nämä lausekkeet ovat erilaisia näkökulmakysymyksiä, kuten ”miten voimme auttaa käyttäjää tai asiakasta saavuttamaan tietyn tavoitteen?”. (Fleischmann ym. 2020.)

Ideointi-vaiheessa (engl. *Ideate*) pyritään kehittämään mahdollisimman paljon ratkaisuideoita tunnistettuihin ongelmiin tai tapoihin tehdä asioita. Tässä vaiheessa tarkastellaan kaikkia mahdollisia mieleen tulleita ideoita, eikä vain tyydytä kaikista ilmeisimpiin ratkaisuihin. Ideoinnin lähtökohtana käytetään edellisessä vaiheessa muodostettua ongelmalauseketta. Ratkaisujen ideointiin käytetään aivoriihiä, käyttäjätarinoita, ajatus-, konsepti- ja järjestelmäkarttoja. Tämän vaiheen tuloksena on monimuotoinen määrä erilaisia ideoita, jotka lajitellaan ja arvioidaan seuraavaa vaihetta varten. (Fleischmann ym. 2020.)

Prototyyppi-vaiheessa (engl. *Prototype*) kehitetään ideointi-vaiheessa saatuja ideoita pidemmälle. Tarkoituksena on tehdä parhaista ideoista prototyyppi, jotta voidaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa visualisoida ja testata ideoita. Tällainen menettely on suunnitteluajattelun perusfilosofiaa. Prototyyppi-vaiheessa pyritään herättämään keskustelua käyttäjien kanssa ja kehittämään ideoita pidemmälle. Prototyyppinä käytetään keskustelun välineenä selventämään avoimia kysymyksiä sekä tunnistamaan potentiaalisia umpikujia. Viimeisen vaiheena Stanfordin [d.school](#)-koulun suunnitteluajattelun mallissa on testaus-vaihe (engl. *Testing*). Testaus on iteratiivinen vaihe, jossa prototyyppiä testataan sen käyttötarkoituksen mukaisessa ympäristössä. Käyttäjiltä kerätään palautetta ratkaisun toiminnasta, jonka mukaan prototyyppiä kehitetään paremmaksi. (Fleischmann ym. 2020.)

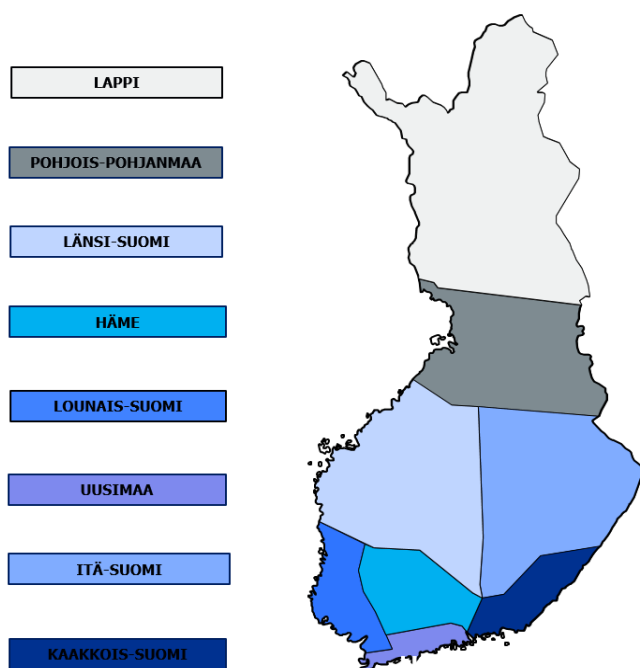
Suunnitteluajattelussa käyttäjien tarpeet ovat keskiössä ja heidän palautetta hyödynnetään suunnitteluprosessin jokaisessa vaiheessa. Prosessien digitalisoinnin ja kehittämisen kontekstissa suunnitteluajattelussa tuotetut prototyytit ja ratkaisut ovat usein prosessin työnkulkujen automatisointisovelluksia. Yleensä laajat prosessien kehitysprojektit toteutetaan kuitenkin tavanomaisilla prosessijohtamisen alle kuuluvilla kehitysmenetelmillä, joissa on tarkkaan määritellyt vaiheet ja tavoitteet projektille. Tätä voisi verrata vesiputoustyyppiseen ohjelmistokehitykseen, jossa matka vaatimusmäärittelystä toteutukseen on yleensä pitkä ja lopullinen ratkaisu ei välttämättä vastaa lopukäyttäjien toiveita. (Fleischmann ym. 2020.) Näin ollen Fleischmann ym. (2020) esittävät, että prosessien digitalisointiin sopivat paremmin ketterät iteratiiviset kehitysmenetelmät, joilla voidaan vastata paremmin käyttäjien tarpeisiin sekä muuttuviin liiketoimintamalleihin.

Prosessijohtamisessa käytetyillä kehitysmenetelmillä pyritään yleensä parantamaan prosessin suorituskykyä pienentämällä läpimenoaikoja ja virtaviivaistamalla prosessin työvaiheita. Tämä tarkoittaa, että prosessissa keskitytään siinä ilmaantuviin haasteisiin, jolloin vain prosessin ongelmat ja puutteet dokumentoidaan. Fleischmann ym. (2020) esittävät, että prosessien digitalisoinnissa parhaaseen lopputulokseen päästään yhdistämällä tavanomaisten liiketoimintaprosessien kehitysmenetelmien ja suunnitteluajattelun parhaita puolia. Tällöin voidaan tehokkaammin kartoittaa kehitettävän prosessin tarpeet siten, että lopputuloksena saadaan käyttäjien toiveiden mukainen järjestelmä, joka palvelee myös yrityksen liiketoimintatavoitteita. (Fleischmann ym. 2020.)

4 SIIRTOKESKEYTYYS- JA KYTKENTÄPROSESSI – FINGRID OYJ

4.1 Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessi

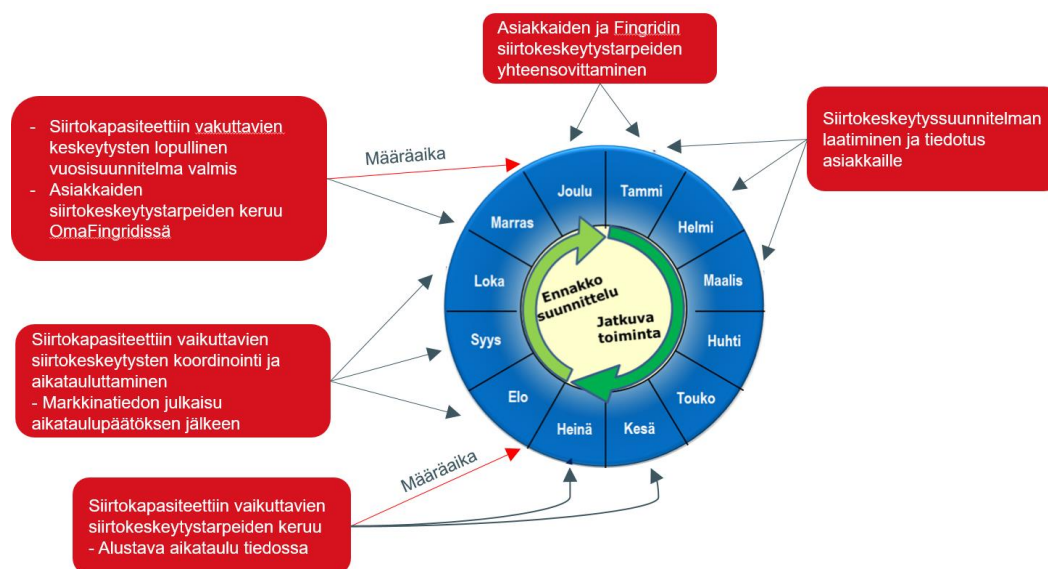
Siirtokeskeytyssuunnittelua tehdään Fingridillä vuosikellomallilla, missä suunnitteluprosessin eri vaiheiden toimenpiteet ovat sijoitettuna eri vuodenaikoihin. Siirtokeskeytyssuunnittelu on myös jaettu maantieteellisesti kuvan 6 mukaisesti kahdeksaan työalueeseen. Jokaisella työalueella on yksi nimetty käyttöasiantuntija, joka vastaa alueen siirtokeskeytyssuunnittelusta. Poikkeuksena on Länsi-Suomen alue, jossa keskeytyssuunnittelusta vastaa kaksi käyttöasiantuntijaa. Käyttöasiantuntijoiden vastuulla on omien alueidensa keskeytystarpeiden kokoaminen ja suunnittelu siten, että kuvassa 7 esitetyt vuosikellomallin toimenpiteet tulevat tehtyä määräaikojen puitteissa. (Fingrid 2021c.)



Kuva 6: Siirtokeskeytyssuunnittelun työalueet (Mäkihannu 2020)

Siirtokeskeytyksen prosessin voidaan katsoa alkavan siirtokeskeytystarpeiden kartoituksesta. Siirtokeskeytystarpeet muodostuvat pääosin verkon perusrannustöistä, kunnossapidosta, investoinneista, verkkoon liitettäviltä tai jo liitetyiltä asiakkailta. Aluetoimipaikkojen käyttöasiantuntijat kartoittavat omien alueidensa keskeytystarpeet mahdollisimman tarkasti seuraavalle vuodelle. Käyttöasiantuntija ottaa keskeytystarpeen huomioon siirtokeskeytyksien kausisuunnittelussa ja kirjaa tarpeen käyttöomaisuuden hallintajärjestelmä Maximoon, jossa ilmenee keskeytyksen kohde ja alustava

ajankohta. Siirtokeskeytystarpeiden kartoittamisessa priorisoidaan rajasiirtokapasiteetteihin ja verkon yleiseen käyttövarmuuteen vaikuttavat keskeytykset. Näihin liittyvät keskeytystarpeet tulee olla selvitettyinä siirtokeskeytysvuosikellon aikataulun mukaisesti jo heinäkuussa. (Fingrid 2021c.) Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan, millä tavoilla keskeytystarpeiden kokoaminen etenee eri toimintojen välillä ja mihin ajankohtaan tarpeiden kartoitus vuosikellossa ajoittuu.



Kuva 7: Siirtokeskeytyssuunnittelun vuosikello (Mäkihannu 2021)

Investointi- ja perusparannusprojektien, kuten sähköasema- ja voimajohto- projektien, siirtokeskeytystarpeita selvitetään yleensä projektien esisuunnitteluvaiheessa. Esisuunnitteluvaiheessa tehdään myös siirtokeskeytystarkastelua, jotta saadaan selville eri toteutusvaihtoehtojen riskit ja käyttövarmuuden toteutuminen. Projektien siirtokeskeytystarpeet kartoittaa nimetty alue- toimipaikan käyttöasiantuntija. Kriittiset keskeytystarpeet tarkastellaan yhdessä voimajärjestelmän käytön kanssa siten, että vuosikierron mukainen aikataulu täyttyy. (Fingrid 2021c.) Tieto projektien keskeytystarpeista välitetään yleensä käyttöasiantuntijoille henkilökohtaisesti ilmoittamalla tai sähköpostin välityksellä. Investointiprojektien osuus kaikista keskeytystarpeista on noin 10 % (Hätönen 2021b). Käyttöasiantuntija vie projektien keskeytystarpeet siirtokeskeytyssovellukseen viimeistään edeltävän vuoden heinäkuun loppuun mennessä (Fingrid 2021c).

Asiakkaiden siirtokeskeytystarpeiden kartoittamisessa hyödynnetään Oma Fingrid -palvelua, josta siirtokeskeytystarpeet viedään Maximoon käyttöasiantuntijalle käsiteltäväksi. Kaikki asiakkaiden keskeytystarpeet eivät kuitenkaan tule Oma Fingridiin, vaan keskeytystarpeista voi tulla myös muita

reittejä pitkin, kuten sähköpostin kautta. Asiakkaiden keskeytystarpeiden osuus on noin 10 % kaikista keskeytyksistä (Hätönen 2021b). Asiakkaiden keskeytystarpeista priorisoidaan rajasiirtokapasiteetteihin tai pohjoismaisen yhteiskäyttöverkon käyttövarmuuteen vaikuttavat keskeytykset. Tällaiset keskeytykset viedään järjestelmään vuosikellon mukaisesti edeltävän vuoden heinäkuun loppuun mennessä. Vähemmän kriittisemmät keskeytykset viedään järjestelmään edeltävän vuoden marraskuun loppuun mennessä. (Fingrid 2021c.)

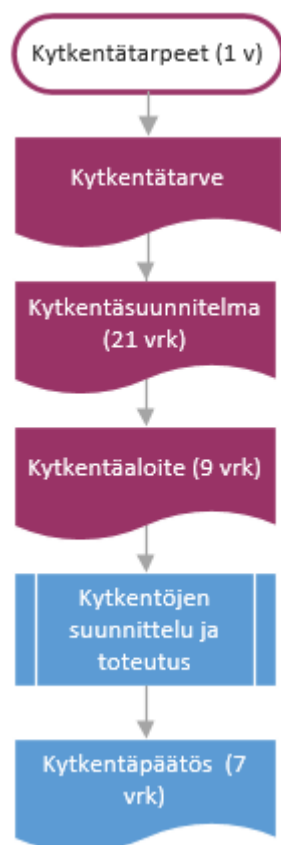
Siirtokeskeytystä vaativat kunnossapitotyöt viedään järjestelmään kytkentätarpeena vuosikellon aikataulun mukaan. Samalla otetaan huomioon aikataulutuksessa mahdolliset investointihankkeista aiheutuvat keskeytykset (Fingrid 2021c). Kunnossapidon keskeytystarpeet voidaan jakaa voimajohto- ja asemakunnossapidon kautta tuleviin tarpeisiin. Määrällisesti suurin osa kaikista keskeytystarpeista tulee asemakunnossapidosta 70 % osuudella ja vastaavasti voimajohtokunnossapidon kautta tulee noin 10 % keskeytystarpeista (Hätönen, 2021b). Keskeytyksiä ja niihin liittyviä kunnossapitotöitä pyritään niputtamaan yhteen mahdollisuuksien mukaan. Kunnossapitotöitä hallitaan Maximossa työtilaustietueilla. Työtilausten mukaan kunnonhallinnan käyttöasiantuntijat keräävät kunnossapitotöiden keskeytystarpeet ja lisäävät tietueille alustavan aikataulutuksen. Kunnossapidon keskeytystarpeiden aikataulutuksessa hyödynnetään myös palveluntoimittajille tehtyä Partnereiden Oma Fingrid -yhteistyöalustaa. Alustalla palveluntoimittajat pääsevät itse raportoimaan ja aikatauluttamaan tekemänsä kunnossapitotyöt. (Fingrid 2021c.)

Kunnossapidon siirtokeskeytystarpeiden kartoittamisessa priorisoidaan myös rajasiirtokapasiteetteihin ja pohjoismaisen yhteiskäyttöverkon käyttövarmuuteen vaikuttavat keskeytykset, jotka tulee olla selvitettyinä vuosikellon mukaisesti heinäkuun loppuun mennessä. Tämä myös pätee sellaisten voimalaitoksien revisioihin, joilla on vaikutusta yleiseen käyttövarmuuteen. Keskeytykset, joilla ei ole vaikutusta edellä mainittuihin kriteereihin viedään tarpeena järjestelmään viimeistään edeltävän vuoden marraskuussa. (Fingrid 2021c.)

Siirtokeskeytystarpeet sovitaan sidosryhmien kanssa mahdollisimman ajoissa etukäteen siten, että keskeytyksistä aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa asiakkaille ja markkinoille. Seuraavan vuoden keskeytystarpeista ensimmäisenä heinäkuussa kartoitetaan markkinoihin vaikuttavat siirtokeskeytykset. Lokakuun aikana kysellään kantaverkon asiakkaiden keskeytystarpeet. Kytkentätarpeet pyritään kartoittamaan marraskuun loppuun mennessä. Kytkentätarpeiden perusteella laaditaan kausisuunnitelma, josta selviää alustava aikataulutus seuraavalle vuodelle. Kausisuunnittelun yhteydessä käytönsuunnittelu ja verkon kunnonhallinta selvittävät eri alueiden

hankkeiden siirtokeskeytystarpeet. Kausisuunnitelma esitetään verkkoon liittyjille ja muille yhteistyökumppaneille tammikuun loppuun mennessä. (Fingrid 2021c.)

Kuvassa 8 on esitetty siirtokeskeytystietueen elinkaari siirtokeskeytyssuunnittelun prosessin eri vaiheissa. Tietueen tilaa muutetaan järjestelmässä sitä mukaan, missä vaiheessa kytkentäprosessissa ollaan menossa. Sen on sisällettävä sovitut asiat ennalta määritettyjen aikamääreiden puitteissa (Fingrid 2021f). Siirtokeskeytyssuunnittelun dokumenttiprosessi lähtee liikkeelle keskeytystarpeiden kokoamisesta ja päättyy, kun keskeytystietue on asetettu SUGGESTION-tilaan, eli kytkentäaloitteeksi. Tässä vaiheessa tietueen käsittely siirtyy Kantaverkkokeskuksen vastuulle, jossa kytkentäaloite tarkistetaan ja hyväksytään kytkentäpäätökseksi. (Fingrid 2021c.)



Kuva 8: Keskeytystietueen elinkaari siirtokeskeytyssuunnittelun prosessissa

Keskeytyssuunnitelmaa tehdessä on otettava huomioon useita eri asioita, kuten eri verkonosien välille syntyvät erot käyttöjännitteissä, takasyöttöjen vaara, kytkentätoimenpiteen luotettavuus kytkinlaitteella ja mahdollinen huurteen kertyminen virta- ja ukkosjohtimiin talvikaudella. Keskeytyssuunnitelmaan kirjataan työ- ja kytkentävaiheiden suunnitellut aloitus- ja

lopetusajankohdat. KytKentätilanteen muutokset kirjataan omaksi kytKentävaiheeksi ja vastaavasti keskeytykseen liittyvät työt kirjataan omiksi työvaiheiksi. Liittyjän tekemät toimenpiteet myös merkitään kytKentäsuunnitelmalle omaksi kytKentä- ja työvaiheeksi. (Pelvo 2020.) Siirtokeskeytykseen liittyvistä työvaiheista tehdään myös viimeistään kaksi päivää ennen työvaiheiden aloitusajankohtia turvallisuusilmoitus, joka jaetaan Kantaverkkokeskukseen ja työryhmille (Fingrid 2021c).

Keskeytystietue muutetaan järjestelmässä PLANNED-tilaan, eli kytKentäsuunnitelmaksi, kun kytKennän kohde ja ajankohta on varmistunut. Muutoksen tulee olla tehtynä viimeistään 21 päivää ennen kytKennän toteutusta. Poikkeuksena ovat sähkömarkkinoihin vaikuttavat 400 kV keskeytykset, joiden keskeytyssuunnitelmien pitää olla ajoitettuna vähintään kuusi viikkoa ennen kytKennän toteutusajankohtaa. Aikataulu pitää olla tiedossa hyvissä ajoin, jotta tarvittava markkinatiedotus ehditään tehdä asetettujen määräaikojen sisällä. (Fingrid 2021c; Fingrid 2021f.) Poikkeuksena ovat myös nopeutetun siirtokeskeytyssuunnittelun kriteerin täyttävät keskeytystarpeet (Pelvo 2020).

Siirtokeskeytyssuunnittelua voidaan tehdä myös nopeutetusti, jolloin suunnitteluprosessissa tehtävien toimenpiteiden ennalta määrätyt aikarajat poikkeavat normaalista. Siirtokeskeytyssuunnittelu voidaan tehdä nopeutetusti pakottavissa kunnossapitotöissä, työturvallisuutta parantavissa keskeytyksissä, käyttötilanteen yllättävissä muutoksissa tai jos keskeytyspyyntö koskee käyttöoikeuskenttää ja liittyjän säteittäisjohtoa. Nopeutuessa siirtokeskeytyssuunnittelussa alueellisen kunnonhallinnan on varmistettava työryhmiltä, liittyjiltä, paikalliskytkijöiltä ja Kantaverkkokeskukselta, että kytKennän toteutus on mahdollinen toivottuna ajankohtana. (Pelvo 2020.)

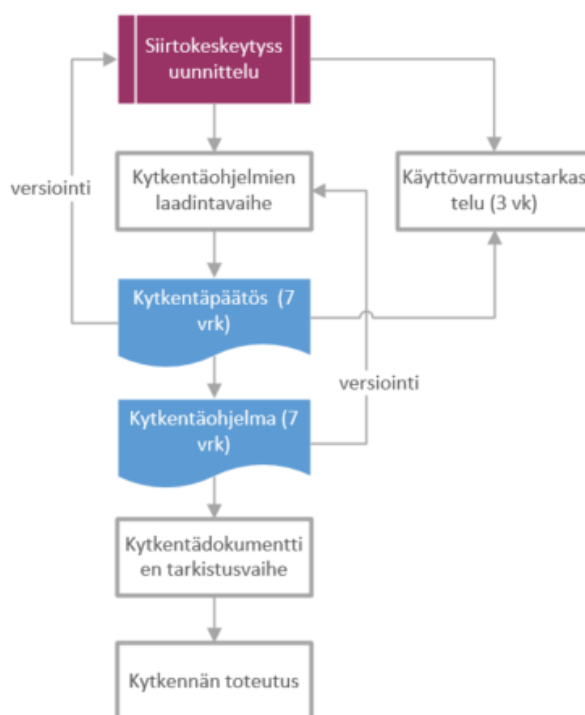
Keskeytyssuunnittelun aikana tehdään myös kytKentään liittyvää siirtokapasiteetin laskentaa ja käyttövarmuuden tarkastelua. Siirtokeskeytysprosessissa pitkän aikavälin käyttövarmuustarkastelusta vastaa käytönsuunnittelu. Käyttövarmuustarkastelussa lasketaan N-1-ehtojen toteutuminen siirtokapasiteettien osalta maan rajoilla ja sisäisessä verkossa. Tarkastelussa lasketaan myös vian todennäköisyys keskeytysajalle sekä tarvittaessa KAH- ja VOH-arvot kytKentätilanteelle. Kaikki tarkastellut keskeytykset dokumentoidaan ja niistä kirjataan ylös kytKennän toteutustapa, riskit, häiriön palautusvaihtoehdot ja keskeytyksestä aiheutuvat kustannukset. Dokumentoitu siirtokeskeytystarkastelu toimitetaan alueen käyttöasiantuntijoille, Kantaverkkokeskukselle, käytönsuunnittelulle sekä hanke- tai projektipäällikölle. (Fingrid 2021c.)

Siirtokeskeytykset suunnitellaan yhdessä mukana olevien toimijoiden kanssa varmistaen työturvallisuus. Työt pyritään myös ajoittamaan siten,

että yhden siirtokeskeytyksen aikana voidaan tehdä useampi työ ja mahdollisesti toiselle työryhmille vaaraa aiheuttavat työt vaiheistetaan siirtokeskeytyksen eri ajankohtiin. Keskeytys suunnitelman laadinnan yhteydessä varataan tarvittavat resurssit suorittamaan paikalliskytkentä haluttuna ajankohdantana. Keskeytystietue muutetaan SUGGESTION-tilaan, eli kytkentäaloitteeksi, kun se sisältää tarvittavat tiedot kytkennän toteutusta varten. Mikäli keskeytys koskee 400 kV:n tai 220 kV:n jännitetasoa, niin voimajärjestelmänhallinta hyväksyy keskeytyksen ja varmistaa, että kytkentäaloitteessa on otettu huomioon keskeytyksen vaikutukset voimajärjestelmään. (Fingrid 2020b.) Keskeytystietueen tulee olla kytkentäaloitteena viimeistään 9 päivää ennen kytkennän toteutusta (Fingrid 2021f).

4.2 Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessi

Tässä luvussa kuvataan kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessi sekä siihen liittyvät työvaiheet Kantaverkkokeskuksessa. Kantaverkkokeskuksen verkonhallinta vastaa kaikista kantaverkossa tehtävistä kytkennöistä sekä häiriöiden selvityksistä. Siirtokeskeytys suunnittelun prosessissa tuotetut kytkentäaloitteet siirtyvät Kantaverkkokeskuksen vastuulle, jossa verkonhallinta tarkistaa ja hyväksyy kytkentäaloitteen kytkentäpäätökseksi ja laatii tarvittavat kytkentäohjelmat. Kaikki siirtokeskeytyksiin liittyvät kytkentäohjelmat suunnitellaan Kantaverkkokeskuksessa.



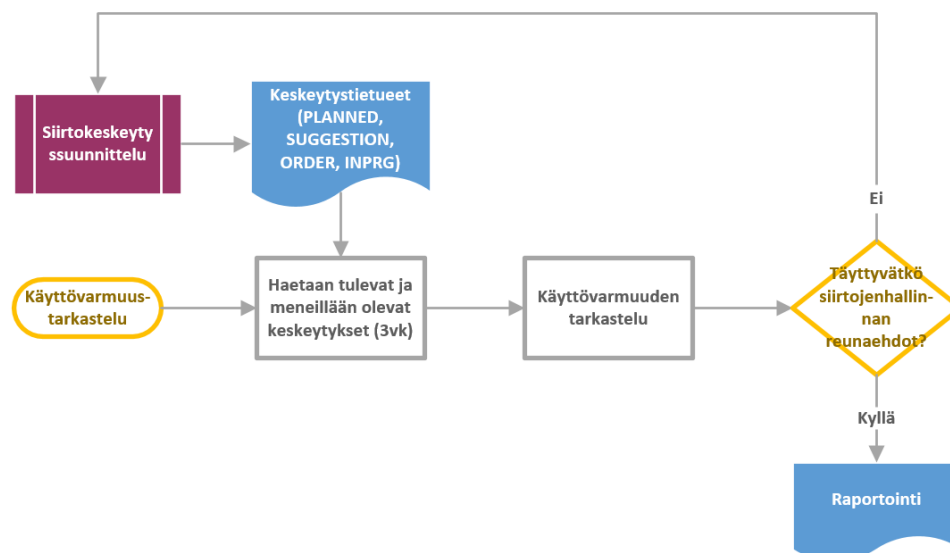
Kuva 9: Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessi Kantaverkkokeskuksessa

Kantaverkkokeskuksen vuorokierto rytmittää kytkentöjen suunnittelun, hallinnan ja toteutuksen prosessia. Vuorokierto on verkonhallinnan osalta valvomossa toteutettu siten, että operaattorit suunnittelevat itselleen etukäteen heidän päävuoronsa aikana tehtävät kytkennät. Kuvassa 9 on kuvattu kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessi ylätasolla. Prosessi käsittää neljä päävaihetta, joita ovat käyttövarmuustarkastelu, kytkentäohjelman laatiminen, kytkentädokumenttien tarkistamisen ja lopulta kytkennän toteutus.

Käyttövarmuustarkastelu

Käyttövarmuuden tarkastelua tehdään siirtokeskeytyks- ja kytkentäprosesseissa useassa eri vaiheessa. Ensimmäisen kerran siirtokeskeytyssuunnittelussa tuotettuja keskeytystietueita tarkastellaan Kantaverkkokeskuksessa käyttövarmuustarkasteluvaiheessa. Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattorit vastaavat lähiajan käyttövarmuustarkastelusta, kun taas käytön suunnittelu vastaa pitkän aikavälin käyttövarmuustarkastelusta (Fingrid 2021c).

Käyttövarmuustarkasteluvaiheessa tarkistetaan, voidaanko kolmen viikon aikana tulevat keskeytykset toteuttaa käyttövarmasti ajallisten ja alueellisten rajoitteiden puitteissa. Tarkastelun reunaehtoina on N-1 -kriteerin toteutuminen Suomen rajoilla ja sisäisessä verkossa. Kriteeristä poiketaan vain poikkeustilanteissa ja selkeästi perusteltavissa tilanteissa, esimerkiksi jos verkon rakenne ei mahdollista kriteerin täyttymistä. (Fingrid 2021c.)



Kuva 10: Lyhyen aikavälin käyttövarmuustarkastelun osaprosessi

Kuvassa 10 on esitetty käyttövarmuustarkastelun prosessi. Siirtokeskeytyssuunnittelussa tuotetut keskeytystietueet haetaan Maximosta ja niistä

valitaan tarkasteltavat keskeytykset. Siirtokeskeytyksistä tarkemmin tarkasteltaviksi valitaan kytkennät, jotka voivat ajallisesti tai alueellisesti aiheuttaa ongelmia yleiseen siirtokykyyn tai jännitestabiilisuuteen. Kuten kappaleessa 4.1 on mainittu, niin verkko on jaettu maantieteellisesti kahdeksaan työalueeseen. Käyttövarmuustarkasteluvaiheessa operaattorit muun muassa varmistavat, etteivät viereisten alueiden keskeytykset vaikuta verkon yleiseen käyttövarmuuteen. Valituista kytkennöistä tarkastetaan tehonjaon käyttäytyminen keskeytyksessä ja vikatilanteissa PSS/E-sovelluksella. Lopuksi tieto tarkastelluista kytkennöistä ja huomioista dokumentoidaan.

KytKentäohjelmien laadinta

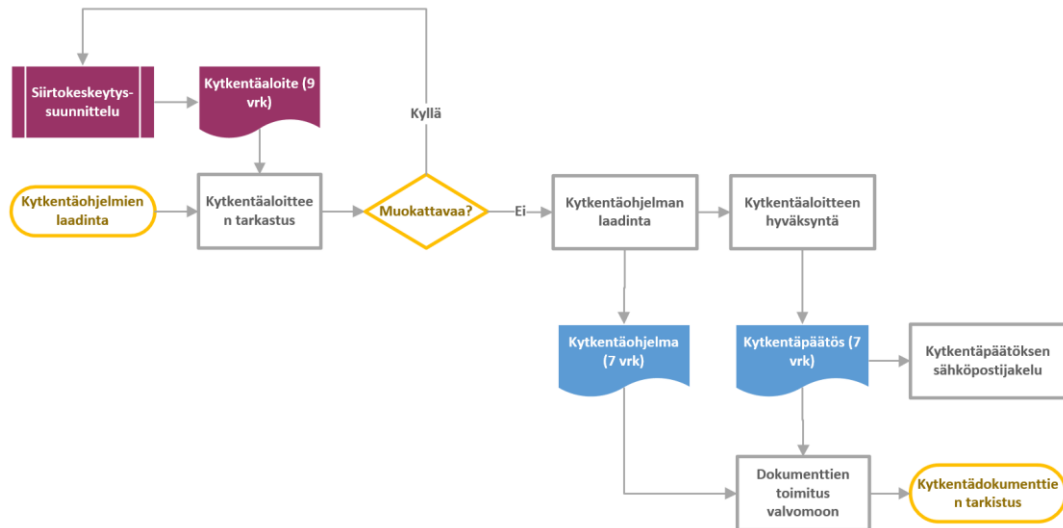
KytKentäohjelmat tehdään Kantaverkkokeskuksessa siirtokeskeytyssuunnittelussa tuotettujen kytkentäaloitteiden perusteella keskeytyksen toteutus hetken käyttötilanteeseen. KytKentäohjelma on kirjallinen yksityiskohtainen suunnitelma siirtokeskeytyksen vaatimista kytkennöistä. Jokainen verkossa tehtävä siirtokeskeytys suunnitellaan huolellisesti ja niistä tehdään tarvittavat kytkentäohjelmat. Suunniteltujen siirtokeskeytyksien lisäksi kytkentäohjelma laaditaan viankorjauksen jälkeiseen palautuskytkentään sekä häiriönselvitykseen liittyviin kytkentöihin, jos se on ajallisesti mahdollista. (Pelvo 2020.)

KytKentäohjelman suunnittelussa myös huomioidaan, että kytkinlaitteiden ohjaustoimenpiteet voidaan toteuttaa suunnitellussa järjestyksessä paikalliskytkijöiden työtä helpottavalla tavalla (Pelvo 2020). Tyypillisesti kytkentäaloitteeseen ja myöhemmin hyväksytyyn kytkentäpäätökseen liittyy vähintään kaksi kytkentäohjelmaa, eroonkytkentäohjelma ja palautuskytkentäohjelma. Eroonkytkennässä verkon osa erotetaan siten, että mahdollistetaan turvallinen työskentely kohteella. Vastaavasti palautuskytkennässä palautetaan verkko keskeytystä edeltävään tilaan. (Koivunen 2021.)

Kuvassa 11 on esitetty kytkentäohjelmien laadinnan osaprosessi. KytKentäohjelmien laadintaprosessi alkaa kytkentäaloitteen tarkastamisella. Mikäli kytkentäaloitteessa havaitaan muokattavaa, ottaa operaattori yhteyttä kytkentäaloitteen laatineeseen käyttöasiantuntijaan. Käyttöasiantuntija tekee kytkentäaloitteeseen tarvittavat muutokset tai palauttaa aloitteen siirtokeskeytysprosessiin. (Koivunen 2021.)

Kun operaattori on katsonut kytkentäaloitteen läpi, on seuraava vaihe prosessissa kytkentäohjelman laadinta. KytKentäohjelman laadinnassa hyödynnetään kytkentäaloitteen tietoja ja käytönvalvontajärjestelmän verkkokuva. KytKentäohjelmatietueeseen kirjataan kytkennän kohde ja aihe sekä tarvittavat lisätiedot (Fingrid 2021f). KytKentäohjelmaan kirjataan kytkennän vaiheet omille riveilleen. KytKentävaiheet pitävät sisällään muun muassa

ohjattavien laitteiden tunnuksset, ohjauksien suunnat, maadoitukset, lukitukset ja kytkinlaitteiden moottoriohjainten asennot. Myös keskeytykseen liittyvien työryhmien työvaiheet kirjataan kytkentäohjelmaan omille riveilleen (Pelvo 2020). Lopuksi kytkentäohjelmaan lisätään tarvittavat jakelulistat ja se linkitetään Maximon kytkentäsovelluksessa osaksi kytkentäpäätöstietuetta.



Kuva 11: Kytkentäohjelmien laadinnan osaprosessi.

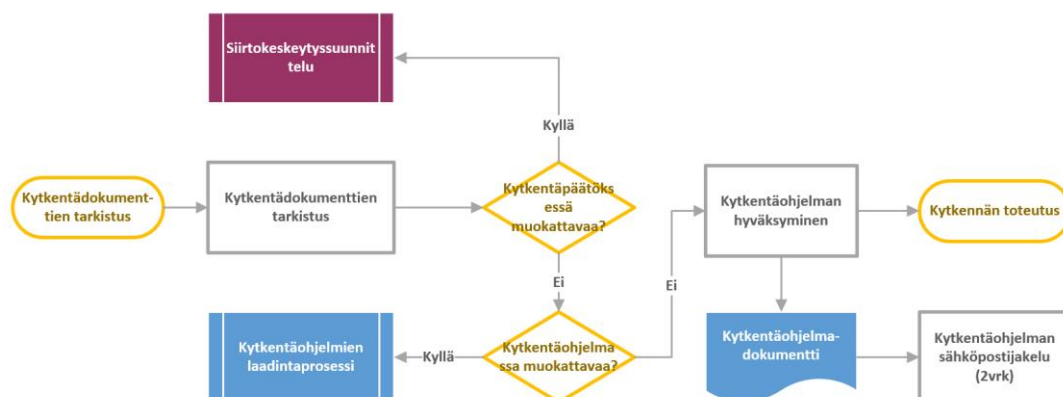
Kun kytkentäohjelmat ovat valmiita ja niihin liittyvä kytkentäaloite on kunnossa, hyväksyy operaattori kytkentäaloitteen järjestelmässä kytkentäpäätökseksi. Tietueen tila muutetaan Maximossa kytkentäpäätökseksi (ORDER), joka tulee olla tehtynä 7 päivää ennen kytkennän toteutusta (Fingrid 2021f). Tässä yhteydessä kytkentäpäätös jaetaan tietueen jakelulistan mukaisesti keskeytykseen liittyville eri osapuolille (Pelvo 2020). Lopuksi kytkentäohjelmat ja -päätös toimitetaan valvomoon odottamaan tarkistusta.

Kytkentädokumenttien tarkistaminen

Seuraava vaihe kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen dokumenttiprosessissa on kytkentädokumenttien tarkistamisen osaprosessi, jossa toinen verkonhallinnan operaattori tarkistaa valvomoon edellisessä prosessivaiheessa toimitetut kytkentäohjelmat ja -päätösdokumentit. Tarkastamisvaiheessa käydään läpi seuraavalla viikolla kytkentään tulevat kytkentäohjelmat ja -päätökset.

Kuvassa 12 on esitetty kytkentädokumenttien tarkistamisen vaiheet tarkastusprosessissa. Kytkentäpäätös käydään läpi uudelleen ja sitä verrataan edellisessä prosessivaiheessa tehtyyn kytkentäohjelmaan. Mikäli

kytkentäpäätöstä pitää tässä vaiheessa muuttaa, tietue joudutaan versioimaan ja palauttamaan takaisin siirtokeskeytyssuunnittelun prosessiin kytkentäaloitteena. Mikäli kytkentäohjelmassa havaitaan korjattavaa, niin tarvittavan korjauksen voi tehdä tarkastaja. Jos verkon tilanne on muuttunut oleellisesti tai ohjelmassa virheitä kytkentäohjelma palautetaan korjattavaksi kytkentäohjelman laatimisprosessiin. (Koivunen 2021.)



Kuva 12: Kytkentädokumenttien tarkistamisen osaprosessi

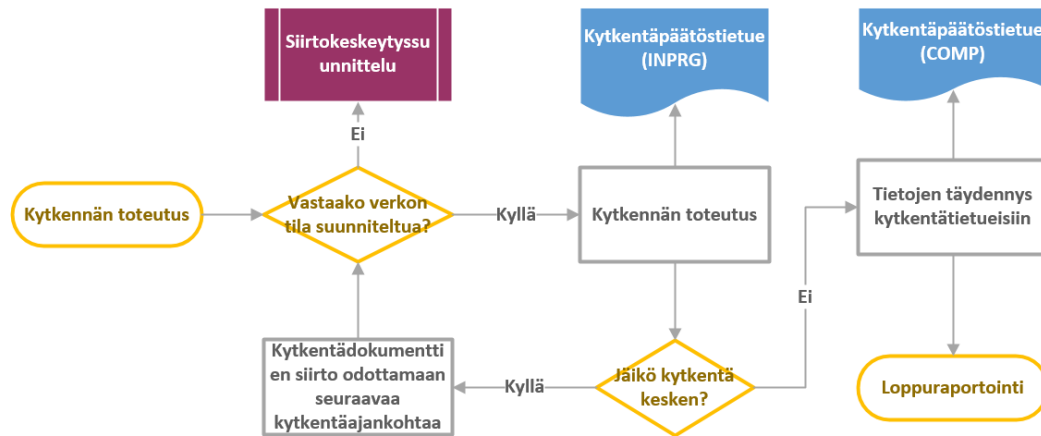
Tarkistetun kytkentäohjelman tila muutetaan Maximossa hyväksytyksi (APPR-tila) ja se jaetaan sähköpostijakelulla. Tietueesta ja dokumentista ilmenee tarkastajan ja laatijan nimet. Kytkentäohjelma tulee olla jaettuna viimeistään kaksi työpäivää ennen kytkennän toteutusta. Lopuksi kytkentäpäätös ja -ohjelma laitetaan valvomossa lokeroon odottamaan kytkennän toteutusvaihetta. (Koivunen 2021.)

Kytkennän toteutus

Kantaverkkokeskus toimii kytkennänjohtajana kaikissa kantaverkossa tehtävissä kytkennöissä. Kytkennän toteutusvaiheessa vuorossa oleva operaattori tai apuoperaattori toimii kytkennänjohtajana ja toteuttaa suunnittelun kytkennän yhdessä paikalliskytkijän kanssa. Kytkentäohjelmaan tutustutaan huolellisesti ennen kytkennän aloittamista ja käytönvalvontajärjestelmästä tarkistetaan, että verkon jännite, siirtotilanne ja kytkentätilanne vastaavat suunniteltua tilannetta. (Koivunen 2021.)

Kytkennänjohtaja myös varmistaa paikalliskytkijöiden käyttötoimenpiteiden ja keskeyttää kytkinlaitoksessa tehtävät työt käyttötoimenpiteiden ajaksi (Pelvo 2020). Tässä vaiheessa kytkentään voi myös liittyä valmistelevia toimenpiteitä, kuten asiakkaiden toimesta tehtäviä asemien eroonkytkentöjä ja

maadoituksia. Operaattori myös varmistaa, että paikalliskytkijällä on ajantasainen kytkentäohjelma käytettävissä. Kuvassa 13 on esitetty kytkennän toteutusprosessi kytkentädokumenttien hallinnan näkökulmasta.



Kuva 13: Kytkentädokumenttien hallinnan prosessi kytkennän toteutusvaiheessa

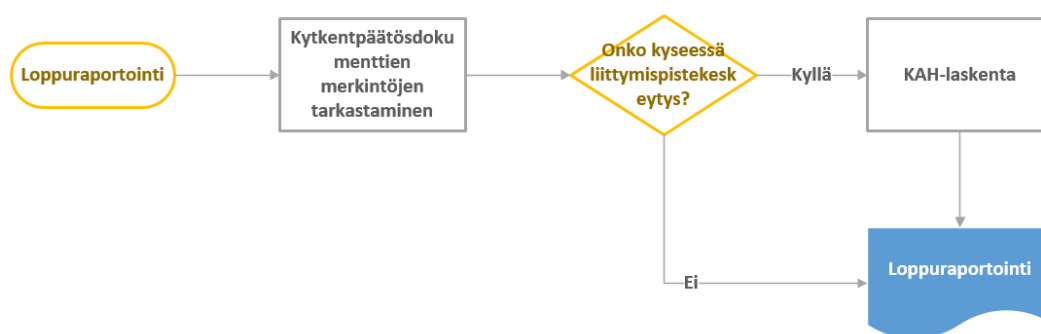
Kytkentä toteutetaan aikaisemmassa prosessivaiheessa tuotetun kytkentäpäätöksen ja kytkentäohjelman mukaan. Kaikki kytkentäohjelmassa suunnittelut toimenpiteet toteutetaan kytkentäohjelman mukaisesti rivi kerrallaan. Poikkeustilanteissa kytkentäohjelman mukaisesta järjestyksestä voidaan poiketa kytkennänjohtajan luvalla, jos vaaranarvioinnin perusteella riskit eivät kasva. Toteutuksen aikana tehtävät muutokset kytkennässä on sovitettava ennakkoon muutoksen vaikutuspiirissä olevien toimijoiden kanssa. Mikäli muutokset vaikuttavat turvallisuuteen, on kytkentäohjelma versioitava uudelleen niin, että kytkentämuutokset päivitetään kytkentäohjelmaan ja tarkistetaan ennen kytkennän jatkamista. (Pelvo 2020.)

Ohjaukset tehdään käytönvalvontajärjestelmässä kyseisen kytkinlaitoksen tai voimajohtokuvan perusteella, jossa symboleita ohjaamalla voidaan avata ja sulkea kytkinlaitteita. Kytkinlaitteiden ohjaukset voidaan tehdä normaalin tai jälkivalvottuna paikalliskytkentänä. Normaalisti paikalliskytkennässä paikalliskytkijä tekee tarvittavat kytkennät tai valvoo kauko-ohjauksien toteutumisen. Jälkivalvotussa paikalliskytkennässä kytkennänjohtaja tekee erottamiseen liittyvät ohjaukset etukäteen ennen kuin paikalliskytkijä saapuu kohteelle. (Pelvo 2020.)

Paikalliskytkennät tehdään aina kytkennänjohtajan johdolla ja normaaleissa paikalliskytkennöissä kytkijä on jatkuvassa puhelinyhteydessä kytkennänjohtajan kanssa (Pelvo 2020). Käytönvalvontajärjestelmästä nähdään

reaaliajassa kytkennän vaikutus verkkoon. Tehdyt toimenpiteet ja kytkentä-vaiheet merkitään tehdyksi kytkentäohjelmadokumenttiin. Kytkennän to-teutuksen aikana kytkentäohjelma- ja päätösdokumenttiin merkitään kyt-kennän todellinen aloitusaika, työnvalmisteluluvat, paikalliskytkijöiden ni-met, tarvittaessa puhelinnumerot ja liittymispistekeskeytyksien kesto. (Koi-vunen, 2021.)

Jos kytkentä ei pääty vaan jatkuu myöhempanä ajankohtana, siirretään kyt-kentäpäättös- ja ohjelmadokumentit valvomossa seuraavan kytkentäajankoh-dan mukaiseen lokeroon odottamaan kytkennän toteutuksen jatkamista. To-teutusvaiheessa kytkentäpäättöksen tilana on INPRG ja kun kytkentä on val-mis, tietue muutetaan Maximossa COMP-tilaan (Fingrid 2021f). Kun kytken-täpäättökseen liittyvät kytkentäohjelmat on toteutettu, tehdään tietueisiin tarvittavat merkinnät ja tilanmuutokset sekä lopulta kytkentään liittyvät do-kumentit arkistoidaan.



Kuva 14: Kytkentädokumenttien loppuraportoinnin osaprosessi

Viimeinen vaihe kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessissa on lop-puraportointi (kuva 14), jossa tarkistetaan päätyneet kytkennät sekä men-neet käyttöhäiriöt. Kytkentäpäättösietueista tarkistetaan, että tarvittavat merkinnät löytyvät aloitus- ja lopetusaikojen sekä liittymispistekeskeytyk-sien osalta. Mikäli keskeytykseen on kuulunut liittymispistekeskeytyksiä, tarkistetaan näiden keskeytyksien osalta aloitus- ja lopetusajat. Liittymispis-teille lasketaan asiakkaalle keskeytyksestä aiheutunut haitta eli KAH-arvo. Lopuksi kun tietue on tarkastettu, se kuitataan järjestelmässä tarkistetuksi. (Koivunen 2021.)

5 TUTKIMUSAINEISTO JA -METODIT

5.1 Tutkimuksen tausta ja prosessi

Fingridillä (2020a) on tunnistettu, että digitalisaatio tulee uudistamaan sähköjärjestelmän ja sähkömarkkinoiden käytäntöjä ja toimintatapoja. Tiedon, tietotekniikan ja tietoliikenteen merkitys tulee korostumaan tulevaisuudessa, mikä tulee näkymään uusina liiketoimintamalleina ja tapoina tehdä työtä. Toimintaympäristön muutos tulee vaikuttamaan siirtokeskeytysprosessiin sekä muuttamaan operaattorin työnkuvaa tulevaisuudessa. Tietojärjestelmät tulevat entistä monimutkaisemmiksi ja tarve reagoida verkon muuttuviin tilanteisiin tulee kasvamaan lisääntyneen uusiutuvan sääriippuvaisen tuotannon takia. Tämä toimintaympäristön muutos on toiminut ajurina Valvomo 2023 -hankkeessa, jossa on tavoitteena nykyaikaistaa prosesseja ja kehittää uusia työskentelytapoja Kantaverkkokeskuksen toimintaan (Fingrid 2020a). Osana Valvomo 2023 -hanketta käynnistettiin kytkentäprosessin digitalisointi -projekti, jonka osana tämä diplomityö tehtiin. Diplomi työn päämääränä oli tunnistaa sekä tutkia prosessin ja järjestelmäkehityksen kohteita, joiden avulla voidaan nykyaikaistaa ja helpottaa siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessia.

Tutkimusprosessi aloitettiin Fingridillä helmikuun alussa kuvaamalla nykyinen siirtokeskeytys ja -kytkentäprosessi. Aineistona käytettiin Fingridin sisäisiä dokumentteja, prosessikuvauksia sekä asiantuntijoiden haastatteluja. Tavoitteena oli saada mahdollisimman tarkka käsitys ja kuvaus nykyisestä siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessista. Lisäksi tutkittiin, miten kytkentäprosessissa tarvittavat järjestelmät ovat kytkeytyneet toisiinsa ja mitä tietoja järjestelmien välillä liikkuu. Tämä toimi taustatietona myöhemmin pidettäville sidosryhmähaastatteluille.

Maalis- ja toukokuun aikana pidettiin siirtokeskeytysprosessissa osallisena olevien sidosryhmien haastattelut. Teemahaastatteluita pidettiin yhteensä 14 kappaletta. Ensimmäisenä haastateltavana kohderyhmänä oli Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattorit, joiden haastattelut pidettiin maaliskuussa. Heistä haastateltiin yhteensä yhdeksän henkilöä. Alueoimipaikoilta haastateltiin viittä käyttöasiantuntijaa. Nämä haastattelut pidettiin huhti- ja toukokuun välisenä aikana. Prosessin suorituskyvyn tarkastelua sekä sidosryhmähaastatteluissa ilmi tulleiden kehitysehdotusten toteuttavuutta tutkittiin kesän 2021 aikana.

Huhtikuussa aloitettiin kytkentädokumenttien suunnittelutyökalun toiminnallisen pilotin kehittäminen yhdessä ulkoisen palveluntoimittajan kanssa. Toiminnallisen pilotin toteutus rajattiin koskemaan kytkentäohjelman

muodostamisen osuutta. Kehittämistä varten pidettiin yhdessä projektitiimin kanssa suunnittelupalavereja noin kahden viikon välein. Kehitystyötä tehtiin ketterän ohjelmistokehityksenmallilla ja pilotin toteutuksen edistymistä oli mahdollista seurata suunnittelupalavereissa. Pilottiversion toteutusta kommentoimassa olivat projektiryhmä ja verkonhallinnan operaattorit. Kesäkuussa pilotista valmistui ensimmäinen versio kommentoitavaksi. Toinen versio pilotin toteutuksesta valmistui elokuussa.

5.2 Tutkimusaineiston keruu ja menetelmät

Diplomityön aineisto on kerätty useiden tutkimusmenetelmien avulla. Ensimmäiseksi tutkimusmenetelmäksi työssä valikoitui kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus, koska tarkoituksena oli pyrkiä ymmärtämään käsiteltävää ongelmakenttää perustuen olemassa olevaan materiaaliin, omaan havainnointiin sekä käyttäjien kokemuksiin. Laadullinen tutkimus käsittää laajan joukon tutkimusmenetelmiä, joita tyypillisesti käytetään, kun halutaan hankkia tietoa todellisista tilanteista, joissa käytetään omia havaintoja, tutkittavien näkökulmia ja dokumenttien analyysijä. (Hirsjärvi ym. 1997.) Laadullisen tutkimuksen menetelmistä ensisijaiseksi aineiston hankintamenetelmäksi valikoitui teemahaastattelu, joita pidettiin tutkimusprosessin aikana siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessissa osallisena oleville sidosryhmille.

Lisäksi tutkimuksessa käytettiin kvantitatiivisen tutkimuksen piiriin kuuluvia menetelmiä sekä määrällistä aineistoa täydentämään laadullista haastatteluaineistoa. Määrällisen aineiston tietolähteenä hyödynnettiin nykyisestä kytkentäsovelluksessa saatavilla olevaa tietoa kytkentätietueiden suoritusarvoista. Kytkentädokumenttiprosessin suorituskykyä ja laatua arvioitiin diplomityön teoriaosuudessa esiteltyjen Lean- ja Six Sigma -menetelmien näkökulmasta. Tutkimuksessa myös tutkittiin teemahaastatteluiden kehitysehdotuksien toteutettavuutta kokeellisesti toiminnallisen pilotin avulla.

5.2.1 Sidosryhmähaastattelut

Sidosryhmähaastatteluita pidettiin kahdelle eri kohderyhmälle, jotka ovat siirtokeskeytysprosessin toteutuksessa keskeisessä osassa. Ensimmäisenä kohderyhmänä olivat Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattorit, jotka vastaavat siirtokeskeytysprosessissa kytkentäaloitteiden hyväksynnästä, kytkentäohjelmien laadinnasta ja kytkennän toteutuksesta. Toisena kohderyhmänä olivat aluetoimipaikkojen käyttöasiantuntijat, jotka vastaavat omien alueidensa keskeytystarpeiden kartoittamisesta sekä kytkentäaloitteiden suunnittelusta.

Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattoreille sekä aluetoimipaikkojen käyttöasiantuntijoille suunnatut haastattelut oli jaettu kahteen

teemaan. Haastattelut olivat yksilöhaastatteluita. Haastatteluita varten oli laadittu avoimet haastattelukysymykset valmiiksi, mutta itse haastattelut pidettiin melko vapaamuotoisesti. Avoimia kysymyksiä on perusteltu kirjallisuudessa siten, että niillä saadaan paremmin esille se, mitä haastateltavilla on todella mielessään (Hirsjärvi ym. 1997). Haastattelukysymyksiä ja haastatteluiden runkoa muutettiin iteratiivisesti haastatteluprosessin edetessä, jotta pystyttiin paremmin syventymään haastatteluissa ilmi tulleisiin prosessin ongelmakohtiin. Haastatteluissa pyrittiin erityisesti keskittymään käyttäjien kokemuksiin ja tarpeisiin hyödyntämällä diplomityön teoriaosuudessa esitetyn suunnitteluajattelun näkökulmaa.

Kummankin kohderyhmän haastatteluiden ensimmäisenä teemana oli selvittää, miten nykymuotoinen kytkentädokumenttien luonnin ja hallinnan prosessi toimii, ja mitkä työvaiheet prosessissa koetaan haasteelliseksi. Tämän teeman kysymyksillä pyrittiin vastaamaan esitettyyn tutkimuskysymyksen: ”*Mitkä ovat nykyisen siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin haasteet?*” Ensimmäisen teeman haastattelukysymyksillä pyrittiin rakentamaan käsitystä siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin ongelmakentästä tutkimalla nykymuotoisen prosessin toimintaa ja siinä käytettävien tietojärjestelmien hyödyntämistä. Haastatteluissa kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, miten nykyiset tietojärjestelmät palvelevat päivittäistä toimintaa, sekä esiintyykö eri prosessivaiheiden toimenpiteiden suoritustavoissa vaihteluita.

Toisena teemana oli tarkoitus selvittää kytkentäprosessin sidosryhmien näkemykset siitä, miten prosessia ja siinä käytettäviä tietojärjestelmiä tulisi kehittää. Tämän teeman haastattelukysymyksillä pyrittiin vastaamaan opinnäytetyössä esitettyihin tutkimuskysymyksiin: ”*Miten nykyistä kytkentädokumenttien luonti- ja hallintaprosessia tulisi kehittää?*” ja ”*Miten kytkentädokumenttien luonti- ja hallintaprosessia voidaan digitalisoida ja kehittää jo olemassa olevien ratkaisujen avulla?*” Tarkoituksena oli kartoittaa sidosryhmien tarpeet sekä heidän näkemyksensä kehitettävistä ja digitalisoidavista kohteista kytkentäprosessista. Haastatteluissa kartoitettiin nykyisen prosessiin ja siinä käytettävien tietojärjestelmien kehitettävät kohteet. Lisäksi selvitettiin, millaisia järjestelmäominaisuuksia ihanteelliselle kytkentöjen suunnitteluovellukselle halutaan.

5.2.2 Toiminnallinen pilotti

Diplomityön aikana kehitettiin toiminnallinen pilotti kytkentädokumenttien suunnittelutyökalusta, jonka toteutus rajattiin koskemaan kytkentäohjelmadokumenttia. Kytkentäprosessin kuvausta ja Kantaverkkokeskuksen operaattoreiden haastatteluissa tunnistettuja tarpeita hyödynnettiin toiminnallisen pilottin kehitystyön lähtökohtana. Toiminnallisen pilottijärjestelmän kehitystyöllä vastattiin tutkimuskysymykseen: ”*Millaisia uusia*

järjestelmäominaisuuksia mahdolliset kehitysratkaisut vaativat ja mitä hyötyjä niillä saavutetaan?”. Toiminnallisen pilotin kehityksen päämääränä oli tutkia eri toteutustapoja käyttäjien tarpeille sekä demonstroida toiminnallisuuksien toteutus. Pilotin kehityksessä hyödynnettiin ulkoista palvelun-toimittajaa, joka vastasi pilottiversion teknisestä toteutuksesta. Tavoitteena oli demonstroida kytkentäohjelmien luominen suoraan verkkokuvasta hyödyntämällä käytönvalvontajärjestelmän näyttökuvia sekä tutkia kytkennän simuloinnin mahdollisuuksia.

6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Siirtokeskeytyssuunnittelu

Seuraavissa luvuissa on esitetty käyttöasiantuntijoiden teemahaastatteluiden tulokset. Luvussa 6.1.1 esitetään siirtokeskeytyssuunnittelun ongelmakenttä, eli mitä nykymuotoisessa suunnitteluprosessissa on koettu haasteelliseksi. Luvussa 6.1.2 esitetään käyttöasiantuntijoiden näkemykset siitä, miten prosessia ja siinä käytettäviä tietojärjestelmiä tulisi kehittää.

6.1.1 Siirtokeskeytyssuunnittelun ongelmakenttä

Siirtokeskeytyssuunnittelun ongelmakenttää lähdettiin selvittämään pyytämällä käyttöasiantuntijoita kertomaan suunnitteluprosessin eteneminen ja kuvamaan, miten tietojärjestelmiä hyödynnetään prosessin eri vaiheissa. Haastateltavia pyydettiin kertomaan, mikä on heidän mielestään nykymuotoisessa siirtokeskeytyssuunnittelussa haastavaa ja miten nykyinen järjestelmä palvelee siirtokeskeytyssuunnittelua. Taulukkoon 2 on koottu yhteenvetona haastatteluissa tunnistetut suunnitteluprosessin haasteet ja ongelmat.

Taulukko 2: Käyttöasiantuntijoiden haastatteluissa tunnistetut siirtokeskeytyssuunnittelun haasteet

No.	Siirtokeskeytyssuunnittelun ongelmakenttä
1.1	Huono näkyvyys / kokonaiskuvan hahmottaminen <ul style="list-style-type: none">- siirtokeskeytyksien, kunnossapitotöiden ja niiden aikataulujen huono näkyvyys- tulevien keskeytyksien aikatauluja ja vaikutuksia toisiinsa on hankala arvioida kokonaisuutena- kunnossapitotarpeiden pitkäjänteisen näkyvyyden puute
1.2	Fingrid Oyj:n omien sekä asiakkaiden keskeytystarpeiden kokoaminen <ul style="list-style-type: none">- keskeytystarpeita ei saada määräaikaisten puitteissa- yhtiön omat keskeytystarpeet tuodaan käyttöasiantuntijoiden tietoon useiden eri kanavien kautta (sähköposti, paperi, henkilökohtaisesti ilmoittamalla)- keskeytystarpeiden kartoittaminen perustuu liikaa yksittäisten henkilöiden väliseen tiedonsiirtoon- tarpeiden kokoamisen ja aikataulujen yhteensovittamisen työläys
1.3	Haastavat keskeytyksilajit siirtokeskeytyssuunnittelussa <ul style="list-style-type: none">- ennakoimattomat keskeytystarpeet, kuten vian korjaukset ja asiakaskytkenäät- projektien keskeytyssuunnittelu
1.4	Manuaalinen työ prosessissa <ul style="list-style-type: none">- keskeytyssuunnitelmien laatiminen, tarpeiden vieminen ja töiden niputus Maximossa pitää sisällään paljon käsityötä- oheistoimintaan liittyvä manuaalinen työ

Maximo on siirtokeskeytyssuunnittelun pääasiallinen työkalu, josta löytyy tarvittava tieto keskeytyssuunnitelmien tekemiseen ja töiden aikatauluttamiseen. Haastateltavien mukaan ongelmana nykyisessä järjestelmässä on huono näkyvyys, jolla tarkoitetaan sitä, että tulevien keskeytyksien ajankohdista ja niiden vaikutuksia toisiinsa on hankala arvioida kokonaisuutena (taulukko 2, 1.1). Tiedot keskeytyksistä ja niiden ajankohdista ovat nykyisessä järjestelmässä esitettynä luetteloina, mikä tekee havainnoinnista haastavaa. Riskinä on myös, että viereisten alueiden keskeytykset voivat jäädä suunnitteluvaiheessa huomioimatta nykyisen järjestelmän huonon näkyvyyden takia.

Järjestelmätekniisten rajoitteiden lisäksi kunnossapitotarpeiden näkyvyyteen vaikuttavat prosessin aikataulut. Nykymuotoisessa prosessissa käyttöasiantuntijoilla ei ole pitkäjänteistä näkyvyyttä tuleville kunnossapidon tarpeille, koska nykyisellä siirtokeskeytyssuunnittelun vuosikellomallilla on tiedossa vain kuluvan ja tulevan vuoden keskeytystä vaativat kunnossapitotarpeet. Koska kunnossapitotarpeiden näkyvyys on rajoittunut yhdelle vuodelle, tekee se tulevien kunnossapitotarpeiden yhteensovittamisesta haastavaa. Tämä voi haastateltavan mukaan aiheuttaa turhaa työtä niin käytönsuunnitteluun kuin verkon käyttöön, mikä voi näkyä esimerkiksi ylimääräisinä keskeytyksinä. Töiden aikataulutuksessa aiheuttaa haasteita myös laitteiden eri ajankohdille ajoittuvat huoltovälit. Laitteiden huoltoväli voi olla eri asemien laitteiden välillä ristissä aikataulullisesti. Tämä aiheuttaa sen, että laitehuoltojen ajankohtia on toisinaan tarve pakottaa samaan ajankohtaan, jotta vältetään ylimääräisiltä siirtokeskeytyksiltä.

Haastatteluissa nousi esiin Fingridin omien sekä asiakkaiden keskeytystarpeiden keräyksen ja aikataulujen yhteensovittamisen haasteet (taulukko 2, 1.2). Fingridin omia kunnossapidon keskeytystarpeita ei haastateltavien mukaan aina tahdota saamaan siirtokeskeytyssuunnittelun aikataulun määräaikaisten puitteissa. Varsinkin peruskunnossapitosopimusten ulkopuolella toteutettavan erikoiskunnossapidon, kuten muuntajien ja katkaisijoiden erikoishuoltojen keskeytystarpeiden saaminen tulevalle vuodelle, koettiin haastavaksi. Tämä johtuu siitä, että erikoiskunnossapidon kilpailutus tapahtuu liian myöhään siirtokeskeytyssuunnittelun aikataulujen näkökulmasta. Liian myöhään saadut keskeytystarpeet vaikuttavat muiden töiden toteutukseen ja aikatauluttamiseen. Jälkeenpäin ilmenevät keskeytystarpeet aiheuttavat kiirettä siirtokeskeytyssuunnitteluun tai ne voivat sotkea muita keskeytyksiä, jolloin tarve joudutaan mahdollisesti ajoittamaan seuraavalle vuodelle.

Fingridin omien keskeytystarpeiden kartoittamisessa haasteita aiheuttaa se, että tietoa on paljon ja se on hajautettu. Kaikkien tarvittavien tietojen

kasaaminen on työläs prosessi, jossa tarvitaan eri sovellusten käyttöä sekä eri sidosryhmien välistä keskustelua, ennen kuin tarve saadaan järjestelmään asti perustettua tietueeksi (taulukko 2, 1.4). Kunnossapitotarpeiden keräämisessä isona ongelmana on, että keskeytystä vaativat kunnossapitotarpeet tuodaan käyttöasiantuntijoiden tietoon useiden eri kanavien kautta. Kunnossapitotarpeita ilmoitetaan usein sähköpostin välityksellä tai henkilökohtaisesti. Keskeytystarpeiden kartoittamisessa nojataan tällä hetkellä liikaa yksittäisten henkilöiden väliseen tiedonsiirtoon. Asiakkaiden keskeytystarpeiden keruuta on parannettu Oma Fingrid -palvelulla, missä asiakkaat voivat ilmoittaa keskeytystarpeistaan. Palvelu on ollut käytössä noin 3 vuotta ja sen kautta asiakkaat ovat ilmoittaneet noin 50 % keskeytystarpeistaan vuonna 2020 (Siiankoski 2021). Kuitenkin iso osa asiakkaiden tarpeista tulee edelleen muiden kanavien kautta.

Keskeytyssuunnittelun kannalta haastavimpana keskeytyslajina koettiin erilaisten projektien takia tehtävien uusien laitteiden käyttöönotto-keskeytykset, kuten uusien sähköasemien ja voimajohtojen käyttöönotot (taulukko 2, 1.3). Projektien keskeytykset koetaan haastaviksi sen takia, että ne ovat tyypillisesti laajoja pitkäaikaisia kokonaisuuksia, jossa on paljon muuttuvia tekijöitä. Projekteissa alustava keskeytyssuunnitelma tehdään valmiiksi ennen kuin hanke lähtee kilpailutukseen. Tämä tarkoittaa, että tarjouskyselyssä pitää olla valmiina tieto siitä, missä järjestyksessä mikäkin osio otetaan keskeytykseen tai käyttöön. Ongelmana on, että tämä ei istu kovin hyvin siirto-keskeytyssuunnittelun vuosikellomalliin, koska suunnittelu tehdään yleensä hyvin aikaisessa vaiheessa. Maximoon ei vielä tässä vaiheessa kirjata mitään, vaan hankkeisiin liittyvissä keskeytyksissä käyttöasiantuntijat laativat alustavan keskeytyssuunnitelman PowerPoint-esitykseen. Keskeytyssuunnittelussa haastavana koetaan myös yllättävät keskeytystarpeet, joita ei voida etukäteen ennakoida. Nämä ovat yleensä kiireellisiä ja aiheuttavat aikataulullisesti haasteita käyttöasiantuntijoille. Eräs käyttöasiantuntija koki, että suunnittelutyökalujen kehittämistä voisi olla hyötyä varsinkin äkillisten keskeytyksien suunnitteluun.

Haastateltavilta kysyttiin, miten nykyinen järjestelmä palvelee keskeytyssuunnittelua. Käyttöasiantuntijat kokivat, että kytkentäsuunnitelmien laatiminen sisältää tällä hetkellä paljon käsityötä Maximossa (taulukko 2, 1.4). Varsinkin töiden aikatauluttaminen samalle keskeytykselle koetaan aikaa vieväksi toimenpiteeksi tietojärjestelmässä. Prosessissa tuotettujen dokumenttien laatua arvioidessa kaikki haasteltavat käyttöasiantuntijat tunnistivat, että kytkentäaloitteen asiasisällössä ja laadintatavassa esiintyy eri työalueiden välillä vaihtelua (taulukko 2, 1.5). Tavoitetilassa kytkentäsuunnitelmat tulisi olla laadittuna niin, että niissä kerrotaan selkeästi tiivistettynä keskeytyksen pääkohdat ja ennakkovalmistelut siten, että suunnitelmassa ei ole tulkinnan varaa. Tällä hetkellä kytkentäaloite on mahdollista laatia melko

vapaalla tavalla. Tästä voi aiheutua epäselvyyttä kytkennän toimenpiteistä tarkastettaessa kytkentäaloitetta Kantaverkkokeskuksessa.

6.1.2 Siirtokeskeytyssuunnittelun kehitysehdotukset

Käyttöasiantuntijoille suunnatun haastattelun toisena teemana oli kartoittaa käyttäjien näkemykset digitalisoitavista ja kehitettävistä kohteista siirtokeskeytyssuunnittelun prosessissa ja siinä käytettävissä järjestelmissä. Tuloksia on tässä kappaleessa esitetty prosessin ja järjestelmän kehitysnäkökulmasta. Taulukkoon 3 on listattu käyttöasiantuntijoiden näkemykset siirtokeskeytyssuunnittelun prosessin kehityskohteista.

Taulukko 3: Yhteenveto siirtokeskeytyssuunnittelun prosessin kehitysehdotuksista

No.	Prosessin kehitysehdotukset
2.1	Keskeytyssuunnitteluprosessin näkyvyyden kehitys <ul style="list-style-type: none">- vuosikellon aikataulut paremmin tietoon muille sidosryhmille- järjestelmätekniset ratkaisut (3.1)
2.2	Prosessin aikataulutuksen kehitys <ul style="list-style-type: none">- joustavuutta keskeytyssuunnittelun aikatauluihin- kunnossapitotarpeet pitkäjänteisemmin tietoon
2.3	Asiakaskokemuksen kehitys <ul style="list-style-type: none">- kaksisuuntainen näkyvyys- asiakkaiden osallistaminen kehitystyöhön
2.4	Kytkenäaloitteiden laadun kehitys <ul style="list-style-type: none">- ohjeistuksen kehittäminen- järjestelmätekniset ratkaisut (3.2)- yhteinen koulutus verkonhallinnan operaattoreille ja käyttöasiantuntijoille
2.5	Kytkenäpäätösdokumentin versiointikriteerit

Prosessin kehitysehdotuksia kartoittaessa näkyvyyden parantamiseen (taulukko 3, 2.1) liittyvät ehdotukset korostuivat haastatteluissa. Fingridin omien sidosryhmien välillä olevan näkyvyyden parantaminen nähtiin tärkeänä kehityskohteena prosessissa, koska suunnitteilla olevat siirtokeskeytykset eivät välttämättä ole muilla siirtokeskeytysprosessin ulkopuolisella ryhmällä kovin hyvin tiedossa. Haastateltavat kokivat myös, että keskeytyssuunnittelun vuosikello tulisi olla paremmin tiedossa eri sidosryhmillä. Tätä on vuosien mitaan pyritty parantamaan tiedottamisella, mutta edelleen vuosikellon aikataulumääreet ajoittain unohtuvat keskeytysprosessin ulkopuolisilta toimijoilta. Konkreettisenä kehitysehdotuksena tähän nähtiin tiedottamisen lisääminen eri sidosryhmien välillä sekä järjestelmätekniset ratkaisut, joilla voitaisiin parantaa siirtokeskeytysprosessin näkyvyyttä.

Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessi on ollut pitkään samanlainen aikataulujen osalta ja nykymuotoisen aikataulumallin mukaan on toimittu viimeiset 20 vuotta. Prosessin aikataulutukseen toivottiin enemmän joustavuutta (taulukko 3, 2.2), koska keskeytyssuunnittelukellon aikataulut eivät välttämättä toteudu muiden sidosryhmien osalta. Nykyisellä mallilla on kaksi aikamäärettä, milloin keskeytystarpeet tulee olla koottuna, mikä aiheuttaa lisääntyntä työkuormaa näiden ajankohtien ympärille, sekä vastaavasti odottelua taas muihin prosessin vaiheisiin. Erään haastateltavan mielestä kunnossapitotarpeet tulisi olla pitkäjänteisemmin tiedossa, esimerkiksi seuraavalle kolmelle vuodelle (taulukko 3, 2.2). Tämä mahdollistaisi enemmän joustavuutta ja ennakoitua suunnitteluun sekä vähentäisi ylimääräisten keskeytyksien määrää. Eräs haastateltava taas kehittäisi aikataulutusta siten, että aikataulut olisi koko prosessissa aikaistettu niin, että vuosikellossa määritellyt aktiviteetit tulisivat tehtyä yhden kalenterivuoden aikana. Tämä mahdollistaisi sen, että saataisiin jo heti vuoden alkuun tammikuulle aikaa perussuunnittelulle. Nykyisellä vuosikellomallilla suunnittelua tehdään vain 11 kuukautta vuodesta.

Siirtokeskeytyssuunnittelun tärkein sidosryhmä ovat asiakkaat. Oma Fingrid-palvelun kehitys nähtiin tärkeänä kohteena kaksisuuntaisen näkyvyyden osalta (taulukko 3, 2.3). Fingrid saa asiakkailta tietoa palvelun kautta, mutta järjestelmässä on vielä kehitettävää asiakkaiden suuntaan vietävien tietojen osalta. Kehitettävänä osuutena nähtiin, että asiakkaille pitää olla parempi näkyvyys heitä koskettaviin siirtokeskeytyksiin. Tämän nähtiin parantavan toiminnan läpinäkyvyyttä, asiakaskokemusta ja siten myös palvelun hyödyntämistä. Konkreettisenä ehdotuksena tähän nähtiin, että asiakasta koskevan kytkentäsuunnitelmatietueen tilan muutokset ja sisältö voisivat joiltain osin näkyä Oma Fingrid -palvelussa asiakkaan suuntaan. Fingridin siirtokeskeytyksiin liittyvää asiakaskokemusta voitaisiin myös parantaa osallistamalla asiakasta mukaan palvelun kehitystyöhön.

Kuten luvussa 6.1.1 todettiin, kytkentäaloitteiden sisällön yhdenmukaisuudessa on vaihtelua. Kehitysehdotuksina vaihtelun vähentämiselle ja näin ollen laadun parantamiselle nähtiin järjestelmätekniset ratkaisut (taulukko 4, 3.2) sekä koulutus ja ohjeistuksen kehittäminen (taulukko 3, 2.4). Järjestelmä voisi paremmin ohjata kytkentäsuunnitelmien laadintaa siten, että lopulliset dokumentit olisivat sisällöltään yhteneväisiä. Yhdenmukaisuutta kytkentäaloitteiden sisällössä voitaisiin parantaa lisäämällä koulutusta Kantaverkkokeskuksen ja käyttöasiantuntijoiden välille. Tällä menettelyllä verkohallinnan operaattorit voisivat tarkentaa heidän sisällölliset vaatimuksensa kytkentäaloitteille. Ohjeistuksen kehittämien nähtiin myös vaihtoehdona, joka voisi auttaa parantamaan kytkentäaloitteiden yhdenmukaisuutta, koska tämänhetkisessä ohjeistuksessa kytkentäsuunnitelmien sisältöä ei ole

kovin tarkasti määritelty. KytKentäsuunnitelmien laatimista varten ei ole myöskään olemassa työohjetta.

Prosessin tehokkuuden parantamisen kehityskohteena nähtiin kytKentäpää-
töksen versiointikriteereiden kehittäminen (taulukko 3, 2.5). KytKentäpää-
töksestä tulisi olla tarvittaessa mahdollista muuttaa työ- ja kytKentärivejä tai
täydentää jakelulistaa ilman, että dokumentti tarvitsee versioida uudestaan.
Tällä hetkellä keskeytystietueessa on myös kenttiä, joihin tehty muutos ei näy
kytKentäpäättösdokumentissa tai vaikuta kytKennän toteutukseen. Tämä on
toisinaan aiheuttanut asiakkaan puolelta ihmetystä, kun heille jaellaan ver-
sioinnin takia uusi dokumentti, jossa ei näennäisesti ole tapahtunut mitään
muutosta. Dokumentin uudelleenversiointi vaikuttaa myös negatiivisesti
prosessin tehokkuuteen, koska dokumentti käy tarkistus- ja hyväksyntäpro-
sessin läpi uudelleen Kantaverkkokeskuksessa.

Haastatteluissa selvitettiin käyttöasiantuntijoiden järjestelmätekniset kehi-
tysideat. Taulukkoon 4 on koottu käyttöasiantuntijoiden ajatuksia järjestel-
mäteknisistä ominaisuuksista, jotka helpottaisivat ja tehostaisivat kytKentö-
jen suunnittelun prosessia.

Taulukko 4: Yhteenveto siirtokeskeytysuunnittelun järjestelmäteknisistä kehitysehdotuksista

No.	Järjestelmätekniset kehitysehdotukset
3.1	Tilannekuvan kehitys <ul style="list-style-type: none">- karttapohjainen näkyvyys laitteiden tuleville tarvehuolloille- karttapohjainen näkyvyys tuleville keskeytyksille- Gantt-kaavio keskeytyksien aikatauluista
3.2	KytKentäsuunnitelmätietueen perustamisen kehitysehdotukset <ul style="list-style-type: none">- lomaketyylinen käyttöliittymä suunnittelua varten- keskeytysuunnitelmien luonti verkkokuvasta- määrämuotoisten keskeytysuunnitelmien luonti automaattisesti- valmiit sanasisällöt ja rivit perustoimenpiteille- automaattinen jakelulista valitsemalla kohde- keskeytysuunnitelmien, töiden ja aikataulujen linkitys keskenään
3.3	KytKentätietueen ja dokumentin kehitysehdotukset <ul style="list-style-type: none">- verkkokuva kytKennästä jaettavaan kytKentädokumenttiin- turvallisuusilmoituksen linkittäminen kytKentäpäättöksen työriiviin

Siirtokeskeytysten, kunnossapitotöiden ja niiden aikataulujen näkyvyyden parantaminen korostui kaikissa haastatteluissa. Näkyvyyden parantamiseen käyttöasiantuntijoilla oli karttapohjaisia kehitysideoita. Esimerkiksi verkkokuvasta voimajohtoa tai asemaa klikkaamalla saisi näkyviin kaikki laitteet, joilla on ollut tai on tulossa tarvehuolto. Tämä mahdollistaisi sen, että

yhdellä silmäyksellä näkisi kokonaisuuden ilman, että tarvitsee tehdä raskaita tietueiden hakemisia ja suodatteluja.

Kuten kappaleen 6.1.1 prosessin haasteiden kartoituksessa tuli ilmi, että tulevien keskeytyksien ajankohtia ja niiden vaikutuksia toisiinsa on hankala arvioida kokonaisuutena nykyisestä järjestelmästä. Tätä voitaisiin esimerkiksi parantaa esittämällä keskeytystarpeet ja suunnitellut siirtokeskeytykset verkkokartalla (taulukko 4, 3.1). Verkkokartalla voitaisiin esittää, mihin verkon osaa keskeytys kohdistuu, milloin keskeytys toteutetaan ja missä tilassa keskeytystietue on. Keskeytysten aikataulutusta voitaisiin myös esittää mahdollisesti Gantt-kaaviona, jossa on esitettynä eri keskeytysten edistymisen suhteessa aikaan.

Visuaalisuutta ja automaatiota kaivattiin myös kytkentäsuunnitelmien tekemiseen (taulukko 4, 3.2). Visuaalisuus voisi suunnitelmien tekemisessä näkyä haastateltavien mukaan niin, että kytkentäsuunnitelma tehtäisiin verkkokuvasta valitsemalla erotettava johto, asema tai laite. Ihannelilanteessa tämän nähtiin toimivan niin, että järjestelmä tekisi valinnan perusteella automaattisesti siirtokeskeytyssuunnitelman ja siihen liittyvät kytkentäohjelmat. Käyttöliittymään myös toivottiin selkeyttä. Käyttöliittymä, jossa keskeytyssuunnitelmat laaditaan voisi olla enemmän lomakkeen ja lopullisen kytkentäpäätösdokumentin tyylinen, kuin raskas tietue, missä on täytettäviä soluja usealla eri välilehdellä.

Keskeytyssuunnitelman luontia voitaisiin tehostaa automatisoimalla kytkentäsuunnitelmien luontia peruskytkentöjen osalta siten, että järjestelmä tekisi automaattisesti eroon- ja palautuskytkennästä rivit suunnitelmatietueeseen (taulukko 4, 3.2). Peruskytkennöistä korvauskytkentä, reaktorikeskeytys ja käytön vaihto kiskolta toiselle nähtiin potentiaalisesti automatisoitaviksi keskeytyslajeiksi. Toinen näkökulma oli, että kytkentäsuunnitelmat voisivat myös tietyiltä osin olla esitäytettyjä riippuen asemamallista. Esimerkiksi määrämuotoiset korvauskytkennät voisivat olla järjestelmässä valmiina riveinä. Keskeytystietueen jakelulistoja kehitettäisiin niin, että ne voisivat muodostua automaattisesti valitsemalla kohde, esimerkiksi asema tai voimajohto. Esimerkiksi voimajohdon valitsemalla järjestelmä osaisi automaattisesti tehdä listan voimajohtokeskeytyksen vaikutuspiirissä työskentelevistä henkilöistä ja työryhmistä. Eli järjestelmässä olisi jakelulistat, voimajohdot ja asemat linkitettyinä toisiinsa.

Useimmat haastateltavat ehdottivat keskeytyssuunnitelman luontia tehostavaksi toiminnallisuudeksi valmiita sanasisältöjä perustoimenpiteille (taulukko 4, 3.2). Perustoimenpiteiden sanasisällöt voisivat olla järjestelmässä valmiina esimerkiksi siten, että tietueen tekijälle jää lisättäväksi laitetunnusten kirjaus. Järjestelmän tulisi myös ohjata tietueiden perustamista niin, että

variaatiot suunnitelmien sisällössä on minimoitu. Esimerkiksi tietuetta tehdessä olisi enemmän hiirellä valittavia kohteita ja toimenpiteitä. Vapaalle tekstikentälle tunnistettiin myös tarvetta, mikäli halutaan projektien kyselyvaiheessa kirjata järjestelmään tietoja, koska kaikki tarvittavat omaisuustiedot eivät välttämättä ole vielä tässä vaiheessa perustettuna järjestelmään.

KytKentäsuunnitelman ja keskeytyksen aikana tehtävien töiden linkitystä nähtiin tarvetta kehittää järjestelmässä siten, että kytKentäsuunnitelmatietueen työvaiheen kautta olisi pääsy työtilaukselle (taulukko 4, 3.2). Tämä voisi olla toteutettuna niin, että työvaiheen kautta avautuvasta listasta voisi valita kyseiselle työvaiheelle tehtävät työt. Tietueiden aikataulut voisivat olla myös linkitettyinä toisiinsa, jolloin muutos kytKentäsuunnitelman aikataulussa muuttaisi myös työtilauksen aikataulua.

Haastateltavilta kysyttiin, miten kytKentäpäätösdokumenttia tulisi muuttaa. Kysymyksellä oli tarkoitus selvittää, ovatko haastateltavat tällä hetkellä tyytyväisiä nykyisen dokumentin ulkoasuun ja onko siinä havaittu vuosien saatossa puutteita. Pääsääntöisesti kytKentäpäätösdokumentin ulkoasuun oltiin tyytyväisiä ja useimmat haastateltavat eivät nähneet tarpeelliseksi muuttaa kytKentäpäätösdokumenttia. Potentiaalisena kehitettävänä kohteena dokumentissa nähtiin, että siinä voisi olla karttaote kytKentätilanteesta, jolloin paikalliskytkijöille ja asiakkaille näkyisi mitä johto-osaa keskeytys koskettaa (taulukko 4, 3.3). Asiakkaat näkisivät myös, miten heidän asemansa sijoittuisivat kyseisessä keskeytyksessä.

6.2 KytKentöjen suunnittelu ja toteutus

Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattoreille suunnatussa haastattelututkimuksessa kartoitettiin kytKentöjen suunnittelun ja toteutuksen nykytilanne. Haastatteluilla selvitettiin, miten järjestelmiä käytetään prosessin eri vaiheissa ja mitkä ovat nykymuotoisen prosessin rajoitteet ja ongelmat. Tarkoituksena oli rakentaa käsitystä ongelmakentästä sekä kartoittaa käyttäjien kehitysehdotukset.

KytKentöjen suunnittelun ja toteutuksen haastatteluaineiston tulokset on esitetty luvussa 4.2 määriteltyjen käyttövarmuustarkastelun, kytKentäohjelman laadinnan, kytKentädokumenttien tarkistamisen ja kytKennän toteutuksen osaprosessien mukaan. Luvuissa 6.2.1–6.2.6 on esitetty kytKentöjen suunnittelun ja toteutuksen ongelmakenttää osaprosessien mukaan. Lopuksi kappaleessa 6.3.7 on esitetty verkonhallinnan operaattoreiden näkemykset digitalisoitavista ja kehitettävistä kohteista kytKentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessissa ja siinä käytettävissä tietojärjestelmissä.

6.2.1 Käyttövarmuustarkastelu

Kuten luvussa 4.2 on esitetty, niin verkonhallinnan operaattorit vastaavat lyhyen aikavälin käyttövarmuustarkastelusta. Tälle tarkastelulle on varattu oma vuoro, jossa tarkastellaan kaikki seuraavan kolmen viikon aikana toteutuksessa olevat keskeytykset. Käyttövarmuustarkastelussa arvioidaan muun muassa, ovatko tiettyyn ajankohtaan suunnitellut keskeytykset toteutettavissa verkon käyttövarmuuden osalta. Taulukkoon 5 on koottu yhteenvetona haastatteluissa ilmenneet käyttövarmuustarkasteluvaiheen haasteet.

Taulukko 5: Yhteenveto käyttövarmuustarkasteluvaiheessa tunnistetuista haasteista

No.	Käyttövarmuustarkasteluvaiheen ongelmakenttä
1.1	Eri alueiden välisten keskeytyksien vaikutuksien arviointi toisiinsa
1.2	Tietojärjestelmien käyttötavat
1.3	Teho- ja kytkentätilanne haastava saada vastaamana todellisuutta
1.4	Tieto käyttövarmuustarkastelluista tietueista ei seuraa järjestelmässä mukana

Kysyttäessä operaattoreilta nykymuotoisen siirtokeskeytysprosessin haasteista, nousi käyttövarmuustarkastelun osuudesta esille siinä käytettävien tietojärjestelmien rajoitteet ja puutteet. Käyttövarmuustarkastelussa pääasiallisesti käytettävät järjestelmät ovat PSS/E ja Maximo. Maximosta kytkentätietueita tarkastelemalla on hankala saada käsitystä, miten eri keskeytykset vaikuttavat toisiinsa (taulukko 5, 1.1). Tämä tarkoittaa, että eri alueiden keskeytysten vaikutusten arviointi ja käyttövarmuusriskien havaitseminen voi olla välillä hankalaa. Tähän tarkoitukseen Fingridillä on ollut raportteja, joilla on voinut verrata rinnakkaisten alueiden keskeytyksiä toisiinsa, mutta niiden kehitys on jäänyt kesken tai ne eivät ole tällä hetkellä toimintakunnossa.

Haastatteluissa kiinnitettiin huomiota tietojärjestelmien käyttötavoissa esiintyvään vaihteluun. Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessissa käyttövarmuustarkastelu tunnistettiin prosessivaiheeksi, jossa esiintyy eniten vaihtelua tietojärjestelmien käyttötavoissa (taulukko 5, 1.2). Tarkasteltavien keskeytystietueiden valinta ja suodatus nykyisestä järjestelmästä tarkempaa PSS/E:llä tehtävää käyttövarmuustarkastelua varten on hyvin manuaalinen prosessi, jonka voi tehdä monella eri tavalla. Varsinkin Maximossa tehtävä keskeytystietueiden suodattaminen koettiin kankeaksi. Tämän takia usein tietueiden tiedot viedään Exceliin käsiteltäväksi, jossa tehdään tarkempi rajausta PSS/E:n tarkasteltavista keskeytyksistä.

Tehotilanne ja kytkentätilanne on haastava saada vastaamaan todellisuutta käyttövarmuustarkastelua tehdessä PSS/E:llä (taulukko 5, 1.3). PSS/E:n valmiit tehonjakotilanteet pitää itse säätää arvioidun tehotilanteen mukaiseksi. Kulutuksen arvioinnin nähdään vaikeutuvan lisääntyvän tuulivoiman takia varsinkin alueellisesti. Tieto käyttövarmuustarkastelluista kytkentäpäätöksistä ei seuraa Maximossa mukana (taulukko 5, 1.4). Huomiot tarkastelluista keskeytyksistä raportoidaan erilliseen dokumenttiin. Käyttövarmuustarkastelussa tehdyt huomiot pitää joko muistaa tai hakea erillisestä tiedostosta.

6.2.2 Kytkentäohjelmien laadinta

Haastateltavia pyydettiin kuvaamaan kytkentäohjelmien laadintaprosessi ja kertomaan, miten järjestelmiä käytetään, kun tehdään kytkentäohjelma. Kytkentäohjelmat laaditaan aikaisemmassa prosessivaiheessa tuotettujen kytkentäaloitteiden perusteella. Kytkentäohjelmia laatii tavanomaisesti yksi verkonhallinnan operaattori vuorollaan kullakin viikolla, jonka aikana he tekevät kytkentäohjelmat seuraavalla viikolla alkavalle omalle pääoperaattorivuorolleen. Tietueet pyritään pääsääntöisesti tekemään siten, että kytkentäohjelma on valmis seitsemän päivää ennen kytkennän toteutusajankohtaa. Tämä tarkoittaa käytännössä, että maanantaina tehdään seuraavan viikon maanantaina alkavien kytkentäpäätösten kytkentäohjelmat ja tiistaina tehdään seuraavan viikon tiistaina alkavien päätösten kytkentäohjelmat ja niin edespäin. Määrällisesti kytkentäohjelmien laadinnan ruuhkahuippu ajoittuu maanantaille ja tehtävien kytkentäohjelmien lukumäärä vähenee loppuviikkoa kohden.

Haastatteluissa ei ilmennyt merkittäviä eroavaisuuksia tavassa, miten kytkentäohjelmätietueita tehdään tai miten tietojärjestelmiä käytetään. Käytännössä kaikki aloittavat tarkastamalla kytkentäaloitteen ja mikäli siinä huomataan korjattavaa, puutteet käydään aloitteen laatineen käyttöasiantuntijan kanssa läpi. Kytkentäohjelmat tehdään usein niin, että järjestelmästä etsitään ja kopioidaan vastaavanlainen kytkentäohjelma pohjalle. Kysyttäessä arvioita, kuinka iso osa ohjelmista tehdään kopioimalla vanha ohjelma pohjalle muokattavaksi, operaattorit arvioivat tekevänsä suurimman osan tällä menettelyllä. Kytkentäohjelmia harvemmin tehdään tekemällä uusi tietue kokonaan alusta asti.

Kytkentäohjelman sisältö on tarkasti ohjeistettu ja tietueet pyritään käytännössä tekemään aina niin, että tietueiden sisällön mukaan ei pitäisi pystyä päättelemään kuka on ohjelman laatinut. Kytkentäohjelma tehdään kytkentäaloitteen mukaan ja siinä hyödynnetään apuna käytönvalvontajärjestelmän verkkokuvia. Kytkentäohjelmaa ei ole yleensä mahdollista tehdä pelkästään kytkentäaloitteen tietojen perusteella, vaan laitetunnukset usein lisätään SCADAn verkkokuvan perusteella. Maximo sisältää kaikki tarvittavat

laitteiden omaisuustiedot, mutta pelkästään Maximossa saatavilla olevien tietojen perusteella on hankala saada käsitystä tehtävästä kytkennästä.

Taulukko 6: Yhteenveto kytkentäohjelmien laatimisvaiheessa tunnistetuista haasteista

No.	Kytkentäohjelman laatimisvaiheen ongelmakenttä
2.1	Verkon kytkentätilanteen hahmottaminen
2.2	Kytkentähetken verkon tila ei tule ilmi järjestelmän puolelta
2.3	Kytkentäsovelluksen / Maximon huono suorituskyky
2.4	Uuden kytkentäohjelmätietueen laatimisen hitaus ja siihen tarvittava manuaalinen käsityö
2.5	Kytkentäohjelmätietueiden ulkoasu, käsittely ja hakeminen

Kytkentäohjelman tekovaiheessa verkon kytkentätilanteen hahmottaminen koettiin ajoittain haasteelliseksi (taulukko 6, 2.1), koska nykyisestä järjestelmästä ei ilmene kytkentätoimenpiteiden kumulatiivinen vaikutus verkon tilaan. Kytkentätilannetta ei ole mahdollista simuloida järkevästi laatimisvaiheessa nykyisillä järjestelmillä, eivätkä verkon tilan muutokset piirry graafisesti mihinkään. Haastateltavat kokivat, että kytkennän suunnittelu on usein oman hahmotuskyvyn varassa, koska kytkennän alku- ja lopputilanteen väliset muutokset eivät ilmene järjestelmästä. Tämän vuoksi varsinkin vaativissa siirtokeskeytyksissä kytkentätilanne on jouduttu hahmottelemaan SCADAn verkkokuvan mukaan paperille, jotta saadaan parempi käsitys tehtävästä kytkennästä.

Kytkentäohjelmien suunnittelua vaikeuttaa myös se, että järjestelmä ei osaa ottaa huomioon muita samalla ajanhetkellä keskeytyksessä olevia asemia tai laitteita. Tämä tarkoittaa, että kytkentäohjelman luontia aloittaessa ei ole tietoa verkon sen hetkisestä tilasta (taulukko 6, 2.2). Tieto verkon tilasta on yleensä merkitty kytkentäpäätökselle, mikäli kytkentä tehdään toisen kytkennän jatkoksi. Verkon tila joudutaan käytännössä selvittämään hakemalla järjestelmästä aikaisemmin tehtyjä kytkentäohjelmia ja -päätöksiä.

Nykyisen kytkentöjensuunnittelusovelluksen suurimmaksi heikkoudeksi melkein kaikki haastateltavat nimesivät järjestelmän huonon suorituskyvyn ja hitauden (taulukko 6, 2.3). Huono suorituskyky ilmenee muun muassa silloin, kun järjestelmää käytetään toimistoaikoina tai kun kytkentäohjelmätietueeseen lisätään kytkentärivejä. Ongelmat suorituskyvyssä korostuvat kytkentäohjelmätietueen koon kasvaessa siten, että mitä enemmän kytkentäohjelmätietueeseen lisätään rivejä, sitä hitaampaa on uusien rivien lisääminen ja solujen täyttäminen tietueeseen. Myös aikaisemmin tehtyjen kytkentäohjelmien kopiointi on voinut haastateltavien mukaan pahimmillaan

kestää minuutteja. Lisäksi toimistoaikoina järjestelmässä on haastateltavien mukaan havaittavissa selkeää hidastumista.

Useat haastateltavat nostivat nykyisen järjestelmän huonoksi puoleksi kytkentäohjelmätietueen perustamiseen kuluvan ajan (taulukko 6, 2.4). Tämä johtuu osin edellä mainitusta suorituskyvyn hitaudesta sekä toimintavasta, jolla kytkentäohjelmat tehdään. Kytkentäohjelmat tehdään Maximossa rivi ja solu kerrallaan käsityönä. Haastateltavat kokivat, että Maximo soveltuu huonosti rivi kerrallaan tehtävien tietueiden täyttämiseen. Osa operaattoreista koki myös turhauttavaksi sen, että tietueen rivejä ei voi pelkästään täyttää näppäimistön välityksellä, vaan osa valinnoista pitää aina varmistaa hiirellä, joka hidastaa tietueen täyttämistä.

Kytkentäpäättös ja -ohjelmätietueiden ulkoasuun, käsittelyyn ja hakemiseen liittyvät seikat korostuivat haastatteluissa (taulukko 6, 2.5). Maximon kytkentätietueiden rivien järjestyksen muuttaminen ja kopiointi koettiin hankalaksi. Kytkentäohjelmaan ei ole mahdollista kopioida useampaa riviä kerralla toisesta kytkentäohjelmasta tai edes saman tietueen sisältä. Tietueiden hakeminen järjestelmästä koettiin myös vaivalloiseksi. Ulkoasuun liittyvistä seikoista ilmeni, että Maximon kytkentäpäättös ja -ohjelmätietueet eivät ole järjestelmässä luettavuudeltaan selkeitä. Esimerkiksi kytkentävaiheet pitää kytkentäpäättöksestä aina erikseen avata, jotta nähdään mitä kyseiseen vaiheeseen on kirjoitettu. Tietueiden ulkoasu ja käytettävyys on osin syynä siihen, että operaattorit käsittelevät kytkentäpäättöksiä ja -ohjelmia mieluummin esikatselu-, PDF- tai paperimuodossa.

6.2.3 Kytkentäohjelmien tarkastaminen ja laatu

Haastateltavilta kysyttiin, miten kytkentäohjelmien laatu varmistetaan kytkentäprosessissa. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka tarkastaminen tehdään ja miten eri järjestelmiä käytetään tarkastamisessa tukena. Kytkentädokumentit tarkistetaan valvomon iltavuorossa, jossa operaattori käy läpi sinne toimitetut kytkentäohjelmat ja -päättökset. Kytkentädokumenttien laatu varmistetaan menettelyllä, jossa tarkastamisen ja dokumenttien katselmoinnin suorittaa prosessin aikana useampi henkilö. Tätä haastateltavat pitivät ehdottomasti nykymuotoisen prosessin hyvänä puolena. Kytkentäohjelman tarkistaa eri henkilö kuin se, joka dokumentin on alun perin laatinut. Lisäksi kytkentäohjelman lukee myös etukäteen ennen kytkennän toteutusta paikalliskytkijä. Haastateltavat pitivät hyvin harvinaisena tapahtumana sitä, että toteutusvaiheeseen asti pääsee virheellinen kytkentäohjelma. Mikäli näin on käynyt, niin se on yleensä huomattu kytkennän toteutusvaiheessa.

Haastateltavilta kysyttiin arvioita, kuinka paljon tarkastusvaiheessa havaitaan laatupoikkeamia kytkentäohjelmissa ja mitkä ovat tyypillisiä virheitä.

Vastauksissa nousi esiin kirjoitusvirheet, kuten väärä laitetunnus ja virheelinen ohjaussuunta tai puuttuvat kytkentärivit. Periaatteellisesti väärin tehdyt ohjelmat ovat kuitenkin haastateltavien mukaan harvinaisia. Laatupoikkeamien syitä arvioitaessa nousi esiin, että usein virheet ovat seurausta kytkentäohjelman kopioinnista, jolloin epähuomiossa ohjelmaan on voinut jäädä väärä tunnus tai muuta vastaavaa. Tarkastusvaiheessa havaittujen poikkeamien määrään ei osattu sanoa yksiselitteistä vastausta. Pääsääntöisesti kytkentäohjelmien laadun nähtiin olevan hyvällä tasolla ja poikkeamia esiintyy suhteellisen harvoin.

Taulukko 7: Yhteenveto kytkentädokumenttien tarkastamisvaiheessa tunnistetuista haasteista

No.	Kytkeätdokumenttien tarkastamisvaiheen ongelmakenttä
3.1	Tietojärjestelmien käyttö ja tarkastamistapa
3.2	Järjestelmän huono suorituskyky
3.3	Automaattisen tarkastuksen puute
3.4	Pääoperaattoritehtävän ohella tehtävä tarkastaminen
3.5	Verkon kytkentätilanteen hahmottaminen

Tietojärjestelmien hyödyntämisessä kytkentäohjelman tarkastuksessa ilmeni vaihtelua (taulukko 7, 3.1). Pääosin dokumentit tarkastetaan tulostetuilta papereilta, mutta osa operaattoreista saattaa muuntaa tietueen PDF-tiedostoksi, ja tarkistaa sitä kautta kytkentäohjelman kytkentärivit. Maximossa kytkentäohjelmätietuetta tarkastellaan vain siinä vaiheessa, kun kytkentäohjelman tila muutetaan hyväksytyksi järjestelmässä. Haastatteluissa ei tullut ilmi, että kukaan kävisi läpi järjestelmän kytkentäpää- tai kytkentäohjelmätietueen rivejä tarkastusvaiheessa.

Nykyisen järjestelmän tekniset rajoitteet vaikuttavat myös kytkentäohjelmien laatuun ja tarkastamisprosessiin. Tarkastetut ohjelmat kuitataan järjestelmässä muuttamalla tietueen tila hyväksytyksi. Järjestelmän suorituskyvyn hitaus nousee myös tarkastamisvaiheessa esiin, kun tietueet pitää yksittellen hakea ja kuitata järjestelmässä (taulukko 7, 3.2). Erään haastateltavan mukaan pelkästään tietueiden hakemiseen ja kuittaukseen voi pahimmillaan työpäivän aikana mennä tunti työaika, mikäli tarkastettavia kytkentäpäättöksiä ja -ohjelmia on ollut paljon. Kytkentäohjelmaan jääneille mahdollisille virheille ei ole automaattista tarkastusta järjestelmän puolelta (taulukko 7, 3.3), mikä lisää riskiä inhimillisille kirjoitusvirheille. Kytkentäohjelmaan on mahdollista syöttää virheellisiä asemaan tai kenttään kuulumattomia laitetietoja. Myöskään duplikaattiriveille ja laitetiloille ei ole automaattista tarkastusta.

Tarkastamisvaiheen haasteissa nousi esiin, että tarkastamista tehdään pääoperaattorivuoron ohella (taulukko 7, 3.4). Tämä koettiin toisinaan haasteelliseksi tehtäväksi tehdä kunnolla ja ajoittain myös työläämmäksi kuin itse kytkentäohjelman tekeminen. Tarkastamiselle voi jäädä huonosti aikaa muiden operaattoritehtävien takia, jolloin tarkastamistehtävä voi keskeytyä kiireellisempien tehtävien vuoksi, kuten kytkennän, puhelun, vian tai häiriön takia. Varsinkin kesällä ruuhka-aikaan operaattoritehtävän ohella tarkastamiseen ei aina ehditä perehtyä kunnolla. Kesällä kiireisimpinä maanantai-päivinä on tarkastaminen voinut jäädä pahimmillaan tekemättä kokonaan, jolloin tarkastettavat dokumentit ovat siirtyneet toiselle päivälle tai vaihtoehtoisesti on hyödynnetty konttorivuorossa olevia operaattoreita. Se, että kiireen takia dokumentteja ei ehditä tarkistamaan, koettiin kuitenkin melko harvinaiseksi tilanteeksi.

Tarkastamisvaiheessa ilmenee myös samat kytkentätilanteen hahmottamiseen liittyvät haasteet (taulukko 7, 3.5) kuin kytkentäohjelman laatimisvaiheessa. Kytkentätilanteen etenemistä ei ole mahdollista nähdä tarkastamisvaiheessa, vaan kytkentätilanne on tarkastajan oman hahmotuskyvyn varassa. Tämän tunnistettiin osaltaan vaikuttavan siihen, että kytkentäohjelmiin voi päätyä virheitä aikaisemmista prosessivaiheista. Erään haastateltavan mukaan kytkentäohjelman laatimis- ja tarkastusvaiheen työskentelyn keskeytykset voivat aiheuttaa sen, että ajatus kytkennän toteutustavasta unohtuu.

6.2.4 Kytkennän toteutus

Kytkentäprosessissa viimeisenä vaiheena on kytkennän toteutus eli kytkennän johtamisvaihe. Siirtokeskeytys toteutetaan kytkentäpäätökselle määritetyltä ajanhetkellä käymällä aikaisemmassa prosessivaiheessa tehty kytkentäohjelma kohta kohdalta läpi. Siirtokeskeytys toteutetaan paperisen kytkentäohjelman kytkentävaiheiden mukaisesti, jossa operaattori tai apuoperaattori käy yhdessä paikalliskytkijän kanssa kytkentäohjelman läpi. Operaattori valvoo ja ohjaa käytönvalvontajärjestelmästä kytkinlaitteita kytkentäohjelman mukaan ja kuittaa suoritettut vaiheet paperiseen kytkentäohjelmadokumenttiin.

Kytkennän toteutusvaiheessa operaattoreiden pääasiallisena työkaluna ovat käytönvalvontajärjestelmä ja puhelin. Maximon siirtokeskeytys ja -kytkentäsovelluksesta ei tietueita tässä vaiheessa tarkastella ollenkaan, lukuun ottamatta kytkentäpäätöstietuetta, johon merkitään kytkennän todellinen aloitusajankohta. Kytkennän toteutusvaiheessa operaattorit kokevat tällä hetkellä haastavaksi niin sanottujen kynämerkintöjen, kuten suoritettujen vaiheiden yliviivauksen, työnvalmistelulupien, katkaisijoiden aikaleimojen sekä kytkennän aloitus- ja lopetusaikojen merkitsemisen useaan paikkaan.

Koronaepidemian takia valvomotoiminta on hajautettu, jonka vuoksi kytkentädokumentit tulostetaan molempiin valvomoihin ja tämän lisäksi toteutusvaiheessa paperiin tehtävät kynämerkinnät tehdään myös erikseen PDF-tiedostoon.

Turvallisuusilmoitukselle ja kytkentäpäätökselle kirjoitetun työnkuvauksen kohdistaminen tiettyyn työvaiheeseen ei ole aina helppoa kytkennän johtamisvaiheessa. Jos kohteella on useampi työryhmä, täytyy operaattorin välillä käydä läpi kaikki työrivit asianomaisten henkilöiden kanssa, jotta saadaan oikea työvaihe kohdistettua henkilöön tai työryhmään. Tällä hetkellä järjestelmässä on myös teknisesti mahdollista tehdä useita turvallisuusilmoituksia samalle työvaiheelle. Tämän ei pitäisi olla mahdollista, vaan yhdelle työvaiheelle tulisi olla kohdistettuna vain yksi työnvalmistelulupa ja turvallisuusilmoitus.

6.2.5 Dokumenttien hallinta

Paperiset kytkentädokumentit ovat vahvasti mukana Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan päivittäisessä toiminnassa. Kytkentöjen suunnittelussa ja toteutuksessa tulostetaan ja käytetään paperisia dokumentteja useassa eri vaiheessa. Kytkentäohjelman laatimisvaiheessa kytkentäaloitetietue muunnetaan PDF-tiedostoksi, ja usein myös tulostetaan tarkastamista varten. Tarkastettu ja järjestelmässä kytkentäpäätökseksi hyväksytty tietue tulostetaan paperille kytkentäohjelmien kanssa. Tarkastusvaiheessa paperinen kytkentäohjelmadokumentti tulostetaan uudestaan, kun se on tarkistettu ja hyväksytty Maximossa. Kytkentädokumenttien uudelleenversiointi korjauksien tai aikataulujen muutoksien takia aiheuttaa myös sen, että dokumentit joudutaan tulostamaan uudelleen paperille. Versioita hallitaan pitämällä aikaisemmat dokumenttiversiot uusien versioiden kanssa saman paperinipun mukana.

Kytkentädokumentteja siirrellään valvomon sisällä prosessin eri vaiheissa lokeroihin. Jokaiselle viikonpäivälle on oma lokeronsa valvomossa, jonne tarkistetut ja tarkistusta odottavat dokumentit lajitellaan. Tarkastetut dokumentit laitetaan odottamaan sen päivän lokeroon, kun kytkentä aiotaan toteuttaa. Mikäli kytkennän toteutus jää kesken, paperinen dokumentti siirretään seuraavan kytkentäajankohdan lokeroon odottamaan seuraavaa kytkentäajankohtaa. Koronaepidemian aikana tiedon jakaminen operaattoreiden kesken on hajautetun valvomotoiminnan takia toteutettu PDF-dokumenteilla. Tämä on lisännyt operaattoreiden työkuormaa, koska kytkennän toteutusvaiheessa tehtävät merkinnät tehdään nyt paperin lisäksi myös PDF-dokumenttiin.

Paperisten kytkentädokumenttien etuna nähtiin, että niitä on helppo hallita ja tehdä tarvittavia merkintöjä kytkentöjen toteutusvaiheessa – varsinkin ruuhka-aikaan, jos samaan aikaan on meneillään useampi kytkentä. Paperille voi myös tarvittaessa useampi henkilö tehdä merkintöjä yhtä aikaa. Paperisilla dokumenteilla on myös turvattu toiminnan jatkuvuutta poikkeustilanteissa. IT-järjestelmien käyttökatkot eivät vaaranna toimintaa niin kauan kuin SCADA- ja puhelinjärjestelmät toimivat. Myös myönnettyjen toimenpidelupien seuranta on varmistettu merkitsemällä tiedot työnsuorittajista tulostettuihin kytkentädokumentteihin.

6.2.6 Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen kehitysehdotukset

Kantaverkkokeskuksen operaattoreille suunnatun haastattelun toisena teemana oli kartoittaa käyttäjien näkemykset digitalisoitavista ja kehitettävistä kohteista kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessissa ja siinä käytettävissä järjestelmissä. Tuloksia on tässä luvussa esitetty prosessin ja järjestelmän kehitysnäkökulmasta. Taulukkoon 8 on koottu verkonhallinnan operaattoreiden näkemykset kehitettävistä kohteista ja niiden toteutuksesta.

Taulukko 8: Yhteenvedo verkonhallinnan operaattoreiden kehitysehdotuksista kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessiin

No. Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen kehitysehdotukset	
4.1	KytKentäohjelman luonnin kehittäminen <ul style="list-style-type: none"> - kytkentäohjelman luonti osoittamalla/maalaamalla kuvasta kenttä/johto/laite/alue - kytkentäohjelman luonti nauhoittamalla - kytkentäohjelman luonti mallipohjan mukaan
4.2	KytKentäohjelman simulointi
4.3	Visuaalinen tieto verkon tilasta <ul style="list-style-type: none"> - alkutilanne kuvana
4.4	Automaattinen virheiden tarkastus
4.5	Tieto tehdystä käyttövarmuustarkastelusta kytkentäohjelmaan
4.6	KytKentäohjelmatietueen kehitys <ul style="list-style-type: none"> - selkeämpi ulkoasu - interaktiivisemmat kytkentärivit - virheellisen syötteen estäminen, tarkistaminen tai korostaminen
4.7	Digitaalinen kytkentäohjelma <ul style="list-style-type: none"> - suoritettujen kytkentävaiheiden merkitseminen digitaalisesti - tilatiedot ja aikaleimat SCADasta

KytKentäohjelmatietueen perustaminen on tällä hetkellä hyvin manuaalinen ja hidas prosessi, johtuen nykyisen järjestelmän huonosta suorituskyvystä sekä tavasta miten tietueet perustetaan järjestelmään. Suurin osa

haastateltavista toivoi jollain tavalla visuaalisuutta ja automaatiota kytkentäohjelmien luontiprosessiin. Tällä hetkellä kytkentäohjelmien luominen on tietueen tekijän oman hahmotuskyvyn varassa, eikä järjestelmässä ole mitään älyä, joka auttaisi tai tukisi tietueen perustamista.

KytKentäohjelman luonti visuaalisesti hyödyntämällä verkkokuvaa, nousi melkein kaikissa haastatteluissa merkittävimmäksi kehitysehdotukseksi (taulukko 8, 4.1). Suoraan verkkokuvasta tehtävän kytkentäohjelman luonnin nähtiin parantavan tehtävän kytkennän hahmottamista sekä parantavan kytkentäohjelman tekemiseen kuluva-aikaa. Lisäksi kytkentäohjelman teko-vaiheessa ei tarvitsisi erikseen katsoa verkkokuvaa käytönvalvontajärjestelmästä. Toteutuksessa käytettävän verkkokuvan tulisi hyvin samanlainen tai mahdollisesti jopa sama kuva, kuin se on tällä hetkellä käytönvalvontajärjestelmässä.

Suoraan verkkokuvasta tehtävän kytkentäohjelman toteutuksesta verkonhallinnan operaattoreilla oli useita eri näkemyksiä. Kytkentäohjelma voitaisiin muodostaa esimerkiksi nauhoittamalla, eli ohjaamalla verkkokuvasta toimilaitteita järjestyksessä auki ja kiinni. Verkkokuvan elementtejä painamalla verkon tilanne muuttuu reaaliajassa ja kytkentävaiheet tulevat riveinä kytkentäohjelmaan. Toteutus voisi olla myös enemmän automaattinen ratkaisu, jossa kytkentäohjelma muodostettaisiin osoittamalla aluetta, kenttää, johtoa tai laitetta. Automatiikka loisi valinnan perusteella kytkentäohjelman ja lisäisi sinne tarvittavat rivit maadoituksille, lukituksille ja o-asetuille. Haasteena automaattisessa ratkaisussa nähtiin, että esimerkiksi erotuskytkentä on mahdollista toteuttaa usealla eri tavalla. Eroonkytkennän toteutus on yleensä määritelty kytkentäpäätoksessa. Riippuen kytkentäohjelman laadunvarmistuksen automatisoinnin toteutuksesta riskinä nähtiin, että tämä saattaisi aiheuttaa käyttöasiantuntijoille siirtokeskeytyssuunnittelun prosessissa lisätyötä toteutuksen yksityiskohtien kirjaamisen osalta.

Operaattorit toivoivat kytkentäohjelmien tarkastamista ja laadunvarmistusta tukevia ominaisuuksia. Kuten luvussa 6.3.4 todettiin, tarkastaminen tehdään nykymallilla paperilta käymällä kytkentäohjelma vaihe kerrallaan läpi ilman ohjelmallista tukea. Tarkastamista ja laadunvarmistusta helpottavaksi ominaisuudeksi nähtiin mahdollisuus simuloida kytkentää (taulukko 8, 4.2). Tämä ei pelkästään hyödyttäisi tarkastamista, vaan se tukisi myös kytkentäohjelmien laadintaa. Kytkennän simuloiminen nähtiin helpottavan kytkentätilanteen hahmottamista, varsinkin vaativien kytkentöjen osalta. Esimerkiksi simulaatiotilassa kytkentäohjelman voisi palauttaa alkutilaan ja suorittaa vaihe vaiheelta siten, että muuttuva verkon tilanne näkyisi verkkokuvassa reaaliajassa. Järjestelmä voisi simulaatiotilassa myös varoittaa mahdollisista kytkentäohjelman virheistä, kuten esimerkiksi puuttuvista lukituksista tai maadoituksen laittamisesta jännitettä vasten.

Verkon tilan selvittäminen tietylle ajanhetkelle koettiin haasteelliseksi nykyisessä järjestelmässä. Operaattorit toivoivat, että muuttunut verkon kytkentätilanne voisi näkyä kytkentäohjelmien suunnitteluovelluksessa esimerkiksi kuvana, kun kytkentäohjelmaa aletaan tehdä (taulukko 8, 4.3). Tällä tarkoitetaan, että järjestelmä osaisi ottaa huomioon muut samalle aikavälille suunnitellut kytkennät. Verkkokuvasta nähtäisiin mahdollisten muiden kytkentöjen tila ja vaikutus verkkoon. Tämä mahdollistaisi sen, että kytkentäohjelmat voitaisiin tehdä jatkoksi kyseisellä ajanhetkellä vallitsevaan verkon tilanteeseen.

Kytkentätietueiden käsittelyyn ja ulkoasuun liittyvät seikat korostuivat käyttäjien kehitysideoita kartoittaessa. Nykyinen kytkentäohjelmätietue sisältää täytettäviä soluja usealla välilehdellä, ja tietueeseen lisättävät kytkentärivit ovat staattisia, joka tekee niiden käsittelystä raskasta. Kytkentäohjelmätietueeseen toivottiin selkeyttä, muokattavuutta ja automaattista virheiden tunnistusta (taulukko 8, 4.4, 4.6). Tietueen ulkoasun tulisi olla selkeä ja käyttäjystävällinen, jotta mieluummin käsiteltäisiin tietuetta kuin paperista dokumenttia. Tietueen rivien tulisi olla interaktiivisemmat siten, että niiden järjestystä olisi mahdollista muuttaa helposti esimerkiksi raahaamalla. Rivejä tulisi olla myös mahdollista kopioida tietueen sisällä tai muista tietueista. Kytkentäohjelmätietueeseen toivottiin myös älykkäämpää virheellisen syötteen tunnistusta. Esimerkiksi kirjoitusvirheet, virheelliset laitetilat tai asemaan kuulumattomat laitetunnukset tulisi estää, tarkistaa tai korostaa jo kytkentäohjelmätietuetta laadittaessa. Järjestelmä voisi automaattisesti ehdottaa oikeita vaihtoehtoja. Lisäksi turvallisuusilmoitukset voisivat olla suoraan linkitettyinä kytkentäohjelman työnvalmistelulupariville. Tämä voisi olla esimerkiksi toteutettu niin, että järjestelmä tarjoaa turvallisuusilmoituksen tietojen perusteella vaihtoehdot henkilöistä ja heidän puhelinnumeroistaan.

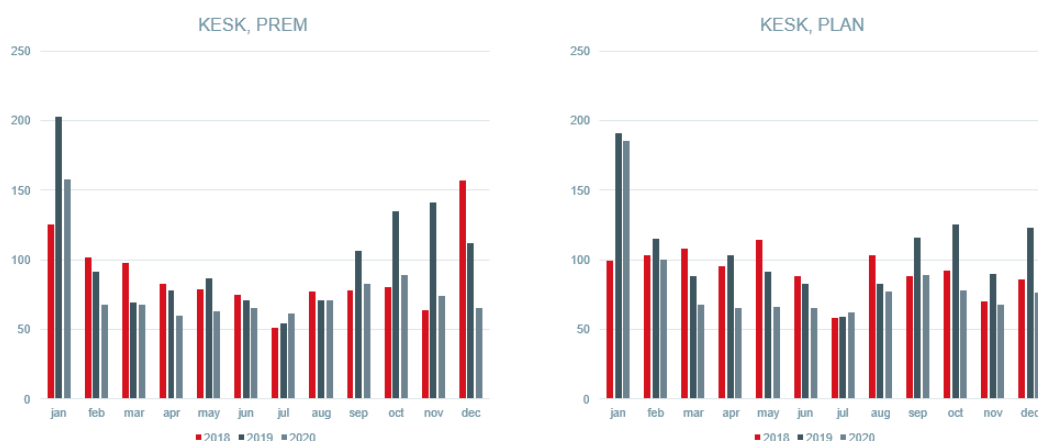
Paperiset kytkentädokumentit ovat merkittävässä osassa verkonhallinnan päivittäistä toimintaa, kuten dokumenttien hallinnan haastekentässä todettiin kappaleessa 6.2.5. Kantaverkkokeskuksessa tehtävään paperisten dokumenttien hallintaan toivottiin muutosta ja nykyaikaisempaa toimintatapaa. Tähän ratkaisuna nähtiin kytkentäohjelmien digitalisointi, jolla korvattaisiin paperiset kytkentäohjelmat (taulukko 8, 4.7). Digitaalisesta kytkentäohjelmien toteutuksesta operaattoreilla oli seuraavia ajatuksia. Esimerkiksi kytkennäntoteutusvaiheessa tehtävät niin sanotut kynämerkinnät, kuten suoritettujen kytkentävaiheiden yliviivaukset, aloitus- ja lopetusajat ja työnvalmisteluluvat voisi tehdä suoraan digitaaliseen kytkentäohjelmaan. Tehtävät merkinnät voitaisiin toteuttaa joko käsin, esimerkiksi tabletin välityksellä tai automaattisesti hyödyntämällä SCADAsta saatavilla olevia tilatapahtumia.

Digitaalisessa kytkentäohjelmataratkaisussa on tärkeää, että hallittavuus säilyy varsinkin silloin, kun toteutetaan useampaa kytkentää samaan aikaan. Kytkentäohjelmat voisivat olla reaaliajassa käytettävissä useassa eri paikassa siten, että vain yhdellä operaattorilla kerrallaan on muokkausoikeus. Tietojärjestelmän, jossa digitaalisia kytkentäohjelmia käsitellään, tulee olla käyttövarmuudellaan samaa luokkaa kuin käytönvalvontajärjestelmä. Kytkentöjen toteutus ei saa vaarantua tietojärjestelmien epäkäytettävyyden takia, joka on nykymuotoisessa kytkentäprosessissa varmistettu paperisilla kytkentädokumenteilla.

6.3 Prosessin suorituskyky ja laatu

Tässä osiossa tarkastellaan siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin suorituskykyä ja siinä tuotettujen dokumenttien laatua. Tietolähteinä hyödynnettiin käyttöasiantuntija- ja operaattorihaastatteluiden aineistoa sekä Maximosta saatavilla olevaa dataa kytkentätietueista. Haastatteluaineistoa käytettiin määrällisestä aineistosta johdettujen päätelmien tukena.

Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessi on monivaiheinen ja pitää sisällään selvitystyötä, aikataulutusta, eri työryhmien kanssa sopimista ja organisointia. Kuten luvussa 4.1 on esitetty, siirtokeskeytyssuunnittelun prosessissa tehtävien aktiviteettien järjestetystä ja aikataulua ohjaa siirtokeskeytyssuunnittelun vuosikello sekä prosessissa ennalta määritetyt aikamäärät kytkentätietueiden eri tiloille.

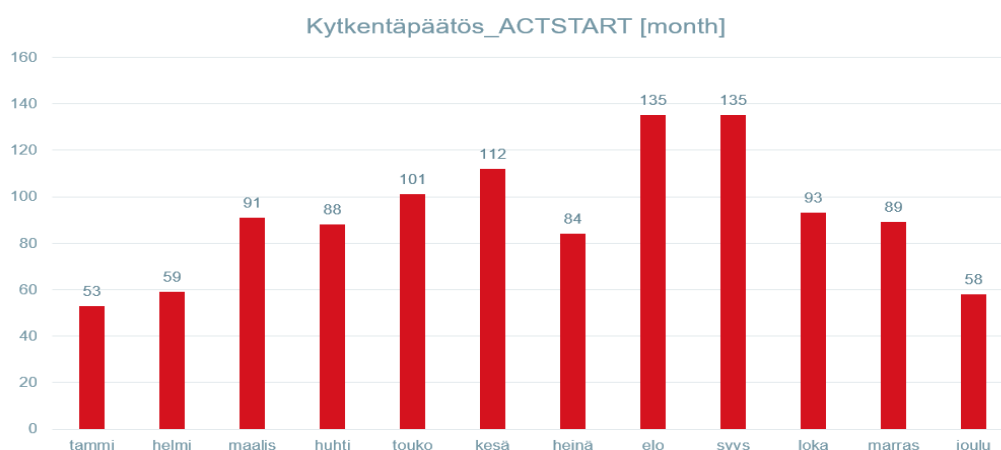


Kuva 15: Keskeytystarpeiden ja -suunnitelmien kirjausajankohdat vuosilta 2018–2020

Keskeytyssuunnittelun kuormitusta vuositasolla arvioitiin tarkastelemalla uusien keskeytystietueiden perustamispäiviä. Kuvassa 15 esitetty vuosilta 2018–2020 kuukausittain jaoteltuna ajankohdat, milloin järjestelmään on perustettu ensimmäisen kerran uusi kytkentätarvetietue (KESK, PREM) ja

milloin tietueen tila on muutettu suunnitelmaksi (KESK, PLAN). Kuvasta 15 nähdään, että tietueita perustetaan järjestelmään melko tasaisesti vuoden ympäri. Määrällisesti eniten uusia tietueita perustetaan järjestelmään vuodenvaihteessa marraskuun ja tammikuun välillä. Marraskuun ja tammikuun välinen aikaväli tunnistettiin myös käyttöasiantuntijoiden haastatteluissa työmäärältään kaikista kiireellisemmäksi ajankohdaksi, koska silloin tulee olla suunniteltuna ja aikataulutettuna seuraavan vuoden kunnossapidon, projektien sekä asiakastarpeiden vaatimat keskeytykset.

Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattoreiden työkuormaa kytkentäprosessissa arvioitiin tarkastelemalla kytkentöjen toteutuneita aloitusajankohtia. Kuvan 16 kuvaajassa on esitetty, mihin ajankohtaan vuonna 2020 on siirtokeskeytyksien toteutusajankohta ajoittunut. Tieto kytkennän todellisesta aloitusajankohdasta saatiin tarkastelemalla kytkentäpäätöstietueen ACTSTART-kenttää, josta ilmenee keskeytyksen todellinen aloitusajankohta.



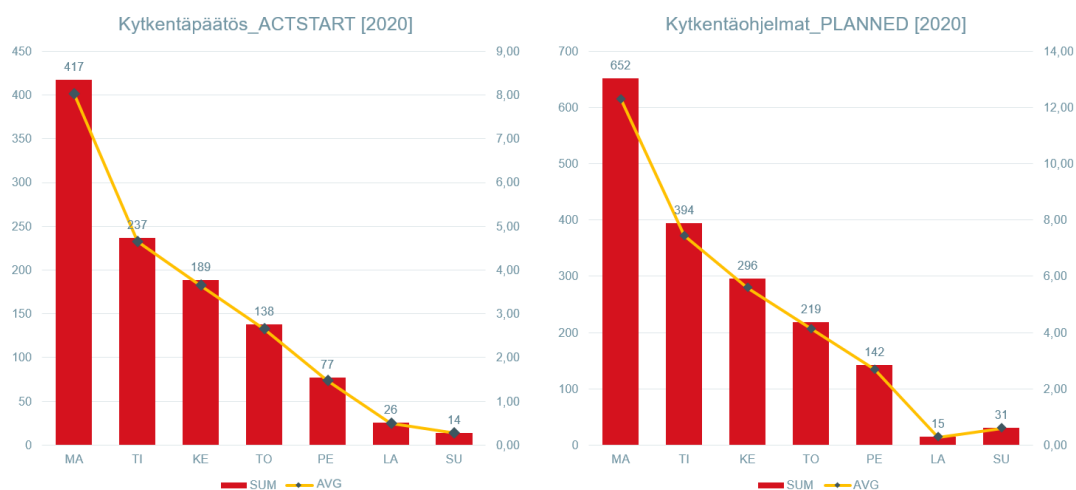
Kuva 16: KytKentöjen aloitusajankohtien jakautuminen vuodelle

Kuten kuvasta 16 nähdään, niin kantaverkossa tehtävien siirtokeskeytyksien toteutusajankohta ajoittuu pääsääntöisesti alkukesään ja syksylle. Tämä johtuu siitä, että keskeytysten aikana tehtävät huoltotyöt pyritään suunnittelemaan kesäkaudelle muun muassa sään takia. Talvella pimeys, pakkanen ja lumi ovat haasteena (Koivunen 2021). Myös projektien vaatimat keskeytykset usein ajoitetaan kesäkaudelle. Heinäkuussa esiintyvä keskeytysten määrän aleneminen voidaan selittää lomakaudella.

KytKentöjen toteutusvaiheen kuormitusta tutkittiin myös viikkotasolla tarkastelemalla kytkentöjen aloitusajankohtien jakautumista viikonpäiville. Keskimäärin kytkentäpäätöksiä otetaan toteutukseen noin 21 kappaletta viikossa. Vuonna 2020 minimissään keskeytyksiä otettiin toteutukseen

joulukuun viimeisellä viikolla vain viisi kappaletta, kun taas ruuhkaisimmalla viikolla elokuussa otettiin yhteensä 34 kappaletta toteutukseen (Maximo 2021).

Viikkotasolla tarkastellessa kytkentöjen aloitusajankohta ajoittuu kytkentäprosessissa pääsääntöisesti viikon alkuun. Kuten kuvasta 17 nähdään, niin suurin osa kantaverkossa tehtävistä keskeytyksistä aloitetaan maanantaina. Vuonna 2020 maanantaina aloitettiin 417 siirtokeskeytystä, joka vastasi 38 % osuutta kaikista vuoden aikana tehdyistä keskeytyksistä. Kuvaajasta on nähtävissä, että alkavien keskeytyksien määrä vähenee merkittävästi viikon edetessä.

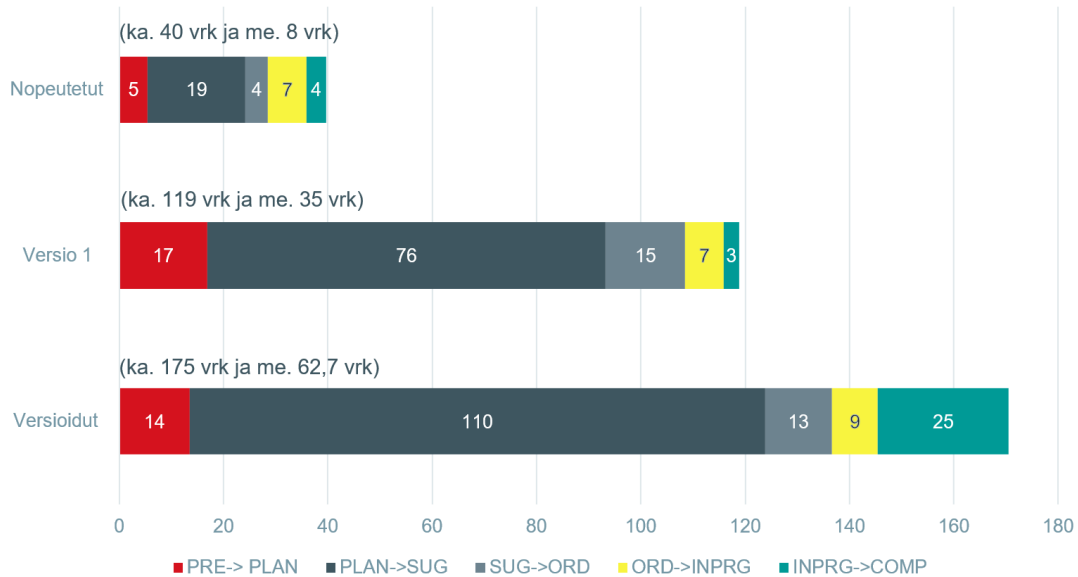


Kuva 17: Kytkentöjen aloituksen sekä kytkentäohjelmien perustamisen ajan-kohtien jakautuminen vuonna 2020

Kuvassa 17 on myös tarkasteltu uusien kytkentäohjelmätietueiden perustamisen ajankohtia päivätasolla vuonna 2020. Kuten kuvaajasta voidaan nähdä, niin uusien kytkentäohjelmätietueiden perustamisen ruuhka-aihe ajoittuu myös viikon alkuun. Havainto alkuvuikon ruuhkaisuudesta todettiin myös verkohallinnan operaattoreiden haastatteluissa. Se, miksi myös kytkentäohjelmien ruuhka-aihe korreloi keskeytyksien aloitusajankohtien kanssa johtuu siitä, että kytkentäohjelmat pyritään pääsääntöisesti tekemään seitsemän päivää ennen kytkennän aloitusajankohtaa. Yhteenvetona prosessin kuormituksen jakautumisesta voidaan todeta, että prosessissa tehtävät työt kasaantuvat Kantaverkkokeskuksessa keskimäärin viikon alkuun, niin kytkentäohjelmien laadinnan, kuin kytkentöjen toteutuksen osalta.

Prosessin tehokkuutta arvioitiin tarkastelemalla keskeytystietueen läpime-
noaikaa prosessissa. Tarkastelu tehtiin mittaamalla aikaa, kuinka kauan kytkentä tietue on ollut eri tiloissa elinkaarensa aikana. Kulunut aika tietueen eri tilojen välillä otettiin Maximosta saatavilla olevasta tilanmuutoksen

aikaleimasta. Kuvassa 18 on tarkasteltu siirtokeskeytystietueen keskimääräistä läpimenoaikaa vuodelta 2020. Prosessi alkaa, kun keskeytystietue on asetettu PREM-tilaan ja päättyy kun tietueen tila asetetaan COMP-tilaan.



Kuva 18: KytKentätietueen keskimääräinen läpimenoaika siirtokeskeytys- ja kytKentäprosessissa

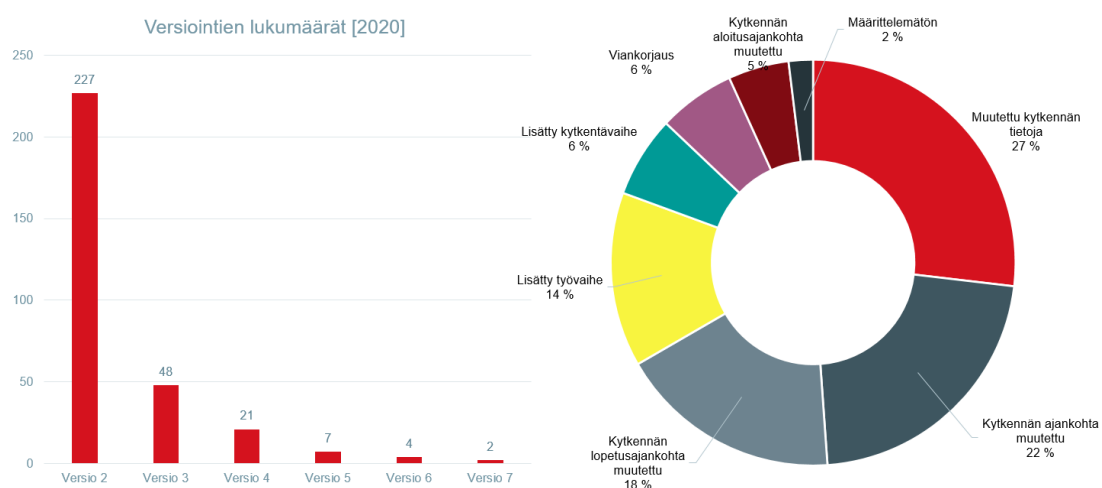
KytKentätietueen prosessin läpimenoaika on keskimäärin 119 päivää (35 vrk mediaani), mikäli tietuetta ei versioida tai sitä ei tehdä nopeutetulla kytKentän suunnittelulla. Tietueen versioinnilla ja nopeutetulla suunnittelulla on suuri merkitys dokumentin keskimääräiseen läpimenoaikaan prosessissa. Kun tarkastellaan pelkästään tietueita, joihin on kohdistunut versiointi, niin tietueen keskimääräinen läpimenoaika kasvaa 119 päivästä 175 päivään. Muutos näkyy varsinkin toteutusvaiheeseen (INRPG-COMP) kuluvan ajan kasvamisena. Tämä johtuu siitä, että usein tietue versioidaan aikataulumuutoksen takia, jolloin palautuskytKennän toteutus siirtyy myöhempään ajankohtaa.

KytKentädokumenttiprosessissa pyritään perustamaan tarvittavat kytKentätietueet sekä suunnittelemaan keskeytys mahdollisimman ajoissa. Tämän takia on suotavaa, että tietueet ovat tarve-, suunnitelma- ja aloitetilassa mahdollisimman ajoissa, jolloin myös prosessin läpimenoaika kasvaa. Leanistä tuttua prosessinsyklin tehokkuutta, jossa verrataan tuottavaa aikaa prosessin läpimenoaikaan, ei voida tämän tyyppisessä prosessissa soveltaa kovin hyvin, koska prosessissa pyritään pitkään odotusaikaan, jotta voidaan paremmin ennakoida tulevat keskeytykset.

Prosessissa tuotettujen dokumenttien laatua tarkasteltiin tutkimalla kytkentäpäättösten versiointeja ja niiden syitä. Kytkentäprosessissa lopullinen laadun varmistus tapahtuu Kantaverkkokeskuksessa, jossa verkonhallinnan operaattori tarkistaa kytkentäaloitteen ja hyväksyy sen kytkentäpäättökseksi. Varsinaiset laatupoikkeamat kytkentädokumenteissa ovat käyttöasiantuntijoiden mukaan pääosin inhimillistä virheistä johtuvia. Käyttöasiantuntijat arvioivat, että tyypillisimmät virheet kytkentätietueissa ovat kirjoitusvirheet, aikataulumuutoksen kirjaamatta jättäminen, väärä laitetunnus tai väärä aikataulu.

Virheiden lisäksi prosessin tehokkuuteen vaikuttavat yllättävät muutostarpeet, kuten ennakoimattomat viankorjaukset, asiakaskytkennät, aikataulumuutokset tai työvaiheiden lisäykset. Muutokset kytkentäpäättöksestä aiheuttavat dokumentin uudelleenversioinnin, jonka seurauksena kytkentäpäättös palautetaan kytkentäaloitteeksi. Tällöin se käy tarkistus- ja hyväksyntäprosessin läpi uudelleen Kantaverkkokeskuksessa.

Prosessin laatua ja tehokkuutta arvioitiin tarkastelemalla kytkentäpäättösten versiointeja ja niiden syitä. Aina kun kytkentäpäättös versioidaan, merkitään kyseiseen tietueeseen versioinnin syy vapaalla tekstikentällä sekä valitsemalla ennalta määritelty syykoodi. Kuvassa 19 on esitettyä kytkentäpäättökseen versioinnit ja syyt vuodelta 2020. Kytkentäpäättöksiä versioitiin tällä tarkastelujaksolla yhteensä 227 kappaletta, joka vastasi 21 % kaikista vuoden 2020 aikana tehdyistä kytkentäpäättöksistä. Yksittäisiä versiointeja tehtiin 309 kappaletta ja suurin yksittäisen tietueen versionumero oli tarkastelujaksolla seitsemän.



Kuva 19: Kytkentäpäättökseen versioinnit ja syyt vuodelta 2020

Yleisin kytkentätietueen versioinnin syy oli kytkennän ajankohdan muutos, joko toimittajan tai asiakkaan pyynnöstä. Ajankohdan muutokset kohdistuivat työvaiheen aikatauluihin, kytkennän aloitus- tai lopetusajankohtiin. Ajankohdan muutoksen takia tietueita versioitiin yhteensä 138 kappaletta, joka vastasi noin 45 % osuutta kaikista vuoden 2020 tehdyistä dokumenttien versioinneista. Toiseksi yleisin versioinnin syy oli ”Muutettu kytkennän tietoja”, joita oli yhteensä 83 kappaletta (28 %). Kolmanneksi yleisin versioinnin syy oli ”Lisätty työvaihe” 43 kappaletta (14 %).

Kytkentäpäätöksien versiointien syiden tarkastelussa huomattiin eroavaisuuksia syiden kirjauksien sisällössä. Syykirjauksista osa oli kirjoitettu hyvinkin yksityiskohtaisesti, kun taas osassa oli puutteita. Valmiin syyluokan valitseminen on myös subjektiivista, koska dokumentti on voitu versioida useamman syyn takia, mutta tietueelle voidaan valita vain yksi syyluokka. Esimerkiksi luokittelukategorioista luokka ”Muutettu kytkennän tietoja” voi pitää sisällään mitä tahansa aikataulumuutoksesta työvaiheiden lisäykseen.

Tutkimuksessa huomattiin, että varsinaisia laadullisia poikkeamia on hankala arvioida järjestelmästä saatavilla olevan datan mukaan. Tämä johtuu versiointien luokittelukategorioista sekä tavasta, miten versioinnin syy on kirjattu tietueelle. Tutkimuksessa käytiin läpi kaikki versiointien syiden kirjatut vuodelta 2020. Läpikäydyistä tietueista pystyttiin toteamaan, että noin 20 kappaletta kytkentäpäätöksistä on vuonna 2020 jouduttu versioimaan laadullisten poikkeamien takia. Todennäköisesti virheistä johtuvia laatu-poikkeamia esiintyy enemmän, koska nykymallilla tehtyjen kirjauksien perusteella on hankala arvioida versioinnin juurisyitä jälkikäteen. Tässä tutkimuksessa esitettyjen laadullisten poikkeamien ja versiointien tunnuslukuja on syytä tarkastella varauksella, johtuen järjestelmään tehtyjen merkintöjen sekä tutkijan omien havaintojen subjektiivisuudesta.

Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessissa tuotettuja kytkentäaloitteita tarkastellaan kytkentäohjelmien laadintavaiheessa, jossa kytkentäaloitteet tarkistetaan ja hyväksytään kytkentäpäätökseksi. Verkonhallinnan operaattoreiden haasteluissa tunnistettiin, että tavassa miten kytkentäaloitteille on kirjattu kytkennän toteutus, ei ole yhtenäistä linjaa. Laadulliset poikkeamat näkyvät kytkentäaloitteissa kirjoitusvirheinä, virheellisinä aikatauluina tai työnsuorittajat ovat jääneet merkitsemättä. Tätä ei voida kuitenkaan määrällisesti tutkia, koska kytkentäaloitteiden poikkeamia ei seurata. Poikkeamat kytkentäaloitteiden laadussa aiheuttavat ylimääräistä selvitystyötä operaattoreilla kytkentäohjelman laatimisvaiheessa.

Kytkentäpäätöksien lisäksi myös kytkentäohjelmia versioidaan. Kytkentäohjelma versioidaan, jos kytkentäpäätöksessä kytkennän toteutustapa muuttuu tai tulee lisää kytkentävaiheita. Kytkentäohjelmien versiointien syitä ei

seurata, joten laadullisten poikkeamien tarkempi tutkiminen ei ole mahdollista. Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattoreiden mukaan virheet kytkentäohjelmissa tyypillisesti ovat kirjoitusvirheitä, kuten väärä laite-tunnus ja virheellinen ohjaussuunta tai puuttuvat työrivit. Väärin tehdyt ohjelmat ovat kuitenkin hyvin harvinaisia. Laatupoikkeamien syitä arvioitaessa nousi esiin, että usein virheet ovat seurausta kytkentäohjelman kopioinnista, jolloin epähuomiossa ohjelmaan on voinut jäädä esimerkiksi väärä tunnus.

7 PROSESSIN DIGITALISOINTI JA KEHITYS

Tutkimuksessa merkittävimpänä kehityskohteena siirtokeskeytyssuunnittelussa sekä kytkentöjen suunnittelussa ja toteutuksessa tunnistettiin siinä käytettävät tietojärjestelmät ja niiden hyödyntäminen. Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessista tietojärjestelmiä ei hyödynnetä tehokkaasti yhtiön sisäisten keskeytystarpeiden kartoittamisessa ja töiden aikatauluttamisessa. Edellä mainitut siirtokeskeytyssuunnittelun prosessin haasteet on tunnistettu myös Mantelan (2018) tekemässä opinnäytetyössä ”Kantaverkon keskeytyssuunnitteluprosessin kehittäminen”, joka on toiminut lähtökohtana Oma Fingrid -palveluiden kehittämiseen. Palvelulla pyritään vastaamaan näihin tarpeisiin. Koska keskeytystarpeiden kokoamista ja töiden aikatauluttamista on tarkastelu aikaisemmin ja niihin ollaan aktiivisesti kehittämässä järjestelmäratkaisuja, rajattiin keskeytystarpeiden kehittämisen tarkempi tarkastelu tämän diplomityön ulkopuolelle.

Luvussa 6.1 esitetyissä käyttöasiantuntijoiden haastatteluiden tuloksissa korostui prosessin aikataulutuksen kehittäminen, sidosryhmäkokemuksen parantaminen, sekä visuaaliset ratkaisut tietueiden perustamiseen ja verkossa tehtävien keskeytyksien kokonaiskuvan hahmottamiseen. Varsinkin kokonaiskuvan hahmottaminen ja eri alueiden keskeytyksien vaikutusten arviointi koettiin haastavaksi, koska tietoa on paljon ja hajautetusti nykyisen omaisuudenhallintajärjestelmän sisällä. Tämä kehitystarve tunnistettiin myös Kantaverkkokeskuksessa käyttövarmuustarkasteluvaiheessa.

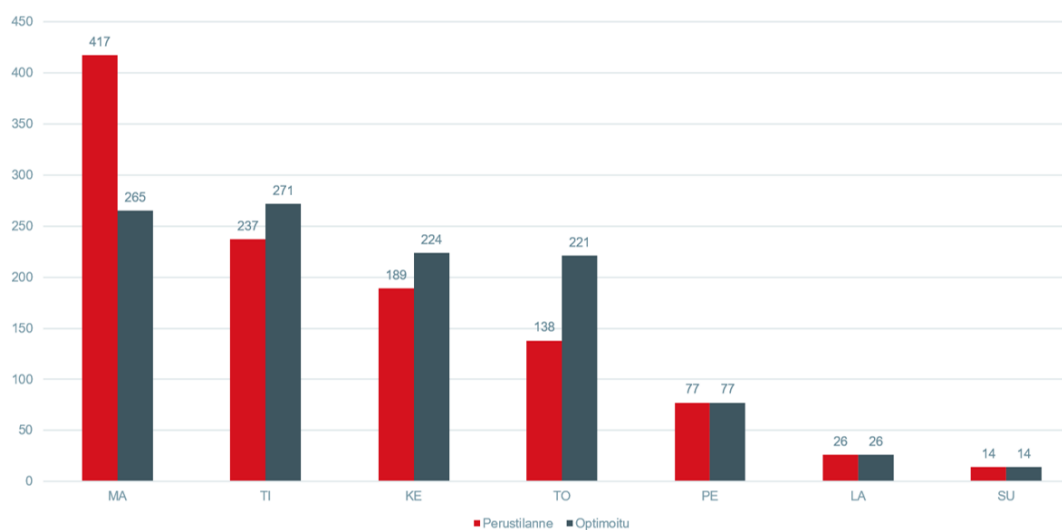
Kantaverkkokeskuksen kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessin merkittävimpänä kehityskohteena tunnistettiin kytkentäohjelmien suunnittelu ja niiden hallinta. Nykyisen kytkentäsovelluksen rajoitteet tulevat esiin varsinkin kytkentäohjelman laatimisvaiheessa. Nykyinen Maximon kytkentäsovellus soveltuu huonosti rivi ja solu kerrallaan tehtävien tietueiden perustamiseen niin käyttöliittymän kuin järjestelmän suorituskyvyn osalta. Kytkentätilanteen hahmottaminen koettiin myös haastavaksi nykyisillä järjestelmillä. Varsinkin haastavissa keskeytyksissä kytkentätilannetta ja kytkennän etenemistä voi olla vaikea hahmottaa nykyisellä kytkentäsovelluksella.

Tietojärjestelmiä ei myöskään hyödynnetä tehokkaasti kytkentöjen tarkastamis- ja toteutusvaiheessa, eikä nykyinen järjestelmä siihen sovellu tai ole edes tarkoitettu. Maximossa perustetaan tarvittavat tietueet, mutta niitä ei käytännössä tarkastella sen jälkeen, kun tietueet on tehty valmiiksi ja tarvittavat dokumentit on tulostettu. Tarkastamisvaiheessa ei ole ohjelmallista tukea, vaan tarkastaminen tehdään tulostetulta paperilta rivi kerrallaan. Kytkennän toteutusvaiheessa, merkinnät suoritetuista työvaiheista tehdään paperille.

Siirtokeskeyty- ja kytkentäprosessista tunnistetuista kehityskohteista osa on sellaisia, että ne olisi mahdollista toteuttaa pienillä muutoksilla nykyisiin järjestelmiin sekä toimintatapoihin. Merkityksellisimmät kehityskohteet kuitenkin vaativat enemmän järjestelmäkehitystä tai kokonaan uuden järjestelmän käyttöönottoa. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tutkimuksessa esiin tulleita kehityskohteita ja arvioidaan niiden toteutettavuutta sekä niistä saatavia hyötyjä.

7.1 Kytkentäprosessin aikataulutuksen kehittäminen

Kappaleessa 6.3 tarkasteltiin siirtokeskeytyksen suorituskykyä, jossa havaittiin, että suurin työmäärä viikkotasolla kytkentäprosessissa ajoittuu viikon alkuun maanantaille. Vuonna 2020 maanantaina aloitettiin 417 siirtokeskeytystä, joka vastaa 38 % kaikista vuoden aikana tehdyistä keskeytyksistä. Tutkimuksessa havaittiin, että näistä keskeytyksistä 83 kappaletta on ollut kestoltaan alle yhden vuorokauden ja vastaavasti 152 kappaletta ollut kestoltaan alle kaksi vuorokautta.



Kuva 20: Esimerkki prosessin kuormituksen tasaamisesta siirtämällä maanantaina alkavien alle kaksi vuorokautta kestävien keskeytyksien aloitusajankohdat tiistaille (34 kpl), keskiviikolle (35 kpl) ja torstaille (83 kpl)

Työkuormituksen jakautumista olisi mahdollista parantaa viikkotasolla siirtämällä alle yhden ja kahden vuorokauden kestäviä keskeytyksiä viikon sisällä myöhemmäksi, esimerkiksi kuvan 20 mukaisesti. Tällä toimenpiteellä saataisiin vähennettyä alkuviikon ruuhkaa Kantaverkkokeskuksessa niin kytkentöjen toteutusvaiheessa kuin kytkentäohjelmien laadintavaiheessa. Jatkokehitysehdotuksena siirtokeskeytyksien aikataulutusta tulisi kehittää siten, että jo suunnitteluvaiheessa pyritään ottamaan huomioon

mahdollinen ruuhkahuippujen muodostuminen. Myös kytkentäaloitteiden suunnittelussa käytettävää kytkentäsovellusta tulisi kehittää siten, että järjestelmä tukisi ja ohjaisi siirtokeskeytyksien aikatauluttamista sekä tarjoaa parempaa näkyvyyttä verkossa tehtäville keskeytyksille.

7.2 Kytkentäprosessin tilannekuvan ja näkyvyyden kehittäminen

Haastattelututkimuksessa tunnistettiin, että siirtokeskeytyssuunnitellun prosessissa tarvitaan parempaan näkyvyyttä kantaverkossa tehtäville keskeytyksille (taulukko 4, 3.1). Tämä tarve tunnistettiin myös Kantaverkkokeskuksessa (taulukko 5, 1.1) käyttövarmuustarkasteluvaiheessa. Nykyisestä kytkentäsovelluksella puuttuu visuaalisuus ja siitä on hankala nähdä kokonaiskuvaa kantaverkossa tehtävistä keskeytyksistä, koska tieto on esitetty riveinä ja luetteloina. Tämä tekee eri alueiden keskeytyksien käyttövarmuusriskien ja päällekkäisten aikataulujen havainnoinnista hankalaa.

Diplomityössä tutkittiin Fingridin nykyisten karttajärjestelmien mahdollisuudet parantaa siirtokeskeytysprosessin tilannekuvaa. Kuten luvussa 2.3.2 on kuvattu, hyödyntää Fingrid osana ELVIS-järjestelmää ESRI ArcGIS -karttajärjestelmää. Siinä Fingridin verkko-omaisuus on mallinnettuna karttapohjalle. Tällä hetkellä ArcGIS:ssa mallinnettuja karttoja hyödynnetään siirtokeskeytysprosessissa julkisten keskeytyksien, turvallisuusilmoitusten sekä häiriöiden esittämiseen. Teknisesti keskeytystietueiden omaisuustiedot on mahdollista viedä Maximosta ArcGIS-karttaan, jossa voidaan esittää maantieteellisesti, mihin verkon osaan siirtokeskeytys kohdistuu ja missä tilassa kyseinen tietue on. Maximossa on myös mahdollisuus esittää tietoja karttapohjalla Spatial-toiminnallisuudella. Kyseinen toiminnallisuus ei kuitenkaan tällä hetkellä hyödynnetä, eikä nykyisessä tilassa täytyä käyttäjien tarpeita.

Eräänä luvussa 6.1.2 nousseena kehitysehdotuksena oli karttapohjainen asemaa tai voimajohtoa osoittamalla tehtävä tarvehuoltojen selvittäminen. Tämän kehitysehdotuksen toteutettavuutta tutkittiin selvittämällä Fingridin nykyisten karttajärjestelmien mahdollisuuksia. Fingridin kartta-asiantuntijoiden kanssa todettiin, että teknisesti tämä olisi mahdollisista toteuttaa. Tämän tarpeen toteutus kartalla ei kuitenkaan toisi sellaisenaan lisäarvoa prosessiin, koska keskeytystarpeiden kokoaminen ja aikatauluttaminen tullaan toteuttamaan POF-järjestelmään. POF:ssa on tulevaisuudessa mahdollista tarkastella keskeytystarpeita esimerkiksi voimajohdon mukaan, jolloin järjestelmä hakee Maximosta kaikki johtoon ja siihen liitettyjen asemien kunnossapitotarpeet. Tämän listauksen mukaan käyttöasiantuntija voi liittää suunnitellulle keskeytykselle keskeytystä vaativat kunnossapitotarpeet.

Kantaverkossa tehtäville keskeytyksille tarvitaan parempaa ajallista ja alueellista näkyvyyttä ja visuaalista esitystapaa. Alueellinen esitystapa voitaisiin toteuttaa koko Suomen kattavalla karttapohjaisella ratkaisulla. Tämä voisi toimia lisätyökaluna kytkentäprosessissa, jos halutaan tarkastella maantieteellisesti kantaverkossa tehtäviä keskeytyksiä yhtenä helposti hahmotettavana kokonaisuutena. Verkossa tehtävien keskeytyksien aikataulujen esittämiseksi tarvitaan myös visuaalista aikatasossa tapahtuvaa esitystapaa. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi Gantt-kaaviossa, jossa verkossa tehtävien keskeytysten edistyminen on esitettyä suhteessa aikaan.

7.3 Kytkentädokumenttien yhdenmukaisuutta ja laatua parantavat toimenpiteet

Siirtokeskeytyksen- ja kytkentäprosessissa tuotetaan kaksi dokumenttia kytkentäsuunnitelma ja -kytkentäohjelma. Prosessissa dokumenttien laatu varmistetaan menettelyllä, jossa kytkentädokumentit tarkastetaan prosessin aikana usean eri henkilön toimesta. Tällä menettelyllä on varmistettu, että periaatteelliset virheet kytkentädokumenteissa, jotka päätyvät kytkennän toteutusvaiheeseen asti, ovat hyvin harvinaisia. Tyypillisesti laatupoikkeamat kytkentädokumenteissa ovat huolimattomuusvirheistä johtuvia kirjoitusvirheitä tai poikkeamia dokumenttien yhdenmukaisuudessa. Dokumenttien laatupoikkeamat vaikuttavat lähinnä prosessin sisäiseen tehokkuuteen. Tutkimuksessa tunnistettiin, että prosessissa tuotettujen dokumenttien laatua ja tarkastusprosessia voitaisiin parantaa järjestelmäteknisillä ratkaisulla, parantamalla toimintatapoja sekä nykyaikaistamalla tarkastamisprosessia.

Kytkentäsovelluksen tulisi ohjata prosessissa tuotettujen kytkentätietueiden perustamista siten, että variaatiot tietueiden sisällöissä minimoidaan ja mahdolliset virheet estetään jo tietueen laadintavaiheessa. Esimerkiksi kytkentäaloitteiden sisällöllinen vaihtelu tunnistettiin haastatteluissa laatua ja prosessin tehokkuutta heikentäväksi seikaksi. Järjestelmäteknisesti dokumenttien sanasisältöjen vaihteluun on mahdollista vaikuttaa lisäämällä valmiita sanasisältöjä ja rivejä perustoimenpiteille. Nämä kehitystoimenpiteet ovat osin mahdollista toteuttaa nykyisessä järjestelmässä ja jatkotoimenpiteenä tämä tulisi huomioida nykyisen kytkentäsovelluksen kehityksessä.

Koulutuksen ja ohjeistuksien kehittäminen tunnistettiin haastatteluissa kytkentäaloitteiden yhdenmukaisuutta ja sisällöllistä vaihtelua parantavaksi toimenpiteeksi. Kytkentäsuunnitelmien tekoon ei ole tällä hetkellä olemassa työohjetta, jota voisi käyttää suunnittelun tukena ohjamaan kytkentätietueen laadintaa. Tutkimuksessa tunnistettiin myös yhteisen koulutuksen puute verkonhallinnan operaattoreiden ja aluetoimipaikkojen käyttöasiantuntijoiden välillä. Yhteisissä koulutustilaisuuksissa voitaisiin jakaa hyviä käytäntöjä

ja toimintatapoja, sekä tarkentaa kytkentäaloitteiden sisällöllisiä vaatimuksia.

Merkittävänä kehityskohteenä nousi kytkentädokumenttien laadunvarmistuksessa käytettävien tietojärjestelmien hyödyntäminen. Nykyinen järjestelmä ei tue prosessissa tuotettujen dokumenttien ja tietueiden tarkastamista, vaan tarkastaminen tehdään yleensä käymällä paperinen kytkentädokumentti läpi rivi kerrallaan. Järjestelmän tulisi tukea kytkentädokumenttien ja -tietueiden tarkastamista siten, että virheelliset syötet ja ohjaussuunnat tarkistetaan automaattisesti järjestelmässä. Käyttäjällä tulisi olla myös mahdollisuus simuloida visuaalisesti tekemäänsä kytkentäohjelmaa ja nähdä kytkentävaiheiden vaikutus verkkokuvassa. Tällaiset järjestelmäominaisuudet tehostaisivat tarkastamisprosessia ja parantaisivat prosessia tuotettujen dokumenttien laatua. Simulointi voisi mahdollisesti helpottaa operaattorin työkuormaa dokumenttien tarkastamisvaiheessa. Simuloinnin toteutusta on tarkasteltu tarkemmin luvussa 7.4. Yksittäisen kytkentädokumentin automaattisen tarkastamisen ja simuloinnin toteuttaminen ei ole mahdollista Fingridin nykyisillä ratkaisuilla, vaan se tulisi vaatimaan järjestelmäkehitystä.

Tutkimuksen aikana tunnistettiin myös kehitettävää dokumenttien laatu- poikkeamien mittaamisessa. Kytkentäohjelmien laatu poikkeamia ja niistä johtuvia versiointien syitä ei mitata ollenkaan. Kytkentäpäätöksien laatu poikkeamia seuranta on toteutettu paremmin ja niiden poikkeamia mitataan valmiilla syykoodeilla. Syykoodit kuvaavat kuitenkin vain ylätasolla, miksi dokumentti on jouduttu versioimaan uudelleen, joka tekee varsinaisen juurisyy arvioinnista vaikeaa. Tietueelle tulisi olla myös mahdollista lisätä useampi valmis syykategoria, mikäli yhdellä versioinnilla on tehty useampi muutos dokumenttiin. Kytkentäaloitteiden laatua tulisi myös mitata prosessissa, koska varsinaiset laatuun ja kytkennän toteutukseen liittyvät asiat tarkistetaan kytkentäaloitteilta. Kytkentäaloitteiden poikkeamilla on myös suuri vaikutus kytkentädokumenttiprosessin tehokkuuteen. Prosessin mittaamista tulisi kehittää edellä mainittuihin kohtiin, jotta voidaan arvioida paremmin prosessin suorituskykyä sekä kehitystoimenpiteiden kohdistamista ja niistä saatavia hyötyjä.

7.4 Kytkentädokumenttien perustamisen ja hallinnan kehittäminen

Merkittävimpana kehityskohteenä kytkentäprosessissa tunnistettiin kytkentädokumenttien laadinta ja hallinta. Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operaattoreille sekä aluetoimipaikkojen käyttöasiantuntijoille suunnatuissa haastatteluisissa tunnistettiin tarve nykyaikaisemmalle ja visuaalisemmalle tavalle tehdä kytkentädokumentteja. Nykyisessä Maximon

kytkentäsovelluksessa kytkentädokumenttien laadinta sisältää useita manuaalisesti tehtäviä toimenpiteitä tietojärjestelmässä, joka tekee varsinkin kytkentäohjelman perustamisesta vaivalloista. Verkkokuvapohjaista ratkaisua tarvitaan, koska kummankin kytkentädokumentin suunnittelussa ja laadinnassa tarvitaan visuaalista tietoa verkon topologiasta sekä keskeytysajankohdan aikaisesta verkon kytkentätilanteesta. Tarve visuaalisuudelle korostui etenkin Kantaverkkokeskuksessa kytkentäohjelmien laadintavaiheessa, jossa verkon kytkentätilanteen hahmottaminen on koettu ajoittain haasteelliseksi nykyisen kytkentäsovelluksen rajoitteista johtuen.

Diplomityössä kytkentädokumenttien perustamisen ja hallinnan kehittämisen ulkopuolelle rajattiin siirtokeskeytyssuunnittelun prosessissa tuotettava kytkentäaloite, koska prosessin suurimmat haasteet liittyivät kytkentäohjelman perustamiseen. Kytkentäohjelmadokumentin perustamisen tehostamista visuaalisella ratkaisulla tutkittiin yhdessä ulkoisen palvelun toimittajan kanssa kehittämällä toiminnallinen pilotti kytkentäohjelmien luontityökalusta. Luvussa 7.4.1 tarkastellaan kytkentäprosessin digitalisointi -projektissa kehitettyä kytkentäohjelmien suunnittelutyökalun toiminnallisen pilotin toteutusta ja siinä tutkittuja ratkaisuita. Luvussa 7.4.2 pohditaan kytkentädokumenttien perustamisen ja hallinnan jatkokehittämistä.

7.4.1 Toiminnallinen pilotti

Kytkentäohjelmien luonnin kehittämistä tutkittiin toiminnallisen pilotin avulla. Toiminnallista pilottia kytkentäohjelmien suunnittelutyökalusta suunniteltiin yhdessä projektitiimin ja ulkopuolisen palveluntoimittajan kanssa. Kehitystyötä tehtiin ketterän ohjelmistokehityksen mallilla projektin aikana. Toiminnallisen pilottiversion kehityksen päämääränä oli tutkia erilaiset tekniset toteutustavat haastatteluissa tunnistetuille tarpeille sekä ideoida uusia toiminnallisuuksia mahdollista jatkokehitystä varten. Tavoitteena oli demonstroida toiminnallisuuksia ja kerätä sen avulla palautetta käyttäjiltä.

Kehitystyö aloitettiin vaatimusmäärittelyllä, jossa hyödynnettiin verkonhallinnan operaattoreiden haastattelutuloksia. Lopputuloksena valmistui esimäärittelydokumentti, jossa on kuvattu prosessin haastekenttä, käyttäjien tarpeet ja prosessissa käytettävät järjestelmät. Esimäärittelydokumentissa kuvattuja käyttäjien tarpeita käytettiin kytkentäohjelmien suunnittelutyökalun pilotin suunnittelun lähtökohtana. Kytkentäohjelmien suunnittelutyökalun pilotin toteutuksessa haluttiin päästä visuaaliseen ratkaisuun, joka täyttää käyttäjien tarpeet sekä mahdollistaa verkkokuvan ja kytkentärivien interaktiivisen käsittelyn. Visuaalisuuden edellytyksenä oli verkkokuvan hyödyntäminen suunnittelusovelluksen toteutuksessa. Toiminnallisen pilotin kehityksen aikana tutkittiin eri toteutustekniikat, joilla alkuperäistä verkkokuvaa

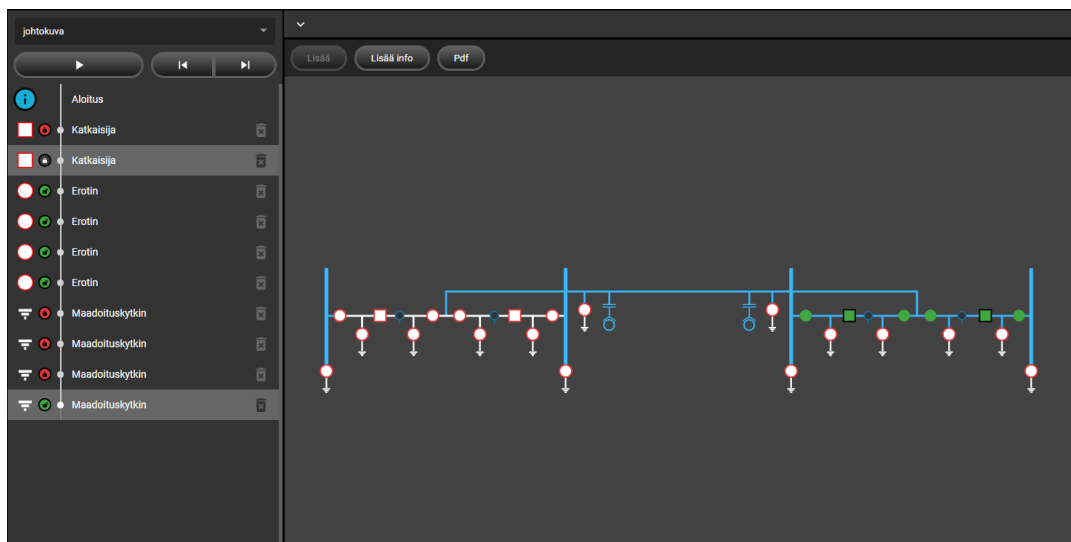
voidaan hyödyntää kytkentäohjelmien luontityökalussa. Toteutuksessa päädyttiin ratkaisuun, jossa alkuperäinen kuva luetaan ja siitä muodostetaan SVG-tiedostoformaattissa oleva kuva, joka mahdollistaa kuvassa olevien elementtien interaktiivisen käsittelyn. Verkkokuvan lähdejärjestelmänä oli käytettävissä kaksi vaihtoehtoa joko SCADA- tai ODMS-järjestelmä. Projektin aikana tunnistettiin, että kummallakin lähdejärjestelmällä on omat etunsa ja rajoitteensa jatkokehityksen kannalta.

ODMS:tä verkkokuvat on mahdollista saada ulos CIM XML -tiedostomuodossa (engl. *Common Information Model*), joka mahdollistaisi standardeihin perustuvan formaatin tiedonsiirtoon (Siemens 2017a). Verkkomallitieto on myös suoraviivaista tuoda ulos järjestelmästä ja yhdistää verkkokuvaan. Suurimpana ODMS:n mallinnettujen kuvien hyödyntämisen rajoitteena on, ettei järjestelmään ole mallinnettu kaikkia kuvatyyppejä, kuten esimerkiksi voimajohtokuvia. Rajoittavana tekijänä on myös, että ODMS-kuvien esitystapa eroaa operatiivisessa toiminnassa käytettävien KVJ-kuvien esitystavasta. Mikäli tulevaisuudessa halutaan hyödyntää ODMS-järjestelmää verkkokuvien lähdejärjestelmänä, tulisi järjestelmään mallintaa puuttuvat verkkokuvat ja kuvien ulkoasu tulisi muuttaa yhtenäiseksi käytönvalvontajärjestelmän (KVJ) kuvien esitystavan kanssa.

KVJ:stä verkkokuvat on mahdollista saada ulos kahdessa eri formaatista, joista toinen on järjestelmän toimittajan oma näyttökuvulle tehty tiedostoformaatti. Tiedostoformaateja ei tietoturvasyistä avata tässä osiossa sen enempää. KVJ:n näyttökuvien etuna on, että ne niissä on verkon topologia esitetty verkonhallinnan operaattoreille tutulla tavalla, koska niitä käytetään jokapäiväisessä operatiivisessa toiminnassa. Tämä oli myös käyttäjähaastatteluissa tunnistettu verkkokuvapohjaisen kytkentäsovelluksen kehittämisen lähtökohdaksi. Jatkokehityksen kannalta KVJ:n näyttökuvien hyödyntämisen rajoitteet liittyvät integraatio- ja tietoturva-asioihin, koska kuvat pitäisi tuoda suljetusta järjestelmästä toimistoympäristöön. Myös verkkomallitiedon saaminen järjestelmästä tunnistettiin potentiaalisiksi haasteiksi.

Kytkentäohjelmien suunnittelutyökalun pilotin toteutuksessa päätettiin käyttää KVJ:n näyttökuvia, koska kyseisissä kuvissa on verkon topologia esitetty verkonhallinnan operaattoreille tutulla tavalla. Toiminnallinen pilotti kytkentäohjelmien suunnittelutyökalusta on lähinnä käyttöliittymän prototyyppi, jossa demonstroitiin kytkentäohjelman luomisen toteutettavuus hyödyntämällä alkuperäistä KVJ:n verkkokuvaa. Rajapintoihin ja integraatioihin liittyvät asiat rajattiin toiminnallisen pilotin kehitystyön ulkopuolelle. Käyttöliittymän suunnittelussa hyödynnettiin Fingridin valvomojärjestelmien tyyliopasta. Se määrittelee peruseriaatteet valvomo-ohjelmistojen ulkoasulle, jotta käyttäjäkokemuksesta saadaan yhdenmukainen muiden valvomossa käytettävien järjestelmien kanssa (Fingrid 2021g). Kuvassa 21 on

esitetty kuvankaappaus kytkentöjen suunnittelutyökalun toiminnallisen pilotin käyttöliittymästä.



Kuva 21: Kytkentöjen suunnittelutyökalun toiminnallisen pilotin käyttöliittymä

Toiminnallisuuksista priorisoitiin kytkentäohjelman luonnin visualisointiin liittyvät vaatimukset. Pilottityökaluun toteutettiin kytkentäohjelman luominen suoraan verkkokuvasta kytkinlaitteita osoittamalla. Toiminnallisuus toteutettiin siten, että verkkokuvasta valitsemalla tai maalaamalla kytkinlaitteiden elementit, saadaan kyseiset kytkinlaitteiden tiedot nostettua verkkokuvan vasemmalla puolella olevaan listaukseen. Interaktiivisuus toteutuu niin, että käyttäjä voi muuttaa rivien järjestystä ja kytkinlaitteiden ohjaussuuntaa haluamallaan tavalla.

Kytkinlaitteiden ohjaustietojen esittäminen toteutettiin visuaalisesti katkaisijoiden, erottimien ja maadoituskytkimien symboleilla, joissa auki- ja kiinni-tila on kuvattu muuttuvalla värillä. Valkoinen väri kytkinlaitteen symbolissa kuvaa auki-tilaa ja vastaavasti vihreällä värillä kuvataan kiinni-tilaa. Sovellukseen toteutettiin myös mahdollisuus lisätä vapaita kenttiä, joiden avulla voidaan kirjata tarvittavat lisätiedot. Laitteiden lukitustiedot on nykyisessä kytkentäsovelluksessa kirjoitettu manuaalisesti tekstiriveinä. Pilottiin lukitustietojen merkitseminen toteutettiin interaktiivisella lukkosymbolilla, jossa laitteen lukitustila voidaan muuttaa symbolia painamalla. Tietueesta voidaan lopulta muodostaa kuvan 22 mukainen PDF-dokumentti kytkentäohjelmassa, kun käyttäjä on tehnyt tarvittavat valinnat sovelluksessa.

KYTKENTÄOHJELMA

FINGRID OYJ
KANTAVERKKOKESKUS, HELSINKI

Laatija [REDACTED]
KytKentäohjelma [REDACTED] Versio : 1 Suunniteltu alkua 18.3.2020

KytKennänjohtaja KANTAVERKKOKESKUS, verkonhallinta Puh : [REDACTED]
Tarkastaja [REDACTED] Tarkastus pvm 12.3.2020

KytKennän kohde [REDACTED] 400 kV
KytKennän aihe KESKEYTYS / 1 [REDACTED]
Liittyvä kytKentäpäätös [REDACTED] 400 kV [REDACTED] ILMAJOHDON KUNNIOSSAPITOTYÖT SEKÄ [REDACTED]
[REDACTED] KYTKINLAITEHUOLLOT

Rivi	Kohde	Laiteryhma	Laite	Ohjaus	Ohjauspaikka
10	VKK / ILMOITUS VMJK				
20	[REDACTED]	KAT	[REDACTED]	AUKI	KAUKO
30	[REDACTED]	KAT	[REDACTED]	AUKI	KAUKO
40	[REDACTED]	KAT	[REDACTED]	AUKI	KAUKO
50	[REDACTED]	KAT	[REDACTED]	AUKI	KAUKO
60	VKK / [REDACTED] 400 KV EROTTIMET AS. OHJATTAVISSA				
70	[REDACTED] Nolla-asento	ERO	[REDACTED]	AUKI	KAUKO
80	[REDACTED]	ERO	[REDACTED]	AUKI	KAUKO
90	[REDACTED]	ERO	[REDACTED]	AUKI	KAUKO
100	[REDACTED]	ERO	[REDACTED]	AUKI	KAUKO

Kuva 22: Kuvankaappaus kytkentöjen suunnittelutyökalulla muodostetusta kytkentäohjelma PDF-tiedostosta

Fingridin nykyisestä kytkentäsovelluksesta puuttuu kokonaan mahdollisuus simuloida visuaalisesti kytkentätilannetta. Pilottiversion kehityksen aikana tutkittiin myös kytkennän simuloinnin toteuttaminen. Tämä toiminnallisuus toteutettiin siten, että sovellukseen tehtiin mahdollisuus ajaa kytkentäohjelma läpi vaihe kerrallaan, jolloin muuttava kytkentätilanne näkyy visuaalisesti verkkokuvassa. Käyttäjällä on myös mahdollisuus itse tutkia kytkennän etenemistä manuaalisella askelluksella. Tieto verkon topologiasta ja verkkomallista, josta ilmenee verkon komponenttien relaatio toisiinsa, mallinnettiin manuaalisesti pilottiversion. Kytkentöjen suunnitteluovelluksen jatkokehityksen kannalta verkkomallitieto on kriittinen, jotta voidaan esittää visuaalisesti sähköinen yhteys eri komponenttien välillä.

7.4.2 Jatkokehitysehdotukset

Tässä luvussa arvioidaan, millä tavalla kytkentädokumenttien luontia ja hallintaa tulisi kehittää ja mitä lisäarvoa ehdotetut ratkaisut toisivat nykyiseen kytkentäprosessiin. Näitä jatkokehitysehdotuksia pohditaan kytkentäohjelmien digitalisoinnin ja kehittämisen näkökulmasta. Kytkentäohjelmien suunnittelutyökalun toiminnallisen pilotin toteutuksessa tutkittiin mahdollisuus hyödyntää KVJ:n verkkokuvaa kytkentöjen suunnittelussa. Jatkokehityksen kannalta tunnistettiin, että verkkokuvien ja verkkomallin

hyödyntäminen kytkentöjen suunnitteluovelluksen toteutuksessa on kriittinen ominaisuus, joka luo edellytyksen kytkentäprosessin digitalisoinnille ja muille tässä luvussa esitetyille jatkokehitysehdotuksille.

Kytkeäprosessissa käytettävien eri sovellusten tietoja voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kuvan 23 tavalla kytkentäohjelmien suunnittelutyökalun toteutuksessa. Tietoja eri järjestelmien välillä voitaisiin käyttää esimerkiksi siten, että käytönvalvontajärjestelmä toimii verkkokuvien lähdejärjestelmänä, josta otetaan myös kytkinlaitteiden ohjaustapahtumien tilatiedot. Maximoa hyödynnettäisiin tarvittavien omaisuustietojen lähdejärjestelmänä. KVJ:stä tiedonsiirto olisi yksisuuntaista kytkentöjen suunnitteluovelluksen suuntaan. Tiedonsiirto Maximon ja kytkentöjen suunnitteluovelluksen välillä olisi kaksisuuntaista.



Kuva 23: Esimerkkitapauksen tiedonsiirron toteutus sovellusten välillä

Kytkeäohjelmia suunnitellessa tarvitaan tietoa verkon topologiasta, laitteista ja kytkennän toteutushetken aikaisesta verkon tilasta. Kuten toiminnallisen pilotin toteutuksessa todettiin, niin verkkokuvasta tehtävä kytkentäohjelman laatiminen helpottaisi verkon kytkentätilanteen hahmottamista ja nopeuttaisi kytkentäohjelman laatimiseen kuluva aikaa. Operaattoreiden ei tarvitsisi enää suunnitteluvaiheessa käyttää tukena KVJ:n verkkokuvaa tai tulostettua paperia kytkentätilanteen hahmottelua varten, vaan tarvittavat tiedot olisivat saatavilla yhdessä sovelluksessa. Verkkokuvasta tehtävä kytkentäohjelman luonti nopeuttaisi kytkentäohjelmien laatimiseen kuluva aikaa, koska tietoja ei tarvitsisi täyttää rivi ja solu kerrallaan manuaalisesti.

Kuten toiminnallisessa pilotissa demonstroitiin, niin verkkokuvapohjainen ratkaisu, jossa on verkon topologia mallinnettuna, loisi myös edellytyksen kytkentätilanteen simuloinnille ja nykyaikaisemmille tarkastusrutiineille. Simuloinnilla voisi esimerkiksi ajaa tai askeltaa manuaalisesti valmiin kytkentäohjelman läpi ja esittää kytkinlaitteiden tilanmuutoksien vaikutukset verkon tilaan visuaalisesti. Simulointia voisi hyödyntää kytkentäohjelman tarkastamisen tukena, ja lisäämällä automaattista tarkastuslogiikkaa voitaisiin virheelliset kytkentävaiheet estää kytkentäohjelmassa. Kytkentäohjelmien tarkastaminen koettiin toisinaan hankalaksi työvaiheeksi, koska sitä tehdään

pääoperaattoritehtävän ohella. Tarkastaminen voi keskeytyä muiden tehtävien takia, joka vaikeuttaa tarkastettavan kytkennän hahmottamista. Tarkastamista tukeva kytkentäsovellus, jossa on verkkokuvaan- ja malliin pohjautuva simulointimahdollisuus, parantaisi kytkentätilanteen hahmottamista sekä helpottaisi kytkentäohjelmien tarkastamisvaihetta Kantaverkkokeskuksessa.

Kytkenäohjelmien tekovaiheessa voitaisiin myös hyödyntää paremmin historiatietoja, esimerkiksi tarjoamalla käyttäjälle aikaisemmin samaan kohteeseen tehtyä kytkentäohjelmia pohjaksi. Tämä voisi olla toteutettuna siten, että kytkentöjen suunnitteluovellus osaisi hyödyntää Maximon sekä kytkentöjen suunnitteluovelluksen omaisuusmassaa tehdyistä kytkentätietueista. Kytkentöjen suunnitteluovelluksessa tehtyjä tietueita voitaisiin hyödyntää myös niin, että järjestelmä osaa ottaa huomioon verkossa kyseisellä ajanhetkellä vallitsevan kytkentätilanteen. Tämä näkyisi siten, että kytkentäohjelmien kumulatiivinen vaikutus verkossa näkyisi verkkokuvassa, joka mahdollistaisi kytkentäohjelmien tekemisen jatkoksi kyseisellä ajanhetkellä vallitsevaan verkon tilaan. Kytkentöjen suunnitteluovellukseen voisi myös mahdollisesti yhdistää käyttövarmuustarkastelun siten, että sovellus tarkastelisi järjestelmään tehtyjen tietueiden perusteella ajallisesti ja alueellisesti päällekkäisiä keskeytyksiä. Tieto tarkasteltavista keskeytyksistä vietäisiin rajapintojen kautta tehonjakolaskentaohjelmaan tarkempaa analyysia varten.

Verkkokuvan ja -mallin hyödyntäminen loisi myös pohjaa edistyneemmälle logiikalle. Sillä voitaisiin automatisoida tietueiden perustaminen kokonaan määrämuotoisten kytkentäohjelmien osalta. Käyttäjä voisi esimerkiksi kuvasta rajaamalla osoittaa jännitteettömän alueen, jolloin järjestelmä etsii automaattisesti keskeytystä rajaavat kytkinlaitteet ja luo kytkentäohjelmaan tarvittavat kytkentärivit. Automatisointiratkaisu voisi hyödyntää lähtötietoina kytkentäpäätokselle kirjattuja tietoja sekä tarkistaa kytkennän toteutushetken mukaisen verkon tilan. Kytkentäohjelmien luonnin automatisoinnissa tulisi keskittyä määrämuotoisiin kytkentäohjelmiin, kuten johto-, korvaus-, ja kompensointikytkentöihin, jotka vastaavat määrällisesti noin 51 % kaikista verkossa tehtävistä kytkennöistä (Maximo 2021).

Kuten luvun 6.2.6 kehitysehdotuksissa ehdotettiin, niin kytkentäprosessissa tuotetut kytkentädokumentit voisivat olla kokonaan digitaaliset (taulukko 8, 4.1). Kytkentäohjelman digitalisointi mahdollistaisi, että esimerkiksi kytkennänjohtamisvaiheessa tehtävät merkinnät voitaisiin tehdä suoraan sähköiseen tietueeseen paperisen kytkentäohjelman sijasta. Toteutus voisi olla myös enemmän automaattinen ratkaisu, jossa suoritettavat rivit merkitään automaattisesti. Esimerkiksi KVJ:n ja kytkentöjen suunnitteluovelluksen välinen integraatio mahdollistaisi ohjaustietojen tuomisen kytkentöjen

suunnittelusovellukseen, josta näkisi kytkennän toteutusvaiheessa reaaliajassa kytkentäohjelman suorituksen.

Digitaaliset kytkentäohjelmat mahdollistaisivat nykyaikaisen tavan dokumenttien hallintaan. Sen sijaan, että lajitellaan papereita lokeroihin, niin nämä samat toimenpiteet tehtäisiin tietojärjestelmässä. Kytkentöjen suunnittelusovelluksessa olisi selkeä ryhmittely, missä tilassa tietueet ovat, milloin kytkentä tehdään, mitä vaiheita kytkentäohjelmasta on suoritettu. Digitaalisen kytkentäohjelman toteutuksessa tulisi ottaa huomioon, että hallittavuus säilyy silloin, kun on meneillään useampi kytkentä samaan aikaan. Kuten prosessin suorituskyvyn tarkastelussa todettiin, niin ruuhkaisimpina viikoilla maanantaina voi olla parhaimmillaan yhteensä 17 alkavaa kytkentää (Maximo 2021), joita tehdään yhdessä paikalliskytkijöiden kanssa. Digitaalisten tietueiden hallinnan tulisi olla aukotonta, jotta työturvallisuutta tai käyttövarmuutta vaarantaville väärinkäsityksille ei ole mahdollisuutta.

Kytkeäprosessin digitalisoinnin jatkokehitystä voisi toteuttaa vaihe kerrallaan aloittamalla kytkentäohjelmätietueiden perustamisen ja hallinnan kehittämistä. Toteutuksessa tulisi ensimmäisessä vaiheessa lähteä liikkeelle kytkentäohjelmien suunnittelutyökalun kehityksestä. Se mahdollistaa kytkentäohjelmien perustamisen visuaalisesti, esimerkiksi verkkokuvan symboleita ohjaamalla. Kehitysratkaisujen toteutus tulisi miettiä siten, että niissä otetaan huomioon siirtokeskeytysprosessi kokonaisuudessaan. Kytkentäprosessin digitalisoinnista tulisi laatia pidemmän aikavälin suunnitelma, jossa on huomioitu käyttäjien tarpeet koko prosessin osalta sekä määritelty kehitysratkaisujen toteutuksen aikataulu ja prosessin digitalisoinnin tavoitetaso.

8 YHTEENVETO

Diplomityön päämääränä oli tunnistaa siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessista järjestelmä- ja prosessikehityksen kohteet. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti kytkentädokumenttien hallinnan prosessiin, prosessin suorituskykyyn ja siinä käytettäviin tietojärjestelmiin. Kytkentädokumenttien suunnittelun ja hallinnan prosessi on ollut pitkään samanlainen ja se pitää sisällään monia käsityötä vaativia rutiinitehtäviä eri tietojärjestelmissä. Tutkimustyön keskiössä olivat tämän prosessiin toteutuksessa osallisena olevan sidosryhmien tarpeet ja heidän näkemyksensä kehitettävistä kohteista prosessissa ja siinä käytettävissä tietojärjestelmissä. Työssä tutkittiin prosessin ja järjestelmäkehityksen kohteita, joiden avulla voidaan nykyaikaistaa ja helpottaa siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessia.

Diplomityön kirjallisessa osuudessa kuvattiin kytkentäprosessin näkökulmasta kantaverkkoyhtiön toimintaympäristö, käyttötoiminnan periaatteet sekä käyttötoiminnan toteutuksessa käytettävät tietojärjestelmät. Liiketoimintaprosessien kehittämistä tarkasteltiin digitalisaation kautta. Tietopohjana hyödynnettiin kirjallisuutta prosessijohtamisesta ja prosessien kehittämisen eri menetelmistä. Prosessien kehitysmenetelmistä esiteltiin yleisesti prosessijohtamisessa hyödynnetyt Lean- ja Six Sigma -menetelmät, joita käytetään prosessien virtaviivaistamiseen ja niissä esiintyvän vaihtelun ja hukan vähentämiseen. Lisäksi tarkasteltiin käyttäjälähtöistä suunnitteluajattelun kehitysmallin soveltamista prosessien digitalisointiin. Teoriaosuudessa esitellyistä kehitysmalleista kuvattiin niiden hyödyntämisen keskeiset periaatteet ja mittarit.

Diplomityössä kuvattiin Fingridin siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessi kokonaisuudessaan alkaen alueellista siirtokeskeytyssuunnittelusta päättyen Kantaverkkokeskuksessa tapahtuvaan kytkentöjen suunnitteluun ja toteutukseen. Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessi kuvattiin keskeytyssuunnittelun vuosikellon ja siinä määriteltyjen työvaiheiden mukaan. Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessi esitettiin kytkentädokumentteihin kohdistuvien toimenpiteiden mukaan omina prosessivaiheenaan. Siirtokeskeytys- ja kytkentäprosessin kuvaamisen tietopohjana hyödynnettiin sisäistä dokumentaatiota, koulutusaineistoa ja asiantuntijahaastatteluita.

Diplomityön empiirisessä osiossa tutkimusaineisto kerättiin haastatteleamalla siirtokeskeytysprosessin toteutuksessa osallisena olevia sidosryhmiä. Työn aikana pidettiin yhteensä 14 teemahaastattelua aluetoimipaikkojen käyttöasiantuntijoille sekä Kantaverkkokeskuksen verkonhallinnan operattoreille. Haastatteluaineisto analysoitiin siten, että sillä vastattiin diplomityössä esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Teemahaastatteluiden perusteella kuvattiin nykymuotoisen siirtokeskeytysprosessin ongelmakenttä,

tunnistettiin prosessista kehitettävät kohteet sekä kartoitettiin käyttäjien tarpeet. Laadullisen haastatteluaineiston tukena käytettiin kytkentäsovelluksesta saatavilla olevaa määrällistä aineistoa kytkentätietueista. Aineiston analyysin tuloksena saatiin tietoa nykymuotoisen kytkentädokumenttiprosessin suorituskyvystä ja siinä tuotettujen dokumenttien laadusta. Teema-haastatteluiden tuloksena saatiin kattava listaus kehitettävistä kohteista ja työvaiheista siirtokeskeytysprosessissa. Haastatteluaineiston tuloksia voidaan hyödyntää lyhyellä aikavälillä Fingridin nykyisen kytkentäsovelluksen kehityksessä. Pidemmällä aikavälillä tuloksia voidaan hyödyntää tukena järjestelmäkehityksessä sekä kokonaisvaltaisessa prosessin digitalisoinnissa.

Haastatteluaineiston tuloksien ja prosessin suorituskyvyn tarkastelun perusteella muodostettiin jatkokehitysehdotukset. Kytkeäprosessin suorituskykyä tarkastellessa todettiin, että keskeytyksien aloitusajankohdat ajoittuvat vuoden aikana epätasaisesti maanantaille. Työkuormituksen tasaamisen kehitysehdotuksena työssä esitettiin, että muuttamalla toimintatapoja kestoltaan lyhyiden keskeytyksien aikataulutuksessa, voidaan vähentää viikon alkuun kasaantuvaa työkuormaa Kantaverkkokeskuksessa. Prosessin sisäistä tehokkuutta ja kytkentädokumenttien laatua parantavina ehdotuksina työssä esitettiin toimintatapojen, ohjeistuksen ja laadun mittaamisen kehittäminen. Kytkeäprosessin näkyvyyden kehityskohteena diplomityössä esitettiin kytkentäprosessin tilannekuvan kehittäminen. Kytkeäprosessissa tarvitaan parempaan ajallista sekä alueellista näkyvyyttä verkossa tehtäville keskeytyksille, jotta niiden vaikutuksia toisiinsa on helpompi hahmottaa kokonaisuutena.

Diplomityön tuloksena kytkentäprosessista tunnistettiin nykyisen prosessin kehitettävät kohteet ja prosessissa osallisena olevien sidosryhmien tarpeet. Merkittävimpänä kehitettävänä kohteena kytkentäprosessissa tunnistettiin kytkentädokumenttien luontiin ja hallintaan käytettävä kytkentäsovellus. Nykyisen kytkentäsovelluksen rajoitteet korostuivat varsinkin Kantaverkkokeskuksessa kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen prosessissa, jonka takia kehitysratkaisujen tarkastelu rajattiin koskemaan kytkentäohjelman luontia. Kytkentäohjelmien luonnin kehittämistä tutkittiin toteuttamalla toiminnallinen pilotti kytkentäohjelmien luontityökalusta, jolla osoitettiin visuaalinen kytkentäohjelman luonnin ja simuloinnin toteutus hyödyntämällä KVJ:n verkkokuvaa. Toiminnallisen pilotin kehitystyön tuloksena saatiin tietoa erilaisista toteutusratkaisuista, joita voidaan hyödyntää kytkentädokumenttien luonnin ja hallinnan jatkokehityksessä.

LÄHTEET

- Brown, C., & Harder, C. (2021). The ArcGIS Book [E-kirja]. Saatavilla: <https://learn.arcgis.com/en/arcgis-book/chapter1/> [viitattu 15.3.2021]
- Elovaara, J., & Haarla, L. (2011a). Sähköverkot 1: Järjestelmätekniikka ja sähköverkon laskenta. Helsinki: Otatieto.
- Elovaara, J., & Haarla, L. (2011b). Sähköverkot 2: Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Helsinki: Otatieto.
- Energiateollisuus. (2021a). Sähköverkkoyhtiöt [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/sahkoverkot/sahkoverkkoyhtiot> [viitattu 20.3.2021]
- Energiateollisuus. (2021b). Energiavuosi 2020: Sähkö [Verkkodokumentti]. Saatavilla: https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2020_netti.pdf [viitattu 23.3.2021]
- Energiavirasto. (2021). Verkkotoiminnan luvanvaraisuus [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-luvanvaraisuus#suljetun-jakeluverkon-haltijat> [viitattu 1.6.2021]
- ESRI. (2021). ArcGIS – Maailman johtava paikkatietoalusta [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.esri.fi/fi-fi/tuotteet/arcgis-paikkatietoalusta> [viitattu 20.3.2021]
- Fingrid Oyj. (2016). ELVIS on täällä! [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.fingridlehti.fi/elvis-tietojarjestelma/> [viitattu 26.3.2021]
- Fingrid Oyj. (2019a). Tuulivoiman kasvu haastaa verkon suunnittelijat [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.fingridlehti.fi/tuulivoima-verkon-suunnittelijat/> [viitattu 13.3.2021]
- Fingrid Oyj. (2019b). Oma Fingridin esittelyvideo [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://dreambroker.com/channel/v1yvz0m3/49uoso7d> [viitattu 26.3.2021]
- Fingrid Oyj. (2020a). Käyttötoiminnan digitalisoiminen. Sisäinen asiakirja.
- Fingrid Oyj. (2020b). Kantaverkkowiki [Sisäinen verkkosivu].
- Fingrid Oyj. (2021a). Suomen sähköjärjestelmä [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/suomen-sahkojarjestelma/> [viitattu 7.4.2021]

- Fingrid Oyj. (2021b). Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022–2031 [Verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kayttovarma-sahkonsiirto/fingridin-kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2022-2031.pdf> [viitattu 2.6.2021]
- Fingrid Oyj. (2021c). KK31305 - KytKentäsuunnitteluprosessin periaatteet. Sisäinen asiakirja.
- Fingrid Oyj. (2021e). Partnereiden Oma Fingrid käyttöön [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.fingridlehti.fi/partnereiden-oma-fingrid-kayttoon/> [viitattu 20.3.2021]
- Fingrid Oyj. (2021f). KK31306 - Siirtokeskeytykdokumentoinnin periaatteet. Sisäinen asiakirja.
- Fingrid Oyj. (2021g). Valvomojärjestelmien tyyliopas. Sisäinen asiakirja.
- Fleischmann, A., Oppl, S., Schmidt, W., & Stary, C. (2020). Contextual Process Digitalization [E-kirja]. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38300-8>
- George, M. (2002). Lean Six Sigma [E-kirja]. McGraw-Hill.
- Gustavsson, R., & Mattila, T. (2021). RSC esitysmateriaali. Sisäinen asiakirja.
- Hannus, J. (1994). Prosessijohtaminen - Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. Espoo: HM&V Research.
- Hätönen, H. (2021a). Fingrid, Johtava asiantuntija. ELVIS-perehdytys. 28.1.2021.
- Hätönen, H. (2021b). Partnereiden Oma Fingrid - mitä tavoitellaan. Sisäinen asiakirja.
- Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. (1996). Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- IBM. (2021). Maximo Asset Management – Product overview [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.ibm.com/docs/en/mam/7.6.1.2?topic=management-product-overview> [viitattu 1.4.2021]
- IDEO. (2021). Design Thinking Defined [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://designthinking.ideo.com/history> [viitattu 10.5.2021]
- Ilmarinen, V., & Koskela, K. (2015). Digitalisaatio – Yritysjohdonkäsikirja. Helsinki: Talentum Media Oy,

Jaatinen, M. (2020). Lean Six Sigma Belt tasot: Mikä taso on tarpeen? [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.leansixsigmakoulutus.fi/blogit/256-lean-six-sigma-tasot.html> [viitattu 10.5.2021]

Kaukonen, T. (2017). Käytön verkkosäännöt – mitä tietoja tarvitaan ja mihin niitä käytetään [Verkkodokumentti]. Saatavilla: https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/ajankohtaista-tapahtumat/verkkosaanto-foorumi2017_2018/kayton-verkkosaannot---tiedonvaihto.pdf [viitattu 26.3.2021]

Koivunen, K. (2021). Fingrid, Asiantuntija. Asiantuntijakeskustelut. Useita ajankohtia.

Kwak, Y., & Anbari, F. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5), 708–715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>

Laamanen, K. (2005). Johda liiketoimintaa prosessien verkkona – ideasta käytäntöön. Helsinki: Suomen Laatu keskus Oy.

Lakervi, E., & Partanen, J. (2008.) Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Ota-tieto.

Lecklin, O. (2002). Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Kauppa-kaari.

Lintula, R. (2015). Lean Six Sigma on prosessien systemaattista ja tuloshakuista kehittämistä [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.aaltopro.fi/aalto-leaders-insight/2015/lean-six-sigma-on-prosessien-systemaattista-ja-tuloshakuista-kehittamista-osa-1> [viitattu 10.5.2021]

Luchs, M., Swan, S., & Griffin, A. (2015). Design Thinking [E-kirja]. Wiley-Blackwell.

Luukkonen, I. (2021). Fingrid, Asiantuntija. Asiantuntijakeskustelut. Useita ajankohtia.

Mäkihannu, T. (2021). Siirtokeskeytyssuunnittelun prosessi. Sisäinen asiakirja.

Mantela, T. (2018). Kantaverkon käyttö – Oma Fingrid spesifikaatio. Sisäinen asiakirja.

Mantela, T. (2018). Kantaverkon keskeytyssuunnitteluprosessin kehittäminen. Opinnäytetyö (YAMK): Hämeen ammattikorkeakoulu. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/141570/Mantela_Tomi.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 10.5.2021]

- Maximo. (2021). Tietokantahaut. Sisäinen tietokanta.
- McDonald, D., & Thomas, M. (2015). Power System SCADA and Smart Grids. Boca Raton: CRC Press.
- Parviainen, P., Kääriäinen, J., Tihinen, M., & Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 5(1), 63–77. <https://doi.org/10.12821/ijispm050104>
- Pelvo, J. (2020). KK31304 - Käyttö- ja sähkötyön turvallisuus kantaverkossa. Sisäinen asiakirja.
- Pohjanpalo, M. (2021). Siirtokykylaskennan perusteet. Sisäinen asiakirja.
- Sähkömarkkinalaki 588. (2013). Kantaverkkoa ja kantaverkonhaltijaa koskevat säännökset [Verkkosivu]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588#O2L5> [viitattu 26.3.2021]
- Siemens AG. (2017a). PSS®ODMS– Overview. Transmission Network Modeling and Analysis [Verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:cf604335c8712767e27b6986b9505ea0ada9d9ed/odms-brochure-may-2017-intl-version-withactivehyperlinks-lores-s.pdf> [viitattu 22.3.2021]
- Siemens AG. (2017b). PSS®E – Overview. High-performance Transmission Planning and Operations Software for the Power Industry [Verkkodokumentti]. Saatavilla: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:480a532bff8def3f8531fff18f7ccf446001e685/siemenspti-software-psse-brochure-2017.pdf> [viitattu 12.4.2021]
- Siiankoski, V. (2021). Fingrid, kunnonhallintapäällikkö. Asiantuntijakeskustelut. Useita ajankohtia.
- Stenstrand, M. (2020). Fingrid ELVIS grid information system. Sisäinen asiakirja.
- Swink, M. & Jacobs, B. W. (2012) Six Sigma adoption: Operating performance impacts and contextual drivers of success. *Journal of operations management*, 30(6), 437–453. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2012.05.001>

A. Haastattelulomake, käyttöasiantuntijat

Käyttöasiantuntijat haastattelurunko

1 Siirtokeskeytyssuunnittelu prosessin nykytilanne

1.1 Kuinka paljon työpäivästäsi menee aikaa keskimäärin siirtokeskeytyssuunnitteluun?

- Mikä vaihe on ajallisesti työläin osuus siirtokeskeytyssuunnittelussa?

1.2 Siirtokeskeytyksen suunnitteluprosessin kuvaus

1.3 Kuinka hyvin siirtokeskeytyksen prosessi mielestäsi toimii?

- Mitkä ovat nykymuotoisen suunnitteluprosessin haasteet/heikkoudet/ongelmat?

- Minkä koet nykyprosessissa suurimmaksi heikkoudeksi?

- Millä tavalla kehittäisit prosessia?

- Kuinka hyvin vuosikellon aikamääreet toteutuvat?

1.4 Kuinka hyvin mielestäsi nykyinen järjestelmä palvelee siirtokeskeytyssuunnittelua?

1.5 Miten kytkentäaloitteiden laatu varmistetaan?

- Millä tavalla laatua voitaisiin parantaa?

2 Siirtokeskeytyssuunnittelun kehitys / digitalisointi

2.1 Millainen mielestäsi olisi ihannejärjestelmä siirtokeskeytyssuunnitteluun?

- Minkälaiset järjestelmäominaisuudet parantaisivat työn tehokkuutta ja helpottaisivat työtäsi?

- Mitä työvaiheita siirtokeskeytyssuunnittelussa voisi automatisoida?

2.2 Miten muuttaisit kytkentäaloitettietuetta ja dokumenttia?

2.3 Millä tavalla ihannejärjestelmän tulisi huomioida olemassa olevat järjestelmät ja sidosryhmät?

- Millä tavalla asiakkaat tulisi ottaa huomioon ja mitä he haluavat?

2.4 Miten näet käyttöasiantuntijoiden tehtävien kehittyvän tulevaisuudessa?

B. Haastattelulomake, verkonhallinta

Verkonhallinta haastattelurunko

1 Kytkentöjen suunnittelu ja toteutus prosessin nykytilanne

1.1 Kytkentäprosessin kuvaus omin sanoin

1.1.1 Käyttövarmuustarkastelu

- Millä perusteella valitaan kytkennät, joihin tarvitsee tehdä käyttövarmuus-tarkastelu?

1.1.2 Kytkentäohjelmien laatiminen

- Mitkä ovat nykymuotoisen kytkentäohjelmien laadintaprosessin haas-teet/heikkoudet/ongelmat?
- Minkä koet nykyjärjestelmässä suurimmaksi heikkoudeksi?
- Mikä on kytkentäohjelmien laadinnassa työläin osuus?
- Miten selvität verkon tilan, kun alat tekemään kytkentäohjelmaa?
- Mitkä ovat nykymuotoisen kytkentäohjelmien laadintaprosessin hyvät puolet ja järjestelmäominaisuudet?
- Tehdäänkö prosessissa tällä hetkellä turhaa työtä?
- Miksi nykyinen kytkentäsovellus ei kelpaa?

1.1.3 Kytkentäpäästösten ja -ohjelmien tarkastaminen

- Miten kytkentädokumenttien laatu varmistetaan?
- Miten tarkistat kytkentäohjelman?
- Millaiseksi koet kytkentäaloitteiden laadun?
 - o Mitä korjattavaa kytkentäaloitteissa yleensä on?

1.1.4 Kytkennän johtaminen

2 Kytkentöjen suunnittelun ja toteutuksen kehitys

2.1 Miten kytkentäohjelmien luontiprosessia tulisi kehittää?

- Miten muuttaisit nykyistä prosessia?
- Miten tehostaisit prosessia?

2.2 Miten kytkentöjen suunnittelusovellusta tulisi kehittää?

2.2.1 Millaisia ominaisuuksia toivot kytkentöjen suunnittelusovellukselle?

2.3 Miten ihannejärjestelmän tulisi huomioida olemassa olevat järjestelmät ja si-dosryhmät (asiakkaat, paikalliskytkijät)?