

Antti Kirjola

AMM-mittausjärjestelmän kuvaus ja vaadittavat lisäpanostukset poikkeustilanteita varten

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

9.3.2013

Alkulause

Tämä insinööriyö tehtiin Fortum Oyj:ssä valmisteilla olevalle AMM 2.0 -projektille. Kiitän erityisesti Fortumin asennuspäällikköä Hannu Sundqvistia työn hyvästä ohjauksesta ja arvokkaan taustatiedon antamisesta työn aikana. Lisäksi haluan kiittää työni ohjauksesta lehtori Tuomo Heikkistä Metropolia ammattikorkeakoulusta ja kielenhuollon ohjauksesta lehtori Maritta Finskaa Metropolia ammattikorkeakoulusta.

Antti Kirjola

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Kirjola AMM-mittausjärjestelmän kuvaus ja vaadittavat lisäpanostukset poikkeustilanteita varten 53 sivua + 4 liitettä 9.3.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	asennuspäällikkö Hannu Sundqvist lehtori Tuomo Heikkinen
<p>Tässä insinöörityössä selvitettiin taustatietoa Fortumilla vuosien 2014 - 2015 aikana toteutettavalle AMM 2.0 -projektille. Projekti on jatkoa aiemmalle Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeelle, jonka aikana Fortumin sähköverkkoon asennetaan etäluettavat sähkölaitteet ja muu etäluokkaan tarvittava laitteisto. AMM 2.0 -projektin aikana parannetaan asennettujen älyverkoston toimintavarmuutta, siirtämällä tiedonsiirtoon käytettäviä keskitimiä säävarmempiin kohteisiin. Lisäksi työssä selvitettiin, päästäänkö suunnitelluilla muutoksilla projektin asetettuun tavoitteeseen, jossa 90 prosenttia Fortumin sähkösiirtoalueiden käyttöpaikoista on säävarman keskitinasennuksen piirissä.</p> <p>AMM 2.0 -projektin keskitinsiirtomäärät selvitettiin Fortumin käytössä olevien tietojärjestelmien avulla. Järjestelmistä haettiin tiedot keskitimien aiemmista asennuksista sekä tarkasteltavien alueiden muuntamoista ja käyttöpaikoista. Haetuista tiedoista muodostettiin Excel-taulukoita, joita yhdistettiin niistä löytyvien yhtenäisten käyttöpaikka- ja muuntamotunnusten avulla. Tietomassaa muokkaamalla valittiin keskitimille optimaalisimmat asennuspaikat muuntopiireittäin.</p> <p>Tuloksista havaittiin, että verkstorakenteella oli suuri merkitys alueellisiin keskitinsiirtomääriin. Suurimmat siirtomäärät muodostuivat Lounais-Suomen alueelle, jonka kustannukset kattoivat lähes puolet koko projektin kokonaiskustannuksista. Työssä selvitettyjen keskitinsiirtomäärien mukaan projektin avulla saavutettaisiin 82.8 %:n säävarmuus, joka jäisi 7.2 % projektin asetetusta tavoitteesta. AMM 2.0 -projektin lasketut kustannukset nousivat lähes miljoonaan euroon.</p> <p>Keskitimien siirtomääriä laskettaessa ilmeni, että siirtomäärien tarkka selvittäminen oli mahdotonta ilman muuntopiirien yksityiskohtaista tarkastelua, jota tässä työssä ei voitu toteuttaa. Tuloksena saadut suoritelmät antavat kuitenkin mahdollisuuden AMM 2.0 -projektin yksityiskohtaisemmalle tarkastelulle ja suunnittelulle ennen varsinaisen projektin käynnistymistä.</p>	
Avainsanat	keskitin, projekti, sähkölaitteet, säävarmuus

Author Title	Antti Kirjola Description of the AMM-measurement system and the required additions for exceptional situations
Number of Pages Date	53 pages + 4 appendices 9 March 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Hannu Sundqvist, Rollout Manager Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
<p>This thesis is a background research for the AMM 2.0 project which will be implemented during the years 2014 and 2015. The project is a continuum for a previous AMM (Automated Metering Management) project, during which smart electricity meters and other necessary equipment will be installed to the Fortum's electric grid. The operational reliability of the smart grid will be enhanced during the AMM 2.0 project by relocating data concentrators to more weatherproof locations. The thesis also investigated whether the goal, in which 90 percent of Fortum's electricity distribution clients are within weatherproof data concentrator installation after the intended modifications, would be reached.</p> <p>Fortum's own databases were used to find out how many data concentrators would have to be relocated during the AMM 2.0 project. The databases were used to collect information about previous data concentrator installations and also about transformers and client locations from the areas where the AMM 2.0 project would be implemented at. Excel charts were comprised from the collected information and then combined using the uniform location- and transformer markings. Optimal installation locations by transforming districts were chosen for the data concentrators by filtering the comprised charts.</p> <p>The results show that grid structure had a very significant effect regionally on the number of data concentrator relocations. The biggest number of relocations would have to be made at the southwest part of Finland. The relocations at this area covered almost half of the total costs of the whole project. According to the calculations of this thesis, the project would bring the weatherproof level to 82.8 percent. This would fall 7.2 percent short of the 90 percent-goal of the project. The estimated total costs of the AMM 2.0 project rose to almost a million euros.</p> <p>When calculating the number of relocations it came clear that finding out the exact number would be impossible without a more in-detail-look into the transforming districts, which within the framework of this thesis was impossible to carry out. However, the results of this thesis give an opportunity for a closer look and more detailed planning for the AMM 2.0 project before its launch.</p>	
Keywords	Data Concentrator, Electricity Meter, Project, Weather Proof

Sisällys

Alkulause

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	AMM-laitteiston käyttöönotto	2
2.1	Valtioneuvoston asetus sähkötoimituksen selvityksestä ja mittauksesta	2
2.2	Älykkäät Sähkömittarit -hanke	2
2.3	PLC-tiedonsiirtotekniikka	4
2.3.1	Taajuuskaistajaot	6
2.3.2	PLC-tekniikan haasteet	7
2.3.3	Mittareiden luentaongelmat Fortumilla	8
2.4	Asennettava AMM-laitteisto	10
2.5	Keskitinasennukset	12
2.6	Asennuslaadun tarkkaileminen	13
3	Vikatilanteiden hallinnan parantaminen	16
4	Säävarmat keskitinasennukset	22
4.1	Asennuspaikan vaikutus AMM-verkoston toimivuuteen	22
4.2	Säävarmojen keskitinasennusten käyttöönotto	24
4.3	Optimaalisimman asennuspaikan löytäminen	25
4.4	Kentältä käsin saatavat tiedot asennuskohteesta	30
4.4.1	Keskittimen sähkönsyötön varmistaminen	30
4.4.2	Pylväsmuuntamon PEN-johtimen saatavuus	30
4.4.3	Signaalin voimakkuus	31
5	Keskitinsiirrot	32
6	AMM 2.0 -projekti	35
6.1	AMM 2.0 -projektilla saavutettava hyöty	35
6.2	AMM 2.0 -projektin keskitinsiirrot	38
6.3	AMM 2.0 -projektin suoritelmät	40
6.3.1	Tietomassan käsitteleminen	40

6.3.2	Alueelliset keskitinsiirtomäärät	42
6.3.3	Keskitinsiirtojen aiheuttamat kustannukset	45
6.3.4	Alueellinen säävarmuus	47
6.4	Ehdotuksia säävarmuuden parantamiseksi	49
7	Yhteenveto	49
	Lähteet	51
	Liitteet	
Liite 1.	Fibox-pylväsvarokekytkinasennus	
Liite 2.	Ei säävarma -keskitinasennus	
Liite 3.	Esitarkastuspöytäkirja	
Liite 4.	MSA-kohtaiset keskitinsiirtomäärät	

Lyhenteet ja käsitteet

AMM	Automated Meter Management; automatisoitu sähkömittareiden hallinta
C-band	C-kaista; standardi SFS-EN 50065-1 määrittelee 125 - 140 kHz taajuusalueen C-kaistaksi
CaCe	CareCenter; työmääräinhallintajärjestelmä, jonka avulla hallitaan työtilauksia
DMS	Distribution Management System; käytöntukijärjestelmä, sähköverkon käyttötoiminnasta vastaavien verkonhallintatyökalu
Fibox	muovinen keskitinkotelo, jonne keskitin asennetaan pylväs- ja maajako-kaappiasennuksissa
Forum	asiakastietojärjestelmä, joka sisältää tiedot verkkoyhtiön asiakas-, käyttöpaikka- ja laskutustiedoista
MSA	Milestone Area; pienjännitemuuntopiireistä koostuva 5 000 - 15 000 käyttöpaikan mittarinvaihtoalue
PG Web	PowerGrid Web; verkostokarttaohjelmisto, jolla nähdään alueelle sijoitettu sähköverkko
PLC	Power Line Communication; sähköverkossa tapahtuva tiedonsiirto
PowerGrid	verkkotietojärjestelmä, joka sisältää tiedot sähköverkosta sekä komponenttien ominaisuuksista ja sijainneista
Zigbee	IEEE 802.15.4 -standardin mukainen lyhyen kantaman tietoliikenneverkko

1 Johdanto

Fortum Oyj on suomalainen energiayhtiö, jonka toiminta on keskittynyt Pohjoismaihin, Venäjälle, Puolaan ja Itämeren alueelle. Yhtiön toimintaan kuuluvat sähkön ja lämmön tuotanto, myynti ja jakelu, voimalaitosten käyttö- ja kunnossapitopalvelut sekä muita energiapalveluita. Fortum on Pohjoismaiden toiseksi suurin sähköntuottaja, ja se työllistää noin 10 400 henkilöä. Vuonna 2012 Fortumin liikevaihto oli noin 6.2 miljardia euroa ja liikevoitto 1,9 miljardia euroa.

Fortum toteuttaa vuosina 2011 - 2013 Älykkäät Sähkömittarit -hankkeen, jonka aikana jokaiselle Fortumin sähkönsiirtoalueen asiakkaalle asennetaan etäluettava sähkömittari. Hanke perustuu valtioneuvoston antamaan asetukseen, joka velvoittaa jakeluverkonhaltijoita vaihtamaan vanhat sähkömittarit uusin etäluettaviin älymittareihin. Uuden valmisteilla olevan AMM 2.0 -projektin avulla pyritään parantamaan Älykkäät Sähkömittarit -hankkeen aikana asennettujen sähkönkulutustiedon siirtämiseen käytettävien keskittimien säävarmuutta. Säävarmat keskittimet takaavat etäluettavan älyverkoston luotettavan jatkokäytön osana Fortumin muita IT-järjestelmiä.

Tämä insinöörityö on osa AMM 2.0 -projektin suunnitteluvaiheen pohjatiedon keräämistä. Työssä pyritään selvittämään säävarmuuden ja kustannustehokkuuden kannalta optimaalisimmat keskittimien asennuspaikat ja -tavat jokaista AMM 2.0 -projektiin kuuluvaa muuntopiiriä kohden käytettävissä olevaa asiakas- ja verkostotietoa hyödyntämällä. Työn selkeyden parantamiseksi päädyin tekemään siihen joitakin rajauksia. Näin ollen työ keskittyy pääasiassa säävarmoinhin asennustapoihin siirtymiseen, niistä saataisiin hyötyihin ja keskitinsiirtomäärien selvittämiseen.

Työn alussa esitellään lähtökohtia AMM 2.0 -projektin toteuttamiseksi. Tämän jälkeen perehdytään säävarmojen asennustapoihin siirtymiseen tuomiin muutoksiin ja hyötyihin. Lopuksi tarjotaan projektin tavoitteiden kannalta sopivimmat keskittimien asennusratkaisut muuntopiireittäin.

2 AMM-laitteiston käyttöönotto

2.1 Valtioneuvoston asetus sähköntoimituksen selvityksestä ja mittauksesta

Vuoden 2009 maaliskuussa valtioneuvosto antoi asetuksen sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Asetus velvoittaa jakeluverkonhaltijaa vaihtamaan vähintään 80 % pääsulakekooltaan alle 63 A olevat vanhat sähkömittarit uusiin, tuntilukemaa toimitaviin etäluettaviin sähkömittareihin vuoden 2013 loppuun mennessä.

Asetuksella parannetaan energiatehokkuutta sekä sähköjärjestelmän varmuutta ja kustannustehokkuutta. Sen tarkoituksena on tehostaa sähkömarkkinoiden toimintaa ja lisätä vähittäismarkkinoiden kilpailutusta. Uudistuksilla tavoitellaan pitkällä aikavälillä merkittäviä kustannussäästöjä niin sähkökäyttäjille, -tuottajille ja -myyjille kuin jakeluverkonhaltijoillekin. [1, s. 16; 2, s. 2.]

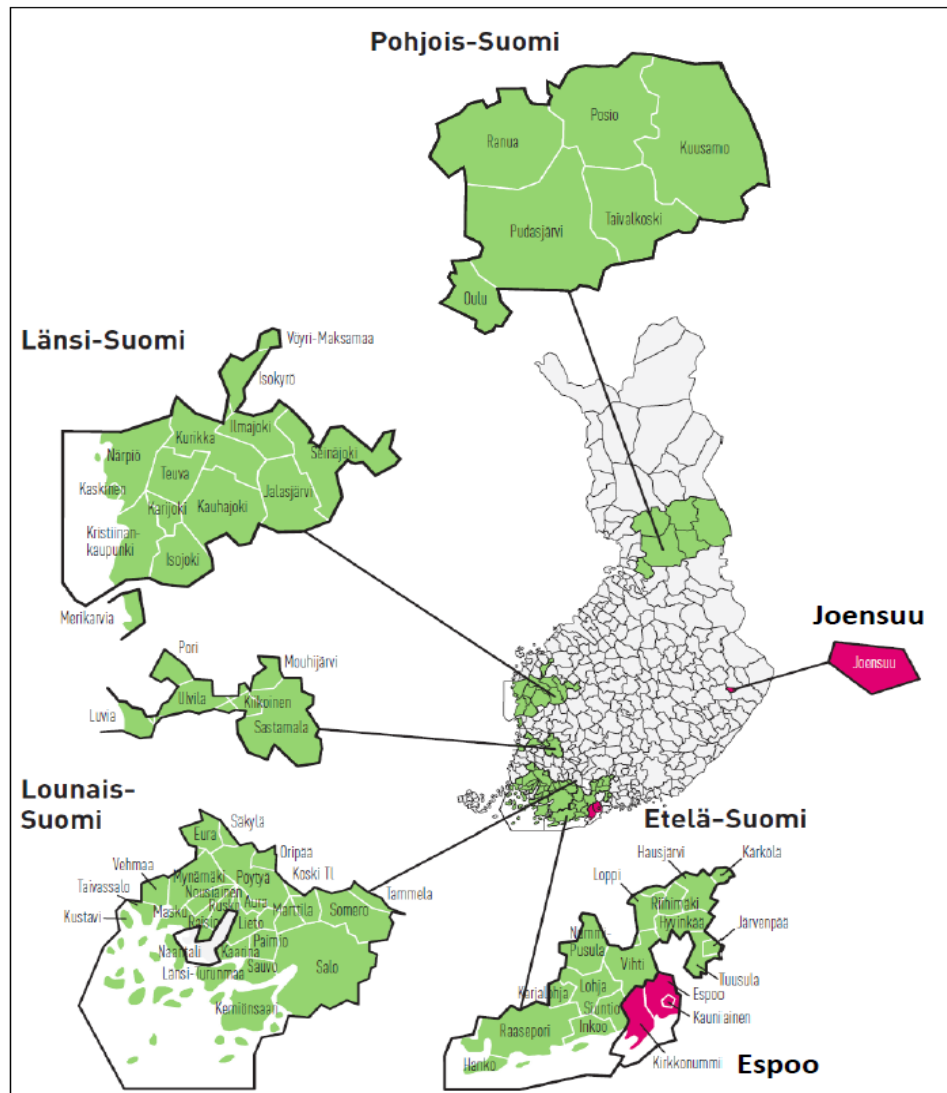
2.2 Älykkäät Sähkömittarit -hanke

Fortumin Suomen sähkönsiirtoalueiden noin 600 000 sähkömittarin vaihdosta vastaa AMM (Automated Meter Management)-projekti eli Älykkäät Sähkömittarit -hanke. Viisi vuotta kestävä hankkeen aikana jokaiselle Fortumin sähkönsiirtoasiakkaalle asennetaan massa-asennuksena uudenlainen sähkömittari eli älyboksi.

Älykkäät Sähkömittarit -hankkeen esisuunnitteluvaihe alkoi vuonna 2008, jolloin projektin pohjan ja alustavien aikataulujen suunnittelu käynnistyi. Mallia hankkeeseen otettiin Fortumin Ruotsin yksiköstä, jossa mittareiden vaihto oli saatu päätökseen jo samana vuonna. Älykkäät Sähkömittarit -hankkeelle luotiin oma projektiorganisaationsa, jota ohjataan keskitetysti Espoon Keilaniemestä. Projektiorganisaatio toimii AMM-Nordic ohjelman alaisuudessa ja on osa Fortum Distribution -yksikköä. [3.]

Fortumin sopimuskumppanina Älykkäät Sähkömittarit -hankkeessa on Telvent. Telvent toimii palvelutoimittajana, jonka tehtäviin kuuluvat mittarilaitteiston asennuksista, automaattisesta mittarinhallintajärjestelmästä ja datan toimituksesta huolehtiminen. Mittarit ja keskittimet Telvent ostaa Echelonilta, ja mittalaitteiston asennukset se suorittaa alihankintana AMM-urakoitsijalta Elteliltä. [4, s. 3.]

Älykkäät Sähkölittarit -hanketta varten Fortumin jakeluverkkoalueet jaettiin kuuteen alueelliseen kokonaisuuteen (kuva 1). Jokainen alue on jaettu edelleen pienempiin ja helpommin hallittaviin kokonaisuuksiin eli mittarinvaihtoalueisiin (Mile Stone Area ns. MSA). Mittarinvaihtoalueita on yhteensä noin 90, jotka ovat muodostettu alueen pienjännitemuuntopiirien mukaan. Alueesta riippuen yhdellä mittarinvaihtoalueella on noin 5 000 - 15 000 käyttöpaiikkaa, ja yhden mittarinvaihtoalueen läpimenoaika on noin kolme kuukautta sisältäen alueen esivalmistelut, massavaihdot ja hyväksynnän. [5, s. 9.]



Kuva 1. Fortumin sähkönsiirtoalueet jaettuna kuuteen osaan [lähdeettä 6, s. 4 mukaillen]

Älykkäät Sähkölittarit -hankkeen *pilot*-vaihe aloitettiin vuoden 2010 syyskuussa Järvenpäässä. Järvenpään valintaan vaikuttivat verkon rakenne ja alueella käytetyt mittarusratkaisut sekä läheinen sijainti projektin hallintopisteeseen Espoon Keilaniemeen.

Lisäksi alueella oli valmis verkkokäskynohjauslaitteisto, joka mahdollisti eri kuormanohjausten kokeilemisen uusilla sähkömittareilla. Järvenpään vaihtelevien sähköistysratkaisuiden ansiosta mittareita ja keskitimiä voitiin asentaa erityyppisiin kohteisiin. Kaiken kaikkiaan *pilot*-vaiheessa asennettiin noin 80 keskitintä ja 6 000 mittaria. *Pilot*-vaiheen tehtävänä oli toimia mallina tulevia massa-asennuksia varten. Sen aikana keuhkeittiin mm. hankkeessa käytettävien IT-järjestelmien toimivuutta, AMM-laitteiden asennuksia ja hallinnointia sekä tukiorganisaation riittävyttä. [7, s. 14.]

Mittareiden ja keskitimien massa-asennukset aloitettiin huhtikuussa 2011. Massa-asennusprosessi toteutetaan noudattamalla yhdenmukaista toimintamallia jokaisella mittarinvaihtoalueella. Asennusprosessi käynnistyy alueen muuntamolistan lähettämällä Telventille ja päättyy alueen luovuttamiseen takaisin Fortumille. Mittarinvaihtoalueen läpivienti jaetaan neljään seuraavaan päävaiheeseen:

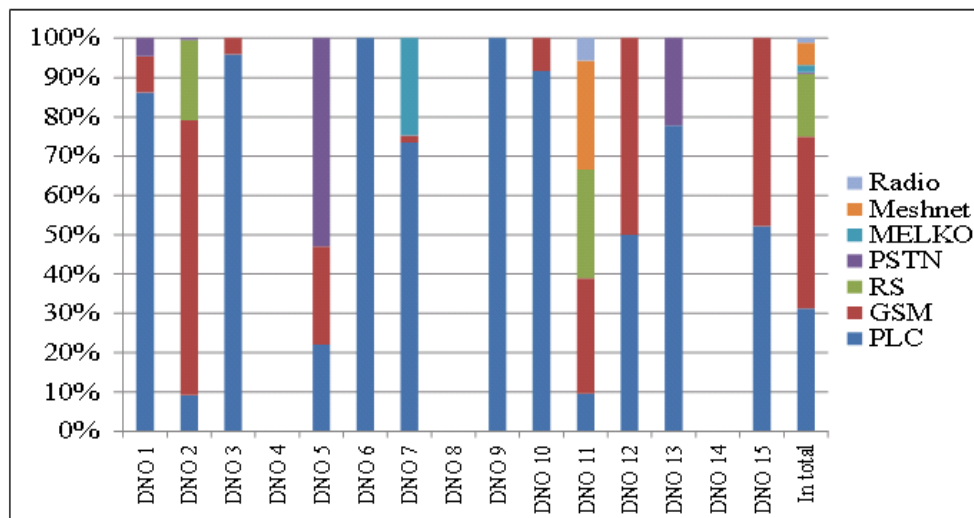
1. Fortum lähettää Telventille listan mittarinvaihtoalueen muuntamoista ja muuntamotyypeistä, joiden pohjalta Telvent suunnittelee ja tekee alueen keskitinasennukset muuntopiireittäin.
2. Keskitinasennuksien jälkeen alueelle suoritetaan ARI-testi (Area Ready for Installations) eli hyväksymistesti, jossa tarkistetaan, voidaanko massamittarivaihdot alueella aloittaa.
3. Kuudesta kahdeksaan viikkoa kestävien mittareiden massa-asennusten jälkeen aloitetaan massavaihdossa vaihtamatta jääneiden mittareiden asennus eli *Clean Up* -vaihe, jonka jälkeen aluetta voidaan alkaa valmistelemaan takaisin Fortumille luovutusta varten.
4. Mikäli alue täyttää luovutukselle asetetut kriteerit, luovuttaa Telvent alueen takaisin Fortumille luovutusjakson päätteeksi mittarinvaihtoalueen SAT (System Acceptance Test)-hyväksyntäpalaverissa.

Alueen vastaanottamisen jälkeen, Fortum teetättää vaihtamatta jääneet mittarit alueelle valitulla verkostourakoitsijalla, jonka jälkeen alue on valmis luovutettavaksi takaisin Fortum Distributionin linjaorganisaatiolle. [5, s. 4.]

2.3 PLC-tiedonsiirtotekniikka

Uusien etäluettavien sähkömittareiden tuottaman mittausdatan tiedonsiirtoon on kehitetty useita eri ratkaisuja, ja käytettävät tiedonsiirtomenetelmät vaihtelevat yhtiöittäin (kuva 2, ks. seur. s.). Mittausdata voidaan lähettää esimerkiksi suoraan IT-järjestelmiin

point-to-point-menetelmällä tai keskittimen kautta tapahtuvalla PLC- (Power Line Communication) eli sähköverkkotiedonsiirrolla.



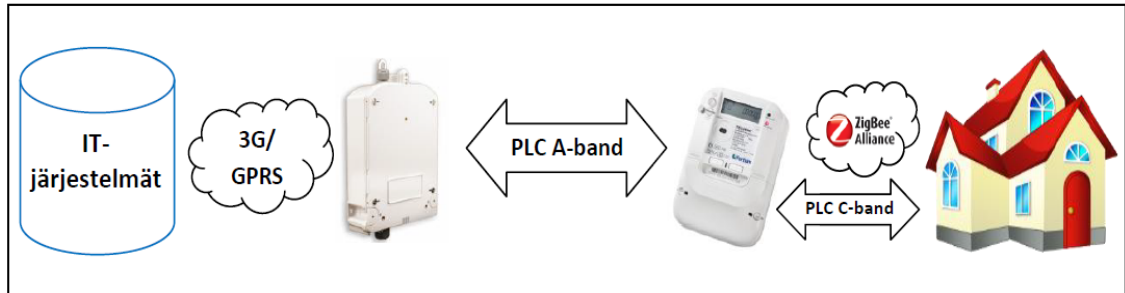
Kuva 2. 770 000 mittarin otos eri yhtiöiden valitsemista tiedonsiirtoratkaisuista [8, s. 8]

Sähköverkossa PLC-tiedonsiirto tapahtuu moduloidun kantoaallon lisäyksellä sähköverkon 50 Hz sinimuotoiseen perusaaltoon. PLC-tekniikan etuina voidaan pitää etenkin valmista ja kattavaa tiedonsiirtoinfrastruktuuria ja edullisempia mittareita verrattuna modeemin sisältämiin *point-to-point*-mittareihin. PLC-tiedonsiirtotekniikan etuina ja haasteina pidetään seuraavia asioita:

- edut:
 - valmis ja kattava tiedonsiirtoinfrastruktuuri
 - halvemmat mittarit verrattuna *point-to-point*-mittareihin
 - kustannustehokas tapa siirtää tietoa (ei tiedonsiirtomaksuja)
 - PLC-tekniikan yleistymisen eri sovelluksissa.
- haasteet:
 - sähkölaitteiden aiheuttamien häiriöiden kasvu sähköverkossa
 - jatkuvat pienjänniteverkostomuutokset
 - sähköverkon vikatilanteet. [9, s. 4.]

Fortum käyttää uusissa sähkömittareissa PLC-tiedonsiirtotekniikkaan perustuvaa menetelmää. Tämän menetelmän keskeisimmät komponentit ovat mittari ja keskitin. Tieto

siirretään mittarilta keskittimelle pienjännitesähköverkkoa pitkin, minkä jälkeen keskitin lähettää tiedon eteenpäin 3G/GPRS-yhteydellä Telventin tarjoamiin luennanhallinta- ja operointipalveluihin. Käsitelty tieto siirtyy Fortumin IT-järjestelmiin ja siitä eteenpäin aina ulkopuolisille sähkönmyyjille sekä asiakkaalle tarjottaviin nettipalveluihin (kuva 3). [10, s. 11.]



Kuva 3. Fortumin valitsema tiedonsiirtotekniikka [lähde 10, s. 11 mukailten]

2.3.1 Taajuuskaistajaot

Standardi SFS-EN 50065-1 koskee sähkölaitteita, jotka käyttävät 3 - 148,5 kHz:n taajuusalueita tiedonsiirtoon pienjänniteverkossa; joko yleisessä sähköverkossa tai rakennuksien sähköverkoissa. Standardi määrittelee eri sovelluksille varattavat taajuusalueet (taulukko 1) sekä raja-arvot johtuville häiriöille ja häiriösäteilylle. Taajuuskaistajaon tehtävänä on mahdollistaa eri sovellusten rinnakkaiselo ja estää häiriöt niiden kesken.

Taulukko 1. Taajuuskaistajaot 3 - 148,5 kHz:n taajuuksilla [11, s. 8]

taajuusalue	kaistatunnus	käyttäjärühmä
3 - 95 kHz	A-kaista	sähköverkkoyhtiöt
95 - 125 kHz	B-kaista	kotitaloudet
125 - 140 kHz	C-kaista	kotitaloudet
140 - 148,5 kHz	D-kaista	kotitaloudet

Standardin aiemmat luonnokset perustuivat olemassa oleviin teollisuuskäytäntöihin ja kansallisiin standardeihin, joissa taajuusalueista käytettiin termejä A-, B-, C- ja D-kaista. Nämä nimitykset ovat yhä käytössä teollisuudessa, vaikka standardeissa niitä ei enää käytetä.

Sähkömittareiden kommunikaatiosovellukset käyttävät 3 - 95 kHz:n taajuusaluetta eli vanhaa A-kaistaa, joka on tarkoitettu vain sovelluksiin, joissa valvotaan tai ohjataan pienjänniteverkkoa. Käytetyt kanta-aaltotaajuudet saattavat vaihdella laitevalmistajasta riippuen, mutta ne ovat sähkölaitoskäyttöön varattujen 3 - 95 kHz:n taajuuksien sisäpuolella. Echelon-mittarit käyttävät mittarin ja keskittimen välisessä tiedonsiirrossa ensisijaisesti 86 kHz:n ja toissijaisesti 75 kHz:n taajuutta.

Kommunikointi mittarin ja asiakkaan tiloihin asennettavan sähkönkulutusta näyttävän kotinäytön kanssa tapahtuu *C-band*- tai *ZigBee*-menetelmällä. *C-band*- eli kotiverkko-tiedonsiirto tapahtuu taajuusalueen 95 - 148.5 kHz:n eli C-kaistan sisäpuolella kodin sisäistä sähköverkkoa pitkin. *Zigbee*-tiedonsiirtotekniikka puolestaan tapahtuu lyhyen kantaman langattomalla verkkotekniikalla. [8, s. 2; 11, s. 6 - 8.]

2.3.2 PLC-tekniikan haasteet

Sähköverkkoa ei ole alun perin suunniteltu suurtaajuustiedonsiirtoon, jota käytetään PLC-tiedonsiirrossa. Tämä aiheuttaa mittareiden luentaongelmia sähköyhtiöille, jotka käyttävät sähköverkkoa tiedonsiirtokanavana. Sähköverkon suojaamattomat johtimet toimivat antennina vastaanottaen häiriösignaaleita, jotka häiritsevät PLC-tiedonsiirtoa. Myös sähköverkon PLC-signaalit lähettävät ympäristöön häiriötä, joka vaikuttaa ympäristössä olevien laitteiden toimintaan. Laitteistoja joiden on havaittu häiriintyneen mittariluennan PLC-signaalista, ovat esim.

- pistorasialitännäiset hipaisuhimmenninvalaisimet
- sähköverkon kautta toimiva lähiverkko
- omakotitalon lämmityksenohjausjärjestelmä
- liikennevalojen ohjaus
- verkkoyhtiön MELKO-järjestelmä. [8, s. 11.]

EMC (Electromagnetic Compatibility) eli sähkömagneettisella yhteensopivuus-standardilla on pyritty standardoimaan laitteiden häiriönsietoa ja niiden aiheuttamaa häiriötasoa. Kyse on siitä, miten laitteet toimivat toistensa läheisyydessä. Sähkömagneettiset häiriöt hidastavat PLC-signaalin siirtonopeutta ja pahimmillaan estävät sen käytön. EMC-standardi ei kuitenkaan koske alle 150 kHz:n taajuusalueita, joilla mittareiden kommunikaatiosovellukset toimivat. Kuluttajalaitteille ei tämän vuoksi ole

olemassa standardeja, jotka vaativat, että sähkölaitteet on testattava mittariluennan käyttämillä 3 - 95 kHz:n taajuuksilla. [9, s. 11; 12, s. 27.]

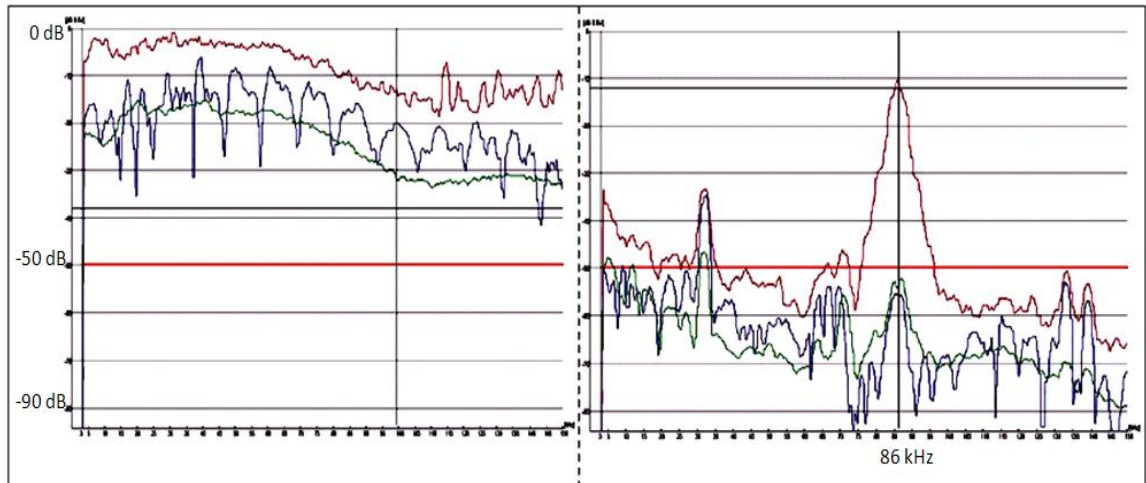
Tehoelektronikan määrän lisääntyminen sähköverkossa asettaa haasteita mittariluennalle. Tehoelektronikkalaitteiden sähköverkosta ottama virta ei ole sinimuotoista, mikä säröyttää verkkojännitettä ja -virtaa. Tästä aiheutuvat suuritaajuiset yliaallot osuvat PLC-tiedonsiirron kanssa samalle taajuusalueelle ja saattavat aiheuttaa hyötysignaalin peittymisen tai vääristymisen. Ongelmat lisääntyvät, kun laitteiden väliset etäisyydet ovat lyhyitä. Yleisimpiä yliaaltojen aiheuttajia ovat esimerkiksi tasa- ja vaihtosuuntaajakäytöt, hakkuriteholähteet ja kotitalouksissa yleistyneet energiansäästölamput. [13, s. 79.]

2.3.3 Mittareiden luentaongelmat Fortumilla

Fortumilla mittareiden luentaongelmia on esiintynyt vähän asennettuun mittarimäärään nähden. Kun noin 450 000 mittaria on asennettu, luentaongelmapauksia on esiintynyt noin 70 muuntopiirillä. Asiakkaan laitteistoista mittarinluentaongelmia ovat aiheuttaneet varsinkin kerrostalon ilmanvaihtoa ohjaavat taajuusmuuttajat ja huonolaatuiset tai rikkoutuneet hakkuriteholähteet.

Tulevaisuudessa mittarinluentaongelmat luultavasti kasvavat, kun mittareiden tuntuiluennan siirrytään lopullisesti. Tuntuiluennan haasteita ovat ehjien sähkönkulutustuntisarjojen saaminen mittareilta, sillä se edellyttää, että sähköverkon yleinen häiriötaso pysyy koko ajan alhaisena.

Esimerkitapauksena voidaan tarkastella Fortumin sähkönsiirtoalueella olevaa 287 käyttöpaikan muuntopiiriä, jossa ilmastointia ohjaava taajuusmuuttaja aiheutti suuren taustakohinan mittareiden käyttämillä 75 ja 86 kHz:n taajuuksien ympärillä. Tämän seurauksena keskitin ei pystynyt kommunikoimaan yhdenkään mittarin kanssa. Seuraavassa kuvassa (kuva 4, ks. seur. s.) nähdään frekvenssianalysaattorilla otetut kuvat häiriökohteen signaalitasoista 3 - 150 kHz:n taajuuksilla, kun taajuusmuuttaja on päällä ja pois päältä.



Kuva 4. Taajuusmuuttaja päällä (vas.) ja taajuusmuuttaja pois päältä (oik.) [lähdettä 14, s. 4 - 5 mukaillen]

Kuvassa sininen väri kuvaa signaalivoimakkuuden hetkellistä arvoa, punainen huippuarvoa ja vihreä väri keskiarvoa. Mitä lähempänä signaalivoimakkuuden arvot ovat 0 dB, sitä suurempi kohinataso on. Kuvassa musta vertikaalinen viiva kuvaa mittarin ensisijaisesti käyttämää 86 kHz:n taajuutta ja punainen horisontaalinen viiva signaalivoimakkuuden -50 dB:n rajaa. Lähtökohtana pidetään, että jos kohinatason huippuarvot ylittävät -50 dB, ei PLC-kommunikointia voida enää pitää luotettavana. Tämä tosin vaihtelee jonkin verran kohinan luonteesta riippuen ja mittareiden ja keskittimen suhteellisesta sijainnista.

Oleellinen asia PLC-kommunikoinnissa ei kuitenkaan ole signaalin voimakkuus vaan ns. *signal margin*. Sillä tarkoitetaan kohinatason yläpuolella olevan hyötysignaalin voimakkuutta, jonka pitäisi olla vähintään 9 dB, joka on välttävä taso kommunikoinnille. Normaalisti *signal margin* on yli 30 dB. Kuvasta nähtiin, kuinka yleinen kohinataso laskee, kun taajuusmuuttaja ei ollut päällä (kuva 4: oik.), jolloin mittarin ja keskittimen välinen kommunikointisignaali erottui hyvin. [14, s. 2.]

Luentaongelmatapauksissa Fortum tai asiakas asentaa häiriötä aiheuttavaan laitteeseen erillisen häiriösuodattimen. Tapauksissa, joissa häiriölähdettä ei saada paikannettua tai suodattimen asennuksella ei saada häiriötasoa riittävän alas, asennetaan muuntopiirille toinen keskitin. Keskitin asennetaan sähköliittymälle, jossa luentaongelmaiset mittarit sijaitsevat. Tämä lyhentää mittareiden ja keskittimen välisen tiedonsiirron välimatkaa, joka taas ehkäisee PLC-signaalin vaimenemisen häiriölähteen aiheuttamaan taustakohinaan.

2.4 Asennettava AMM-laitteisto

Käyttöpaikan sähköistyksestä riippuen Fortumin asentama AMM-mittari voi olla Echelonin 1-vaihe-, 3-vaihe- tai CT-mittari (kuva 5). CT-mittarissa mittaus tapahtuu epäsuorasti virtamuuntajien kautta, ja niitä käytetään mittauksen pääsulakekooltaan yli 63 A:n kohteissa. Asiakkaan sähkönsiirtotuote määrää, onko asennettava mittari kuormanohjausreleellinen vai ei. Kuormanohjausreleelliset mittarit asennetaan kohteisiin, joissa on käytössä yö- tai kausisiirto-ohjaukset. Mittareissa voi lisäksi olla *C-band*- tai *Zigbee*-lähetin.



Kuva 5. Echelonin 3- (vas.) ja 1-vaiheinen (oik.) sähkömittari

Uudet AMM-mittarit tarjoavat uusia käyttömahdollisuuksia niin kuluttajalle kuin sähköyhtiöllekin. Fortum-älyboksit mahdollistavat esim.

- sähkönkulutustietojen hakemisen etäteitse
- etäkatkot ja -kytkennät
- kaksisuuntaisen kommunikoinnin
- kuormanohjauksen
- sähkönlaadun tarkkailemisen
- kaksisuuntaisen mittauksen. [7, s. 15.]

Mittarin ominaisuuksien avulla kuluttajat pystyvät jatkossa seuraamaan sähkönkulutustaan reaaliaikaisesti. Tulevaisuudessa sähkönkäyttäjällä on mahdollisuus siirtää sähkönkäyttöään huippukulutusajoista, alemman kulutuksen ja halvemman sähkön ajankohtiin, sekä lisätä sähkön pientuotantoa yleiseen sähkönjakeluverkkoon. [2.]

Keskitin on erillinen tiedonsiirtolaite mittarin yhteydessä tai muualla muuntopiirissä (kuva 6). Jokaista jakelumuuntajaa kohden pitää olla yksi keskitin, koska mittarilta saatavaa tietoa ei pystytä siirtämään muuntamon läpi sähköverkosta toiseen.

Keskittimen päätehtävänä on toimia tiedonsiirtäjänä mittarin ja sähköyhtiön välillä. Keskitin seuraa mittareita ja tarkistaa, onko uutta tietoa saatavilla. Kun mittarilla on lähetettävää tietoa, se ilmoittaa siitä keskittimelle, ja mittarin rekisteröimä tieto noudetaan seuraavalla kyselyjaksolla. Tämä prosessi toistuu ja kaikkien mittareiden tiedot kerätään. Kommunikointi mittareiden kanssa tapahtuu kaikkien kolmen vaihejohtimen kautta, ja yksi keskitin voi hallita jopa 1 024 mittaria. Lisäksi keskitin valvoo ja kerää tietoa pienjänniteverkon kunnosta sekä turvallisuudesta, havaitsemalla pienjänniteverkossa tapahtuvat linja- ja laitehäiriöt. [15, s. 6 – 7; 16, s. 28.]

Keskittimeen asennettavat antennit ovat mallia LP900 tai VPD90 (kuva 6). LP900-sarjan antennit ovat yleisemmin käytettyjä, ympärisäteileviä antennejä. VPD90-antenni eli niin sanottu maitotölkki, on voimakkaasti suuntaava antenni. Se asennetaan, jos LP900-sarjan antennilla ei saada muodostettua tarpeeksi voimakasta signaalitasoa. [17, s. 36.]



Kuva 6. Keskitin (vas.) [18, s. 6], LP900- (kesk.) ja VPD90-sarjan antenni (oik.) [17, s. 36]

2.5 Keskitinasennukset

Ensisijaisesti keskitin asennetaan kaikkiin maamuuntamoihin eli puisto-, tiilikoppi- ja kiinteistömuuntamoihin (kuva 7: vas.). Pylväsmuuntamon syöttämällä muuntopiireillä keskittimet pyritään aina asentamaan mittarin alle ns. reppuasennuksena (kuva 7: oik.). Kaksi kolmasosaa noin 25 000 keskittimestä asennetaan reppuasennuksena helpon ja edullisen asennustavan vuoksi. Ennen keskittimen asennusta varmistetaan, että reppuasennuskohde täyttää seuraavat asennuspaikalle asetetut kriteerit:

- keskeinen sijainti sähköverkossa - hyvä kuuluvuus
- helppo huollettavuus - vapaankäynnin kohde
- ympärivuotinen sähkönkulutus - sähkölämmityskohde.



Kuva 7. Keskittimen maamuuntamo- (vas.) [19] ja reppuasennus (oik.) [17, s. 10]

Keskitin asennetaan pylväsmuuntamon yhteydessä olevaan maajakokaappiin, jos sitä ei voida asentaa asiakkaan tiloihin reppuasennuksena. Maajakokaapin puuttuessa keskitin asennetaan pylväsmuuntamon yhteyteen tai sen viereiselle pylväälle. Maajakokaappi- ja pylväsasennuksissa keskitin asennetaan muoviseen keskitin- eli Fibox-koteloon (kuva 8, ks. seur. s.). [20, s. 1 - 2.]



Kuva 8. Fibox-kotelo (vas.) ja keskittimen pylväs- (kesk.) sekä maajakokaappiasennus (oik.) [19]

2.6 Asennuslaadun tarkkaileminen

Oikean asennuspaikan lisäksi AMM-laitteiden varmaan ja pitkäikäiseen toimintaan vaikuttaa ratkaisevasti myös asennuslaatu. Mittarit ja keskittimet asennetaan tarkkaan laadittujen asennusohjeiden mukaisesti, jotka pohjautuvat sähköturvallisuuslain asetamiin määräyksiin. Älykkäät Sähkömittarit -hankkeessa asennuslaatua valvotaan aluekohtaisesti suoritettavilla asennustarkastuksilla. Niiden avulla kontrolloidaan, että asennuslaatu vastaa vaadittua tasoa. Asennustarkastusten tehtävänä on ennaltaehkäistä samojen asennusvirheiden toistumista muilla asennusalueilla. Telvent on veloitettu korjaamaan kaikki asennustarkastuksissa havaitut mekaaniset poikkeamat mittarinvaihtoalueen hyväksyntään mennessä.

Asennustarkastukset suoritetaan 5 %:lle alueen kaikista mittari- ja keskitinasennuksista alueen kenttätuen toimesta. Tarkastuskohteiksi pyritään valitsemaan erilaisia asennusratkaisuja. Valintakriteerit asennuskohteille ovat seuraavat:

- tarkastetaan eri asentajien tekemiä asennuksia
- tarkastetaan eri mittausratkaisuja
- tarkastetaan erilaisia asennuskohteita.

Myös Telvent on veloitettu tekemään omia asennustarkastuksia 0.25 %:lle jokaisen asentajan tekemistä asennuksista. Tehtyjen tarkastusten määrä toimii yhtenä

mittarinvaihtoalueen luovutuskriteereistä, joka tarkistetaan aina ennen kuin alue luovutetaan takaisin Fortumille. [5, s. 12.]

Asennustarkastuksissa havaitut virheet eli poikkeamat jaetaan poikkeaman vakavuuden perusteella kolmeen eri poikkeamatasoon, eli

1. 1-tason-henkilölle ja omaisuudelle vaaraa aiheuttaviin poikkeamiin
2. 2-tason-asennus- ja kytkentävirheeseen liittyviin poikkeamiin
3. 3-tason-raportointivirheeseen liittyviin poikkeamiin.

1-tason poikkeamia esiintyy harvoin, ja ne painottuivat ensimmäisten mittarinvaihtoalueiden asennuksiin. Tyypillisiä 1-tason poikkeamia ovat tapaukset, joissa mittariasentaja on jättänyt mittarille päätettävän vaihejohtimen kiristämättä (kuva 9: vas.) tai johtimissa on liikaa kuparipintaa näkyvillä, mitkä voivat keskukseen tai käyttäjään osuessaan aiheuttaa oikosulun-, valokaaren- tai sähköiskunvaaran.

2-tason poikkeamat ovat yleisiä, niitä tapahtuu jokaisella mittarinvaihtoalueella. Keskimäärin havaitusta poikkeamista kolmasosa on mekaanisia poikkeamia. Yleisiä 2-tason poikkeamia ovat esimerkiksi tapaukset, joissa mittarista puuttuu sinetti tai pääkytkintarra, mittausjohtimia näkyy mittarin kytkentäkannen alta (kuva 9: kesk.) tai keskittimen antennin asennus on puutteellinen (kuva 9: oik.).



Kuva 9. Asennustarkastuksissa havaittuja mekaanisia poikkeamia

3-tason poikkeamat ovat yleisimpiä poikkeamia, ja ne johtuvat mittariasentajan virheellisten tietojen raportoimisesta asennuskohteesta. Raportointipoikkeamat voivat liittyä mittauksen tai liittymän pääsulakekokoon, kohteen sisäänpääsytietoon tai mittarin sijaintiin. Seuraavassa kuvataan esimerkki raportointipoikkeamasta:

Mittariasentaja raportoi mittarinvaihdon yhteydessä mittauksen pääsulakekokoksi 3 x 25 A. Asennustarkastuksen yhteydessä huomataan mittauksen oikeaksi sulakekokoksi 3 x 35 A. Asennustarkastaja korjaa oikean sulakekokoon asennustarkastuspöytäkirjaansa.

Fortumin suorittamista asennustarkastuksista tehdään yhteenveto, joka katselmoidaan koulutus- ja oppimismielessä mittarinvaihtoalueen hyväksynnän yhteydessä. Asennusten laatua seurataan ja verrataan myös sähkönsiirto- ja mittarinvaihtoaluetasoilla. Jos asennustarkastuksissa havaittujen laatupoikkeamien osuus näyttää kasvavan, asiasta järjestetään kehityspalaveri, jossa syyt poikkeamiin selvitetään.

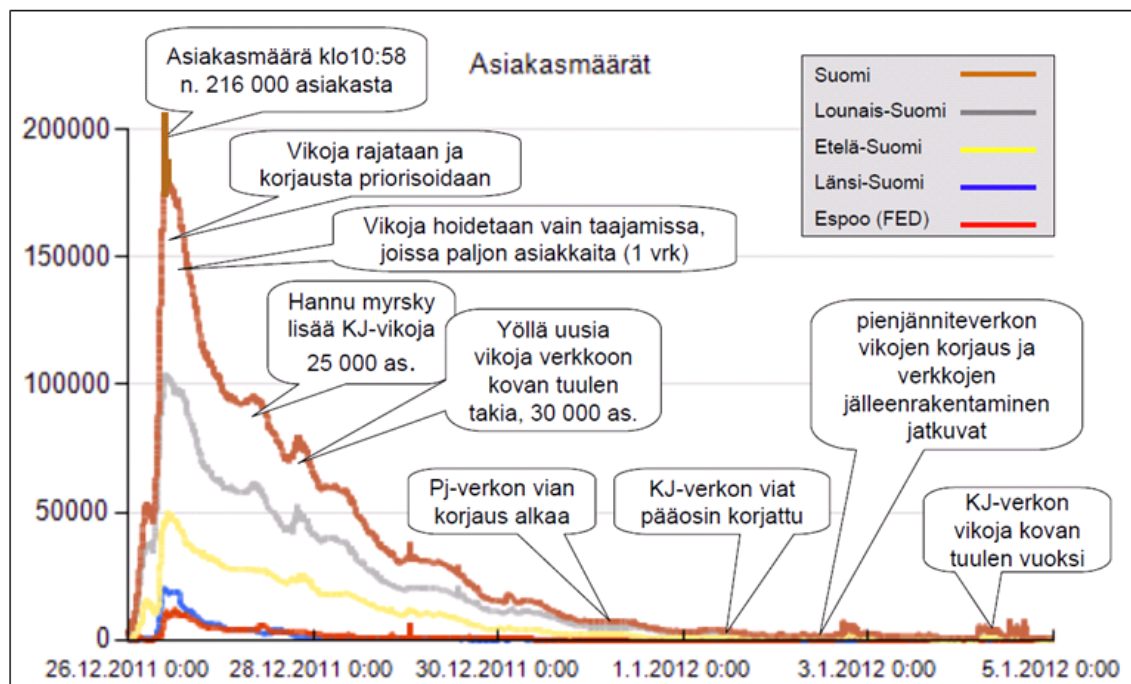
Asennustarkastusten lisäksi AMM-laitteiden asennuslaatua valvotaan sähköturvallisuuksäädösten vaatimilla määräaikaistarkastuksilla. Fortum tilaa määräaikaistarkastukset valtuutetulta tarkastuslaitokselta Inspectalta. Tarkastuksessa käydään läpi alueittain erilaisia mittari- ja keskitinasennusratkaisuja, joiden avulla varmistetaan sähkölaitteistojen kunto ja käytön turvallisuus. Alueen tarkastuksien pohjalta tarkastaja laatii tarkastusyhteenvedon, jossa käy ilmi tarkastuskohteissa havaitut puutteet. Syksyllä 2012 määräaikaistarkastuksissa havaittuja puutteita olivat esim.

- vanhat tariffinohjausjohtimet päättämättä liittimillä jakorasiassa
- mittarille päätettävät suojaeristetyt johtimet kosketeltavissa mittarin alapuolella
- keskittimen Fibox-kotelon sisällä vettä
- keskittimen varokekokomerkinnät puuttuvat
- Fibox-kotelon lämmitystä säätelevän termostaatin lämpötila 25 astetta liian lämmin. [21.]

3 Vikatilanteiden hallinnan parantaminen

Sähkönjakelun luotettavuuden ja toimitusvarmuuden arvostus on kasvanut voimakkaasti viime aikoina. Osaltaan tähän on vaikuttanut yhteiskunnan kehittyminen tekniseempään suuntaan, joka tekee sen yhä riippuvaisemmaksi varmasta sähkötoimituksesta. Erityisesti huomion sähkönjakelun luotettavuuteen ja toimitusvarmuuteen ovat kohdistaneet viime vuosina esiintyneet sääilmiöt, jotka ovat aiheuttaneet suurjännitehäiriöitä sähkönjakeluverkkoihin. [22, s. 11.]

Sähkönjakelun kannalta kriittisimpiä ovat laajat suurjännitehäiriötilat, joiden aikana sähköä voi olla jopa 100 000 - 500 000 asiakasta. Tällaisissa tapauksissa sähköverkot kokevat pahoja vaurioita ja vikojen korjaaminen voi kestää pitkiäkin aikoja. Esi-merkkinä voidaan pitää vuoden 2011 tapaninpäivän myrskyä. Voimakas myrsky aiheutti laajoja tuhoja Fortumin sähkönsiirtoalueilla Etelä-, Länsi-, ja Lounais-Suomessa. Pahimmillaan sähköä oli samanaikaisesti noin 200 000 asiakasta (kuva 10). Tapaus aiheutti laajaa keskustelua Fortumin sähkönsiirtoasiakkaiden keskuudessa ja eri medioissa sähkön toimitusvarmuuden tilasta Suomessa. [23, s. 3.]



Kuva 10. Vuoden 2011 tapaninpäivän myrskyn sähkökatkokset Fortumin sähköverkossa [23, s. 12]

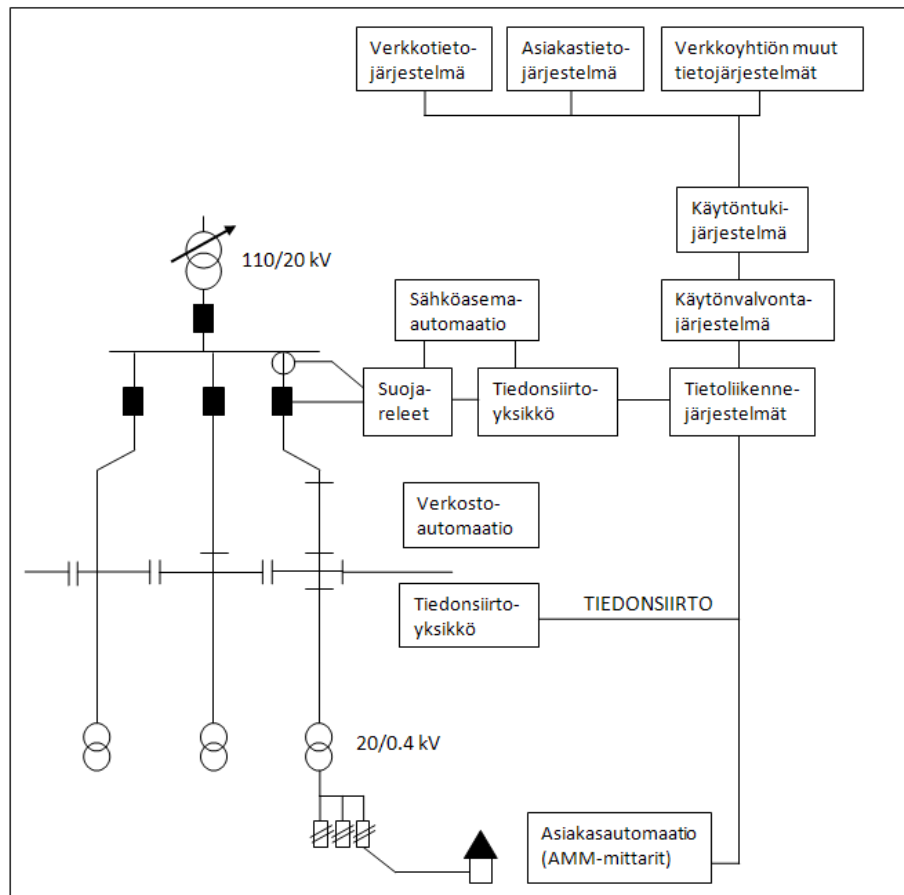
Vikatilanteiden aiheuttamia vahinkoja pystytään usein minimoimaan tehokkaalla vianrajauksella ja nopealla korjaustoiminnalla. Sähköverkon kärsiessä suuria vaurioita, vikojen korjaamista hankaloittaa kuitenkin työntekijöiden rajallinen määrä suhteessa vika- paikkojen lukumäärään. Siksi vikojen korjausjärjestystä joudutaan priorisoimaan.

Ensisijaisesti vikojen korjausjärjestys määräytyy sähköverkon jännitetasojen mukaan. Ensin korjataan suurjännite- ja keskijänniteverkko ja viimeisenä pienjänniteverkko. Korjausjärjestykseen vaikuttavat myös vikojen aiheuttama mahdollinen hengen tai omaisuuden vaara. Myös sähköyhtiön toiminnan ja yhteiskunnallisten toimintojen jatkuvuuden kannalta tärkeät kohteet pyritään korjaamaan pikaisesti. Kun tärkeimpiin kohteisiin on palautettu sähköt, aloitetaan vikojen korjaaminen periaatteella, jossa mahdollisimman moni asiakas saadaan kerralla sähkönsyötön piiriin. Viankorjauskohteet on priorisoitu Fortumissa seuraavasti:

- vaaralliset ja kriittiset kohteet:
 - oman toiminnan kannalta tärkeät kohteet esim. ohjauspisteet ja Virvetukiasemat
 - toiminnallisesti tärkeät kohteet esim. sairaalat, pumppaamot ja vesilaitokset
 - hengenvaaralliset tapaukset esim. nollavika tai linja maassa.
- kiireelliset kohteet:
 - kaupat, tuotannot ja toimistot
 - ympärivuotisesti asuttavat kohteet, joissa lämmityksen katkeaminen voi aiheuttaa vahinkoa. [24, s. 22 - 23.]

Noin 90 prosenttia sähkönkäyttäjien kokemista sähkökatkoksista aiheutuu keskijänniteverkon ja loput 10 prosenttia pienjänniteverkon keskeytyksistä. Suurin osa keskijänniteverkon keskeytyksistä on kuitenkin ohimeneviä vikoja, jotka saadaan selvitettyä pika- ja aikajälleenkytkennöillä. Yleisempiä pidempiaikaisten sähkökatkoksien aiheuttajia ovat keskijänniteilmajohtojen päälle kaatuneet puut. Näistä asiakkaille aiheutuvia sähköjakelun keskeytyksiä pystytään usein minimoimaan keskijänniteverkkoon sijoitettujen verkostoautomaatiolaitteiden avulla. Tunnetuin verkostoautomaatiolaitte on kauko- käyttöinen erotin, jonka avulla saadaan osa asiakkaista nopeasti takaisin sähkönsyötönpiiriin rajaamalla vika-alue mahdollisimman pienelle verkon osalle. [25, s. 79.]

Nykyään sähköverkon käyttötoiminnan toteuttamisessa hyödynnetään automaatiotoimintoja, jotka mahdollistavat verkon seurannan ja ohjauksen kauko-ohjatusti verkkoyhtiön valvomosta (kuva 11). Seuranta on kuitenkin painottunut sähköasema- ja keskijänniteverkkotasolle pienjänniteverkon sijaan. Pienjänniteverkossa tapahtuvien vikojen kokonaislukumäärä on kuitenkin huomattava, ja verkkoyhtiön näkökulmasta ne aiheuttavat sille myös huomattavia korjauskustannuksia. [25, s. 232.]



Kuva 11. Käyttötoiminnan apuvälineet ja sähkönjakeluautomaation eri osat [lähde 25, s. 233 mukailen]

Suurjännitehäiriön aikana vikoja on kuitenkin yleensä niin keskijännite- kuin pienjänniteverkossa. Pienjännitevikojen paikallistaminen on hankalampaa, jolloin sähkökatkot voivat venyä pitkiä. Toiminnallisesti tärkeimmistä kohteista saadaan tieto sähkökatkosta usein verkkoyhtiön käyttökeskukseen, jolloin vika pystytään korjaamaan mahdollisimman nopeasti. Tavallisen sähkönkuluttajan sähkökatkoksesta ei tieto lähde kuitenkaan automaattisesti eteenpäin, ja niistä ilmoittaminen jää lähinnä asiakkaan tehtäväksi. Tämä hankaloittaa sähkön palauttamista kohteissa, joissa ei ole ympärivuotista asutusta kuten kesämökeillä.

Tapaninpäivän myrskyn seurauksena työ- ja elinkeinoministeriö on aloittanut lainvalmistelutyön, jonka tarkoituksena on velvoittaa sähköverkkoyhtiöitä kehittämään verkkojaan paremmin suurhäiriöitä sietäväksi uusien asteittain tiukentuvien toimintavarmuusvelvoitteiden avulla. Myös asiakkaalle pitkittyvistä sähkökatkoksista maksettavia vakio-korvauksia korotettaisiin merkittävästi. Suunniteltu toimintavarmuuden taso edellyttää keskijännite- ja pienjännitejohtojen maakaapeloinnin merkittävää lisäämistä ja muita uusia rakenteellisia muutoksia sähköjakeluverkoissa.

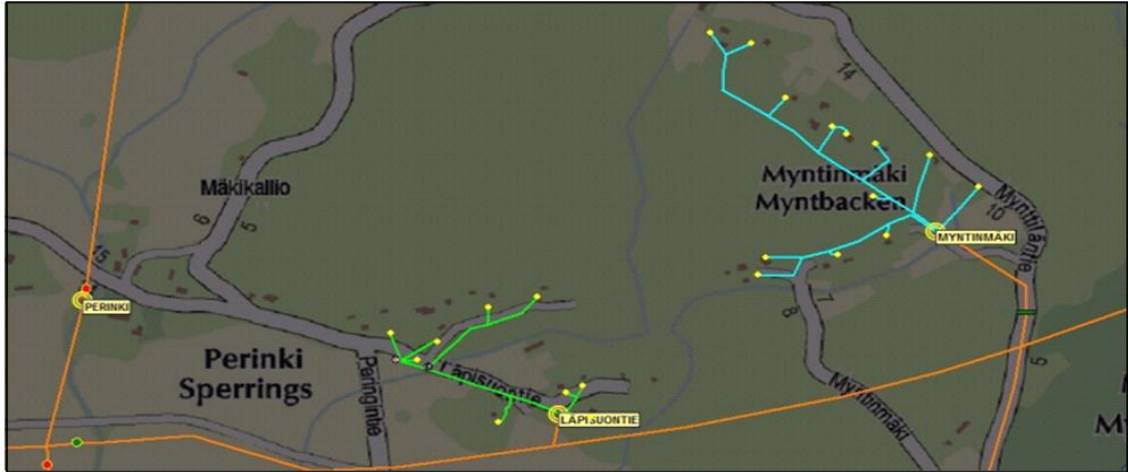
Meneillään olevien verkonkehittämishankkeiden avulla Fortum pyrkii parantamaan sähköjakelun toimintavarmuutta siirtämällä ilmajohtoja sijainniltaan säävarempiin paikkoihin, kuten teiden varsille ja maan alle, sekä lisäämällä verkostoautomaatiota sähkönsiirtoalueilla. Myös asiakasautomaatiolaitteet eli AMM-mittarit ovat suunniteltu otettavaksi käyttöön apuvälineinä vikatilanteiden hallinnan parantamisessa. [26.]

Fortumissa on meneillään AMM-DMS-integraatiohanke, jonka tarkoituksena on selvittää AMM-mittaritietojen hyödyntämismahdollisuuksia osana DMS:ää (Distribution Management System) eli käytöntukijärjestelmää. Nykyiset verkostojärjestelmät ovat suunniteltu pääasiassa keskijänniteverkon tarkkailuun jättäen pienjänniteverkon tarkastelun ulkopuolelle. Asennettavien AMM-mittareiden avulla voidaan jatkossa saada tieto pienjänniteverkon ajantasaisesta tilanteesta, mikä ennen oli mahdotonta. Integraation tavoitteena onkin saada pienjänniteverkko keskijänniteverkon tavoin reaaliaikaisen tarkastelun piiriin.

Käytöntukijärjestelmä on ohjelmistokokonaisuus, joka sisältää monipuolisia sovelluksia sähköverkon käyttötoiminnan päätöksenteon tueksi. Sen toiminta perustuu kommunikointiin muiden tieto- ja verkostojärjestelmien kuten käytönvalvonta-, verkkotieto- ja asiakastietojärjestelmien välillä (kuva 11, ks. s. 18). Järjestelmistä saatavan tiedon avulla käytöntukijärjestelmä tekee monipuolisia analyysi- ja päättelytoimintoja, jotka auttavat sähköverkon vikatilanteiden hallinnassa ja paikantamisessa sekä kytkentöjen suunnittelussa. [25, s. 236.]

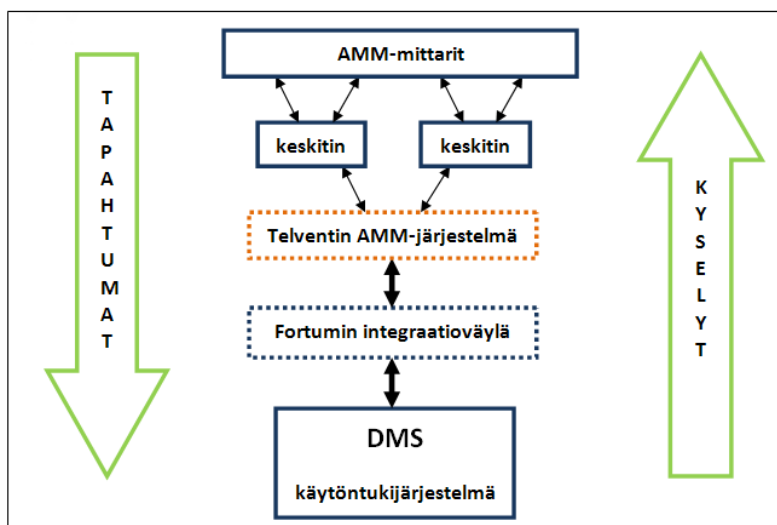
Käytöntukijärjestelmällä saadaan maantieteellisiin taustakarttoihin perustuva kuva alueelle sijoitetusta sähköverkosta. Järjestelmällä nähdään ajantasainen tilanne 110 kV:n sähköasemista ja niiden syöttämästä keskijänniteverkosta. Järjestelmään on sijoitettu myös jakelumuuntajien syöttämät pienjännitemuuntopiirit, niiden käyttöpaikat sekä kaapelointireitit rakenteineen. Seuraavan sivun kuvasta 12 nähdään yleiskuva

Fortumilla käytävästä ABB Oy:n tarjoamasta MicroSCADA Pro DMS600 -käyttötukijärjestelmästä. Oranssi väri kuvaa keskijänniteverkkoa ja sininen sekä vihreä väri pienjänniteverkkoa.



Kuva 12. Käyttötukijärjestelmästä otettu yleiskuva

Nykyään pienjänniteverkon tilan seuraaminen käyttötukijärjestelmällä perustuu keskijänniteverkon sekä operaattorin manuaalisesti tekemiin muutoksiin. Pienjänniteverkon todellista sähkönjakelutilannetta ei sen sijaan automaattisesti järjestelmään saada. Pienjänniteverkon ajantasaisen tilanteen ylläpitämisessä on jatkossa tarkoitus hyödyntää myös AMM-mittareilta saapuvia mittaritapahtumia ja niille lähetettäviä kyselyitä (kuva 13.)



Kuva 13. Järjestelmärajapinnat [lähde 8, s. 55 mukailen]

Uudet AMM-mittarit havaitsevat ja rekisteröivät tietoa pienjänniteverkon tapahtumista. Kiireellisiksi luokitellut mittaritapahtumat pyritään saamaan käytöntukijärjestelmään reaaliaikaisesti, tai ainakin muutaman minuutin sisällä rekisteröidystä tapahtumasta. Kiireettömät tapahtumat on tarkoitus tuoda käytöntukijärjestelmään kerran päivässä. Kiireelliseksi luokiteltuja mittaritapahtumia ovat esimerkiksi vaihekatkot ja *restoration check* -tapahtuman tuomat tulokset. *Restoration check* on tapahtuma, jossa keskitin tarkistaa mittareiden sähkökäyttötilat sen uudelleen käynnistymisen jälkeen. Uudelleen käynnistyminen tapahtuu esimerkiksi keskijännitevian korjauksen jälkeen, kun keskittimelle palautuu sähkö. *Restoration check* -tapahtuman avulla saadaan tieto keskijännitevian korjaamisen jälkeen alueella edelleen aktiivisena olevista pienjänniteverkon vioista. Mittaritapahtumilla ja -kyselyillä on saatavissa mm. seuraavat tiedot pienjänniteverkosta:

- saapuvat mittaritapahtumat:
 - pienjännitevaihekatkot
 - muuttunut vaihejärjestys tai energian suunta
 - ali- ja ylijännitteet
 - *restoration check*.
- lähetettävät mittarikyselyt:
 - mittarin tila
 - aktiiviset vaihekatkohälytykset
 - mittaustiedot: vaihevirrat ja -jännitteet, sekä teho ja -kerroin. [8, s. 55.]

Yksi AMM-DMS-integraatiohankkeen tavoitteista on saada käytöntukijärjestelmään tieto pienjänniteverkoissa esiintyvistä nollavioista. Nollavika-tilanteissa sähkölaitteiden kuoret voivat tulla jännitteisiksi sekä laitteistoissa esiintyä yli- ja alijännitteitä. Tämä aiheuttaa vakavia vaaratilanteita asiakkaille ja mahdollisia laiterikkoja. Luotettava toiminnallisuus nollavikojen havaitsemiseksi AMM-mittareilta vaatii kuitenkin vielä kehitystyötä, eikä se siksi ole mukana tämänhetkisen selvitystyön laajuudessa.

Mittaritapahtumien avulla pienjänniteverkon vikatilanteet saadaan välittömästi verkko-yhtiön tietoon, eikä asentajan käyntiä tai puhelinsoittoja asiakkaille tarvita niiden paikallistamiseen. Havaittuja vika-alueita voidaan tarvittaessa tarkentaa mittareille lähetettävillä kyselyillä, joiden avulla saadaan rajattua tarkasti keskeytyksen piiriin kuuluvat

asiakkaat. Lisäksi asiakkaan energiankulutuksen ja sähkönlaadun seurannan myötä vikatapahtumasta saadaan jatkossa alustava tieto siitä, onko mahdollinen vika asiakkaan omissa sulakkeissa vai verkkoyhtiön sähkönlaadussa.

AMM-järjestelmän yhdistäminen osaksi käytöntukijärjestelmää on kuitenkin varsin uutta, eikä kokemusta järjestelmien välisestä integroinnista ole paljon. Tiedonsaanti mittareilta sisältää monta eri vaihetta järjestelmätoimittajien ja AMM-laitteiden välillä, mikä osaltaan vaikeuttaa integroinnin toteutusta. Muita alkuvaiheen haasteita AMM-DMS-integraatiossa ovat

- sähköverkon tiedonsiirtohäiriöt, jotka voivat estää tärkeiden tapahtumien kulun mittareilta järjestelmiin
- hyödyllisen tiedon ja toiminnallisuuksien valitseminen
- tiedon tuominen inhimillisessä ajassa mittareilta käytöntukijärjestelmään.

Ennen kun AMM-järjestelmä voidaan ottaa lopullisesti osaksi käytöntukijärjestelmää, tiedonsaanti mittareilta pitää olla luotettavalla tasolla. Tärkeintä on, että sähköverkon toiminnasta vastaavilla henkilöillä on käytössään luotettava verkonhallintatyökalu, jonka antaman tiedon paikkansapitävyyttä ei jouduta kyseenalaistamaan. [27.]

4 Säävarmat keskitinasennukset

Nykyinen Fortumin AMM-laitteista koostuva älyverkko on ennen kaikkea rakennettu vastaamaan luennanhallinnan tarpeita. Tärkeimpänä tavoitteena on ollut luoda toimiva menetelmä sähkönkulutustietojen hankkimiseen AMM-mittarilta Fortumin IT-järjestelmiin. AMM-laitteiston käyttöönotto osaksi Fortumin verkonhallintajärjestelmiä osana vikatilanteiden hallintaa, on kuitenkin edellyttänyt tiettyjä muutoksia keskittimien asennuspaikkoihin.

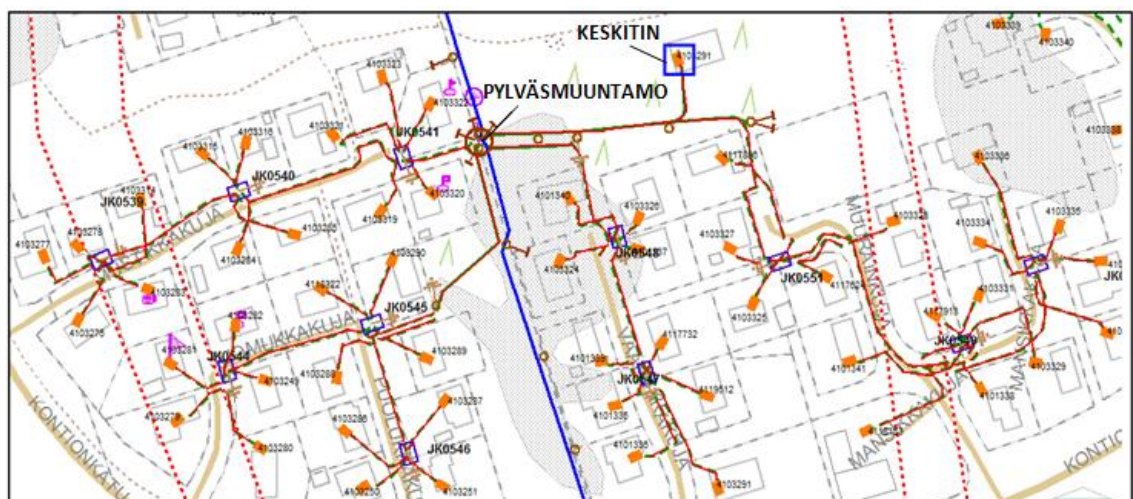
4.1 Asennuspaikan vaikutus AMM-verkoston toimivuuteen

Keskittimen asennuspaikalla on suuri vaikutus IT-järjestelmien ja AMM-laitteiston välisen tiedonsiirron toimivuuteen. PLC-tiedonsiirto perustuu keskittimien ja mittareiden katkeamattomaan galvaaniseen yhteyteen. Lisäksi PLC-tiedonsiirtotekniikassa kaikki

mittaustieto mittareiden ja sähköyhtiön välillä kulkee keskittimen kautta, mikä tekee AMM-verkoston riippuvaiseksi keskittimen katkeamattomasta toiminnasta.

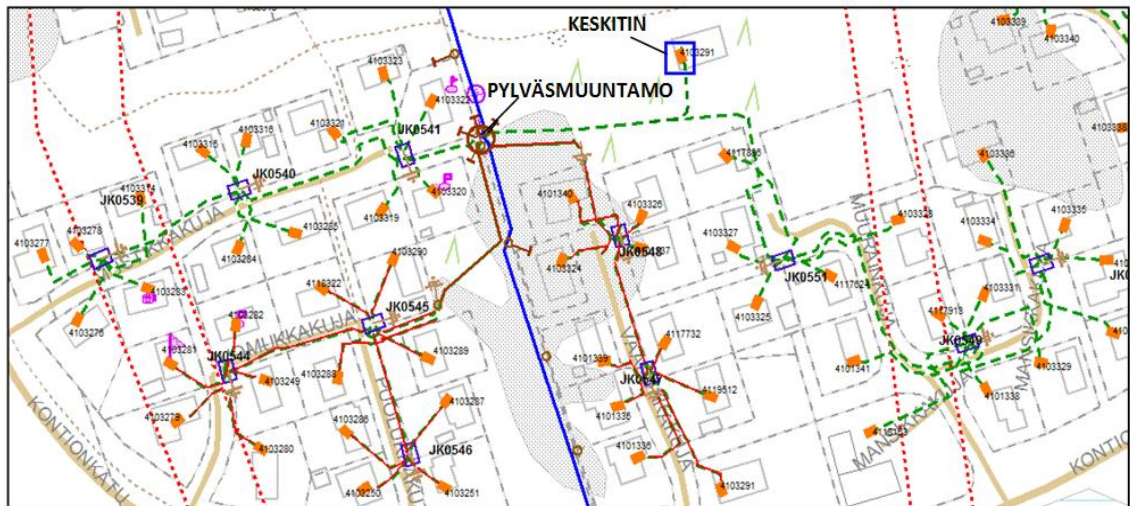
Seuraavissa kuvissa (kuvat 14 ja 15) kuvataan kaksi erilaista tilannetta keskittimen toiminnasta. Kuvien muuntopiirit koostuvat pylväsmuuntamosta ja sen syöttämistä ilma-johto- ja maakaapelilähdöistä. Keskitin on asennettu niissä reppuasennuksena samalle käyttöpaikalle. Pylväsmuuntamosta lähtevät punaiset ja vihreät viivat kuvaavat muuntamon pienjännitelähtöjä ja sininen viiva pylväsmuuntamo syöttävää keskijänniteverkkoa. Oranssit suorakulmiot puolestaan kuvaavat muuntopiirin käyttöpaikkoja. Ero kuvien esimerkkitalanteiden välillä on muuntamon ja reppuasennuskohteen välinen kaapelirakenne.

Ensimmäisessä kuvassa keskitin on asennettu käyttöpaikalle, joka sijaitsee puiden ympäröimän ilmajohtolähdön takana. Myrskyn aikana puiden kaatumiset aiheuttavat vikatilanteita kaikkiin muuntopiiriin ilmajohtolähtöihin, minkä seurauksena lähtöjä suojaavat varokkeet laukeavat muuntamolta. Sähkönsyöttö katkeaa automaattisesti kaikilta näiden lähtöjen piirin kuuluilta asiakkailta, koska viat esiintyvät pylväsmuuntamon ja sen lähimpien maajakokaappien välillä. Etäteitse muuntopiiri nähdään kuvan 14 mukaisella tavalla, jossa punainen väri kuvaa sähköverkon osaa, jonne sähkönjakelu on keskeytynyt. Kuvan perusteella kaikilta muuntamon lähdöiltä olisivat sähköt poikki, joten tilanne näyttäytyy todellista vikatilannetta pahempana. Etäteitse ei voida havaita todellista vika-aluetta, koska yhteys keskittimen ja IT-järjestelmien välillä on katkennut.



Kuva 14. Keskitin asennettu ilmajohtolähdön taakse

Kuvassa 15 keskitin on asennettu muuntopiirillä samalle käyttöpaikalle kuin aiemmassa tapauksessa. Keskitintä syöttävä lähtö on kuitenkin koko matkan muuntamolta lähdön viimeiseen liityntäpisteeseen asti maakaapelia (vihreä katkoviiva). Kuvasta 14 poiketen puiden kaatumiset eivät vaikuta keskitintä syöttävän lähdön takana olevien käyttöpaikkojen sähkönjakeluun ja siten keskittimen toimintaan. Keskittimen säilyessä sähkönjakelun piirissä, nähdään muuntopiiri etäteitse kuvan 15 osoittamalla tavalla, joka vastaa todellista vikatilannetta.



Kuva 15. Keskitin asennettu maakaapelilähdön taakse

4.2 Säävarmojen keskitinasennusten käyttöönotto

Säävarmalla keskitinasennuksella tarkoitetaan asennustapaa, jossa alueen ympäristön puut tai muu kasvusto eivät voi vaikuttaa keskittimen katkeamattomaan toimintaan. Käytännössä keskittimen pitää toimia aina, kun pienjänniteverkkoa syöttävä jakelumuuntamo saa sähköt keskijänniteverkosta.

Keskittimien säävarmuutta pohdittiin jo ennen Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeen alkua. Suunnitelmana oli, että jokainen pylväsmuuntamomuuntopiiri olisi saatu säävarman asennuksen piiriin, asentamalla keskitin Fibox-asennuksena pylväsmuuntamon yhteyteen. Suunnitelmasta kuitenkin luovuttiin korkeiden asennuskustannusten takia. Lisäksi suuri osa pylväsmuuntamoista korvataan joka tapauksessa tulevaisuudessa maamuuntamoilla, minkä yhteydessä pylväälle asennetut keskitimet siirretään sisälle maamuuntamoihin. Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeen aikana esiintyneiden Hannu- ja Tapani-

myrskyjen myötä, keskitimien säävarmuus nousi kuitenkin uudelleen esiin keskitinasennusten suunnittelussa. Fortum toteuttikin keskitinasennukset säävarmoina niillä mittarinvaihtoalueilla, joissa keskitinasennuksia ei vielä ollut aloitettu.

Kustannustehokkuussyistä säävarmoja keskitinasennuksia ei otettu käyttöön mittarinvaihtoalueiden jokaisella muuntopiirillä, vaan muuntopiirin piti täyttää säävarmalle keskitinasennukselle asetetut kriteerit uuden asennustavan käyttöönottamiseksi. Säävarmat keskitinasennukset päädyttiin ottamaan käyttöön vain pylväsmuuntamomuuntopiireillä, koska maamuuntamoihin asennetut keskittimet ovat jo säävarmoja. Toinen keskeinen valintakriteeri oli muuntopiirin sisältämien käyttöpaikkojen lukumäärä, sillä sähköverkon vikatilanteessa halutaan tieto mahdollisimman monen käyttöpaikan tilasta. Säävarmoista keskitinasennuksista saatavia hyötyjä ja niiden aiheuttamia kustannuksia vertailemalla, sopivaksi muuntopiirikooksi muodostui 20 ja sitä suurempien käyttöpaikkojen muuntopiirit.

Suurin säävarmoiniin keskitinasennuksiin siirtymisen aiheuttama muutos oli sopivien reppuasennuskohteiden vähentyminen, ja sitä seurannut pylväsasennusmäärien lisääntyminen. Lisäksi säävarmojen asennustapojen käyttöönottovaiheessa huomattiin, että pelkkä pylväsasennus ei aina saa aikaan säävarmaa lopputulosta. Tämä johtuu siitä, että pylväsasennuksissa keskittimen sähkönsyöttö otetaan kuluttajan puolelta pylväsvarokekytkimestä. Jos kyseisessä pienjännitelähdössä tapahtuu oikosulku, esimerkiksi puun kaatuessa linjalle, katkeavat sähköt automaattisesti myös keskittimeltä. Siksi keskitintä syöttävän lähdön pitää olla puuvarma tai puhdas maakaapelilähtö.

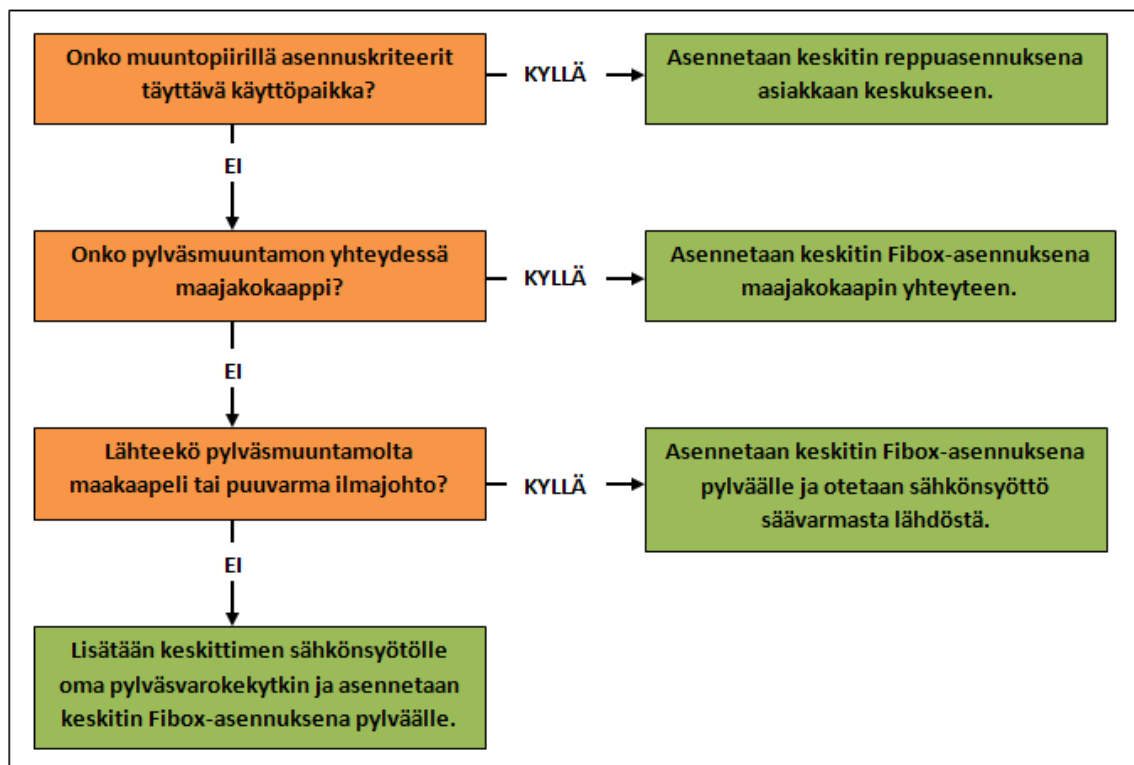
Säävarmuuden saavuttamiseksi yhä useammin keskittimelle joudutaan asentamaan oma pylväsvarokeytkin, sillä useilta pylväsmuuntamoilta ei lähde maakaapeli- tai puuvarmoja ilmajohtolähtöjä. Keskittimelle asennettavan pylväsvarokekytkimen sähkönsyöttö otetaan pylväsvarokekytkimen muuntamon puolelta valmiina olevasta pienjännitelähdöstä. Näin pienjänniteverkon viat eivät vaikuta keskittimen toimintaan (ks. liite 1).

4.3 Optimaalisimman asennuspaikan löytäminen

Kattavalla asennuspaikkasuunnittelulla on mahdollista helpottaa asentajien työtä kentällä, kun heille annetaan etukäteen asennuspaikkavaihtoehdot keskittimen asennukselle. Etäteitse rajataan nopeasti sopivimmat asennuskohteet tieto- ja

verkostojärjestelmien avulla, mikä on huomattavasti vaivattomampaa kuin kartoittaa eri asennuspaikkoja kohde kohteelta kentällä. Ennen säävarmojen keskitinasennusten käyttöönottoa kaikkien keskitimien asennuspaikkojen suunnittelusta vastasi Telvent. Uusiin asennustapoihin siirryttäessä Fortumin AMM-teamin Support Office sai tehtävän suunnitella keskitinasennukset niille muuntopiireille, joilla säävarmaa asennustapaa tulisi käyttää.

Keskittimen asennuspaikan suunnittelija antaa mahdollisuuksien mukaan reppuasennuskohteille yhdestä kolmeen asennuspaikkavaihtoehtoa, jos keskittimen asennus ensimmäiseen kohteeseen ei jostain syystä onnistuisi. Yleisimmät syyt asiakkaan tiloihin tehtävien keskitinasennuksien keskeytyksille ovat tilan puute sähkökeskuksessa tai asiakkaan kieltäytyminen keskittimen asennuksesta. Keskitin suunnitellaan asennettavaksi ensisijaisesti maajakokaappiin tai pylväälle, kun sopivia reppuasennuskohteita ei muuntopiirillä ole. Näissä tapauksissa muita asennuspaikkavaihtoehtoja ei anneta. Jos keskittimen asennus keskeytyy esimerkiksi maajakokaapissa olevan tilan puutteen vuoksi, etsii kenttähenkilökunta esitarkastusvaiheessa keskittimelle vaihtoehtoisen asennuspaikan. Kuvassa 16 kuvataan keskittimen säävarman asennuspaikan valintaprosessi.



Kuva 16. Keskittimen säävarman asennuspaikan valintaprosessi

Asennuspaikan suunnittelija tekee alustavat asennussuunnitelmat tutustumatta asennuskohteisiin paikan päällä. Optimaalisimman asennuskohteen etsimisessä käytetään apuna tieto- ja verkostojärjestelmiä sekä ilmaisohjelmia. Tämä edellyttää, että saatavilla on kattavat tiedot alueen verkostoasennuksista sekä asiakastiedoista. Saataviin tietoihin pitää kuitenkin suhtautua kriittisesti, koska esimerkiksi ilmaisohjelmien karttakuvia ei päivitetä riittävän usein.

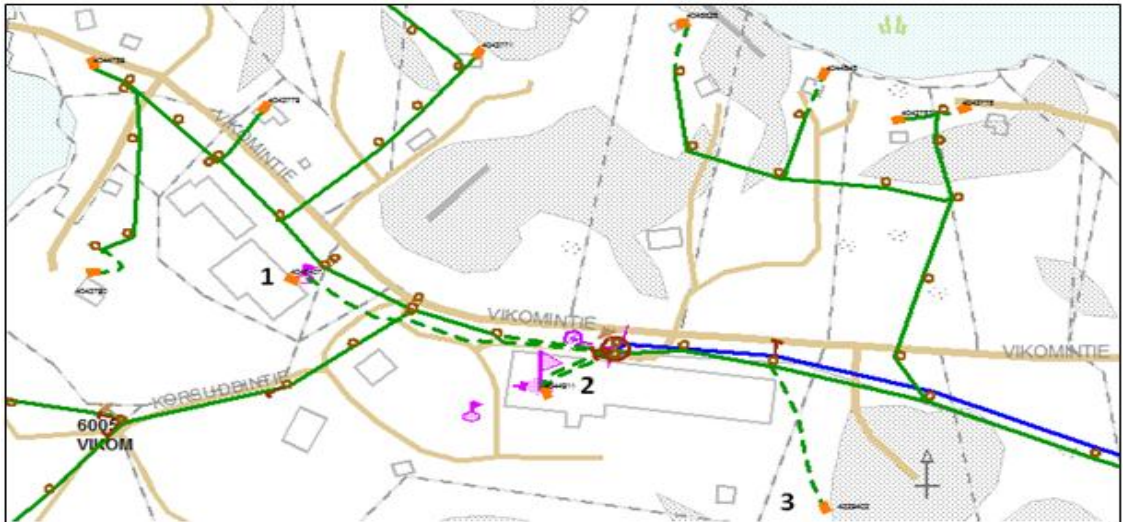
PowerGrid Web (PG Web) -verkosto-ohjelma tarjoaa karttapohjaisen kuvan tarkasteltavasta alueesta. Ohjelmasta nähdään alueiden sähköverkko ja verkon komponentit tunnuksineen. Säävarman asennuspaikan valintaa varten ohjelmalla haetaan tiedot pylväsmuuntamon ja käyttöpaikkojen välisistä kaapelointiratkaisuista, sekä muuntamolta lähtevien pienjännitelähtöjen lähdönnumerot ja -sulakekoot.

Valittujen kohteiden tiedot käydään yksitellen läpi Forum-asiakastietojärjestelmän avulla sopivan keskittimen asennuspaikan löytämiseksi, kun verkosto-ohjelmalla on tehty tarpeelliset rajaukset käyttöpaikkojen suhteen. Asiakastietojärjestelmällä haetaan tietoa esimerkiksi asiakkaan sähkökeskuksen sijainnista ja sisäänpääsystä sekä kohteen sähkönsiirtotuotteesta.

Joskus asennuspaikasta haetaan lisätietoja ilmaiskarttapalvelu Google Mapsilla. Google Mapsilla saadaan alueen ympäristöstä satelliittikarttakuva, josta voidaan tarkistaa esimerkiksi, onko alueella puustoa vai ei. Google Mapsin Street view -palvelulla on mahdollista saada vielä yksityiskohtaisempaa tietoa alueesta, mutta palvelun kuvat voivat olla jo joitakin vuosia vanhoja.

Esimerkki säävarman asennuskohteen valinnasta

Esimerkki säävarman asennuskohteen valinnasta tehdään PG Web -verkosto-ohjelmaa, Forum-asiakastietojärjestelmää sekä Google Mapsia apuna käyttäen. Seuraavassa kuvassa (kuva 17, ks. seur. s.) näkyy Lounais-Suomen mittarinvaihtoalueen 37 käyttöpaikan pylväsmuuntamomuuntopiiri. Ennen säävarmoinhin keskitinasennuksiin siirtymistä, asennuspaikaksi voitiin valita esimerkiksi kaikki kuvaan numeroidut käyttöpaikat yhdestä kolmeen. Usein keskittimen asennusta asiakkaan tiloihin rajoitti vain kohteeseen sisäänpääsy.



Kuva 17. Muokattu PG Web -kuva tarkasteltavasta alueesta

Säävarmoissa keskitinasennuksissa käyttöpaikkaa numero kolmea ei lähtökohtaisesti pidettäisi vaihtoehtona asennuskohteeksi, koska se sijaitsee maa- (katkoviiva) ja ilmajohtoverkon (yhtenäinen viiva) eli niin sanotun sekaverkon takana. Poikkeuksena ovat tilanteet, joissa ilmajohto on alueella, missä sen ympärillä ei ole puita, jotka voisivat ilmajohtoon päälle kaatuessaan aiheuttaa häiriön keskittimen toiminnassa. Google Mapsin karttapalvelulla varmistetaan käyttöpaikka numero kolmea syöttävän ilmajohtoon ympärillä oleva kasvusto, jolloin huomataan, että ilmajohto kulkee puiden ympäröimällä alueella (kuva 18).

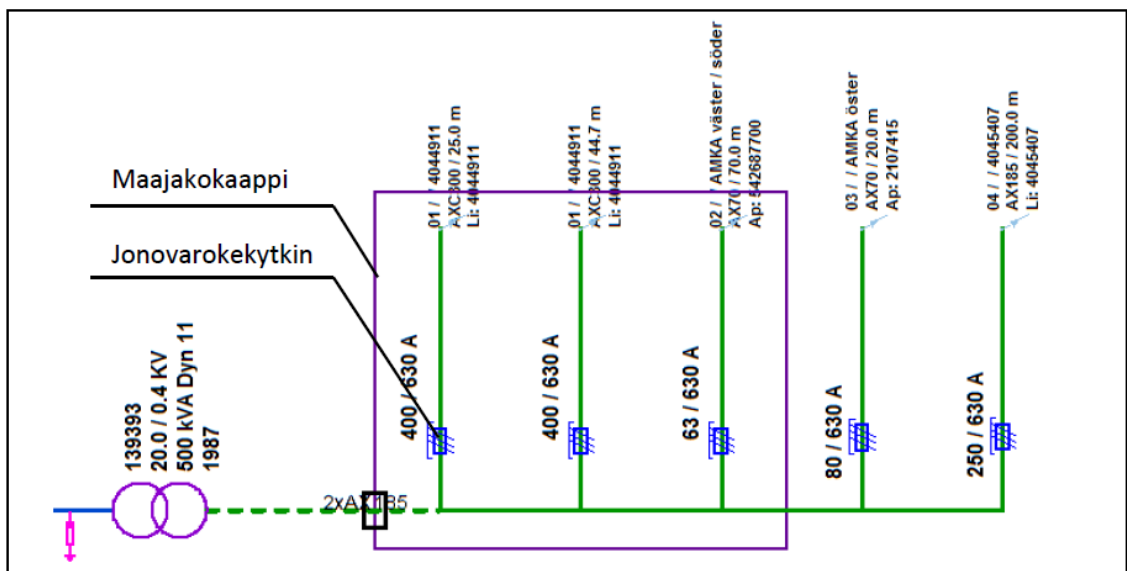


Kuva 18. Google Maps -kuva tarkasteltavasta alueesta

Kaapelointiratkaisujen perusteella kolmesta asennuspaikkavaihtoehdosta valittaisiin käyttöpaikat numerot yksi ja kaksi, jotka sijaitsevat puhtaan maakaapelilähdön takana. Molempien kohteiden sisäänpääsy tietoja tarkasteltaessa huomataan asiakastietojärjestelmässä sisäänpääsy tietojen kohdalla lukevan *Asiakas*, jolloin Fortumilla ei ole sisäänpääsyä kohteeseen.

Kun sopivia reppuasennuskohteita ei muuntopiirillä ole, selvitetään, onko pylväsmuuntamon yhteydessä maajakokaappi. Pylväsmuuntamon yhteydessä olevaa maajakokaappia ei aina ole dokumentoitu muuntamotietoihin, ja joskus esitetyt tiedot voivat poiketa todellisesta tilanteesta. PG Webissä pylväsmuuntamon yhteydessä olevaa maajakokaappia kuvataan usein violetilla suorakulmiolla (kuva 19). On kuitenkin ilmenyt tapauksia, joissa muuntamon piirikaaviossa on ollut kyseinen merkintä, vaikka maajakokaappia ei pylväsmuuntamon yhteydessä ole ollut. Siksi pelkästään tämän merkinnän varaan ei maajakokaapin sijaintia voida laskea.

Maajakokaapin olemassaolo saadaankin parhaiten selville tarkastamalla muuntamon pienjännitelähtöjen sulaketyypit. Sulaketiedon kohdalla voi lukea *Jonovarokeytkin* tai *Pylväsvarokeytkin*. Jos pylväsmuuntamon yhteydessä on maajakokaappi, lukee sulaketiedon kohdalla jonovarokeytkin, kuten esimerkkinä tarkasteltavassa tapauksessa. Kerättyjen tietojen pohjalta keskittimen ensisijaiseksi asennuspaikaksi valitaan pylväsmuuntamon yhteydessä oleva maajakokaappi.



Kuva 19. Muokattu PG Web -kuva muuntamon piirikaaviosta

4.4 Kentältä käsin saatavat tiedot asennuskohteesta

Usein keskittimen asennuspaikan lopullinen valinta tehdään kenttäkäyntien jälkeen, jolloin asennuskohteesta ja sen ympäristöstä on saatu todellinen kuva. Älykkäät Sähkömittarit -hankkeen aikana kenttäkäynneistä huolehtii alueen kenttätuki, joka suorittaa esitarkastuksen kaikille maamuuntamoille sekä niille maajakokaapeille ja pylväsmuuntamoille, joilla säävarmoja keskitinasennuksia käytetään.

Esitarkastuksilla parannetaan alueen keskitinasennussuunnittelua ja vähennetään keskitinasennuksiin liittyviä keskeytyksiä [28, s. 2]. Esitarkastuksen rooli korostuu varsinkin tiukkoihin aikatauluihin sidottujen asennusten yhteydessä, jolloin tietty määrä keskittimiä pitää olla asennettu tietyssä ajassa. Keskitinasennussuunnittelun kannalta on tärkeää, että esitarkastuksien aikana kirjataan oleelliset keskittimen asennuspaikan valintaan vaikuttavat tiedot asennuskohteesta esitarkastuspöytäkirjaan (ks. liite 3). Kentältä saatavia oleellisia tietoja ovat esimerkiksi keskittimen sähkönsyöttö-, PEN-johtimen saatavuus- ja signaalin voimakkuustiedot, joita ei saada selville Fortumilla käytettävistä tieto- ja verkostojärjestelmistä.

4.4.1 Keskittimen sähkönsyötön varmistaminen

Keskittimen sähkönsyöttö voidaan ottaa rinnansyöttönä jo varatusta lähdöstä, kun vapaita lähtöjä ja tilaa uuden jonovarokeen lisäykselle ei ole. Rinnansyöttö ei kuitenkaan aina onnistu lähdön varokekeeseen takia, koska keskittimen sähkönsyöttöä ei voida ottaa yli 125 A:n varokkeista keskitinkotelon liittymäjohdon oikosulkusuojauksen takia. Lisäksi säävarmuuden saavuttamiseksi asetettujen rajoitusten myötä on varmistettava, että käytettävä lähtö on säävarma maajakokaapilta seuraavaan liityntäpisteeseen.

4.4.2 Pylväsmuuntamon PEN-johtimen saatavuus

Pylväsmuuntamon PEN-johdin pitää olla tuotu muuntamon kannelta pylväeseen merkitylle alemmalle keltaiselle merkille, jotta keskittimen asennus voidaan suorittaa kyseisellä asennuskerralla (kuva 20, ks. seur. s.). Keltainen merkki toimii jännitetyön ylärajana muuntamon ollessa jännitteisenä. Kaikilla pylväsmuuntamoilla PEN-johdinta ei ole tuotu keltaiselle merkille asti, jolloin muuntamolle tilataan käyttökeskukselta katko johtimen hakemiseksi muuntamon kannelta. KytKentätarve ilmoitetaan käyttökeskukselle

vähintään kuusi työpäivää ennen työn alkua, kun työstä aiheutuu keskeytys sähkökäyttäjille. Näin ollen tapaukset on otettava huomioon aikataulua suunniteltaessa, vaikka ne ovat harvinaisia.



Kuva 20. PEN-johdin tuotuna alemmalle keltaisella merkille [19]

4.4.3 Signaalin voimakkuus

Myös asennuspaikalla mitattu keskittimen ja puhelinoperaattorin välinen heikko 3G/GPRS-signaalitaso voi aiheuttaa haasteita keskittimen asennukselle. Keskittimen toimintaa voidaan verrata esimerkiksi matkapuhelimeen, joka vaatii toimiakseen kuuluvuutta. Keskittimien kuuluvuusongelmat lisääntyvät siirryttäessä kaupungeista haja-asutusalueille tai puhelinoperaattorin verkkoalueelta toiselle. Kuuluvuusongelmia voi esiintyä myös kaupungeissa, kuten kiinteistömuuntamoiden kellarikerroksissa. Ensimmäisiksi heikkoa signaalitasoa parannetaan vaihtamalla keskittimen antennimallia ympärisäteilevästä LP900-sarjan antennista, voimakkaasti suuntaavaan VPD90-antenniin. Keskitin suunnitellaan asennettavaksi toiseen paikkaan, jos antennin vaihdolla ei saada aikaan tarvittavia parannuksia.

Kuuluvuuden osalta säävarmojen keskitinasennusten yhteydessä ongelmia voivat aiheuttaa myös keskittimen asennuspaikalle asetetut tarkat kriteerit, jotka voivat rajoittaa sopivien asennuspaikkojen löytymistä muualta muuntopiiristä. Yksi ratkaisu kuuluvuuden parantamiseksi on puhelinoperaattorin vaihtaminen. Ratkaisuvaihtoehdon ongelmana kuitenkin on, että palveluntoimittajalla on yleensä sopimus tietyn puhelinoperaattorin kanssa.

5 Keskitinsiirrot

Aiemmin asennettuja keskittimiä siirretään pääasiassa vain verkostomuutos- ja asiakaslähtöisistä syistä. Keskittimien siirtolaukset tekee joko Fortumin linjaorganisaation Verkonrakennus- tai Verkkopalveluyksikkö riippuen siirron aiheuttamasta syystä. Telventille on kuitenkin tehtävä ilmoitus jokaisesta muuntopiirin keskitinmuutoksesta, jotta se pystyy päivittämään muuttuneiden mittareiden ja keskittimien väliset tiedonsiirtoyhteydet AMM-laitteiden hallinta- ja operointijärjestelmä Titaniumiin. Vaikka Titanium pystyy automaattisesti tunnistamaan muuntopiirille asennetun uuden keskittimen, on Telventille lähetettävien ilmoitusten tehtävänä myös nopeuttaa järjestelmän topologiamuutosten päivittymistä.

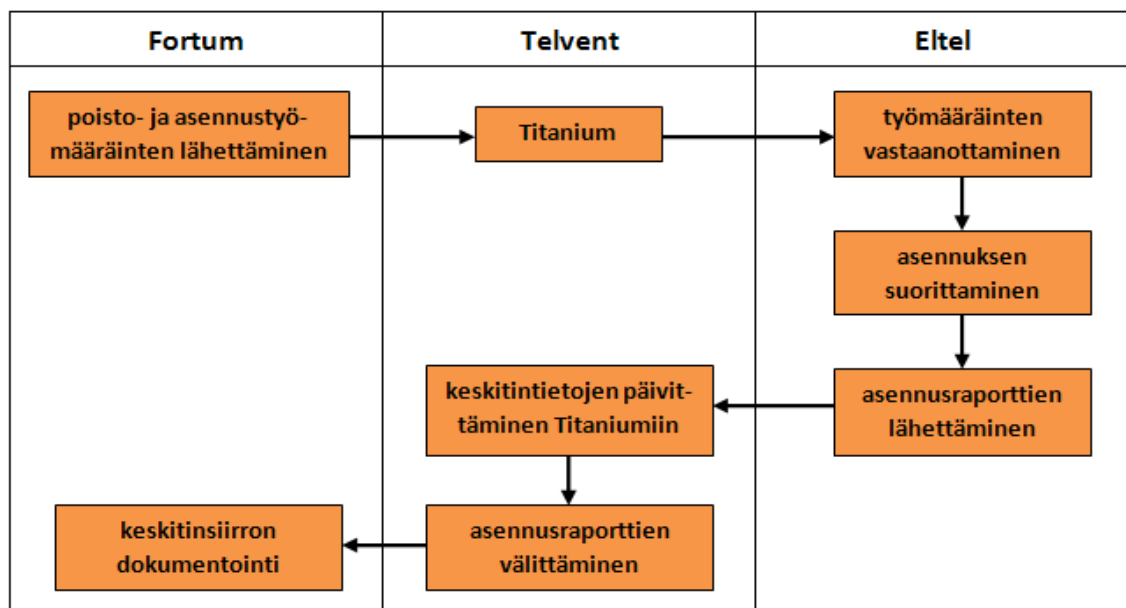
Asiakaslähtöiset keskitinsiirrot kuuluvat joko Fortumin tai Telventin vastuulle riippuen siitä, onko kyseessä suunniteltu asiakaslähtöinen verkostomuutostyö vai suunnitteleman katkos keskittimen toiminnassa. Tyypillinen asiakaslähtöinen verkostomuutostyö on vanhan sähköliittymän purku, jonka seurauksena liittymälle asennettu keskitin siirretään muualle muuntopiiriin. Asiakaslähtöiset verkostomuutostyöt kuuluvat niitä hoitavan Fortumin Verkkopalvelu-yksikön vastuulle. Varsinaiset verkostomuutostyöt, ja niistä aiheutuvat keskitinsiirrot suorittaa alueen asiakaslähtöisiä verkostomuutostöitä tekevä sopimuskumppani.

Häiriö keskittimen toiminnassa johtuu usein siitä, että asiakas katkaisee sähköt keskuksen pääkytkimestä mittarin pääkytkimen sijaan. Tällöin sähköt katkeavat sekä mittarilta että keskittimeltä. Asiakkaan toiminnasta aiheutuvista keskitinsiirroista vastaa Telvent, jonka vastuulle kuuluu AMM-verkoston ylläpitoon liittyvät palvelut. Keskitinsiirron kuullessa Telventille varsinaisena siirron tekevänä urakoitsijana toimii sen alihankkija Eltel.

On kuitenkin huomattava, että varsinaista keskittimen siirtoa ei sellaisenaan voida tilata. Keskitinsiirto koostuu aina kahdesta vaiheesta; vanhan keskittimen poistosta ja uuden keskittimen asennuksesta. Lisäksi aiemmin käytettyä keskitintä ei voida suoraan asentaa uudelle asennuspaikalle. Uuteen paikkaan asennettavan keskittimen pitää olla käyttämätön tai uudelleen konfiguroitu. Keskittimen vaihto suoritetaan mahdollisimman nopeasti, jotta yhteys AMM-laitteiston ja IT-järjestelmien välillä ei olisi kauan poikki. [3.]

Telventille kuuluvien keskitinsiirtojen toimintamalli on seuraavanlainen (kuva 21):

- Telvent selvittää keskitinsiirron aiheuttavan vian syyn ja ilmoittaa siitä Fortumille.
- Fortumilla keskitinsiirtotilauksen tekijä täyttää muuntopiiri- ja keskitintiedot poisto- ja asennustyömääriin CaCe:ssa (CareCenter) eli työmääräinhallintajärjestelmässä.
- Fortum lähettää keskitintyömääräimet Telventille.
- Keskitintyömääräimet kulkevat Telventin Titanium-järjestelmän kautta Eltelin työnhajausjärjestelmään.
- Eltelin asentaja vastaanottaa hänelle siirretyt työmääräimet kämmentietokoneella.
- Asentaja suorittaa poisto- ja asennustyömäärien pohjalta vanhan keskittimen poiston ja uuden keskittimen asennuksen.
- Asentaja täyttää poisto- ja asennusraportit, joihin hän merkitsee keskittimen uuden asennuspaikan ja muut tiedot keskitinsiirrosta.
- Asentaja lähettää täytetyt asennusraportit Telventille.
- Telvent päivittää uudet keskitintiedot Titaniumiin ja välittää asennusraportit eteenpäin Fortumille.
- Fortum dokumentoi keskitinsiirron omiin järjestelmiinsä.

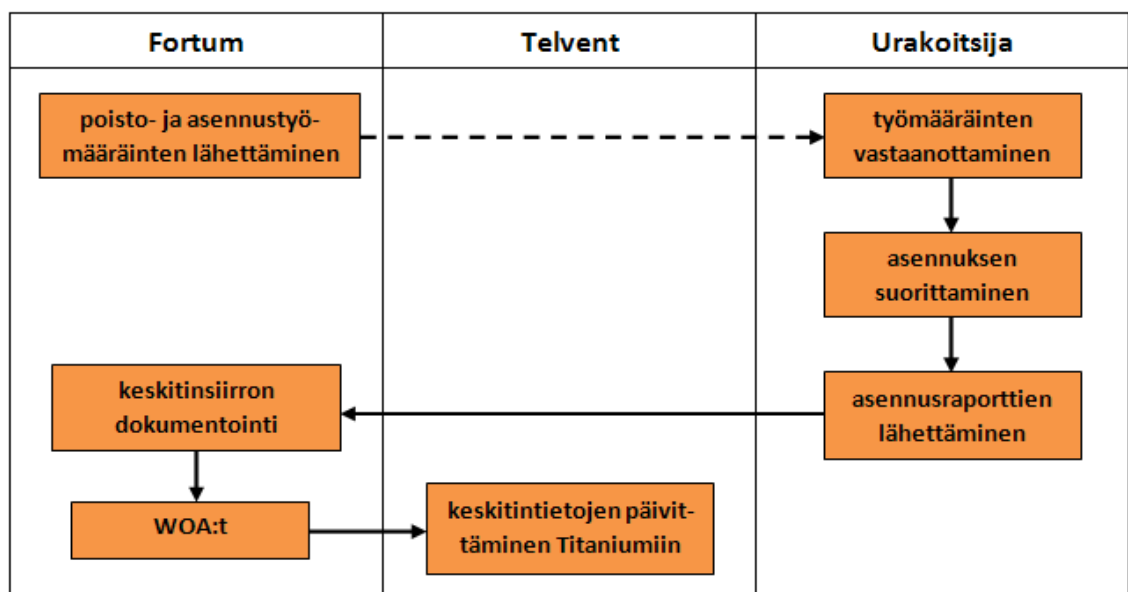


Kuva 21. Keskitinsiirtojen toimintamalli Telventin kanssa

Verkostolähtöiset rakennustyöt kuuluvat Fortumin Verkonrakennus-yksikölle. Varsinaiset verkonrakennustyöt suorittaa verkonrakennusurakoitsija. Tyypillinen verkostomuutostyö on esimerkiksi vanhan pylväsmuuntamon korvaaminen uudella maamuuntamolla.

Verkostotöitä tehtäessä keskittimiin liittyvät siirrot ovat verkostomuutostyötä suunnittelevan henkilön vastuulla. Suunnittelijan on aina varmistettava, että jokaiselle pienjännitemuuntopiirille jää keskitin. Uuden keskitimen asennuspaikan pitää täyttää myös vanhalle asennuspaikalle asetetut kriteerit, kuten säävarmuus. Keskitimen paikkaa ei kuitenkaan muuteta, ellei keskitin ole verkon purettavassa osassa. Keskitimen kuuluessa verkon purettavaan osaan, esimerkiksi tapauksessa, jossa pylväsmuuntamo korvataan maamuuntamalla, keskitin siirretään sisälle maamuuntamoon. [29, s. 3.]

Fortumin vastuulle kuuluvissa keskitinsiirroissa siirron vaiheet poikkeavat Telventin kanssa käytettävästä toimintamallista (kuva 22). Tässä toimintamallissa keskitintyömääräimet kulkevat suoraan Fortumin CaCe-järjestelmästä urakoitsijalle. Keskitinsiirron suorittanut urakoitsija lähettää täytetyt asennusraportit Fortumille, joka keskitinmuutokset dokumentoimaan ilmoittaa tehdyistä asennuksista eteenpäin Telventille. Ilmoitus Telventille tehdään WOA (Work Order Announcement)-sanoma muodossa. WOA eli työmääräinilmoitus sisältää tiedot tehdyistä keskitinmuutoksista, jotka päivittyvät automaattisesti Telventin Titanium-järjestelmään.



Kuva 22. Keskitinsiirtojen toimintamalli urakoitsijoiden kanssa

6 AMM 2.0 -projekti

AMM 2.0 -projekti on jatkoa aiemmalle Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeelle. Se on määrä toteuttaa vuosien 2014 - 2015 aikana. Projektissa parannetaan keskittimen ja sähköyhtiön välisen tiedonsiirtoyhteyden toimintavarmuutta siirtämällä Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeen aikana asennettuja keskittimiä säävarmoihin kohteisiin. Tarkoituksena on saada parannettua AMM-laitteiston toimintavarmuutta, mikä mahdollistaa laitteiston luotettavan jatkokäytön tulevaisuudessa. AMM 2.0 -projektin tavoitteena on, että 90 % Fortumin sähkönsiirtoalueiden käyttöpaikoista sijaitsee säävarman keskittimen takana.

Keskittäinsiirrot koskevat niitä mittarinvaihtoalueita, joissa säävarmaa asennustapaa ei vielä Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeen aikana otettu käyttöön. Kyseisten mittarinvaihtoalueiden muuntopiireillä ei kuitenkaan aina tarvitse tehdä asennusmuutoksia, koska keskitin voi olla jo aikaisemmin asennettu paikkaan, joka täyttää säävarmalle asennukselle asetetut kriteerit. Selvitys siirtomääristä tehdään tämän työn aikana niiltä mittarinvaihtoalueilta, joilla säävarmaa asennustapaa ei vielä otettu käyttöön. AMM 2.0 -projektin jälkeinen lopullinen säävarmuus lasketaan kaikilta Fortumin sähkönsiirtoalueiden noin 25 000 pienjännitemuuntopiiriltä.

Projektin aikaisista keskittimien asennuspaikkasuunnitelmista ja muusta projektin toteuttamisesta huolehtii AMM 2.0 -projektin aikana Fortumin linjaorganisaatio, koska nykyistä AMM-projektiorganisaatiota ei enää silloin ole. Varsinaiset keskittäinsiirrot suorittaa Fortumin asiakaslähtöisten verkostotöiden alueelliset sopimuskumppanit, joilta Fortum ostaa sähkötyihin liittyvät asennus- ja huoltopalvelut.

6.1 AMM 2.0 -projektilla saavutettava hyöty

AMM-verkoston säävarmuuden parantaminen hyödyttää niin sähköyhtiötä kuin yksittäistä sähkökuluttajaa. Säävarmoilla keskitinasennuksilla ei voida kuitenkaan estää luonnonilmiöiden aiheuttamia verkostovaurioita ja niistä aiheutuvia sähkökatkoksia. Sen sijaan säävarmat keskittimet mahdollistavat AMM-verkoston luotettavan käytön osana muita järjestelmiä, mikä auttaa tulevaisuudessa vikatilanteiden paremmassa hallinnassa ja asiakkaille sähkökatkoista aiheutuneiden vakiokorvausten maksamisessa.

Vikatilanteiden hallinnan parantaminen vähentää viankorjausprosessiin kuluvaan aikaa. Jatkossa kentällä keskijännitevikoja korjaavia asentajia voidaan auttaa paikallistamalla mahdolliset pienjänniteverkon viat käyttökeskuksesta käsin. Pienjännitevikojen paikallistuttua, viankorjaustyömääräimet lähetetään käyttökeskuksesta etukäteen asentajien työjonoon, jolloin asentaja pystyy heti keskijännitevian korjauksesta irtautuessaan aloittamaan pienjänniteverkon korjaamisen. Kehittämällä viankorjausprosessia lyhennetään asiakkaille aiheutuvien sähkökatkokkien pituutta ja siten pienennetään niistä sähköyhtiöille maksettavaksi tulevien vakiokorvausten määrää.

Sähkökatkoista asiakkaille maksettavat korvaukset aiheuttavat merkittäviä kustannuksia sähköyhtiöille. Myrskyn seurauksena on mahdollista, että asiakkaille sähkökatkokista maksettavien vakiokorvausten määrä nousee sähköverkon vaurioiden korjausten kustannusten tasolle tai jopa suuremmaksi. Esimerkiksi tapaninpäivän myrskystä Fortumille syntyneiden kustannusten määrän arvioidaan olevan noin 35 miljoonaa euroa, joista asiakkaille sähkökatkon pituuden mukaan määräytyviä vakiokorvauksia oli 17 miljoonaa euroa [30].

Sähkömarkkinalain (pykälä 27 f) mukaan verkkoyhtiö on velvollinen korvaamaan sähköntoimituksesta aiheutuneet keskeytykset seuraavasti:

Vakiokorvauksen määrä on sähkönkäyttäjän vuotuisesta verkkopalvelumaksusta:

- 1) 10 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 12 tuntia mutta vähemmän kuin 24 tuntia;
- 2) 25 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 24 tuntia mutta vähemmän kuin 72 tuntia;
- 3) 50 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 72 tuntia mutta vähemmän kuin 120 tuntia; sekä
- 4) 100 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 120 tuntia.

Vakiokorvausten enimmäismäärä verkkopalvelun keskeytymisen johdosta on kuitenkin 700 euroa sähkönkäyttäjää kohti. [31, s. 9.]

Seuraavan sivun taulukosta 2 nähdään yhden portaalan nousun tuomat lisäkustannukset vakiokorvauksissa verkkoyhtiöille, kun asiakkaan vuotuinen verkkopalvelumaksu on 170 euroa. Yksittäisen asiakkaan tapauksessa, verkkoyhtiön maksettavat korvaukset 12 - 24 tunnin keskeytyksestä ovat muutamia kymmeniä euroja. Jos keskeytyksen

piiriin kuuluu 10 000 saman verkkopalvelumaksun omaavaa asiakasta, nousee maksettava korvaussumma 170 000 euroon.

Taulukko 2. Vakiokorvausmäärät 170 euron vuotuisella verkkopalvelumaksulla

keskeytysaika	osuus vuotuisesta verkkopalvelumaksusta	maksettava vakiokorvauksen määrä
12 h - 24 h	10 %	17 €
24 h - 72 h	25 %	42,5 €
72 h - 120 h	50 %	85 €
120 h - 192 h	100 %	170 €

Työ- ja elinkeinoministeriössä valmistettava lakiehdotus sähköjakelun varmuuden parantamisesta sekä sähkökatkojen vaikutusten lievittämisestä, toisi asiakkaille maksettaviin vakiokorvausmääriin kaksi uutta porrasta, jotka nostaisivat vakiokorvausten määrää. Ensimmäisen lisäporras tulisi 8 vuorokauden jälkeen, jolloin vakiokorvauksen määrä nousisi 150 %:iin vuotuisesta verkkopalvelumaksusta. Toinen lisäporras tulisi 12 vuorokauden jälkeen, jolloin vakiokorvauksen määrä nousisi 200 %:iin vuotuisesta verkkopalvelumaksusta. Lisäksi vakiokorvauksen enimmäissumma nostettaisiin 2 000 euroon. [32, s. 16 - 17.]

Ehdotetut muutokset maksettaviin vakiokorvauksiin nostavat entisestään AMM 2.0 -projektin merkitystä. AMM-verkostoa hyödyntämällä keskeytystilanteissa on tulevaisuudessa mahdollista saada aikaan merkittäviä säästöjä, esimerkiksi tilanteessa, jossa suuri määrä asiakkaita kuuluu samaan aikaan keskeytyksen piiriin, ja yhden portaan nousu vakiokorvausasteikolla nostaa huomattavasti maksettavien vakiokorvausten määrää. Toimivalla AMM-verkostolla on mahdollista selvittää tarkasti pienjänniteverkon sähköjakelun keskeytysajat ja sen piiriin kuuluvat asiakkaat. Maksettavien vakiokorvausten ei siis tarvitsisi tulevaisuudessa perustua asiakkaan tai asentajan ilmoittamiin keskeytysaikoihin.

Asiakkaalle tärkeimmät AMM 2.0 -projektin tuomat hyödyt ovat sähkökatkojen lyheneminen ja sähköyhtiön mahdollisuus informoida asiakkaita tarkemmin häiriötilanteiden aikana sähköjakelun keskeytyksistä. Nykyisin sähköjakelun keskeytyksistä tiedottamista asiakkaille pidetään Fortumissa ensiarvoisen tärkeänä.

Syksyllä 2012 Fortum otti käyttöön Sähkövahti-palvelun, jonka avulla asiakas saa tietoa sähkökatkoista sähköpostilla tai tekstiviestillä. Sähkövahti-palvelu mahdollistaa

tiedotuksen vain keskijänniteverkon sähkönjakeluun liittyvistä keskeytyksistä, eli asiakkaille ilmoitukset keskeytyksistä lähetetään keskijännitevikojen mukaan muuntopiirikohdaisesti. Pienjänniteverkossa tapahtuvat käyttöpaikkakohtaiset keskeytykset eivät sen sijaan kuulu palvelun piiriin. Luotettavan AMM-verkoston avulla voidaan tulevaisuudessa antaa tarkempaa tietoa keskeytyksen laajuudesta sekä viankorjausajasta yksittäisille asiakkaille. [33.]

6.2 AMM 2.0 -projektin keskitinsiirrot

AMM 2.0 -projektin aikana suoritettavat keskitinsiirrot toteutetaan todennäköisesti kuvan 22 (ks. s. 34) toimintamallin mukaan. Myös vähäiset muutokset edellä esitettyihin siirtomalleihin ovat mahdollisia, koska keskittimien siirtoprosessien ja IT-järjestelmien väliset rajapinnat ovat jatkuvassa muutostilassa, eikä vahvistettua toimintamallia ole vielä päätetty.

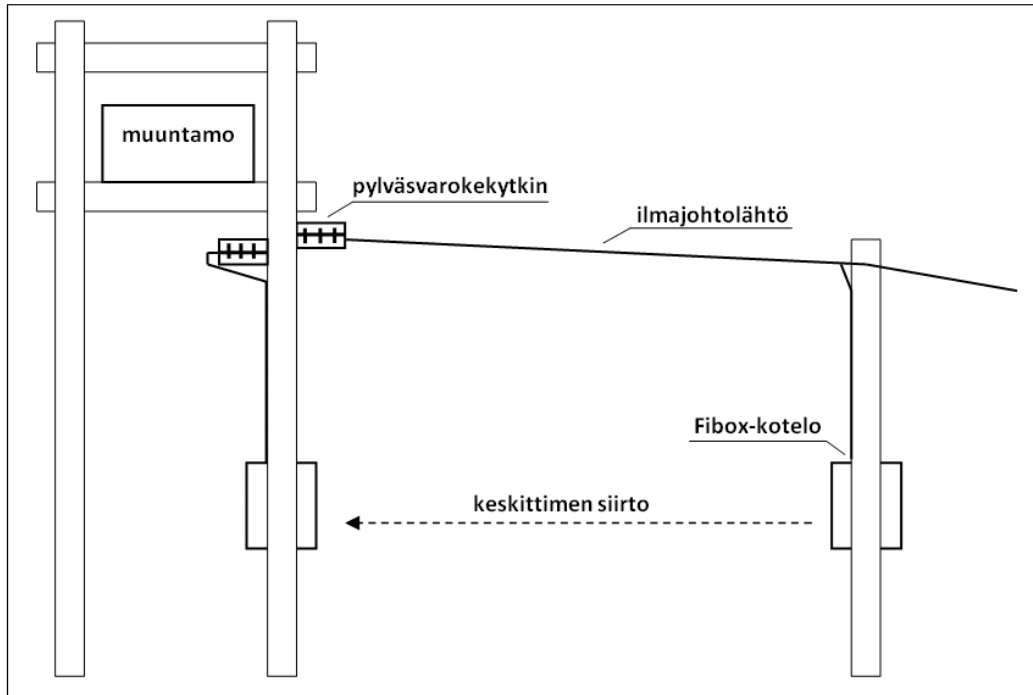
Lähtökohta AMM 2.0 -projektissa on, että meneillään olevan Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeen aikana jokaiselle maamuuntamolle asennetaan keskitin. Siten maamuuntamoihin tehtäviä keskitinsiirtoja AMM 2.0 -projektin aikana ei käytetä. Projektin aikaiset keskitinsiirrot voivat tapahtua neljällä eri tavalla. Käytettävät siirtotavat ovat

1. asiakkaan tiloista toisen asiakkaan tiloihin
2. asiakkaan tiloista pylväsmuuntamon maajakokaappiin
3. asiakkaan tiloista pylväsmuuntamon yhteyteen
4. pylväsmuuntamon viereiseltä pylväältä pylväsmuuntamon yhteyteen.

Pylväsasennettujen keskittimien asennuspaikkoja ei muuteta muualle muuntopiiriin AMM 2.0 -projektin aikana. Jos Älykkäät Sähkölaitteet -hankkeen aikana keskitin on asennettu pylväälle, sopivia reppuasennuskohteita tai pylväsmuuntamon yhteydessä olevaa maajakokaappia ei luultavasti muuntopiirillä ole. Näissä tapauksissa aiemmat pylväsasennukset muutetaan säävarmoiksi vaihtamalla keskittimen sähkönsyöttöä muuntamon pienjännitelähdöstä toiseen tai lisäämällä keskittimelle oma pylväsvarokeytin.

AMM 2.0 -projektin aikana esiintyy kohteita, joissa keskitin joudutaan siirtämään pylväältä toiselle. Tällaisissa tapauksissa keskitin on asennettu pylväsmuuntamon

viereiselle pylväälle, missä keskittimen sähkönsyöttö on otettu ilmajohtolähdöstä, joka ei täytä säävarman lähdön kriteereitä (ks. liite 2). Säävarmuuden piiriin saattamiseksi keskitin siirretään pylväsmuuntamon yhteyteen (kuva 23). Noin viidesosa keskittimien pylväsasennuksista on asennettu pylväsmuuntamon viereiselle pylväälle.



Kuva 23. Keskittimen siirto pylväsmuuntamon yhteyteen [lähde 17, s. 32 mukailen]

Keskitinsiirrot toteutetaan projektin aikana neljää eri asennustapaa käyttäen, asennustapakohtaisesti laadittujen ohjeiden mukaan. Monet Fortumin verkkoalueista ovat yrittäjäkaupoilla hankittuja, joten asennuskäytännöt saattavat vaihdella eri alueilla. Yhtenäistetyillä asennustavoilla pyritään takaamaan, että keskittimien siirtoja suorittavat alueelliset urakoitsijat noudattavat yhtenäistä toimintamallia. Näin varmistetaan sekä kriteerit täyttävät asennukset että projektin sujuva eteneminen. AMM 2.0 -projektissa käytettävät asennustavat ovat

- reppuasennus
- Fibox-maajakokaappiasennus
- Fibox-pylväsasennus
- Fibox-pylväsasennus pylväsvarokekytkimellä.

Keskittäsiirtomäärät tulevat vaihtelevaan alueittain. Suurin tarve siirroille on Etelä-, Länsi-, Lounais- ja Pohjois-Suomessa, joissa sähköverkot koostuvat lähinnä 60- ja 70-luvulla rakennetuista pylväsmuuntamoiden syöttämistä ilmajohdoista, jotka tekevät sähköverkoista alttiita sään aiheuttamille vaurioille (taulukko 3). Tästä huolimatta Pohjois-Suomessa ei siirrytä säävarmoihin keskittinasennuksiin. Säävarmojen keskittinasennusten käyttöönoton yhteydessä todettiin, että alueen pienet havupuut sekä muu sähköverkon ympärillä oleva kasvusto eivät aiheuta välitöntä vaaraa ilmajohdoille ja keskittimien toimintaan.

Taulukko 3. Maa- ja pylväsmuuntamoiden käyttöpaikkaosuudet jakeluverkkoalueilla

	Espoo	Etelä-Suomi	Länsi-Suomi	Lounais-Suomi	Joensuu	Pohjois-Suomi	Fortum-Suomi
jakeluverkkoalueiden käyttöpaikat	149 230	168 600	91 577	155 211	33 612	33 283	631 513
maamuuntamoiden syöttämien käyttöpaikkojen lukumäärä	132 181	108 585	26 015	56 140	33 032	4 396	360 349
pylväsmuuntamoiden syöttämien käyttöpaikkojen lukumäärä	17 049	60 015	65 562	99 071	580	28 887	271 164
pylväsmuuntamoiden syöttämien käyttöpaikkojen %-osuus alueen käyttöpaikoista	11 %	36 %	72 %	64 %	2 %	87 %	43 %
20 ja sitä suurempien käyttöpaikkojen pylväsmuuntamumuuntopiirit	306	926	783	1474	9	283	3 781

6.3 AMM 2.0 -projektin suoritemäärät

6.3.1 Tietomassan käsitteleminen

Fortumin tietojärjestelmistä saatavaa tietomassaa hyödyntämällä, voidaan laskea alueelliset asennustapakohtaiset keskittäsiirtomäärät. Laskettujen keskittäsiirtomäärien ja eri -siirtotavoille määritettyjen hintojen avulla muodostetaan arvio AMM 2.0 -projektin keskittäsiirtokustannuksista. Tiedot suoritemäärien selvittämiseksi haettiin CaCe-, Forum- ja PowerGrid-järjestelmistä. Tiedot aiemmin asennetuista keskittimistä haettiin

21.11.2012, jolloin järjestelmään dokumentoituja keskitinasennuksia oli 18 250. Järjestelmistä saatiin seuraavat tiedot:

- Forum-asiakastietojärjestelmästä yksittäisten käyttöpaikkojen sisäänkäyntitiedot
- PowerGrid-verkkotietojärjestelmästä aluekohtaiset muuntamotiedot, sekä muuntamoiden ja käyttöpaikkojen väliset kaapelointirakennetiedot
- CaCe-työmääräintenhallintajärjestelmällä tiedot jo aiemmin asennetuista keskittimistä.

Järjestelmistä haetut tiedot siirretään Excel-taulukoihin (kuva 24). Excel-taulukoiden tiedot muokataan soluja suodattamalla haluttuun muotoon, minkä jälkeen listoja yhdistetään *COUNTIF*-funktiolla. *COUNTIF*-funktio laskee valituista soluista niiden solujen lukumäärän, joiden sisältö täyttää annetut kriteerit. Taulukoiden yhdistäminen tapahtuu niiden yhtenäisten käyttöpaikka- ja muuntamotunnusten avulla. Excel-taulukoista koostaan lopullinen dokumentti, jota suodatetaan haluttujen keskitinsiirtotapojen löytämiseksi.

	A	B	C	D	E	F
1	Käyttöpaikan tunnus	Muuntamon tunnus	Ilmajohto(m)	Maakaapeli(m)	Pelkkä maakaapeli	Etäisyys
2	1	ESM1197	0	158	TRUE	158
3	10	ESM1344	0	119	TRUE	119
4	1000	ESM1122	441	0	FALSE	441
5	10000	ESM1088	394	0	FALSE	394
6	100000	ESM804	0	126	TRUE	126
7	1000001	VM00908	0	464	TRUE	464
8	1000002	VM00908	0	464	TRUE	464
9	1000004	VM00264		93	TRUE	93
10	1000005	VM00713	67	69	FALSE	136
11	1000006	VM00115	0	230	TRUE	230
12	1000008	VM00831	0	262	TRUE	262
13	1000009	VM00634		91	TRUE	91
14	100001	ESM804	0	126	TRUE	126
15	1000010	VM00189	0	100	TRUE	100
16	1000012	VM00547	243	0	FALSE	243
17	1000014	VM00861	216	72	FALSE	288
18	1000015	VM01270	0	216	TRUE	216
19	1000016	VM01148		38	TRUE	38
20	1000017	VM01309		200	TRUE	200

Kuva 24. Muuntamoiden ja käyttöpaikkojen välisiä kaapelointitietoja

Ensin suodatetaan pois jo säävarman asennuksen piiriin kuuluvat muuntopiirit (keskitin asennettu maakaapeliverkon taakse). Seuraavaksi etsitään kohteet, joihin keskitin voidaan siirtää reppuasennuksena (vapaankäynnin kohteet maakaapeliverkon takana). Jäljelle jäävistä muuntopiireistä etsitään ne muuntopiirit, joissa keskitin on mahdollista asentaa ilman pylväsvarokekytkimen lisäystä (maakaapelilähdöt muuntamolta).

6.3.2 Alueelliset keskitinsiirtomäärät

Yhteensä AMM 2.0 -projektissa on tarkastelun piirissä 44 mittarinvaihtoaluetta, joissa on yhteensä 2 156 tarkasteltavaa 20 käyttöpaikan tai sitä suurempaa pylväsmuuntamomuuntopiiriä. Tarkasteltavien muuntopiirien lukumäärä on jakautunut jakeluverkkoalueittain seuraavasti:

- Espoo 101
- Etelä-Suomi 502
- Länsi-Suomi 632
- Lounais-Suomi 919
- Joensuu 2.

Alueelliset keskitinsiirtomäärät lasketaan Älykkäät Sähkömittarit -hanketta varten muodostettujen aluerajojen perusteella (kuva 1, s. 3). Pohjois-Suomen jakeluverkkoalueille ei aiemmin esitetystä syystä lasketa siirtomääriä (ks. luku 6.2). Tarkat mittarinvaihtokohtaiset keskitinsiirtomäärät esitetään liitteessä neljä.

Yhteensä Älykkäät Sähkömittarit -hankkeen aikana asennetuista reppuasennuskohteista 343 sijaitsee puhtaan maakaapelilähdön takana, eikä keskittimien paikkaa siten muuteta. Taulukossa 4 esitetään alueelliset keskitinsiirtomäärät asennustapoineen aiemmin asennetuille reppuasennuskohteille.

Taulukko 4. Siirrettävät reppuasennuskohteet

	Espoo	Etelä-Suomi	Länsi-Suomi	Lounais-Suomi	Joensuu	AMM 2.0
asiakkaan tiloista toisen asiakkaan tiloihin reppuasennuksena	20	60	81	137	0	298
asiakkaan tiloista pylväälle Fibox-asennuksena	2	38	60	30	0	130
asiakkaan tiloista pylväälle Fibox-pylväsvarokeytin-asennuksena	43	219	204	503	1	970

Kaiken kaikkiaan 12 keskitintä on asennettu pylvasasennuksena muuntopiirille, joka koostuu vain maakaapeliverkosta. Näillä muuntopiireillä keskittimen sähkönsyöttöä ei jouduta projektin aikana siirtämään muuntamon pienjännitelähdöltä toiselle. Lisäksi kaksi keskitintä on raportoitu maajakokaappiasennuksena, joissa keskittimen sähkönsyöttö on otettu vapaasta jonovarokelähdöstä, eikä niiden siirtoa siten tarvita. Taulukossa 5 esitetään alueelliset pylvasasennusmäärät, joissa aiemmin asennettujen keskittimen sähkönsyöttöpaikkaa joudutaan muuttamaan.

Taulukko 5. Siirrettävät pylvasasennuskohteet

	Espoo	Etelä-Suomi	Länsi-Suomi	Lounais-Suomi	Joensuu	AMM 2.0
sähkönsyötön siirtäminen säävarmaan lähtöön	4	12	24	9	0	49
sähkönsyötön siirtäminen ja pylvasvarokekytkimen lisäys	5	74	61	119	1	260

Todellisten keskitinsiirtomäärien laskemista sekä siirrossa käytettävän asennusmenetelmän valintaa hankaloittivat seuraavien tietojen puuttuminen:

- Jokaisesta yksittäisestä käyttöpaikasta ei ole kaapelointi- tai sisäänpääsy-tietoa, mikä rajoittaa asennuskriteerien täyttävien reppuasennuskohteiden löytymistä.
- Aiemmin pylvälle asennetun keskittimen sähkönsyöttölähdön kaapelirakennetta kuvaavaa tietoa ei ole saatavissa.
- Pylvasasennetuista keskitimistä ei tiedetä, onko keskitin asennettu pylvasmuuntamon yhteyteen vai sen viereiselle pylvälle.
- Tietoa pylvasmuuntamoiden yhteydessä olevista maajakokaapeista ei ole saatavissa.

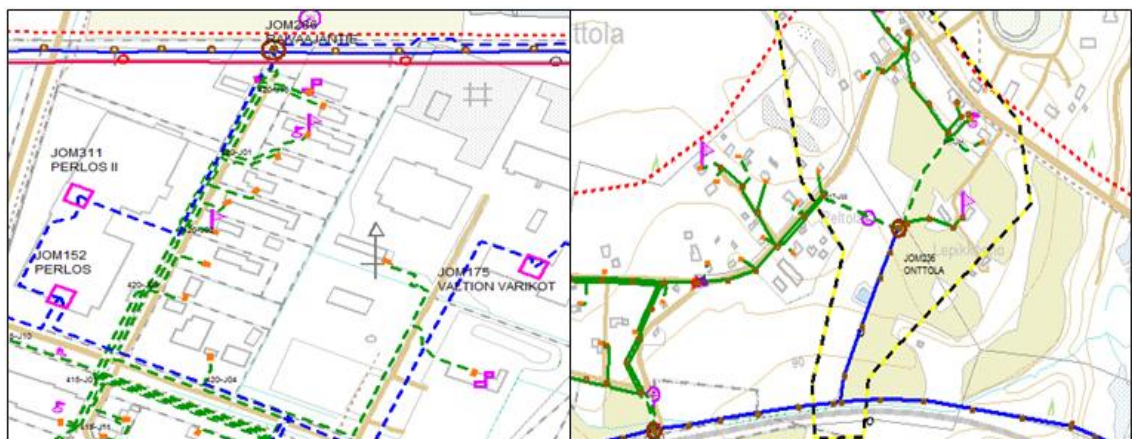
Muuntopiirien käyttöpaikkajaossa esiintyi myös joitain toisistaan poikkeavia tietoja. Tietomassaa käsiteltäessä poikkeamia tuli esiin kuitenkin vain kaksi kappaletta, mitä voidaan pitää suhteessa noin 630 000 kokonaiskäyttöpaikkamäärään vähäisenä.

Edellä esitetyt keskitinsiirtomäärät tulevat muuttamaan varsinaisen AMM 2.0 -projektin aikana, kun keskitinsiirron kohteina oleville muuntopiireille suoritetaan yksityiskohtainen asennuspaikkasuunnittelu. Pylvasasennettujen keskittimien siirtomäärät tulevat todellisuudessa pieneneväksi verrattuna laskennallisiin tuloksiin. Saadut tulokset perustuvat

olettaamaan, jossa yhdenkään pylväsasennetun keskittimen sähkönsyöttöä ei ole otettu puhtaasta maakaapelilähdöstä. Käsiteltävästä muuntopiiritiedosta voidaan kuitenkin havaita, että usealla muuntopiirillä on pienjännitelähtöjä, jotka koostuvat vain maakaapeliverkosta. On todennäköistä, että osa keskittimien sähkönsyötöistä on otettu maakaapelilähdöistä. Toisaalta sopivien reppuasennuskohteiden määrän voidaan olettaa nousevan, kun käyttöpaikkojen puuttuvat kaapelointitiedot ja mahdolliset säävarmat ilmajohtolähdöt havaitaan AMM 2.0 -projektin aikana tehtävässä yksityiskohtaisemmassa tarkastelussa.

Esimerkkinä tarkastellaan kahta Joensuun AMM 2.0 -projektin keskitinsiirtojen piiriin kuuluvaa muuntopiiriä yksityiskohtaisemmin. Ensimmäisessä tapauksessa (kuva 25: vas.) keskitin on asennettu reppuasennuksena asiakkaan tiloihin. Muuntopiirin käyttöpaikkakohtaisia kaapelointitietoja ei ole tässä tapauksessa saatavissa verkkotietojärjestelmästä. Excel-taulukoihin kootun tiedon mukaan, keskitin tulisi siirtää pylväälle asentaen sille oma pylväsvarokeytkin. PG Webillä muuntopiiriä tarkasteltaessa havaitaan kuitenkin muuntopiirin koostuvan kokonaisuudessaan maakaapelista, eikä keskitinsiirtoa siksi tarvita.

Toisessa tapauksessa (kuva 25: oik.) keskitin on asennettu pylväsasennuksena muuntopiirille, joka koostuu ilma- ja sekaverkkolähdöistä. Keskittimen säävarmaksi saattaminen ei kuitenkaan edellytä oman pylväsvarokeytkimen asentamista, sillä muuntopiirin ympäristöä tarkasteltaessa huomataan alueen olevan pääosin peltoaukeaa. Näin ollen puut eivät aiheuta sähköverkolle vaaraa, eikä keskitinsiirtoa tarvita.



Kuva 25. Joensuun kaksi tarkasteltavaa muuntopiiriä

Edellä selvitettyihin siirtomääriin vaikuttavat ennen projektin käynnistymistä toteutettavat verkostomuutostyöt. Fortumissa meneillään olevassa VahvaVerkko-hankkeessa noin 450 pylväsmauntauksia korvataan pitkällä aikavälillä mauntauksilla, minkä yhteydessä keskittimiä siirretään pylväältä tai asiakkaan tiloista sisälle mauntaukseen. Sen sijaan VahvaVerkko-hanke ei vaikuttane säävarmojen keskitinasennusten piiriin kuuluvien käyttöpaikkojen lukumäärään. Hanke nimittäin keskittyy ensisijaisesti asiakaskeskittyneisiin alueisiin. Asiakaskeskittyneet alueet ovat joka tapauksessa suunniteltu saatavaksi säävarmojen keskittimien piiriin AMM 2.0 -projektissa.

6.3.3 Keskitinsiirtojen aiheuttamat kustannukset

Keskitinsiirroista aiheutuvat kustannukset koostuvat vanhan keskittimen poistosta ja uuden keskittimen asennuksesta. Eri siirtotapojen väliset hintaerot muodostuvat asennuksessa käytettävistä asennustarvikkeista ja asennukseen kuluvista työtunneista. Suurin hintaero on reppuasennuksen ja Fibox-pylväsvarokeytkinasennuksen välillä, joiden hintaero on 560 euroa.

Reppuasennuskohteen asennus on nopeaa ja edullista, eikä keskittimen lisäksi muita asennusmateriaaleja juuri tarvita. Pylväsasennuksen kustannuksia nostaa keskittimelle usein asennettava oma pylväsvarokeytkin. Kyseisen Fibox-pylväsvarokeytkinasennuksen hinta muodostuu korkeista materiaalikustannuksista, ja asennustavan vaatimasta korkeasta asentajatyötuntimäärästä. Lisäksi keskittimien pylväsasennukset tehdään ns. vaativana jännitetyönä, joka sitoo vähintään kahden ammattitaitoisen jännitetyökoulutuksen saaneen asentajan työpanoksen.

Projektissa käytettäville siirtotavoille määriteltiin seuraavat hinnat:

- asiakkaan tiloista toisen asiakkaan tiloihin reppuasennuksena 200 €
- asiakkaan tiloista pylväälle Fibox-asennuksena 620 €
- asiakkaan tiloista pylväälle Fibox-pylväsvarokeytkinasennuksena 760 €
- pylväälle asennetun keskittimen sähkönsyötön siirto 200 €
- pylväälle asennetun keskittimen sähkönsyötön siirto ja pylväsvarokeytkin 350 €.

Maajakokaappiasennukselle ei laskettu asennushintaa, koska niihin tapahtuvia siirto- ja asennusmääriä ei pystytä sijaintitietojen puuttumisen takia selvittämään. Taulukossa 6 esitetään AMM 2.0 -projektin laskennalliset kustannukset alueittain, kertomalla taulukossa 4 ja 5 olevat tapakohtaiset keskitinsiirtomäärät niille määritetyillä asennushinnoilla.

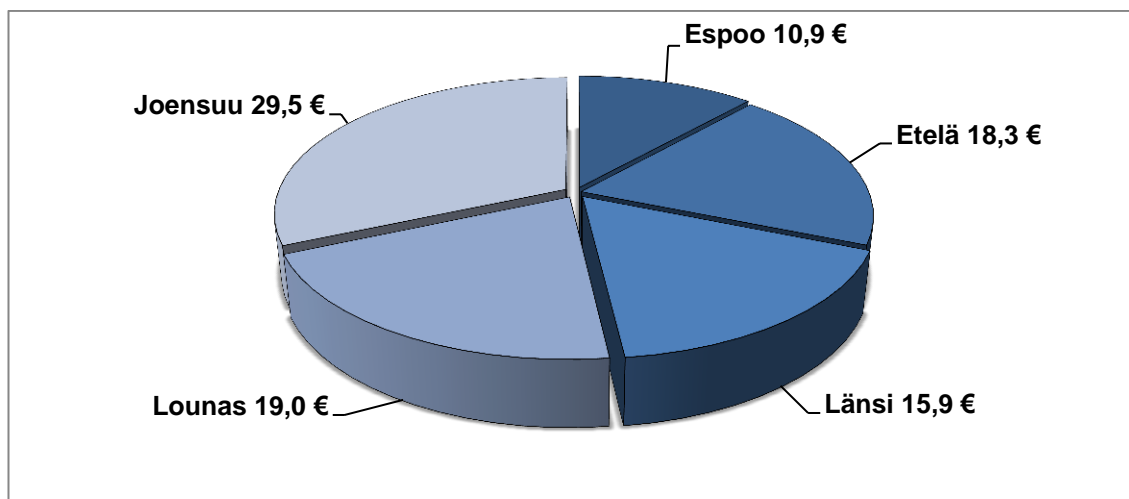
Taulukko 6. AMM 2.0 -projektin keskitinsiirtokustannukset euroissa

	Espoo	Etelä-Suomi	Länsi-Suomi	Lounais-Suomi	Joensuu	AMM 2.0
asiakkaan tiloista toisen asiakkaan tiloihin reppuasennuksena	4 000	12 000	16 200	27 400	0	59 600
asiakkaan tiloista pylväälle Fibox-asennuksena	1 240	23 560	37 200	18 600	0	80 600
asiakkaan tiloista pylväälle Fibox-ylväsvarokeasennuksena	32 680	166 440	155 040	382 280	760	737 200
sähkönsyötön siirtäminen säävarmaan lähtöön	800	2 400	4 800	1 800	0	9 800
sähkönsyötön siirtäminen ja pylväsvarokkeen lisäys	1 750	25 900	21 350	41 650	350	91 000
alueelliset kokonaiskustannukset	40 740	230 300	234 590	471 730	1 240	978 200

AMM 2.0 -projektin keskitinsiirtokustannukset nousevat lähes miljoonaan euroon. Taulukon 6 siirtokustannuksista havaittiin, että Lounais-Suomessa kustannukset nousevat 471 730 euroon, joka on noin 48 % koko projektin siirtokustannuksista. Lounais-Suomen suuria siirtokustannuksia selittävät 20 ja sitä suurempien pylväsmuuntamo- ja muuntopiirien suuri määrä sekä maakaapeliverkon vähyys. Tämän takia alueella joudutaan usein turvautumaan kustannuksiltaan kalliimpaan siirtotapaan.

Yhden asiakkaan saattaminen säävarmuuden piiriin maksaa keskimäärin 18,7 euroa. Asiakasta kohti syntyviä alueellisia kustannuseroja selittävät jakeluverkkoalueen rakennuskanta ja sähköverkon rakenne (kuva 26, ks. seur. s.). Esimerkiksi Espoon alueella yksittäisellä keskitinsiirrolla saadaan kustannustehokkaasti suuri määrä

asiakkaita säävarmuuden piiriin, alueen keskittyneen asutuksen ja suuren maakaapeliverkon määrän takia. Joensuun suuria käyttöpaikkakohtaisia keskitinsiirtokustannuksia puolestaan selittävät keskitinsiirtojen piiriin kuuluvien muuntopiirien pieni koko. Joensuussa siirron piiriin kuuluvien muuntopiirien keskimääräinen koko on 21 käyttöpaikkaa, kun Espoossa kyseinen määrä on 45 käyttöpaikkaa.



Kuva 26. Säävarmuuden hinta käyttöpaikkaa kohden

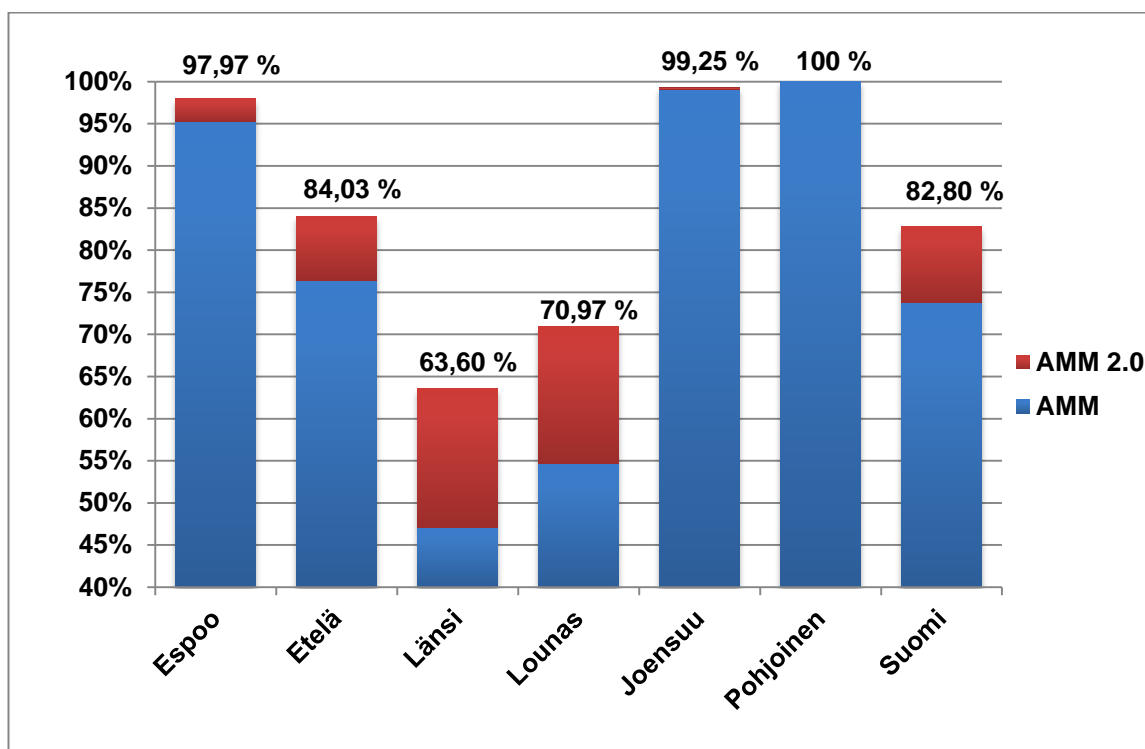
6.3.4 Alueellinen säävarmuus

Ennen AMM 2.0 -projektin käynnistymistä säävarmuuden piiriin on mahdollista laskea seuraavien muuntopiirien käyttöpaikat:

- Älykkäät Sähköl mittarit -hankkeen aikana säävarmuuden piiriin saatettavat 20 käyttöpaikan ja sitä suuremmat muuntopiirit
- alle 20 käyttöpaikan reppuasennuskohteet, joissa keskitin asennettu puhtaasti maakaapelilähdön taakse
- maamuuntamon syöttämät muuntopiirit
- maakaapelista koostuvien muuntopiirien pylvasasennukset
- maajakokaappiasennuksena raportoidut keskittimet
- Pohjois-Suomen jakeluverkkoalueet.

Ennen AMM 2.0 -projektia Fortumin sähkönsiirtoalueiden noin 631 500 käyttöpaikasta 465 700 kuuluu säävarman keskitinasennuksen piiriin, jolloin säävarmuusprosentiksi

saadaan 73,7. Tulevat keskitinsiirrot lisäävät säävarmuuden piiriin noin 57 300 uutta käyttöpaikkaa, jotka nostavat säävarmuuden 82,8 prosenttiin. Eniten säävarmuus kasvaa projektin myötä Lounais- ja Länsi-Suomessa. Lounais-Suomessa kasvu on 16.2 ja Länsi-Suomessa 16.5 prosenttiyksikköä. Vähiten alueellinen säävarmuus paranee Espoon ja Joensuun alueilla. Espoossa kasvu on 2.7 prosenttiyksikköä ja Joensuussa vain 0.1 prosenttiyksikköä (kuva 27).



Kuva 27. Alueelliset säävarmuusprosentit ennen AMM 2.0 -projektia ja sen jälkeen

Alueellista säävarmuutta kuvaavasta pylväsdiagrammista (kuva 27) nähtiin, että alle 20 käyttöpaikan pylväsmuuntamomuuntopiirien vaikutus suhteessa alueelle laskettavaan säävarmuusprosenttiin on suuri. Koska aiemmin suoritetuista keskittimien pylväsasennuksista ei ole dokumentoitu järjestelmiin keskitintä syöttävän lähdön tietoja, ei niiden säävarmuudesta voida olla varmoja. Näin ollen vain murto-osa alle 20 käyttöpaikan pylväsmuuntamomuuntopiirien keskitinasennuksista voidaan laskea varmasti säävarmoiksi, vaikka todellisuudessa määrä lienee paljon suurempi. Tarkimmat säävarmuusprosentit saadaankin laskettua Espoon ja Joensuun alueilla, joissa pieniä pylväsmuuntamomuuntopiirejä ei ole paljon.

Tarkan säävarmuusprosenttien selvittäminen vaatisi lähes 16 000 alle 20 käyttöpaikan pylväsmuuntamomuuntopiirin yksittäistä tarkastusta. Siksi ei ole varmaa, saavutetaanko AMM 2.0 -projektille asetettua tavoitetta, jossa 90 prosenttia Fortumin sähkönsiirtoalueiden käyttöpaikoista on säävarman keskittimen takana. Lisäksi Älykkäät Sähkömitarit -hankkeeseen liittyvät keskitinasennukset ovat yhä kesken, joten lopullista tietoa säävarmojen käyttöpaikkojen lukumäärästä ei voida saada.

6.4 Ehdotuksia säävarmuuden parantamiseksi

Ei ole taloudellisesti järkevää saattaa kaikkia alle 20 käyttöpaikan muuntopiirejä säävarmuuden piiriin, koska vähäinen käyttöpaikkojen määrä ei pienennä muuntopiirin keskitinsiirtokustannuksia. Yksi vaihtoehto AMM 2.0 -projektille asetettuihin tavoitteisiin pääsemiseksi on parantaa keskittimen säävarmuutta kaikilla muuntopiireillä, joissa keskitin on mahdollista asentaa säävarmana reppuasennuksena. Toinen vaihtoehto on keskittyä parantamaan vain sääilmioille herkkien alueiden muuntopiirien säävarmuutta, jolloin projektin kokonaiskustannukset pysyvät kohtuullisina.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä tutkittiin tulevan AMM 2.0 -projektin keskitinsiirtomääriä sekä niistä aiheutuvia kustannuksia. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, saavutetaanko suunnitetuilla keskitinsiirroilla projektin tavoite, jossa 90 prosenttia kaikista Fortumin sähkönsiirtoalueiden käyttöpaikoista olisi säävarman keskittimen takana.

Suurimpia haasteita työlle asetti AMM 2.0 -projektista saatavilla olevan informaation niukkuus. Erilaisia näkökulmia ja taustoitusta työhön hankittiinkin keskustelemalla aktiivisesti Fortumilla työskentelevien henkilöiden kanssa. AMM 2.0 -projektin tarkkojen keskitinsiirtomäärien selvittäminen osoittautui kuitenkin mahdottomaksi, koska aiemmin suoritettuja keskitinasennuksia ei ollut dokumentoitu järjestelmiin työn kannalta riittäväällä tarkkuudella.

Laskettujen suoritemäärien perusteella ei voida varmasti sanoa, saavutettiin suunnitelluilla keskitinsiirroilla AMM 2.0 -projektille asetettu tavoite. Työ antaa kuitenkin kattavan kuvan AMM 2.0 -projektista, siihen siirtymisestä ja sen yhteydessä suoritettavista

keskitinsiirroista. Työn tehtävänä on myös havainnollistaa keskittimen asennuspaikan tärkeä merkitys AMM-verkoston luotettavalle toiminnalle, ja miten AMM-verkostoa voidaan jatkossa hyödyntää pienjänniteverkon hallinnassa.

Tulevaisuudessa AMM 2.0 -projektin merkitys kasvaa. Yhteiskunnan teknistyminen tekee sen yhä riippuvaisemmaksi luotettavasta sähkötoimituksesta. Samalla myös asiakkaiden odotukset sähköyhtiöitä kohtaan kasvavat. Julkinen valta pyrkii vastaamaan näihin haasteisiin tiukentamalla sähkötoimitusvarmuutta säätelevää lainsäädäntöä ja korottamalla sähkökatkoksista aiheutuvien vakiokorvausten määrää. Näin ollen Fortumissa halutaan ottaa kaikki mahdolliset välineet käyttöön sähköverkon hallinnan parantamisessa. Kattavalla ja toimivalla AMM-verkostolla pyritään vastaamaan juuri näihin haasteisiin.

Lähteet

- 1 Valtioneuvosto. 2009. Asetus sähkötoimituksen selvityksestä ja mittauksesta. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2009/20090013.pdf>>. 13.2.2009. Luettu 2.9.2012.
- 2 Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. Älykkäät sähkömittarit käyttöön Suomessa: Kotitalouksille jopa reaaliaikaista tietoa omasta sähkönkäytöstä. Verkkodokumentti. <http://www.tem.fi/?98603_m=94052&s=3804>. 5.2.2012. Luettu 21.10.2012.
- 3 Pyhähuhta, Tommi. 2012. Support Office Manager, Fortum Oyj, Espoo. Keskustelu 13.10.2012.
- 4 Kuokkanen, Juho. 2012. Mittarointiprojektin asennuslaadun valvonnan jalkautus ja kehitys. Insinööriyö.
- 5 Fortum Oyj. 2011. AMM Finland Region -team projektisuunnitelma. Sisäinen verkkodokumentti. 27.10.2011. Luettu 6.9.2012.
- 6 Fortum Oyj. 2012. Liittymismaksuhinnasto. Verkkodokumentti. <http://www.fortum.com/countries/fi/SiteCollectionDocuments/Sahkon-siirto-ja-liittymat/FSS_Liittymismaksuhinnasto_Fin.pdf>. 1.1.2012. Luettu 15.11.2012.
- 7 Fortum Oyj. 2010. Fortumin Älykkäät Sähkömittarit -hanke. Sisäinen verkkodokumentti. 4.3.2010. Luettu 2.9.2012.
- 8 Fortum Oyj. 2012. PLC-seminaari. Sisäinen verkkodokumentti. 26.9.2012. Luettu 26.9.2012.
- 9 Fortum Oyj. 2011. AMR-mittareiden PLC-luennan häiriökysymykset. Sisäinen verkkodokumentti. 1.11.2011. Luettu 11.10.2012.
- 10 Fortum Oyj. 2010. Fortum etäluentaprojekti. Sisäinen verkkodokumentti. Luettu 2.10.2012.
- 11 Suomen standardoimisliitto SFS ry. 2011. SFS-EN 50065-1 Standardi. Verkkodokumentti. <www.sfs.fi>. 15.8.2011. Luettu 11.10.2012.
- 12 Liikenne- ja viestintäministeriö. 2004. Datasähkö Suomessa. Verkkodokumentti. <http://www.lvm.fi/files/46_2004.pdf>. 28.7.2004. Luettu 15.1.2013.

- 13 Pikkarainen, Marko - Bashmir, Siddiqui - Vehvasvaara, Samuli - Pakonen, Pertti & Verho, Pekka. 2011. Energiasäästölampujen verkostovaikutukset ja elektronisten kuormien ja mittarinluentajärjestelmien välinen yhteensopivuus - Vaihe 1. Loppuraportti.
<http://energia.fi/sites/default/files/energiansaastolampujen_verkostovaikutukset_ja_plc-projekti_loppuraportti_2011.pdf>. 21.8.2011. Luettu 15.1.2012.
- 14 Fortum Oyj. 2011. Kohinamittaukset. Sisäinen verkkodokumentti. 1.9.2011. Luettu 16.1.2013.
- 15 Fortum Oyj. 2011. Älykkäät Sähkömittarit keskitininformaatio. Sisäinen verkkodokumentti. 4.2.2011. Luettu 20.9.2012.
- 16 Echelon. 2009. NES-järjestelmän yleiskatsaus. Sisäinen verkkodokumentti. 12.10.2009. Luettu 5.9.2012.
- 17 Eltel Networks. 2010. Keskitinasennukset. Sisäinen verkkodokumentti. 18.5.2010. Luettu 2.9.2012.
- 18 Echelon. 2008. DC-1000/SL and DC-1000/SLE Data Concentrator User's Guide. Sisäinen verkkodokumentti. Luettu 5.9.2012.
- 19 Fortum Oyj. 2012. Esitarkastuksissa otetut valokuvat. Sisäinen verkkodokumentti. Luettu 25.9.2012.
- 20 Fortum Oyj. 2011. Keskitinsuunnitteluprosessi. Sisäinen verkkodokumentti. 11.2.2011. Luettu 20.9.2012.
- 21 Tukes. 2006. Sähköasennusten määräaikaistarkastukset. Verkkodokumentti. <http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/maara_aikaistarkastukset.pdf>. 21.9.2006. Luettu 11.11.2012.
- 22 Haaranen, Marko. 2011. Rovakaira Oy:n keskijänniteverkon kehittämissuunnitelma toimitusvarmuuskriteeristön näkökulmasta. Diplomityö.
- 23 Fortum Oyj. 2012. Tapani-myrskyn yhteenveto. Sisäinen verkkodokumentti. 1.6.2012. Luettu 12.11.2012.
- 24 Fortum Oyj. 2012. Toiminta suurhäiriötilanteessa. Sisäinen verkkodokumentti. 12.10.2012. Luettu 22.10.2012.
- 25 Lakervi, Erkki & Partanen, Jarmo. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy.

- 26 Fortum Oyj. 2012. Vahvaverkko. Verkkodokumentti.
<<http://www.fortum.com/countries/fi/blogi/vahvasti-verkossa/Pages/default.aspx>>.
Luettu 8.12.2012.
- 27 Meriläinen, Marko. 2013. System Manager, Fortum Oyj, Espoo. Keskustelu
9.1.2013.
- 28 Fortum Oyj. 2011. Puistomuuntamoiden esitarkastukset. Sisäinen verkkodoku-
mentti. Luettu 12.11.2012.
- 29 Fortum Oyj. 2012. AMM-keskitinasennukset. Sisäinen verkkodokumentti.
27.2.2012. Luettu 13.11.2012.
- 30 Fortum oyj. 2012. Tapani-myrskyt katkoivat sähköt laajoilta alueilta ja aiheuttivat
Fortumille noin 45 miljoonan euron kustannukset. Verkkodokumentti.
<[http://www.fortum.com/fi/media/pages/tapani-myrskyt-katkoivat-sahkot-laajoilta-
alueilta-ja-aiheuttivat-fortumille-noin-45-miljoonan-euron-kustannukset.aspx](http://www.fortum.com/fi/media/pages/tapani-myrskyt-katkoivat-sahkot-laajoilta-
alueilta-ja-aiheuttivat-fortumille-noin-45-miljoonan-euron-kustannukset.aspx)>.
5.1.2012. Luettu 18.1.2012.
- 31 Finlex lainsäädäntö. 1995. Sähkömarkkinalaki 386/1995. Verkkodokumentti.
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950386>>. 17.3.1995.
Luettu 15.12.2012.
- 32 Työ- ja elinkeinoministeriön energiaosasto. 2012. Työ- ja elinkeinoministeriön
ehdotus toimenpiteistä sähkönjakelun varmuuden parantamiseksi sekä sähkö-
katkojen vaikutuksen lieventämiseksi. Verkkodokumentti.
<[http://www.tem.fi/files/32354/Muistio_TEMin_ehdotuksiksi_toimitusvarmuudesta
_16032012_final_clean.pdf](http://www.tem.fi/files/32354/Muistio_TEMin_ehdotuksiksi_toimitusvarmuudesta
_16032012_final_clean.pdf)>. 16.3.2012. Luettu 5.1.2013.
- 33 Fortum Oyj. 2012. Fortum Sähkövahti. Verkkodokumentti.
<[http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/asiakaspalvelu-ja-
ohjeet/hairiot-ja-vikailmoitukset/fortum-sahkovahti-palvelu/pages/default.aspx](http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/asiakaspalvelu-ja-
ohjeet/hairiot-ja-vikailmoitukset/fortum-sahkovahti-palvelu/pages/default.aspx)>.
10.12.2012. Luettu 5.1.2013.


Fibox-pylväsvarokeytkinasennus



Ei säävarma -keskitinasennus



Esitarkastuspöytäkirja

KESKITINASENNUKSEN ESITARKASTUSPÖYTÄKIRJA		 Fortum														
<input type="checkbox"/> Puistomuuntamo <input type="checkbox"/> Kiinteistömuuntamo <input type="checkbox"/> Maajakokaappi <input type="checkbox"/> Tiilikoppimuuntamo <input type="checkbox"/> Pylväsmuuntamo <input type="checkbox"/> Muu: _____																
Esitarkastustiedot	Yritys: _____ Esitarkastuksen tekijä: _____ Puhelinnumero: _____ (Sähköposti): _____															
Kohteen tiedot	Muuntamoid/nimi: _____ Jakeluverkkoalue: _____ Muuntamon valmistaja (esim. Mela, SST, Elkamo): Onko keskittimen sähkösyöttö valmiina: <input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei Mistä keskittimelle saa sähkösyötön: <input type="checkbox"/> omk <input type="checkbox"/> rinnan kytkentä <input type="checkbox"/> jonovaroke <input type="checkbox"/> pylväsvaroke <input type="checkbox"/> muu															
Tarvikkeet, jos sähkönsyöttö on rakennettava (2. käynti)	Keskittimen syöttökaapeli kytkettävissä pylväsmuuntamon PEN-johtimeen: <input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei Katkotarve: <input type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei Vapaa listaus sähköistyksen liittyvistä tarvikkeista: _____															
Tarvikkeet jotka Eitelin AMM-keskitin-asentaja tarvitsee	Sulakkeet: <input type="checkbox"/> tulppasulake <input type="checkbox"/> automaattisulake <input type="checkbox"/> sulake jonovarokkeeseen <input type="checkbox"/> muu Sulaketyypin lisätiedot (täytä tarvittaessa): _____ Muut tarvikkeet (esim. kaapelikengät): _____															
Muut esitarkastuksessa raportoitavat tiedot	<table border="1"> <tr> <td>Puuvarma ilmajohto:</td> <td><input type="checkbox"/> kyllä, lähdön nro: _____</td> <td><input type="checkbox"/> ei</td> </tr> <tr> <td>Raivauksen tarve:</td> <td><input type="checkbox"/> kyllä</td> <td><input type="checkbox"/> ei</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Etäisyys tiestä: _____</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>Signaalin vahvuus (db):</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Antennityyppi, jolla signaali mitattu:</td> <td><input type="checkbox"/> LP900 (pieni) <input type="checkbox"/> VPD90(suuntaava)</td> </tr> </table> Kiinnitettävä erityistä huomiota työturvallisuuteen (Pysähdy & Mieti): Sisäänkäynti: <input type="checkbox"/> Fortum-sarja-avain <input type="checkbox"/> muu avain Jos muu avain, mikä? _____ Hengenvaara-kyltti <input type="checkbox"/> kunnossa <input type="checkbox"/> puuttuu Muuntamon tunnuskilpi <input type="checkbox"/> kunnossa <input type="checkbox"/> puuttuu Siivoustarve <input type="checkbox"/> kyllä Kommentti: _____			Puuvarma ilmajohto:	<input type="checkbox"/> kyllä, lähdön nro: _____	<input type="checkbox"/> ei	Raivauksen tarve:	<input type="checkbox"/> kyllä	<input type="checkbox"/> ei	Etäisyys tiestä: _____			Signaalin vahvuus (db):	_____	Antennityyppi, jolla signaali mitattu:	<input type="checkbox"/> LP900 (pieni) <input type="checkbox"/> VPD90(suuntaava)
Puuvarma ilmajohto:	<input type="checkbox"/> kyllä, lähdön nro: _____	<input type="checkbox"/> ei														
Raivauksen tarve:	<input type="checkbox"/> kyllä	<input type="checkbox"/> ei														
Etäisyys tiestä: _____																
Signaalin vahvuus (db):	_____															
Antennityyppi, jolla signaali mitattu:	<input type="checkbox"/> LP900 (pieni) <input type="checkbox"/> VPD90(suuntaava)															
Lisätietoja:	_____															
Tarkastuksen tekijä	Päiväys: _____ Allekirjoitus _____															

MSA-kohtaiset keskitinsiirtomäärät**Espoo**

MSA	käyttöpaikalta toiselle käyttöpaikalle	käyttöpaikalta pylväälle	käyttöpaikalta pylväälle ja pylväsvaroke	sähkön­syötön siirtäminen säävarmaan lähtöön	sähkön­syötön siirtäminen ja pylväsvaroke
ESP_1	-	-	1	-	-
ESP_2	3	-	14	1	1
ESP_3	2	1	9	-	2
ESP_4	3	-	2	-	-
ESP_5	0	-	-	-	1
ESP_6	1	-	1	2	-
ESP_7	2	-	9	1	-
ESP_8	3	-	3	-	-
ESP_9	4	1	2	-	-
ESP_10	2	-	2	-	1

Joensuu

MSA	käyttöpaikalta toiselle käyttöpaikalle	käyttöpaikalta pylväälle	käyttöpaikalta pylväälle ja pylväsvaroke	sähkön­syötön siirtäminen säävarmaan lähtöön	sähkön­syötön siirtäminen ja pylväsvaroke
JOE_1	-	-	1	-	-
JOE_2	-	-	1	-	-

Etelä-Suomi

MSA	käyttöpaikalta toiselle käyttöpaikalle	käyttöpaikalta pylväälle	käyttöpaikalta pylväälle ja pylväsvaroke	sähkön­syötön siirtäminen säävarmaan lähtöön	sähkön­syötön siirtäminen ja pylväsvaroke
KEU_1	6	2	14	1	1
KEU_2	4	3	15	-	-
KEU_3	4	-	7	5	14
KEU_4	-	1	-	-	-
KEU_5	8	10	43	1	-
KEU_6	2	1	5	-	-
KEU_7	7	3	3	-	-
KEU_8	3	5	19	3	10
ETE_5	9	5	18	-	8
ETE_6	9	3	38	-	28
ETE_7	7	5	55	-	13

Länsi-Suomi

MSA	käyttöpaikalta toiselle käyttöpaikalle	käyttöpaikalta pylväälle	käyttöpaikalta pylväälle ja pylväsvaroke	sähkön siirtäminen säävarmaan lähtöön	sähkön siirtäminen ja pylväsvaroke
LAN_1	10	11	21	1	1
LAN_2	19	14	19	-	-
LAN_3	13	4	28	3	1
LAN_4	8	6	27	10	16
LAN_5	12	8	15	1	7
LAN_6	4	3	37	2	9
LAN_7	4	6	13	1	2
LAN_8	2	3	9	2	11
LAN_9	5	2	13	2	12
LAN_10	4	3	22	2	2

Lounais-Suomi

MSA	käyttöpaikalta toiselle käyttöpaikalle	käyttöpaikalta pylväälle	käyttöpaikalta pylväälle ja pylväsvaroke	sähkön siirtäminen säävarmaan lähtöön	sähkön siirtäminen ja pylväsvaroke
LOU_1	9	2	48	-	-
LOU_2	30	2	57	-	1
LOU_3	7	5	4	1	-
LOU_4	14	3	65	1	2
LOU_5	9	-	81	-	-
LOU_7	6	2	60	-	2
LOU_8	28	2	35	1	1
LOU_9	3	2	16	2	38
LOU_10	4	5	43	1	33
LOU_11	7	2	36	3	35
LOU_12	20	5	58	-	7