



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MARIA SEITAJÄRVI
TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
ETÄLUETTAVIEN MITTAREIDEN HYÖDYNTÄMINEN
VERKKOLIIKETOIMINNASSA
Diplomityö

Tarkastaja: professori Pertti Järventausta
Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunnan de-
kaani on hyväksynyt tarkastajan ja aiheen
3. tammikuuta 2018

TIIVISTELMÄ

MARIA SEITAJÄRVI: Etäluettavien mittareiden hyödyntäminen verkkoliiketoiminnassa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 59 sivua

Toukokuu 2018

Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Sähköverkot ja -markkinat

Tarkastaja: professori Pertti Järventausta

Avainsanat: etäluettava sähkömittari, sähkönmittaus

Työssä on tutkittu, miten nykyisiä etäluettavia mittareita ja niiltä saatavia tietoja voitaisiin hyödyntää entistä tehokkaammin. Aluksi tutkittiin, mitä mittareilta vaaditaan laeissa ja asetuksissa, mitä niiden tulisi mitata ja mihin tietoja tulee käyttää. Nykyisissä laeissa määritellään, että mittarit on voitava lukea etäyhteyden kautta ja niiden on mitattava sekä kulutettua että tuotettua sähköä. Verkkoyhtiö hallinnoi mittareita ja välittää luentatiedot tasevastaavalle, sähkönmyyjälle ja loppuasiakkaalle. Myös tulevia vaatimuksia tutkittiin. Nykyinen luentaväli on tunti, mutta uudessa sähkömarkkinoita koskevassa asetuksessa EU:ssa tasehallintaväli lyhenee viiteentoista minuuttiin, mikä tarkoittaa myös luentavälin lyhenemistä tulevaisuudessa. Mittareita haluttaisiin käyttää myös kysynnänjoustossa.

Luentatietojen lisäksi mittareilta saadaan tapahtumia ja hälytyksiä, jotka liittyvät keskeytyksiin, sähkönlaatuun ja muihin poikkeamiin. Näiden tietojen hallintaa ja käyttöä nykyhetkellä on tutkittu, sekä pohdittu missä tietoja voitaisiin hyödyntää edelleen.

Työssä on tutkittu kahdeksaa eri lisäkehitysmahdollisuutta, joista kolme valikoitui perusteellisempaan tutkintaan. Eri mahdollisuuksia arvioitiin SWOT-analyysin, toteutuskelpoisuuden, haastattelujen ja jonkin verran myös kirjallisuusanalyysin avulla. Tällä hetkellä toteutuskelpoisimmiksi valikoituneiden kulutus- ja talovahtipalveluiden, loistehoneuvontapalvelun ja mittausrajapintapalvelun mahdollisia toteutustapoja tutkittiin tarkemmin. Lopuksi käytiin vielä läpi lyhyen ja pitkän tähtäimen toimenpiteitä sekä tulevaisuuden näkymiä.

ABSTRACT

MARIA SEITAJÄRVI: Utilization of Smart Meters in Electricity Distribution Business

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 59 pages

March 2018

Master's Degree Program in Electrical Engineering

Major: Electrical Engineering

Examiner: Professor Pertti Järventausta

Keywords: smart meters, smart metering

In this thesis it was examined how the smart meters and smart meter data from the existing meters that currently are in use could be utilized more effectively. Examination was started by studying what are the requirements for meters and meter data in current laws and decree. The meters are required to be remotely accessible and they must measure both produced and consumed electricity. In Finland distribution companies manage meters and distribute the meter data to balance settlement responsible parties, electricity seller and the end customer. Also the requirements of the upcoming laws were examined. Data is now measured every hour, but the balance settlement period is going to be 15 minutes, which means the measurement period is also going to be reduced. Meters are also aimed to be utilized in demand-side management in the future.

In addition to consumption reading data some events and alarms are collected from meters. They are connected to interruptions, power quality and other abnormalities. Utilization of the information gathered from meters is examined in thesis.

In this thesis eight applications for meter data were researched, three of them more deeply. They were evaluated by SWOT-analysis, interviews and in some amount literature analysis. The ones, that were most applicable, were further investigated: consumption alarm and zero-consumption alarm services, reactive power guidance -service and meter data interface. In the end the actions for short and long term were analyzed and some future probabilities were reflected.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty verkkoyhtiö Carunalle opinnäytetyönä. Tarkoituksena on ollut selvittää, mitä nykyisin käytössä olevilla mittareilla voitaisiin vielä tehdä. Työn ohjaajana Carunalla on toiminut Elina Lehtomäki ja tarkastajana Tampereen teknilliseltä yliopistolta Pertti Järventausta. Tahdon kiittää heitä oikein paljon kaikista hyvistä neuvoista työtäni koskien.

Haluan kiittää kaikkia diplomityöprosessissa minua auttaneita henkilöitä Carunalla. Kiitos, kun osoititte kiinnostusta työhöni ja kiitos tiimitovereilleni kärsivällisyydestä. Eri-tyiskiitos kaikille haastatelluille, ohjausryhmäläisille ja mittaustiimiläisille.

Tahdon vielä kiittää perhettäni tuesta koko koulu-urani ajan. Lisäksi erityiskiitos ystäväiläni Heidille ja Lauralle ja poikaystäväilleni Ollille, jotka ovat tukeneet ja auttaneet minua rentoutumaan myös pahimpien stressihuippujen aikana.

Espoossa, 20.5.2018

Maria Seitajärvi

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	DIREKTIIVIKEHITYS JA VAATIMUKSET	2
	2.1 Nykyiset lait ja vaatimukset	2
	2.2 Direktiivikehitys.....	6
3.	NYKYTILASELVITYS	9
	3.1 Mittarit.....	9
	3.2 Mittarin tiedonsiirto.....	12
	3.3 Mittaustietoa käsittelevät ohjelmistot.....	15
	3.3.1 Luentajärjestelmä	15
	3.3.2 Mittaustiedonhallintajärjestelmä.....	16
	3.3.3 Asiakas- ja laskutustietojärjestelmä	16
	3.3.4 Verkonhallintajärjestelmä	17
	3.3.5 Verkkotietojärjestelmä	17
	3.3.6 Energiaseurantapalvelu	17
	3.3.7 QlikView	18
4.	MITTAREIDEN TARJOAMAN TIEDON HYÖDYNTÄMISEN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET	19
	4.1 Kulutustiedot	20
	4.2 Keskeytystiedot	22
	4.3 Sähkönlaatutiedot	24
	4.4 Tuotantotiedot	25
	4.5 Kuormanohjaus	25
5.	KEHITYSTOIMENPITEIDEN ANALYSOINTI.....	27
	5.1 Loistehokohteiden tunnistus ja loistehoneuvonta	27
	5.2 Kulutus- ja talovahti	28
	5.3 Liittymien tehonylytysten seuranta	30
	5.4 Mittaritietojen käsittely rajapinta	32
	5.5 Ilmoittamattoman tuotannon seuranta	35
	5.6 Kytkenätilan seuranta verkkokartalla.....	36
	5.7 Sähkönkulutuksen kasvun ennustaminen.....	38
	5.8 Kunnossapidollinen jännitetason ja tehosymmetrian seuranta.....	41
	5.9 Muita hyödyntämiskohteita.....	43
	5.10 Toimenpiteiden priorisointi.....	44
	5.10.1 Kulutus- ja talovahti- palveluiden toteutus	44
	5.10.2 Mittaritietojen rajapinnan toteutus	47
	5.10.3 Loistehokohteiden tunnistus ja loistehoneuvonta -palvelun toteutus 48	
	5.11 Lyhyen tähtäimen toimenpiteet.....	50
	5.12 Pitkän aikavälin toimenpiteet.....	51
6.	TULEVAISUUDEN TARPEET JA MAHDOLLISUUDET	52

7. YHTEENVETO	53
LÄHTEET	55

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1. Carunan mittarityyppien jakautuminen.</i>	10
<i>Kuva 2. Mittareiden kommunikointi</i>	13
<i>Kuva 3. Mittaustiedon hallinta pääpiirteittäin</i>	14
<i>Kuva 4. Kulutustietojen käyttäjät ja käyttökohteet</i>	20
<i>Kuva 5. Energiaseuranta tariffivertailunäkymä [40]</i>	21
<i>Kuva 6. SWOT -analyysi loistehoneuvontapalvelusta</i>	28
<i>Kuva 7. SWOT- analyysi kulutus- ja talovahtipalveluista</i>	29
<i>Kuva 8. SWOT-analyysi liittymien ylitysten seuranta</i>	31
<i>Kuva 9. SWOT-analyysi mittaritietojen rajapinnan tarjoamisesta</i>	34
<i>Kuva 10. SWOT-analyysi RVEN-tapahtumien käyttöönotosta</i>	36
<i>Kuva 11. SWOT-analyysi kytkentätilan seurannasta verkkokartalla</i>	37
<i>Kuva 12. Työkalu kulutuksen kasvun ennustamiseen. [52]</i>	39
<i>Kuva 13. Skenaariotyökalun tietolähteet</i>	40
<i>Kuva 14. SWOT-analyysi kulutuksen ennustamiseen käytettävästä työkalusta</i>	41
<i>Kuva 15. SWOT-analyysi jännitetason ja tehosymmetrian seurannasta kunnossapidon apuna</i>	42

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AMI	Automatic Meter Infrastructure
AMR	Automatic Meter Reading
CLEEN	Cluster for Energy and Environment
DCRC	Data Concentrator Reconnection Check
DMS	Distribution Management System
EU	Euroopan Unioni
Eurelectric	The Union of Electricity Industry
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
NBS	Nordic Imbalance Settlement
NES	Networked Energy Services
NIS	Network Information System
PLC	Power Line Communication
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SGEM	Smart Grids and Energy Markets
THD	Total Harmonic Distortion (kokonaissärö)
α	Asiakasryhmäkohtainen lämpötilariippuvuus
c_p	Veden ominaislämpökapasiteetti
$\Delta P(t)$	Kulutetun energian lämpötilariippuvainen osa ajanhetkellä t
I	Virta
P_{ref}	Vertailulämpötilassa kulutettu energia
$P(t)$	Kulutettu lämpöenergia ajanhetkellä t
Q	Lämmittämiseen kulunut energia
ρ	veden tiheys (1000 kg/m ³)
$S_{N\ vpkunta}$	kunnan normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla vertailukaudella 1981-2010
$S_{toteutunut\ kunta}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla
t_1	Lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5...10 °C

t_2	Lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C
T_{ave}	Lämpötilan keskiarvo
T_{ref}	Vertailulämpötila
V	Kuluneen veden määrä (m ³)
V	Jännite

1. JOHDANTO

Caruna on vuonna 2014 perustettu asiakasmäärältään Suomen suurin sähkönsiirtoyhtiö. Caruna vastaa 672 000 yksityis- ja yritysasiakkaan sähkönsiirrosta [1]. Siirretyn sähkön mittaamiseen käytetään sähkömittareita, joista lähes kaikki ovat olleet etäluettavia vuodesta 2014. Mittarit mittaavat sähkönkulutuksen tuntitasolla. Niistä suurin osa on suoria mittareita, loput epäsuoria virtamuuntajan kautta toimivia mittareita. Carunalla on käytössään NES-mittareita (ent. Echelon) sekä Landis+Gyrin valmistamia epäsuoria mittareita.

Etäluettavat mittarit ovat tärkeä osa sähköverkon kehittämistä älykkäämpään suuntaan. Mittareilla voidaan mitata sähkön siirtymistä molempiin suuntiin, niitä voidaan ohjata etäkäytöllä ja ne toimittavat tuntimittaustietojen lisäksi erilaisina tapahtumina ja hälytyksinä tietoa mittarin nykytilasta ja sähkönlaadusta. Mitattu kulutustieto on tarkempaa ja luotettavampaa kuin aiemmilla mittareilla.

Tämän työn tavoitteena on kartoittaa mittareiden käyttöä Carunan liiketoiminnassa nykypäivällä sekä sitä, miten nykyisiä mittareita voidaan hyödyntää entistä monipuolisemmin tulevaisuudessa. Mittareiden käyttöikä on mittarityypistä riippuen noin 15-20 vuotta, joten niillä on vielä reilusti käyttöaikaa jäljellä. Työssä on käyty läpi lakien ja direktiivien asettamia vaatimuksia sekä muita energia-alalla voimassa olevia ja tulevia vaatimuksia. Työssä kartoitettiin myös mittareiden toimintaa, mittareiden tiedonsiirtoprosessia sekä nykyisiä käyttökohteita.

Tiedonkeräämiseen on käytetty kirjallisten lähteiden lisäksi yrityksen sisäisten asiantuntijoiden haastatteluja sekä työn ohessa karttunutta kokemuseräistä tietoa järjestelmien käytöstä ja toiminnoista. Toimenpiteiden arviointiin käytettiin lisäksi SWOT-analyysiiä.

Tarkoituksena on määrittää toimenpiteitä, joilla nykyisin käytössä olevia mittareita voitaisiin hyödyntää entistä laajemmin. Carunan yksi avaintavoitteista on olla mahdollisimman asiakaslähtöinen, minkä vuoksi myös tässä työssä asiakastyytyväisyydellä on suuri painoarvo, kun arvioidaan toimenpiteistä saatavia hyötyjä. Kolme toimenpide-ehdotusta valikoitui tarkempaan tarkasteluun toteutuksen osalta. Lopuksi arvioidaan, millaisia tulevaisuuden näkymiä mittareiden osalta on edessä pitkällä tähtäimellä.

2. DIREKTIIVIKEHITYS JA VAATIMUKSET

Tässä luvussa tutustutaan sähkömittareita koskeviin lakeihin ja vaatimuksiin. Aluksi käsitellään tällä hetkellä voimassa olevia lakeja ja asetuksia, sekä yleisiä suosituksia. Myöhemmin siirrytään tuleviin lakeihin, asetuksiin ja odotuksiin. Lait ja asetukset sekä mitaussuosituksukset ovat olleet pohjana mittareiden hankintaprosessissa ja nykyisten mittareihin liittyvien palvelujen luomisessa. Tulossa oleviin vaatimuksiin tutustuminen auttaa tulevien tarpeiden arvioinnissa.

2.1 Nykyiset lait ja vaatimukset

Euroopan unioni on asettanut tavoitteeksi vuonna 2009, että 80%:ssa eurooppalaisista kodeista on etäluettava sähkömittari vuoteen 2020 mennessä [2]. Tämä johti Suomessa mittausasetuksen 66/2009 luomiseen. [3] Tämän seurauksena Suomi on yhtenä ensimmäisistä maista Euroopassa saavuttanut tämän tavoitteen jo vuonna 2013, jolloin mittarienvaihtoprojekti saatiin päätökseen. Tämä tarkoittaa, että lähes kaikilla sähkönkäyttöpaikoilla on siirrytty perinteisistä analogisista tai elektronisista mittareista etäluettavaan mittareihin [4]. Nyt mittareilla voidaan mitata sekä verkosta otettua että sinne syötettyä sähköä ja mittautiedot saadaan luettua etäyhteydellä.

Tällä hetkellä voimassa olevan vuonna 2013 säädetyn Sähkömarkkinalain 588/2013 pykälässä 22 veloitetaan verkonhaltija järjestämään taseselvityksen ja laskutuksen perustana olevan sähköntoimituksen tuntikohtaisen mittauksen. Verkonhaltijan tulee rekisteröidä mittautiedot ja ilmoittaa ne sähkömarkkinoiden osapuolille eli asiakkaalle ja asiakkaan sähkönmyyjälle sähkönkäyttöpaikka- tai mittauskohtaisesti. Mittauspalvelun avulla on pyrittävä edistämään verkonkäyttäjien säästäväistä ja tehokasta sähkönkäyttöä sekä sähkönkäytön ohjausmahdollisuuksia. [5] Sähkömarkkinalain pykälää 22 on tarkennettu valtioneuvoston asetuksilla. Asiakkaalla on oikeus saada omaa sähkönkäyttöpaikkaansa koskevat mittautiedot ilman erillistä korvausta. Mittautiedot on toimitettava asiakkaalle viimeistään samanaikaisesti, kuin ne on luovutettu tai valmistunut luovutettavaksi asiakkaan sähkönmyyjälle. Tieto luovutetaan sähkönkäyttöpaikkakohtaisesti sellaisessa muodossa, joka vastaa toimialan ja verkonhaltijan yleisesti noudattamaa menettelytapaa. [3]

Sähköntoimituksen laskutuksen lisäksi mittareilta saatavaa kulutustietoa käytetään taseselvityksessä. Taseselvityksen verkkoalueellaan hoitaa jakeluverkonhaltija, joka välittää tarvittavat tiedot eSett:lle, joka on Nordic Imbalance Settlementin (NBS) mukaisesti pohjoismaiden taseselvityksestä huolehtiva organisaatio. Uusi taseselvitysmalli on otettu käyttöön toukokuussa 2017. [6] Kun datahub otetaan käyttöön, datahub suorittaa taseselvityksen ja välittää tiedot eSettille. [7]

Valtioneuvoston asetuksen 217/2016 määrittelyn mukaan taseselvityksessä selvitetään kunkin tasatunnin aikana toteutuneet sähköntoimitukset perustuen tuntimittaukseen. Taseselvityksen perusteella määritetään kullekin taseselvityksen piiriin kuuluvalla sähkömarkkinoiden osapuolelle sähkötase sähkön käytölle ja toimitukselle sekä mahdolliselle sähkön tuotannolle ja hankinnalle ja lasketaan niiden tasepoikkeamat kyseisen tasatunnin aikana. Sähkömarkkinalaissa veloitetaan sähkönjakeluyhtiö tarjoamaan taseselvityspalvelu kaikille sähkömarkkinoiden osapuolille syrjimättä, tasapuolisesti ja rajoittamatta sähkökaupan kilpailua [5]. Verkonhaltijan on ilmoitettava taseselvityksyksikölle asetuksen mukaan [8]:

- 1) Tuntimittauksen piirissä olevien toimitusten kokonaismäärä kunkin mittausalueellaan toimivan taseselvitettävän osapuolen osalta;
- 2) Taseselvityksen piiriin kuuluvat tuotantotiedot tuotantoyksiköittäin mittausalueellaan toimivien taseselvitettävien osapuolten osalta;
- 3) Rajapisteen mittauksen summatiedot muihin mittausalueisiin nähden ja;
- 4) Sähkötase häviöille ja hävikille, jos mittausalueeseen kuuluu jakeluverkkoa, sekä mittauksen ja tyyppikuormituskäyrän yhdistelmään perustuvien toimitusten kokonaismäärä mittausalueella.

Mittaustiedon luovuttamiseen muille kuin asiakkaan sähköntoimittajalle tai tasevastavalle, on oltava asiakkaan suostumus. Mittaustiedot ovat henkilökohtaisia tietoja ja niitä on käsiteltävä EU:n tietosuojasetuksen 679/2016 määräämällä tavalla [9]. [3] Mittaustiedot ovat arkaluontoista tietoa, koska kulutusta analysoimalla voi saada asiakkaasta yksityistä tietoa. Analyysissä voidaan saada selville sähkönkäyttäjän taloudellinen tilanne tai tietoa, milloin kulutuspaikalla ei ole ketään paikalla. [10]

Koska mittareilta saatavat tiedot ovat luottamuksellisia on erityisen tärkeää, että tietoturva on kunnossa jokaisessa vaiheessa. Energiateollisuuden tuntimittaus suosituksissa vuodelta 2016 mainitaan, että tietoturva muodostuu monista eri osa-alueista ja tietojen säilyminen ja tietoturva tulee olla turvattu myös, kun luontajärjestelmä on vioittunut. Etäluontajärjestelmän kaikkien osien tulisi olla suojattuja niin fyysisiltä hyökkäyksiltä, kuin ohjelmistohyökkäyksiltäkin. [11]

Tuntimittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän järjestelmän vähimmäisvaatimuksiksi on valtioneuvoston asetuksessa 66/2009 luvussa 6 säädetty, että [3]:

- 1) mittauksen tulee olla etäluettava,
- 2) mittalaitteen tulee mitata yli kolmen minuutin pituisen katkon alku- ja päättymisajankohdat,
- 3) mittalaitteiston tulee vastaanottaa ja toteuttaa tai välittää eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjaustoimintoja,
- 4) mittaustieto sekä jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tulee tallentaa verkonhaltijan mittaustietojärjestelmään, jossa tuntiluontatiedot tulee säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitekatkotiedot vähintään kaksi vuotta,

- 5) mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoja käsittelevän tietojärjestelmän tulee olla asianmukaisesti suojattu.

EU-direktiivin 2014/32/EU liitteessä 1 annetaan mittauslaitteille olennaiset vaatimukset. Valtioneuvoston asetus mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista vuodelta 2016 perustuu tähän direktiiviin. Mittalaitteita vaativien tarkoituksena on varmistaa, että kaikki osapuolet voivat luottaa mittaustuloksiin määritellyissä olosuhteissa. [12]

Mittauslaitelaissa 707/2011 määritetään, että mittalaitteen tulee toimia luotettavasti ja mittaustulosten virheet eivät saa ylittää määrättyjä suurimpia sallittuja virheitä. [13] Tätä on tarkennettu valtioneuvoston asetuksessa 1432/2016 mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista. Asetus määrittelee erilaisissa tiloissa sijaitsevien sähkö- ja lämpöenergiamittareiden tarkkuusluokat. Asuinympäristössä sisätiloissa sijaitsevan mittarin tarkkuusluokka on oltava 1-vaiheisella mittarilla A, B tai C luokka ja 3-vaiheisella mittarilla B tai C luokka. Liiketilaisissa ja kevyen teollisuuden tiloissa sekä ulkotiloissa sähköenergiamittareiden tarkkuusluokan tulisi olla B tai C. [14] EU-direktiivissä 2014/32/EU määritetään eri tarkkuusluokille sallitut virheet, jotka näkyvät taulukosta 1 [12].

Taulukko 1. Suurimmat sallitut mittausrvirheet eri virta-alueilla [12].

Suurimmat sallitut virheet prosentteina nimellisissä käyttöedellytyksissä sekä määritellyt kuormitusvirta-alueet ja toimintalämpötila												
	Toimintalämpötila-alue			Toimintalämpötila-alue			Toimintalämpötila-alue			Toimintalämpötila-alue		
	+ 5 °C ... + 30 °C			10 °C ... + 5 °C tai + 30 °C ... + 40 °C			- 25 °C ... - 10 °C tai + 40 °C ... + 55 °C			40 °C ... - 25 °C tai + 55 °C ... + 70 °C		
Mittariluokka	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Yksivaihemittari; Monivaihemittari symmetrisellä kuormalla												
$I_{\min} \leq I < I_{tr}$	3,5	2	1	5	2,5	1,3	7	3,5	1,7	9	4	2
$I_{tr} \leq I \leq I_{\max}$	3,5	2	0,7	4,5	2,5	1	7	3,5	1,3	9	4	1,5
Yksivaihekuormalla käytettävä monivaihemittari												
$I_{tr} \leq I \leq I_{\max}$, katso jäljempänä määritely poikkeus	4	2,5	1	5	3	1,3	7	4	1,7	9	4,5	2
Käytettäessä sähkömekaanisia monivaihemittareita yksivaihekuormalla virta-alue rajataan välille $5I_{tr} \leq I \leq I_{\max}$.												

Jännitealue on oltava vähintään $0,9 \cdot U_n \leq U \leq 1,1 \cdot U_n$ ja taajuuden alue vähintään $0,98 \cdot f_n \leq f \leq 1,02 \cdot f_n$. Tehokertoimen on oltava $\cos\varphi = 0,5_{\text{ind}}$ ja $\cos\varphi = 0,8_{\text{kap}}$ välillä. [12] Tarkempaa tietoa tarkkuusluokista löytyy standardeista IEC62053-21/-22 sekä EN50470-1, EN50470-2 ja EN50470-3.

Mittareiden hankinnassa ja huollossa on otettava huomioon, että mittareiden on sähkölaitteina oltava CE-merkittyjä, niissä on oltava erillinen merkintä, että ne täyttävät EU-direktiivin 2014/32/EU vaatimukset ja niiden on täytettävä sähköturvallisuuslain määräykset [12]. Mittareista ei saa aiheutua vaaraa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle, eivätkä ne saa aiheuttaa kohtuuttomia sähköisiä tai sähkömagneettisia häiriöitä. Mittareihin ei saa aiheutua helposti häiriöitä johtuen ulkoisista sähköisistä tai sähkömagneettisista häiriöistä. [15]

Vuoden 2016 asetuksen 217 luvun 6 mukaan verkonhaltijan tulee toimittaa asiakkaan erillisestä tilauksesta tämän käyttöön tuntimittauslaitteisto, jossa on standardoitu liitäntä reaaliaikaista sähkönkulutuksen seurantaan varten. Mikäli sähkönkäyttöpaikalla on enintään 100 kilovoltiampeerin tuotantolaitos tai useampi samalla sähkönkäyttöpaikalla sijaitseva tuotantolaitos muodostaa enintään 100 kilovoltiampeerin voimalaitoksen, niitä ei tarvitse varustaa erillisellä mittauslaitteistolla, jos käyttöpaikan mittarilla pystytään mittaamaan myös verkkoon syötetyn sähkön. Verkonhaltijan tulee kuitenkin asiakkaan sitä pyytäessä toimittaa mittalaitteisto sähköntuotannon erillistä mittausta varten. Sama koskee sähköajoneuvon latauspisteen sähköntoimituksen erillistä mittausta. Sähköntuotannon tai sähköajoneuvon latauspisteen erillistä mittaria varten tulee luoda oma käyttöpaikkansa. [8]

Sähkönkäyttöpaikan tuntimittauslaitteisto on vuoden 2016 asetuksen 217 mukaan luettava vähintään kerran vuorokaudessa, mikä onkin tällä hetkellä Carunalla käytäntönä. Muut kuin etäluettavat tuntimittauslaitteistot on luettava vähintään neljä kertaa vuodessa. [8] Työ- ja elinkeinoministeriön asetuksen 273/2016 sähkökaupassa ja sähköntoimitusten selvityksessä noudatettavasta tiedonvaihdosta mukaan verkonhaltijan on toimitettava käyttöpaikka- tai mittauskohtaisesti tuntimittauskohteiden kulutuksen alustavat tiedot toimituspäivää seuraavana toisena päivänä kello 11 mennessä ja lopulliset tiedot toimituspäivää seuraavana 11 päivänä kello 24 mennessä taseselvitettävälle osapuolelle. Tänä aikana mittaustietoja voidaan vielä korjata, mikäli niissä on virheitä. Verkonhaltijan on toimitettava myös mittausalueellaan toimivalle vähittäismyyjälle taseselvityksen yhteydessä lasketut osapuolen mittauksen ja tyyppikuormituskäyrän yhdistelmään perustuvien toimitusten tyyppikäyttäjryhmäkohtaiset kokonaismäärät samalla aikataululla. [16] Asetuksen 217/2016 pykälässä 6 määritellään myös tapaukset, joissa jakeluverkonhaltijan on sallittua arvioida sähkönkulutus sähkönkäyttöpaikan aikaisempaan kulutukseen perustuen:

- 1) Sähköä ei ole voitu mitata, koska mittauslaitteisto on vikaantunut;
- 2) Mittaustiedot eivät ole saatavilla etäluettavan mittauslaitteiston tiedonsiirtohäiriön vuoksi;
- 3) Mittauslaitteiston luenta kuuluu loppukäyttäjän vastuulle, eikä tämä ole ilmoittanut mittarilukemaa kyseiseltä laskutuskaudelta;

- 4) Verkonhaltijalla ei ole pääsyä mittauslaitteistolle, eikä loppukäyttäjä ole toimitanut verkonhaltijan määrittämässä kohtuullisessa määräajassa mittarilukemaa verkonhaltijan sitä tiedusteltua.

Jakeluverkonhaltijan on julkaistava selvitys käyttämästään arviointimenetelmästä. [8]

2.2 Direktiivikehitys

Tällä hetkellä EU:ssa on kehitteillä uusi sähködirektiiviehdotus 10691/1/17 ”Puhdasta energiaa kaikille eurooppalaisille” korvaamaan vuoden 2009 direktiiviä Euroopan sisäisistä sähkömarkkinoista. Direktiivi on tällä hetkellä vasta ehdotus, mutta se on ollut jo Euroopan komission, Euroopan talous- ja sosiaalikomitean ja aluekomitean, jäsenmaiden sekä toiseen kertaan eurooppalaisen sähköteollisuuden etujärjestön Eurelectricin (The Union of Electricity Industry) tarkistuksessa 31. lokakuuta 2017. Myös Suomen energiateollisuus ry on ottanut ehdotuksen vastaan positiivisin mielin ja antanut parannusehdotuksia ehdotuksiin [17]. Ehdotus koskee Euroopan unionin uusia energiamarkkinoita, joiden tarkoitus on olla avoin kaikille toimijoille. Lakialoitteen tavoitteena on vahvistaa sähkönkäyttäjän asemaa ja siirtyä kohti ympäristöystävällisempää yhteiskuntaa älykkäämmän sähköverkon avulla. Aloitteella pyritään avoimiin sähkömarkkinoihin, joissa eri Euroopan maiden välillä voitaisiin käydä sähkökauppaa ja kysyntäjoustolla olisi suurempi rooli. [18]

Yksi osa kysyntäjouston roolin kasvatusta on loppuasiakkaan mahdollisuus osallistua aktiivisesti markkinoihin ja säätää kulutustaan reaaliaikaisesti, mikä vaatii älykästä sähkömittaria. Asiakkaan pitäisi pystyä osallistumaan kysyntäjoustoos sekä siirtämällä sähkönkulutushuippujaan, itse tuottamallaan sähköllä että pudottamalla tarpeen mukaan kulutustaan reaaliaikaisten hintasignaalien perusteella. Ehdotuksessa arvioidaan, että loppuasiakkaan mahdollisuudet osallistua paranevat lämpöpumppujen, sähköautojen ja muiden säädettävien kuormien lisääntyessä. [18]

Tulevaisuudessa vaaditaan, että loppuasiakas saisi tarkastella kulutustaan lähes reaaliajassa. Nykyisin Carunan asiakas pääsee tarkastelemaan kulutustaan noin vuorokauden sisällä verkkopohjaisesta energiaseurantapalvelusta. Siellä asiakas pystyy vertailemaan omaa kulutustaan aiempiin kuukausiin ja seuraamaan tuntikohtaisia kulutuspiikkejä. Jotta nykyisillä mittareilla päästäisiin edes lähes reaaliaikaiseen kulutuksen seurantaan, mittariin on asennettava erillinen näyttö, jolta voi seurata kulutusta. Carunalla käytössä olevissa mittareissa on pulssilähtö, johon erillisen näytön voisi asentaa. Kulutusta on mahdollista mitata reaaliaikaisesti, mutta mittaustiedon tarkistaminen ja vahvistaminen vievät aikaa. Tässä EU:n ehdotuksessa lähes reaaliajalla tarkoitetaan hyvin lyhyttä aikaa. Mittariin pitäisi siis mitata kulutus, käsitellä mittaustieto ja lähettää se eteenpäin paljon nykyistä nopeammin. [18]

Jotta saataisiin rakennettua EU:n ehdotuksen mukainen toimiva älyverkko, tarvitaan älykkeitä sähkömittareita, joiden tulee olla yhteensopivia eri sähköisten ja tietoteknisten järjestelmien kanssa sekä asiakkaan energianhallintajärjestelmien kanssa. Ehdotetun direktiivin artiklassa 20 annetaan määräykset uusille etäluettaville mittareille sekä vanhoja etäluettavia mittareita korvaaville mittareille. Ehdotus ei kuitenkaan velvoittaisi vaihtamaan nykyisiä etäluettavia mittareita uusiin ennen mittarin luonnollisen eliniän päättymistä. Uusien mittareiden tulisi mitata sähkönkulutusta luotettavasti ja mittareiden on mitattava myös verkkoon syötettyä asiakkaan tuottamaa sähköä. Asiakkaan tulisi saada kulutustietonsa lähes reaaliajassa. Kulutustiedot pitäisi tarjota asiakkaan pyynnöstä helposti ja tietoturva-asetuksia noudattaen ilman korvausta standardisoidun rajapinnan tai etäyhteyden kautta. Kulutustiedot on voitava tarjota asiakkaan haluamalta aikaväliltä ja tietojen pitää olla tarkistettuja. Asiakkaan pääsyllä mittaustietoihinsa tuetaan muun muassa automaattisia energiatehokkuusohjelmia ja kysyntäjoustoa. Tiedon perusteella asiakas voi muokata kulutustaan. Asiakkaan on myös saatava tietoa ja ohjeita mittarin käytöstä jo joko ennen mittarin asennusta tai sen aikana. Asiakkaalle tulisi antaa ohjeistusta erityisesti kulutustietojen hallintaa ja seurantaa koskien. Asiakkaan sitä pyytäessä hänelle on myös toimitettava mittarin asennusta ja poistoa koskeva data. [18]

Suomessa ja muualla EU:ssa ollaan siirtymässä tuntitaseesta niin kutsuttuun varttitaseeseen, jossa taseselvitysjakso lyhentyisi tunnista 15 minuuttiin EU-komission asetuksen 2195/2017 sähköjärjestelmän tasehallintaa koskevista suuntaviivoista seurauksena [19]. Tällöin kaikki toteutuneet sähkökaupat selvitetään suhteessa toteutuneeseen tuotantoon ja/tai kulutukseen 15 minuutin selvitysjaksoittain päivänsisäisillä markkinoilla. Tällä pyritään siihen, että sähkön hinta on lähempänä todellista hintaa tunnin keskiarvon sijaan. Erityisesti lisääntynyt hajautettu, uusiutuva tuotanto on lisännyt tarvetta lyhyemmälle tarkastelujaksolle perinteisen helposti säädettävän sähköntuotannon vähentyessä. Pohjoismaisten kantaverkkoyhtiöiden teettämän kustannushyötyanalyysin perusteella vaikutukset ovat positiivisia erityisesti säätömarkkinoiden kannalta ja maiden välisten rajasiirtoyhteyksien käyttö paransi [20]. Varttitase koskisi kantaverkkoa, jakeluverkkoa, tasevas- taavia, sähkönmyyjiä, sähkönkäyttäjiä ja palveluntoimittajia. Pohjoismaiset kantaverkko- yhtiöt esittävät siirtymäajaksi vuotta 2020 teettämänsä kustannushyötyanalyysin perus- teella. [21] Analyysin mukaan pienimmät hyödyt saadaan varhaisella (2018) tai myöhäi- sellä (2025) käyttöönotolla [20].

EU-asetuksen 2195/2017 mukaan kaikkien jäsenvaltioiden siirtoverkonhaltijoiden on tehtävä taseselvitys 15 minuutin taseselvitysajaksolla viimeistään kolmen vuoden kuluttua asetuksen voimaantulosta. Vaatimukseen on mahdollista hakea lykkäystä, jos synkroni- alueen siirtoverkonhaltijat hakevat sitä yhdessä. [19] Myös kansallista lykkäystä voi ha- kea maksimissaan 1.1.2025 asti. Uudessa esityksessä EU:n sähkön sisämarkkina- laiksi on säädetty siirtymisestä varttitaseeseen sähkömarkkinoiden 24 tunnin markkinoiden ja seu- raavan päivän markkinoiden osalta 1.1.2025 mennessä [22].

Vielä ei ole tehty linjausta siitä, mitkä mittaukset siirtyvät varttitaseeseen heti ja mitkä muutetaan varttitaseeseen laskennallisesti tuntimittaustietojen perusteella. Mittareiden osalta vaikutus riippuu siitä, koskeeko 15 minuutin tasejaksoon siirtyminen kaikkia mittareita vai vain osaa. Muutos tuottaa haasteita mittareiden uudelleen ohjelmoinnissa, sekä mittareiden muistikapasiteetissa. [23] Carunalla osa mittareista pystyy uudelleenohjelmoinnin jälkeen 15 minuutin mittausväliin sellaisenaan, osassa muistikapasiteetti tulee vastaan ja osa täytyy vaihtaa. [24]

3. NYKYTILASELVITYS

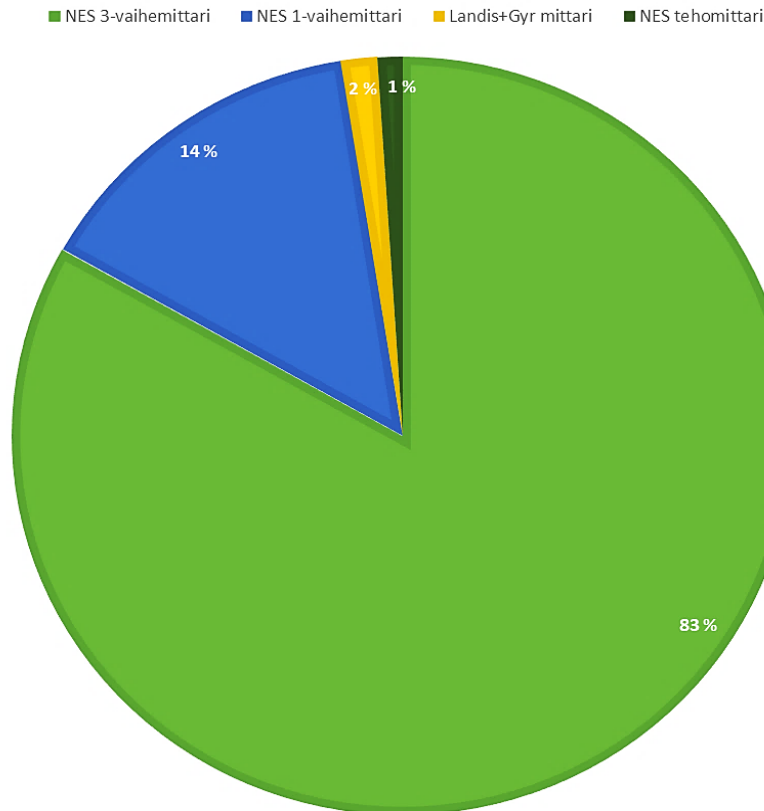
Tässä luvussa käydään läpi, mitä mittareita Carunalla on käytössä, selvitetään mittareiden teknisiä ominaisuuksia ja mittareilta kerättäviä tietoja. Myös käytössä olevien mittareiden tiedonsiirtotapoja analysoidaan sekä eritellään, mihin ohjelmistoihin tiedot siirtyvät.

3.1 Mittarit

Euroopan unionin päätös saada vähintään 80% kuluttajista etäluettavien mittarien piiriin vuoteen 2020 mennessä aiheutti Suomeen etäluettavien mittarien laajamittaisen käyttöön-oton, jonka tuloksena lähes kaikille sähkökäyttöpaikoille asennettiin etäluettava mittari vuoteen 2014 mennessä. Etäluettaviin mittareihin siirtymällä pyrittiin parantamaan energiatehokkuutta sekä vähentämään hiilidioksidipäästöjä. Carunalla käytössä olevat mittarit ovat älymittareita. Etäluettavat mittarit mittaavat energiankulutusta ja lähettävät mittaus-tiedot etäyhteydellä luentajärjestelmään. Älymittarit pystyvät tämän lisäksi vastaanotta-maan suorია käskyjä, mikä mahdollistaa esimerkiksi etäkatkaisut ja -kytkennät sekä kuor-manohjausreleen etäaktivoinnin yö- tai kausisiirtotuotteelle.

Carunalla on tällä hetkellä käytössä 668 388 mittaria, jotka ovat joko suorیا ja epäsuorیا NES-mittareita (ent. Echelon) tai Landis+Gyrin epäsuorیا mittareita. Kuvassa 1 näkyy mittarityyppien jakautuminen. Suurin osa Carunalla käytössä olevista mittareista on suorیا NES-mittareita, joita käytetään useimmiten kohteissa, joiden sulakekoko on alle 63 A. NES-mittarit ovat useimmiten tyypiltään 3-vaiheisia IEC-83332-3XXXX-sarjan mitta-reita tai 1-vaiheisia IEC-83331-1XXXX-sarjan mittareita. Landis+Gyriltä on käytössä alle 63 A kohteissa E450- , E650- ja E600-mallien mittareita. Kohteissa, joiden pääsulak-keet ovat 63 A tai alle, mitataan pelkästään verkosta otettu pätöteho ja verkkoon syötetty pätöteho, jos asiakas on ilmoittanut tuotannosta.

Kohteissa, joiden sulakkeet ovat yli 63 A, käytetään epäsuorیا mittareita, joissa mittaus tapahtuu virtamuuntajien kautta. Jotta mittauksen tarkkuus olisi riittävän hyvä, virtamuunta-jien tarkkuusluokkavaatimukseksi on määritelty 0,2S ja muuntosuhteelle on annettu ra-joituksia [25]. Epäsuoralla mittauksella toteutettavissa kohteissa on käytössä sekä NES:in että Landis+Gyrin mittareita. Landis+Gyrin mittareita käytetään epäsuoraa mittausta vaa-tivissa kaupan ja teollisuuden alan kohteissa ja suuremmissa alueverkon kohteissa ja toi-sinaan suorissa kohteissa, missä PLC-yhteyden kanssa on ongelmia. Epäsuoralla mittauk-sella mitattavissa kohteissa mitataan sekä pätötehoa että loistehoa. Loisteho mitataan mo-lempiin suuntiin, vaikka vain Caruna Espoo Oy:n alueella loistehosta laskutetaan sekä verkkoon syötetty että verkosta otettu loisteho. Mittarit kykenevät mittaamaan tehot mo-lempiin suuntiin, mutta mittauksista tallennetaan vain määritellyt tiedot. [26]



Kuva 1. Carunan mittarityyppien jakautuminen.

Energiateollisuuden suosituksissa määritellään, että mittarilla tulisi olla tarpeeksi tallennuskapasiteettia säilyttääkseen tuntimittaustiedot vähintään taseikkunan eli 11 vuorokauden ajalta ja yli 3 minuutin pituisten katkojen tiedot vähintään viikon ajalta. Tämän lisäksi tietojen pitäisi säilyä tarpeeksi pitkään, jotta tiedot ehditään hakea mittarilta, jos etäluentayhteys ei toimi. Mittaustiedoilla (tuntilukemat sekä muut mittaustiedot) tulee olla aika- ja status, jonka avulla voidaan tutkia tietojen oikeellisuutta. Carunalla nämä tiedot tulevat luontajärjestelmän kautta mittaustiedonhallintajärjestelmä Generikseen, missä ne vielä varmennetaan. [11]

Mittareilla mitataan jännitettä, virtaa, pätö- ja loistehoa sekä energiaa verkkoon ja verkosta. Lisäksi mittarit mittaavat tehokerrointa ja taajuutta. Tuntikulutuksen lisäksi mittarit seuraavat osittain sähkönlaatua ja muodostavat tietyt raja-arvot ylittävistä poikkeamista tapahtumia. Nykyisillä mittareilla ei voida seurata nopeita jännitemuutoksia, mutta hitaampia jännitetason tai virtatason poikkeamia niillä voidaan tallentaa. Etäluettavilta NES-mittareilta toimitetaan Carunalle taulukon 2 mukaiset tapahtumat, joista nollavika-, vaihevika- ja DCRC-tapahtumat tulevat suoraan käyttökeskukseen hälytyksinä. Taulukossa mainittujen tapahtumien lisäksi mittauspalvelujen tarjoaja saa mittareilta myös muita tietoja, kuten ilmoituksen mittarin kannen auki olemisesta, mutta näitä tietoja ei ainakaan toistaiseksi tule Carunan järjestelmiin automaattisesti. Tarvittaessa tiedot ovat saatavissa. Useimmat näistä tapahtumista liittyvät mittarin mahdolliseen vikaantumiseen, mutta palveluntarjoaja saa myös tapahtuman esimerkiksi mittarin kytkimen käytöstä. [14]

Taulukko 2. Mittareilta lähetettävät tapahtumat.

Tapahtuma	Lyhenne	Aiheuttaja
Outage	(LOUT)	Keskeytys kaikilla vaiheilla, kesto yli 3 min
Short Outage	(SOUT)	Keskeytys kaikilla vaiheilla, kesto alle 3 min
Phase Rotation	(ROT)	Vaiheiden järjestys muuttunut
Phase Loss	(PLOSS)	Yhden vaiheen jännitetaso alle 80 voltia, yli 10 s ajan
Surge	(SUR)	Jännitetaso vaiheella yli 253 voltia, yli 5 min ajan
Sag	(SAG)	Jännitetaso vaiheella alle 207 voltia, yli 5 min ajan
Reverse Energy	(RVEN)	Mittari rekisteröi yli 1 ampeerin virran verkkoon päin, yli 10 s ajan
Zero Fault		Mittari havaitsee eri vaiheilla jännitetason laskua ja nousua
Over Current	(OVC)	Ylivirta, yli 3 min ajan. Virtaraja määritetty mittarikohtaisesti
Data Concentrator Reconnection Check	(DCRC)	Keskittin lähettää tietopakettia, jossa tieto mittareista, joihin keskittin ei ole saanut yhteyttä sähkökatkon jälkeen tai mittarilta puuttuu vaihe

Jännitteenlaatu tapahtumien, kuten alijännite (sag) ja ylijännite (surge) sekä ylivirtatapah-
tuman parametrit mittarien haltija voi määrittää. Niille määritetään sallittu kesto sekä hä-
lytysraja prosenttiosuutena. Tapahtumista tallennetaan vaihekohtaisesti määrä sekä ta-
pahtumahetki. Jännitetaso muutoksen on kestettävä säädetyn ajan (0 - 15,555 s), jotta se
tallentuu. Ylivirtatapah-
tumat syntyvät, kun virta jollain vaiheella on yli 10 sekunnin ajan
yli asetetun virtarajan tai mittarin maksimivirran. [12, 27]

Jännitekatkotapahtumista tallennetaan määrän lisäksi katkojen pituus, alkamishetki ja
loppumishetki. Viimeiset 10 keskeytystä säilyvät mittarin muistissa. Lyhyet ja pitkät kes-
keytykset erotellaan toisistaan. Katkot tallentuvat, kun jännite laskee alle säädetyn rajan.
[27]

Vaiheen puuttuessa jännitteen suuruuden ja puuttumisen keston hälytysrajat voidaan molemmat määrittää erikseen tapahtumalle. Carunalla se on säädetty 80 volttiin, mikä on noin 35 %:a jännitteen tehollisarvosta. [27]

Mittarilta on mahdollista saada taajuuteen tai kokonaissäröön liittyviä tapahtumia. Mittari seuraa jatkuvasti taajuutta ja tallentaa suurimman ja pienimmän taajuuden sekä niiden mittaushetket edellisestä nollauksesta lähtien. Mittari mittaa myös kolmen tyyppistä säröä: jännitteen kokonaissäröä (V-THD), virran kokonaissähköä (I-THD) ja tehon kokonaissäröä (VA-THD). Mittari tallentaa kokonaissäröt joka kymmenes sekunti. Kokonaissärön keston voi säätää ennen kuin siitä tallentuu tapahtuma mittarin muistiin. [27] Carunalla näitä tapahtumia ei tallenneta.

Mittarin sisäiseen lokiin tallentuu mittarin mallista riippuen 100 tai 200 viimeisintä tapahtumaa. Kun loki on täynnä, vanhimmat tapahtumat korvataan uudemmilla. Mittarin sisäiseen lokiin tallennettavat tapahtumat voidaan valita. [27]

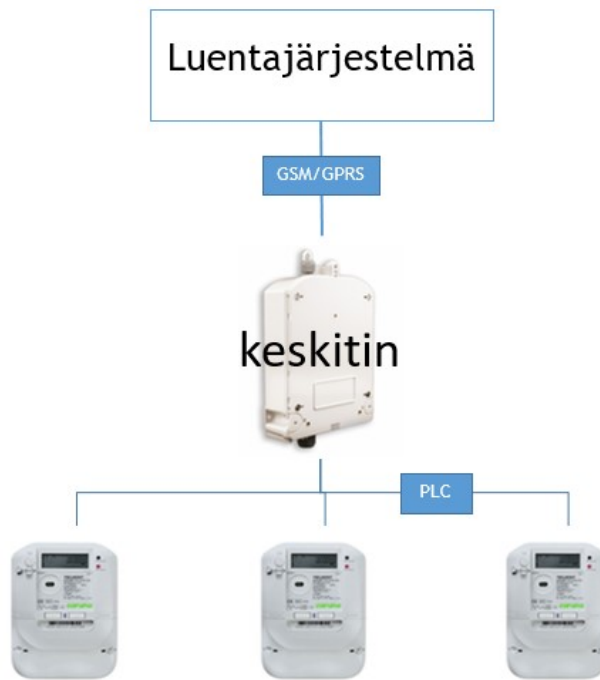
3.2 Mittarin tiedonsiirto

Etäluettaville mittareille on määritelty, että tiedonsiirtoyhteyden tulee olla kaksisuuntainen ja verkkoyhtiön tulee pystyä sen kautta lukemaan luentatiedot mittarilta minä ajanhetkenä tahansa. Tiedonsiirtoprotokollan tulee perustua julkiseen standardiin

Luentatiedot eli asiakkaan kulutustiedot ovat luottamuksellisia, minkä vuoksi tiedonsiirron, -käsittelyn ja -varastoinnin on oltava hyvin tietosuojattua. Carunalla käytettyjen mittarien data on automaattisesti salattua lähtiessään mittarilta [27].

Carunalla käytetyt etäluettavat mittarit kommunikoivat PLC yhteydellä, eli olemassa olevan sähköverkon välityksellä. PLC-kommunikaation ongelmana on, että sähkökatkon aikana yhteys mittarille katkeaa. Näin käy myös, kun mittari on asennettu pääkytkimen taakse ja asiakas katkaisee sähköt pääkytkimeltä. Vanhoissa asennuksissa mittarin asentaminen pääsulakkeiden ja pääkytkimen väliin on yleistä. Uusissa asennuksissa suositus on asentaa mittari ennen pääkytkintä ja laittaa mittarille varoitus, että sähköt eivät katkea mittarilta, kun ne katkaistaan pääkytkimestä [11].

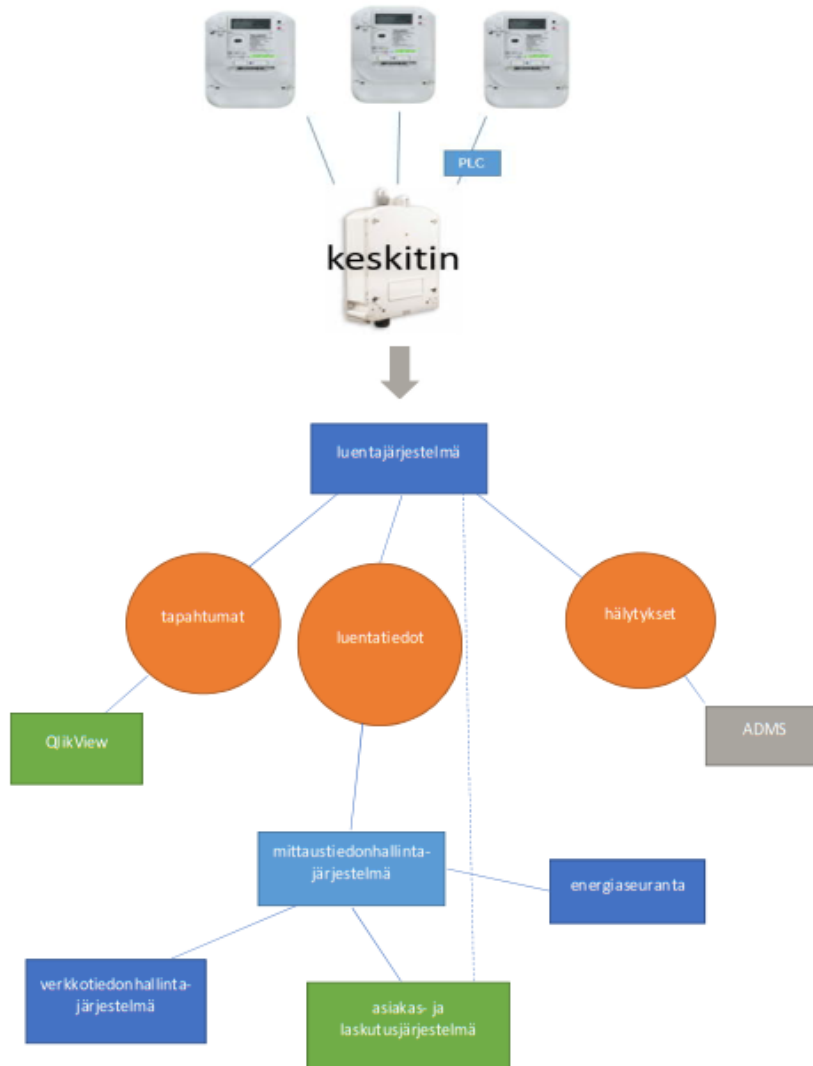
Mittarit ovat PLC-yhteydessä keskittimeen, jolta tiedot tulevat GPRS yhteydellä luenta-järjestelmään, kuten nähdään kuvasta 2.



Kuva 2. Mittareiden kommunikointi

GPRS-yhteys on langaton ja toimii myös pitkillä matkoilla. Sekä PLC-yhteys, että GPRS-yhteys ovat yleisiä mittareiden kommunikointimenetelmiä, sillä ne ovat kustannustehokkaita ja helppoja ylläpitää [28].

Luentajärjestelmän kautta mittarilta saatavat tiedot lähtevät eri muodoissa eri järjestelmiin kuvan 3 mukaisesti. Kuvaan on merkitty katkoviivalla myös asiakas- ja laskutustietojärjestelmästä luentajärjestelmään tuleva yhteys, joka ei kuitenkaan ole vielä käytössä. Asiakastietojärjestelmän kautta otettaisiin reaaliaikainen yhteys luentajärjestelmän kautta mittarille. Ohjelmistot on tarkemmin käyty läpi kappaleessa 3.3.



Kuva 3. Mittaustiedon hallinta pääpiirteittäin

Mittareissa on myös optinen portti, joka mahdollistaa mittarin lukemisen paikan päällä sekä mittarin ohjelmoinnin paikallisesti. [27]

Mittareissa on pulssilähtö, johon voidaan kytkeä kotinäyttö pulssilukijalla tai ottaa pulsstieto asiakkaan järjestelmään paikallisesti. Carunan järjestelmien kautta ei ole mahdollista nykyisellään kerätä reaaliaikaista mittausdataa etäluennalla. Luentatiedot kerätään keskittimeltä kerran vuorokaudessa. Luentatiedot ovat asiakkaan saatavilla kulutushetkestä seuraavana päivänä energiaseuranta-palvelussa.

Kun etäluettaviin mittareihin siirryttiin, tehtiin pilottikokeiluja mittareihin liitettävistä kotinäytöistä. Vuonna 2011 toteutettiin pilottiprojekti mittariin langattomasti radioyhteydellä (2.4 GHz) liitettävästä ZigBee kotinäytöstä, jolla asiakas pystyy seuraamaan reaaliajassa kulutustaan. Pilotti koski 200 käyttöpaikkaa. Vaikeutena oli, että suuri osa käyttöpaikoista on kerrostaloissa, joissa mittarit sijaitsevat mittauskeskuksessa. Tällöin hankaluutena oli, että radioyhteys ei toiminut, kun mittauskeskus saattoi sijaita esimerkiksi

kellarissa. Tästä syystä ryhdyttiin testaamaan yhteyttä langallisesti PLC C-band yhteydellä. PLC C-band pilottiprojekti toteutettiin vuosina 2009-2012. Pilotissa oli mukana 150 käyttöpaikkaa. [29-31]

3.3 Mittaustietoa käsittelevät ohjelmistot

3.3.1 Luentajärjestelmä

Mittarilta tulevat tiedot menevät ensin luentapalveluntarjoajan hallintajärjestelmään, joka tällä hetkellä on Schneider Electricin Titanium. Titanium on mittareiden oma ohjelma, joka kerää lukemat ja tapahtumat mittareilta. Tuntisarjat siirtyvät mittarilta keskittimelle 4 tunnin välein. Päivittäiset tunti-luentatiedot kerätään aina keskiyöllä. Tuntisarjojen oikeellisuus validoidaan joka päivä. Titaniumista otetaan yhteys kello 23-00 kaikkiin keskittimiin jaettuna tunnin sisälle niin, että jokaiseen keskittimeen ei oteta yhteyttä samalla hetkellä ruuhkautumisen estämiseksi. Kello 03-04 otetaan toisen kerran yhteys kaikkiin keskittimiin. Niihin keskittimiin, joiden lukemissa edellisen päivän osalta oli puutteita, otetaan lisäyhteys kello 8-14. [32]

Keskittimiin voidaan ottaa luentajärjestelmän kautta yhteys useammin, jos keskittimen alla on mittareita, joilla on aktivointipyynnöjä auki. Tällöin yhteys otetaan parin tunnin välein. [32]

Luentajärjestelmästä voidaan nähdä sen hetkiset etäkatkaisu- ja kytkentäpyynnöt, jos ne ovat jo edenneet muista järjestelmistä luentajärjestelmään, sekä missä vaiheessa pyynnöt ovat. Myös vanhat etäkatkaisut ja -kytkennät näkyvät luentajärjestelmästä käyttöpaikka-kohtaisesti.

Luentajärjestelmän avulla voidaan tarkistaa mittarin senhetkinen tila ottamalla reaaliaikainen yhteys mittariin. Luentajärjestelmästä nähdään, jos mittarille ei saada yhteyttä. Tällöin mittarin tiedot eivät lataudu tai mittarin kohdalla on vikailmoitus, josta selviää syy, miksi mittarille ei ole yhteyttä. Tyypillisin syy on sähköjen poiskytkentä pääkytkimeltä, jolloin mittarille ei tule sähköjä. Muita syitä ovat esimerkiksi sähkökatkot ja verkostotyöt, joiden takia mittarille tai keskittimelle ei ole yhteyttä.

Mittarit keräävät myös tapahtumia, joista osa on priorisoitu korkeammalle hälytyksiksi, joista esimerkkinä nollavika. Tällöin mittari lähettää tiedon heti keskittimelle ja keskitin välittää sen heti eteenpäin. Valitut hälytykset menevät suoraan ADMS-järjestelmään (Automatic Distribution Management System) käyttökeskukseen. [32]

Järjestelmästä nähdään myös kymmenen viimeisintä keskeytystä tai hälytystä. Luentajärjestelmään tulevat näkyviin kaikki Carunalle toimitettavat tapahtumat, jotka voi nähdä

taulukosta 2. Useampi eri sähkönlaatu tapahtuma samanaikaisesti voi merkitä jotakin tiettyä vikaa. Esimerkiksi jännitteen alenema ja ylijännitetapahtumat eri vaiheilla voivat olla merkki nollaviasta verkossa. Samat tapahtumat usealla eri käyttöpaikalla voivat myös kertoa vian sijainnista verkossa. Tapahtumia tulkittaessa on hyvä tutkia samalla myös naapurikäyttöpaikkojen tilanne, jolloin vian sijainnista ja luonteesta saadaan lisätietoa.

3.3.2 Mittaustiedonhallintajärjestelmä

Kulutustiedot siirtyvät luentajärjestelmän kautta Carunan mittaustieto- ja taseselvitysjärjestelmä Generikseen. Jakeluverkkoyhtiö toimittaa luentajärjestelmän kautta tuntitason mittaustiedot taseselvitysvastaavalle sekä sähkönmyyjille mittauksesta seuraavana päivänä, kun mittaustiedot on varmistettu. Taseselvityksen avulla sähkönkulutus ja -tuotanto pidetään tasapainossa.

Asiakas- ja laskutustietojärjestelmästä lähetetään mittaustiedonhallintajärjestelmään tiedot käyttöpaikasta, asiakkaasta ja sähkönmyyntisopimuksen voimassaolosta. Mittaustiedonhallintajärjestelmästä toimitetaan asiakas- ja laskutustietojärjestelmään tuntiaikasarjat laskutusta varten.

Mittaustiedonhallintajärjestelmässä merkitään mittaustiedolle status sen mukaan, onko mittaustieto puuttuva, epävarma, arvioitu vai mitattu ja mistä tila johtuu. Statuksen perusteella voidaan päätellä, mistä syystä luentatietoja ei olla saatu tai miksi ne saattavat olla virheellisiä. Kun mittaustietoa ei ole, lähetetään asiakashallintajärjestelmään käyttöpaikan aiempaan kulutukseen perustuva arvio, joka korjataan, kun todellinen mittaustieto saadaan.[33]

3.3.3 Asiakas- ja laskutustietojärjestelmä

Asiakas- ja laskutustietojärjestelmään, jota on tässä työssä kutsuttu myös lyhyemmin asiakastietojärjestelmäksi, on tallennettu käyttöpaikkakohtaisesti mittaustietojen ja käyttöpaikan tiedot. Sen kautta voidaan lähettää sanomien avulla etäkytkentöjä ja -katkoja luentajärjestelmän kautta mittarille, sekä liittää mittari sähkönkäyttöpaikalle tietojärjestelmissä. Carunan asiakas- ja laskutustietojärjestelmä Enerimistä nähdään tällä hetkellä käyttöpaikkakohtaisesti käyttöpaikan kytkentätila, sekä suunnitellut ja suunnittelemattomat katkot. Pienjännitepuolen katkot eivät näy, mutta keskijännitekatkot näkyvät muuntopiireittäin.

Asiakastietojärjestelmään on myös suunniteltu mahdollisuus ottaa yhteys mittariin, jotta voitaisiin tarkastella mittarin nykytilaa. Tällä hetkellä tämä ominaisuus ei ole vielä käytössä, mutta se on tulossa seuraavan versiopäivityksen myötä, kun mittaustietojen toimittaja on vaihtunut.

3.3.4 Verkonhallintajärjestelmä

Käyttökeskuksessa käytetään verkon reaaliaikaiseen seurantaan verkonhallintajärjestelmää eli ADMS:ää. ADMS-järjestelmään tulevat myös mittareiden tapahtumat, jotka on määritetty prioriteetiltaan hälytyksiksi. Nollavikahälytyksistä muodostuu järjestelmään tapahtuma, joita käyttökeskus seuraa. [34, 35]

Kun nollavikatapahtuma otetaan käsittelyyn, ADMS-järjestelmän avulla voidaan ottaa yhteys mittariin ja tarkistaa sen hetkinen tilanne. Mittarilta saatavien tietojen ja käyttöpaikan sijainnin perusteella voidaan päätellä, onko hälytys aiheellinen ja lähetetäänkö tehtävä kentälle kiireellisenä. [34, 35]

ADMS-järjestelmään tulevat myös DCRC- ja vaihevikahälytykset. Nämä on tarkoitus ottaa aktiiviseen käyttöön ensi vuoden aikana. [34, 35]

3.3.5 Verkkotietojärjestelmä

Luentatiedot siirretään kerran parissa kuukaudessa mittaustiedonhallintajärjestelmän kautta verkkotietojärjestelmä Trimble NIS:iin. Verkkotietojärjestelmässä on näkyvissä vuoden mittaiselta ajanjaksolta kerrallaan liittymäkohtaiset tehokuvaajat. Todelliseen kulutukseen perustuvia tehokuvaajia käytetään verkon mallintamiseen. Mallinnuksessa käytetään tällä hetkellä luentatietoja sellaisenaan, niissä ei oteta huomioon esimerkiksi lämpötilan vaikutusta kulutukseen. Kulutustiedot siirretään tällä hetkellä manuaalisesti, mutta automaattiluenta on tavoitteena. Luentatiedot siirretään parin kuukauden viiveellä, jolloin luentatiedot ehditään myös tarkistaa ja korjata. Mikäli aikasarja puuttuu, se korvataan luettaessa kuormituskäyrällä. [36]

3.3.6 Energiaseurantapalvelu

Carunalla on käytössään energiaseurantapalvelu, joka toimii internetpalveluna. Asiakas voi rekisteröityä pankkitunnuksillaan käyttäjäksi ja seurata omaa energiakulutustaan ajalta, jolloin hänellä on ollut sähkönsiirtosopimus Carunan kanssa. Palvelua voivat käyttää sekä yksityisasiakkaat että yritysasiakkaat. Kulutustiedot päivittyvät palveluun vuorokaudessa. Palvelussa voi tarkastella pätötehonkulutustaan sekä epäsuorilla mittareilla varustettujen käyttöpaikkojen osalta myös loistehoa. Palvelussa asiakas voi kulutustietojensa seurannan lisäksi suunnitella sähkönkulutustaan ja asettaa tavoitteita. Esimerkiksi uuden sähkölaitteen hankinnasta voi tehdä palvelussa kalenterimerkinnän ja seurata, miten se vaikuttaa kulutukseen, tai seurata miten ulkolämpötila vaikuttaa sähkönkulutukseen. Palvelussa voi seurata omaa sähköntuotantoaan. Käyttäjä voi myös asettaa itselleen hälytyksen epänormaaleista kulutuksen muutoksista, jolloin hänelle lähetetään sähköpositiivisesti, kun kulutus muuttuu hälytykselle asetetun prosenttiosuuden verran. Energiaseuranta on käytössä tällä hetkellä noin 27 000 asiakkaalla, kerran kirjautuneita kävijöitä on noin 42 000. [37] [38]

Carunan energiaseurantapalvelua on vastikään kehitetty eteenpäin ja sinne on tuotu uusia ominaisuuksia. Nyt tavallisilla kuluttaja-asiakkailla on mahdollisuus nähdä kulutuserittely, kustannuserittely sekä vertailla siirtotuotteita omalla kulutuksellaan. Kulutuserittelyllä asiakas näkee kulutuksensa eriteltynä eri laskureille, kun käytössä on yö- tai kausisiirtotuote. Kustannusnäkyvässä asiakas voi tarkastella siirtomaksuaan eriteltynä kuluksista riippuvaan siirron osaan, joka mahdollisesti on vielä jaoteltu yö- ja päiväsiirtokomponentteihin, perusmaksuun ja veroihin. Asiakkailla, joiden sulakkeet ovat yli 63 A ja joilla on käytössään tehonsiirtotuote, nämä ominaisuudet ovat edelleen kehitteillä. [39]

3.3.7 QlikView

QlikView on raportointityökalu, johon on tallennettu muun muassa käyttöpaikkojen keskeytykset sekä mittareilta saatavat tapahtumat. Tapahtumat ja keskeytykset on jaoteltu QlikViewissa erillisiksi raporteiksi. Keskeytyksiä voidaan hakea QlikViewin kautta eri ajanjaksoilta esimerkiksi hakukriteereillä: käyttöpaikka, muuntopiiri, sähköasema, keskeytyslaji. Tapahtumia QlikViewistä voi hakea tyypeittäin. Kun haluttu tyyppi on valittu, voidaan tapahtumat jaotella esimerkiksi muuntopiireittäin, keskittimittäin tai käyttöpaikoittain. Halutut tulokset voi tulostaa QlikViewistä excel-taulukoon tai tutkia niitä suoraan QlikViewistä, jossa ne voi asettaa näkymään esimerkiksi kartalla.

4. MITTAREIDEN TARJOAMAN TIEDON HYÖDYNTÄMISEN KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET

Etäluettavilta mittareilta saadaan valtava määrä dataa. Mittareilta saadaan tuntikohtaiset sähkönkulutustiedot, sekä tietoa mittarin tilasta ja sähkönlaadusta sähkönkulutuspiisteessä. Tämän tietomäärän hyödyntämiseksi on oltava tehokkaita informaationkäsittelyratkaisuja, jotta saatu data voidaan muuttaa käyttökelpoiseen muotoon. Nykyisellään osaa tiedoista ei pystytä käyttämään siten kuin haluttaisiin, koska tietoa on niin paljon, että se joko kaataisi nykyiset järjestelmät tai käsittelemättömänä olisi lähes käyttökelvotonta. [40, 41]

Mittareilta saatavan datan hyödyntämisessä on huomioitava yksityisyyden suoja. Data täytyy suojata mittarilla, siirron aikana ja käsittelyn aikana sekä tietoturvan että yksityisyyden kannalta. Tietoja voidaan käyttää laskutuksen lisäksi erilaisissa prosesseissa, joilla parannetaan sähkönsiirron tehokkuutta ja luotettavuutta, sekä lisähyötyä tuovissa palveluissa. [10]

Luentatietoja voidaan käyttää entistä tarkempien kuormitusmallien luomiseen, joita voidaan sitten edelleen käyttää verkon mallintamisessa, kulutuksen kasvun ennustamisessa ja palveluiden kuten kulutusvertailupalvelun tarjoamisessa. Tämä vaatii erilaisia klusterointimenetelmiä. Tässä työssä ei tutkita tarkemmin kuormitusmallien parantamista, vaan enemmän mittarilta saadun datan hyödyntämistä erilaisiin palveluihin ja työkaluihin. [42]

Liiketoiminnallisia mahdollisuuksia ovat yritykselle tai sen asiakkaalle lisäarvoa tuovat tuotteet, työkalut ja palvelut. Mittareilta saatavasta datasta ei välttämättä ole verkkoyhtiön näkökulmasta mahdollista saada tuotettua varsinaisia tuotteita, vaan lisäarvoa tuottavia työkaluja ja palveluita. Loppuasiakkaalle lisäarvoa toisivat palvelut, joiden eteen hänen ei tarvitse nähdä ylimääräistä vaivaa, mutta jotka voisivat auttaa jokapäiväisessä elämässä. Eri asiakasryhmiin kuuluvilla asiakkailla on erilaisia tarpeita. Verkkoyhtiön toimintaa hyödyntäisivät esimerkiksi mahdollisuudet käyttää mittareita verkon kunnossapidon suunnitteluun.

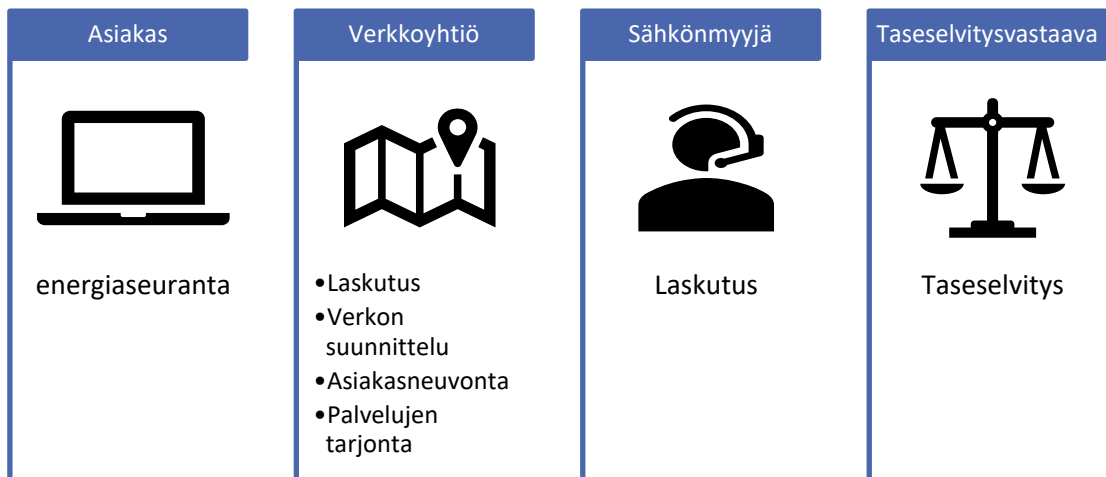
Sekä verkon suunnittelussa että verkon käytössä voitaisiin hyödyntää mittareilta saatavaa dataa laajemmin, mutta ongelmana on datan suuri määrä. Tarvittaisiin siis tehokas datanhallintamalli, jolla voitaisiin käsitellä ja tiivistää mittareilta saatava tieto lähetettäväksi verkkotietojärjestelmä Trimbleen ja ADMS:ään. Tietomäärän on oltava tiivis, jotta se ei turhaan kuormita ennestään raskaita ohjelmia. Mittareilta saatavan tiedon ei välttämättä tarvitse olla suunnittelussa näkyvissä koko aikaa, vaan se voitaisiin saada esiin omalla komennollaan, mahdollisesti koskien vain tiettyä verkon osaa. Erityisesti ADMS:ssä olisi

tärkeää saada päällekkäiset ilmoitukset selkeään muotoon. Tällä hetkellä esimerkiksi yhdestä nollaviasta, sama mittari lähettää useita ilmoituksia, jotka tulevat samalle tapahtumalle. ADMS:ään menevät ilmoitukset pitäisi saada näkymään lähes reaaliajassa, kun taas Trimbleen tiedot voisivat tulla nykyisellä parin kuukauden viiveellä, jolloin mittaus-tiedot on tarkistettu ennen niiden viemistä Trimbleen.

Tässä luvussa on tutkittu nykyisiä palveluita ja mahdollisuuksia mittareilta saatavien tietojen tehokkaampaan hyödyntämiseen.

4.1 Kulutustiedot

Kulutustietoja hyödynnetään ensisijaisesti asiakkaan laskutuksessa. Suomen laissa määrätään, että kulutustiedot on toimitettava asiakkaalle ja sähkönmyyjälle, sekä valtion taseselvitys vastaavalle eli eSettille. Kulutustiedot toimitetaan tällä hetkellä kulutuksesta seuraavana päivänä. Taseselvitykseen ja sähkönmyyjälle aikasarjat toimitetaan mittaus-tiedonhallintajärjestelmän kautta ja loppuasiakas voi tarkastella omia tietojaan halutesaan verkossa Energianseuranta-palvelusta.



Kuva 4. Kulutustietojen käyttäjät ja käyttökohteet

Muita käyttökohteita verkkoyhtiön näkökulmasta kulutustiedoille on esimerkiksi verkon suunnittelu. Suunnittelussa mittaus-tietoja käytetään verkon laskennassa, kun verkkoon liitetään uutta kulutusta tai verkkoa saneerataan. Olemassa olevien liittymien alla olevien käyttöpaikkojen todellisia mitattuja tuntikuormitustehoja voidaan käyttää Trimble-järjestelmässä huipputehopiikkien arviointiin. Mitatut tuntikuormitukset tulevat verkon suunnittelussa käytettävään Trimble-järjestelmään parin kuukauden viiveellä, jolloin Trimbleen saadaan tarkistettu kuormitustieto. Ennen liittymien kuormitukset ovat perustuneet asiakasryhmäkohtaisiin kuormituskäyriin, mutta AMR-mittarien yleistyessä on siirrytty käyttämään todellisia kuormituksia, kun niitä on saatavilla. Kuormituskäyrät on muovattu todellisten kuormitusten perusteella, mutta etenkin teollisuuskohteissa todellisten mittausten käyttäminen antaa tarkemman kuvan verkon kuormituksesta.

Asiakas voi käydä etäluettavien mittareiden ja internet-palveluiden kehittämisen myötä itse tutkimassa kulutustietojaan energiaseurantapalvelun kautta. Kulutus- ja siirtotuote-neuvontaa asiakas saa niin halutessaan asiakaspalvelun kautta puhelimitse sekä pian myös energiaseurantapalvelun kautta. Sivuille tulee tariffivertailunäkymä, jossa asiakas voi vertailla yleis-, yö- ja kausisiirtotuotteita voimassa olevilla siirtohinnoilla omilla kulutus-tiedoillaan laskettuina. Tämä ei vielä koske tehosiirtotuotteita, mutta myös tehosiirtoasi-akkaille palvelu on tulossa.



Kuva 5. Energiaseuranta tariffivertailunäkymä [39]

Asiakkaille voisi kuitenkin tarjota myös aiempaa enemmän mahdollisuuksia sähkönkulutuksensa hallintaan. Asiakas saattaa haluta käyttää kolmannen osapuolen tarjoamia kulutusneuvontapalveluja, joissa voi olla mukana myös sähkönmyyntiin liittyviä vertailuja. Carunalta voitaisiin tarjota tähän käyttöön rajapinta, jonka kautta asiakas voi antaa luvan kolmannelle osapuolelle päästä käyttämään hänen sähkönkulutustietojaan esimerkiksi energiaseurannan tai omien sivujen kautta osoitteessa caruna.fi.

Jo nyt on olemassa erilaisia start up -yrityksiä, jotka tarjoavat sovelluksia, joilla asiakas voi hallita energiankulutustaan paremmin, seurata miten hänen aurinkopaneelinsa tuottaa tai vaikkapa kuluttaa mökillään tuottama sähkö virtuaalisesti kerrostaloasunnossaan. Kulutustietoja saatetaan tarvita myös sähköauton latauspaikkojen tai maalämpölaitteistojen takia tehtävään sulakekoon uudelleen mitoittamiseen ja siitä koituvien kulujen arviointiin. Myös sulakekoon pienennyksessä asiakkaan sähköurakoitsija mielellään hyödyntäisi todellisia kulutustietoja pidemmältä aikaväliltä. Asiakas pystyy tällä hetkellä näyttämään

sähkönkulutustietonsa energiaseurannan kautta, mutta kaikki asiakkaat eivät osaa sitä käyttää.

Yhteinen rajapinta sähkömarkkinaosapuolten välille on tulossa vuonna 2020, kun Fingridin ohjaama datahub valmistuu. Datahubin avulla sähkön käyttäjät, sähkönmyyjät ja jakeluverkkoyhtiöt saavat tiedot samanaikaisesti ja yhdenvertaisesti. Datahub pystyy käsittelemään ja jalostamaan myös mittareilta saatua tietoa, mikä mahdollistaa tulevaisuudessa erilaisten sovellusten käytön datahubin kautta. Loppuasiakas pystyy valtuuttamaan sähkönmyyjien lisäksi myös kolmansia osapuolia käyttämään mittaustietojaan. [43]

Datahubin valmistuttua Carunan tarjoamalle rajapinnalle ei ole enää tarvetta, sillä Datahubin tarjoaa rajapinnalle paremmat mahdollisuudet, sillä sen myötä kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden mittaustiedot on samassa paikassa.

Lisäksi rajapinnan tarjoamisessa tulee erilaisia riskejä, kuten tietoturvariskit. On pystyttävä varmistamaan, että kolmannella osapuolella todella on asiakkaan valtuutus, ja mietittävä miten valtuutukset pystytään tarkistamaan tehokkaasti, kun asiakas ja asiakkaan edustaja kokevat valtuutuksen jo sinänsä hankalaksi. Mikäli rajapinta olisi helposti toteutettavissa jo tänä vuonna, se voisi olla erittäin hyödyllinen.

Loistehon kulutus ja tuotanto sekä loistehon kompensointi ovat usein asiakkaille vierasta. Loistehon tuotannosta ja kulutuksesta kuitenkin laskutetaan asiakasta, kun loistehohuippu ylittää 20% käyttöpaikan saman kuukauden päättehuipusta ja käytössä on tehosiirtotuote. Carunalla on noin 720 keskijännitekulutuspistettä ja yli 11 000 pienjännitepuolen kulutuspistettä, joilla on tehosiirtotuote. Keskijännitekäyttöpaikoilla on kuitenkin oma käytönjohtajansa, joka todennäköisesti huolehtii myös loistehokompensoinnista. Pienjännitepuolen tehoasiakkailta loistehotuotannot ja -kulutukset mitataan myös ja heidän joukossaan voi olla asiakkaita, joilla ei ole kokemusta loistehokompensoinnista. Näille asiakkaille voisi tarjota aktiivista loistehoneuvontaa mittareilta saadun tiedon perusteella.

4.2 Keskeytystiedot

Sekä asiakkaan että verkkoyhtiön näkökulmasta on hyödyllistä, että mittari tallentaa katkojen pituudet ja määrän. Asiakkaalle keskeytystiedot eivät vielä näy, mutta hän saa ne tietoonsa asiakaspalvelun kautta. Asiakkaan soittaessa voidaan reaaliajassa ottaa yhteys hänen käyttöpaikkansa mittariin. Mittarin lisäksi asiakaspalveluhenkilö voi käyttää asiakas- ja laskutustietojärjestelmää katsoakseen koskeeko vika koko muuntopiiriä ja onko sen syy jo tiedossa, tai onko kyseessä suunniteltu katko. Jos keskeytykset ovat laajempia, ne näkyvät myös asiakastietojärjestelmä Enerimin muuntopiirikohtaisissa katkoissa. Asiakastietojärjestelmästä nähdään myös käyttöpaikan keskeytyshistoria muuntopiirin laajuisista keskeytyksistä, jota voidaan hyödyntää asiakkaan kanssa keskusteltaessa. Mittarin tallentamat keskeytykset nähdään luentajärjestelmästä tai tunnin tarkkuudella mittaustiedonhallintajärjestelmästä.

Mittareiden tallentaman keskeytyksen pituuden perusteella voidaan myös arvioida, onko asiakas oikeutettu sähkömarkkinalain mukaisiin vakiokorvauksiin, kun kyseessä on yli 12 tunnin katko, tai muihin asiakkaan mahdollisesti hakemiin korvauksiin lyhyempien katkojen osalta [5].

Verkkoyhtiön näkökulmasta mittarin tallentamia katkojen alkamis- ja päättymisajankoh-
tia hyödynnetään asiakaspalvelussa, reklamaatioiden käsittelyssä ja käyttökeskuksessa
sekä jälkikäteen että reaaliaikaisesti.

Asiakastietojärjestelmä Enerimin seuraavassa versiopäivityksessä mittarin pingaus -omi-
naisuus tulee käyttöön. Tällöin käyttöpaikan kokonaisnäytöltä voidaan suoraan ottaa yh-
teys mittarille ja tarkistaa onko mittarilla sähköt. Asiakastietojärjestelmä lähettää mitta-
rille sanoman mittaustietojärjestelmän avulla, minkä jälkeen sanoma palauttaa muutaman
minuutin sisällä tiedon, onko mittari päällä. [44]

Yli 12 tunnin katkoista voitaisiin saada myös ilmoitukset esimerkiksi Enerim-järjestel-
mään, jolloin asiakkaiden kanssa kommunikoimalla saataisiin tieto, onko sähköt katkaistu
tarkoituksella pääkytkimeltä vai onko kyseessä vika. Tällä voitaisiin parantaa asiakaspal-
velua.

Mittareilta saatavat keskeytystiedot, keskeytysten laatu ja määrä olisivat hyödyllisiä myös
verkkotiedonhallintajärjestelmässä. Näiden tietojen perusteella voitaisiin havaita vika-
herkkä verkkoalue, jolloin pystyttäisiin arvioimaan muuntopiiritasolla, johtuvatko katkot
heikosta verkosta. [45]

ADMS:ssä on mahdollisuus pingata mittari. Välillä mittareita käytetään myös vika-alu-
een rajauksessa, kun viasta ei ole muuta tietoa kuin asiakasilmoitukset ja mittareilla nä-
kyvät katkot. Mittarilta saatavaa tietoa ja muuntopiirikohtaista tietoa vertailemalla voi-
daan saada selville, onko vika pienjännite- vai keskijänniteverkossa ja kuinka laaja vika-
alue on. Mittareilta tulevat katkoilmoitukset eivät ole helposti hyödynnettävissä, sillä mit-
tarit kommunikoivat PLC-yhteydellä sähköverkon kautta, jolloin yhteys katkeaa, mikäli
verkossa on laajempi vika tai sähkölinja on poikki. Mittareilla ei myöskään ole mahdol-
lisuutta niin sanottuun last gasp- viestiin, jonka mittari lähettää, kun sähköt katkeavat.

Mittareiden tallentamia lyhyitä keskeytyksiä voitaisiin käyttää verkon raivaus- ja kunnos-
sapidotarpeen arvioinnissa. Raivaustarpeen arvioinnissa käytetään tällä hetkellä ilmaku-
vattujen linjojen osalta Visimind -ohjelmaa. Linjoille on tehty helikopterikuvauksissa
myös laserkeilaus, joka helpottaa raivaustarpeen arviointia. Jännitekatkojen seurannalla
voitaisiin lisätä pienjänniteverkon raivaustarpeen arviointia. Mittareilta saatavia katkotie-
toja saatetaan toisinaan tarkastaa luentajärjestelmän kautta. Kunnossapidon suunnittelu
perustuu kuitenkin enimmäkseen muille periaatteille, kuten komponenttien kuntotarkas-
tuksissa tehtyihin havaintoihin. Tiheään ilmenevät katkot voivat kertoa myös orastavista
tai vakavammista vioista sähköverkossa. Jos jännitekatkot näkyisivät liittymäpisteen vä-

rissä katkojen määrän mukaan värikoodattuna, voisi katkojen avulla paikantaa vioittuneita komponentteja. Käytettävyyden kannalta olisi hyvä, jos jännitekatkot näkyisivät kartalla vain erikseen haettuna näkyvissä olevalta alueelta. Lisäksi näytettävien katkojen määrälle asetettaisiin alaraja, joka pitäisi ylittää ennen kuin niitä näytettäisiin.

4.3 Sähkönlaatatiedot

Asiakkaalla ei tällä hetkellä ole mahdollista tarkistaa käyttöpaikkansa sähkönlaatua muuten kuin oman sähköurakoitsijansa tekemillä mittauksilla tai soittamalla asiakaspalveluun. Nykyisellään sähkönlaatatietoja haetaan suoraan mittarilta asiakaskontaktin aikana. Tällöin asiakas on usein havainnut jotain poikkeavaa ja ilmoittaa siitä asiakaspalveluun, jolloin asiakaspalvelija tarkistaa senhetkisen tilanteen mittarilta käyttäen luentajärjestelmä Titaniumia. Titaniumista nähdään kaikki mittarilta tulleet ilmoitukset ja hälytykset. Tässä on kuitenkin muistettava, että mittarilta saatavat tapahtumat eivät ole suoraan verrannollisia sähkönlaatuvaatimukseen. Verkkoyhtiön kannalta tapahtumat ovat kuitenkin hyödyllisiä, sillä niistä saadaan jotain tietoa asiakkaan havaitsemiin laatuilmiöihin liittyen.

Osa mittarilta tulevista tapahtumista on tärkeydeltään hälytyksiä. Hälytystasoisiksi tapahtumiksi on Carunalla määritelty nollavika, vaiheen puuttuminen ja DCRC-tapahtuma, eli tapahtuma, joka kertoo, jos mittariin ei olla saatu katkon jälkeen yhteyttä keskittimen kautta. Nämä hälytykset voivat tulla käyttökeskuksen verkonhallintajärjestelmään, mutta tällä hetkellä niistä kaikki paitsi nollavikahälytykset on kytketty pois päältä. Mittarin lähettäessä nollavikahälytyksen tieto tulee suoraan verkonhallintajärjestelmään, jolloin siitä muodostuu tapahtuma, jonne käyttöpaikan nollavikailmoitukset kerääntyvät [34]. Nollavikahälytykset käydään jo läpi koko mittarikannan osalta, mutta loputkin hälytykset ovat tulossa suoraan verkonhallintajärjestelmään, kun viimeisetkin viat prosessissa on saatu korjattua. [35] Myös Eleniällä ja Koillis-Satakunnan Sähkö Oy:llä on kehitetty nollavikojen havaitsemisprosessia. [46]

Käyttökeskuksessa ollaan ottamassa käyttöön myös mittareilta saatavat DCRC- ja vaihevikahälytykset. Kumpaakin hälytystä varten on määritelty ADMS-järjestelmään tarvittavat muutokset, mutta varsinaisesti hälytykset otetaan käyttöön vasta mittaustiedonhallintajärjestelmän vaihduttua. Hälytysten raakadata on jo käytössä, mutta automaatiota testataan vielä kesällä. Luentapalvelujen toimittajan vaihto, joka osuu tälle vuodelle, aiheuttaa hidastusta hälytysten käyttöönottoon.

Jos mittareilta saatavat sähkönlaatuun liittyvät tapahtumat voitaisiin saada Trimbleen näkyviin jonkinlaisen suodatuksen kautta, jolloin ne eivät olisi näkyvissä koko aikaa, tietoja voitaisiin hyödyntää verkon kunnossapidollisessa suunnittelussa. Myös verkon suunnittelussa voisi olla hyödyllistä nähdä kohdat, joissa on tullut erityisen paljon jännitteen laatuun liittyviä tapahtumia, jotta verkkoa rakentaessa voidaan harkita heikkojen kohtien

vahvistamista. Jännitteen alenema on yksi suunnitteluperiaate myös laskennalla toteutussa suunnittelussa. Suunnittelu tehdään nykyään verkonlaskennalla, jossa hyödynnetään todellisia kulutuksia ja niiden puuttuessa kuormituskäyriä, joten tapahtumien saaminen Trimbleen ei ole välttämätöntä. Lisäksi tapahtumat vaativat paljon tulkintaa, sillä ne saattavat johtua myös asiakkaan omista tai naapurin laitteistoista. Jos esimerkiksi pitkän pienjänniteverkon haaran päässä on kaksi liittymää, joista toisella on korkeita käynnistysvirtoja tarvitseva laite, kuten sirkkeli, laitteen käynnistyminen voi aiheuttaa jännitteenalenemia myös naapurikäyttöpaikalla.

4.4 Tuotantotiedot

Mittareilla pystytään lukemaan sekä verkosta otettua, että verkkoon syötettyä tehoa. Tämä mahdollistaa asiakkaalle oman tuotannon verkkoon syöttämisen ja myymisen sähkönmyyjälle. Verkkoyhtiölle tämä mahdollistaa myös verkkoon siirtyvän sähkön mittauksen. Tällä hetkellä asiakkaan on ilmoitettava yleistietolomakkeella oman tuotantovälineistön hankinnasta. Lomakkeen käsittelyn yhteydessä tarkistetaan laitteiston liitettävyyttä sähköverkkoon, luodaan tuotannolle oma käyttöpaikka ja aktivoidaan etäyhteydellä mittarin verkkoon syötetyn sähkön mittaus. Tuotetun sähkön aikasarjat tallentuvat tuotannolle luodulle käyttöpaikalle ja asiakas voi myydä ylimääräisen sähkön verkkoon tekemällä sopimuksen sähkönmyyjän kanssa.

Mittareilta saadaan RVEN-tapahtumia (Reverse Energy), jotka kertovat ilmoittamattomasta verkkoon syötetystä sähköstä. Mittari hälyttää yli yhden ampeerin suuruisesta syötöstä verkkoon päin, mikäli mittarille ei ole aktivoitu tuotannon mittausta. Nykyisellään tapahtumia ei hyödynnetä systemaattisesti, mutta niillä voidaan paikantaa ilmoittamaton verkkoon syötetty sähkö. Tällöin laitteistot voitaisiin tarkistaa, jotta voidaan varmistaa, että ne ovat erotettavissa verkosta ja ovat verkkoon sopivia. Tämä myös vähentäisi vaaratilanteita, joissa verkkoyhtiön sähköurakoitsija luulee verkon olevan jännitteetön, mutta ei ole tietoinen asiakkaan tuotantolaitteistosta. Sähkötyöturvallisuuteen kuuluu, että jännitteettömyys tarkistetaan ennen työn aloitusta, mutta jos tämä toimenpide jää tekemättä, ilmoittamaton tuotanto voi aiheuttaa yllätyksiä.

4.5 Kuormanohjaus

Nykyinen kuormanohjausjärjestelmä toimii vain yöaikaan siirryttäessä. Asiakkaan on mahdollista valita yösiirtotuote, jolloin sähkämittarilla on käytössä kaksi eri laskuria, joista toiselle kulutustiedot kertyvät päiväsaikaan ja toiselle yöaikaan. Koska yösiirtotuotteella päiväajan siirtohinta on yöaikaan korkeampi, asiakkaan kannattaa ajoittaa sähkönkäyttöään yöaikaan. Kuormanohjauksella voidaan siirtää esimerkiksi varaava sähkölämmitys käynnistymään vasta yöaikaan, jolloin kulutettu sähkö on halvempaa. Toinen vastaava siirtotuote on kausisiirtotuote, jolloin talvipäivinä käytetään toista laskuria, muuhun

aikaan toista. Mittarilla oleva kuormanohjausrele kytkee päälle sen taakse asennetut laitteet yöaikaan siirryttäessä. Nykyisessä järjestelmässä yöaikaan siirtyminen on porrastettu. Yöaikaan siirrytään klo 22, mutta kuormanohjaus kytkeytyy klo 22-24 välillä ryhmän 1, 2 tai 3 mukaan. Ryhmittäisellä kuormanohjausten porrastuksella pienennetään kuormanohjauksista syntyvää tehopiikkiä siirto- ja jakeluverkossa. Kuormanohjauksen taakse voi laittaa maksimissaan 20 lämmityksen relettä, ellei asiakkaalla ole välirelettä. Tämä johtuu mittarin ohjauskärjen virtakestoisuudesta, joka on 2 A.

Tutkimusprojektissa Suomeen soveltuvista käytännön ratkaisuksista kysynnän joustoon tutkittiin myös etäluettavien mittareiden kuormanohjausreleiden käyttöä kysynnän joustossa. Kuormanohjausreleiden takana on kokonaisuudessaan Suomessa yli 1000 MW:n verran ohjattavaa kuormaa, jota voitaisiin käyttää hyväksi kysynnän joustossa. Kuormanohjausreleitä voitaisiin hyödyntää day-ahead-markkinoilla, jos tiedonsiirtorajapinnat saataisiin standardoitua siten, että sähkönmyyjä voi lähettää ohjaussignaaleja verkkoyhtiön hallinnoimille sähkömittareille. Päivänsisäisille markkinoille kuormanohjausreleellä toteutettava kuormanohjaus on nykyisillä tiedonsiirtomenetelmillä liian hidasta ja epäluotettavaa. Myös kantaverkkoyhtiön käyttö- ja häiriöreservimarkkinoille tehtävä kysynnän jousto vaatisi nopeita ohjauksia. Nykyisiä etäluettavia mittareita paremmin kuormanohjaus olisi kuitenkin toteutettavissa kiinteistöautomaatiojärjestelmillä erityisesti isommissa kohteissa kuten palvelu-, liike- ja toimistorakennuksissa. [47]

Jakeluverkkoyhtiö voi hyötyä kysynnän joustosta, koska sen ansiosta verkon huipputeho pysyy kurissa ja verkon suunnittelussa ei tarvitse varata yhtä paljon kuormituskapasiteettia kuin ilman kysynnän joustoa. Loppuasiakkaalle hyötynä on, että hän voi käyttää sähköä, kun hinta on alhainen. Kysyntäjousto saattaa myös pienentää asiakkaan tehohuippua, jolloin hän voi mahdollisesti käyttää pienempiä sulakkeita. [47]

5. KEHITYSTOIMENPITEIDEN ANALYSOINTI

Työn tarkoituksena on kartoittaa mahdollisuuksia mittareiden hyödyntämiseen verkkoliiketoiminnassa tavoilla, jotka eivät vielä ole käytössä. Edellisessä kappaleessa on kartoitettu hieman mahdollisuuksia yleisellä tasolla, kun taas tässä kappaleessa on mietitty joi-tain vaihtoehtoja, joiden toteutuskelpoisuutta, hyötyjä ja haittoja arvioidaan ja sen perus-teella toimenpiteet priorisoidaan.

Aluksi tässä luvussa arvioidaan mahdollisia toimenpiteitä nelikenttä- eli SWOT-analyysin avulla. Nelikenttäanalyysissä arvioidaan toimenpiteen vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia listaamalla ne nelikenttäiseen taulukkoon. Näistä vahvuudet ja heikkoukset ovat sisäisiä tekijöitä, joihin voidaan vaikuttaa omalla toiminnalla. Mahdollisuu-det ja uhat taas ovat enemmän ulkoisista asioista riippuvia. [48]

Analyysiä tehdessä on tiedostettu, että nelikenttäanalyysin heikkoutena on, että sitä on helppo käyttää väärin, jolloin tuloksena saadaan mahdollisesti harhaanjohtava pintaraa-paisu tilanteesta. Huolimattomassa käytössä mahdollisia skenaarioita ei eritellä sen tar-kemmin, eri tekijöiden ratkaisevuutta ei arvioida ja määritelmät siitä millainen strategia on hyvä, missä vaiheessa asiakashyöty on tarpeeksi suuri ja muut arviointiperusteet ovat epätarkkoja. [49]

Nelikenttäanalyysiä voi tarkentaa resurssipohjaisella nelikenttäanalyysillä, joka keskittyy pohjimmaisiiin syihin. Menetelmä pohjautuu ajatukseen, että jokainen yritys koostuu omista yksilöllisistä resursseistaan, jolloin eri tilanteet voivat tarjota eri yrityksille erilai-sia uhkia ja mahdollisuuksia. Resurssihin lukeutuvat taloudellisten resurssien lisäksi esi-merkiksi henkilöstöresurssit, maine, tietotaito ja yhteiskunnalliset suhteet. [49]

5.1 Loistehokohteiden tunnistus ja loistehoneuvonta

Yli 63 ampeerin kohteilla siirtotuotteena on tehonsiirtotuote, jolloin Carunan alueella las-kutetaan loistehon otosta ja Caruna Espoo Oy:n alueella sekä loistehon otosta että an-nosta. Useilla asiakkailta ei ole tiedossa, että oikeanlaisella kompensoinnilla he voisivat vaikuttaa loismaksuihinsa. Caruna voisi tarjota palveluna loistehonkompensointineuvon-taa kohteille, joista tunnistetaan huomattava loistehonotto tai loistehonanto. Loistehoneu-vonnan voisi aloittaa keskijännitekohteista, joilla loistehon tuotanto ja kulutus on suu-rinta. Toisaalta keskijännitekohteissa on usein oma käytönvalvoja, joka huolehtinee myös loistehon kompensoinnista. Keskijännitekohteiden jälkeen neuvontaa voisi jatkaa muille liike-elämän ja teollisuuden kohteille, joilla ei välttämättä ole yhtä paljon kokemusta lois-

tehon kompensoinnista. Neuvonnalla voitaisiin tarjota asiakkaalle mahdollisuus konkreettisiin rahallisiin säästöihin, mikä myös sopisi Carunan asiakaslähtöiseen toimintaan. Kuvassa 6 on analysoitu palvelun hyötyjä ja haittoja SWOT-analyysin avulla.

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Selkeästi rajattavissa oleva asiakassekvenssi -Tarjoaisi asiakkaille konkreettista hyötyä 	<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Vaatii henkilöstöresursseja ja loistehokoulutusta
<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Parantaisi Carunan imagoa -Vähentää verkonkuormitusta, kun loistehoa tarvitsee siirtää vähemmän 	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Asiakkaan voivat kokea palvelun häirintänä tai oman edun tavoitteluna -Neuvot voivat olla vääriä, kuka korvaa?

Kuva 6. SWOT -analyysi loistehoneuvontapalvelusta

Muita hyötyjä loistehoneuvonnassa olisi mahdollisesti siirrettävän loistehon väheneminen, mikä vähentäisi jakeluverkon kuormitusta ja samalla parantaisi verkon siirtokapasiteettia.

Haasteena on tarjota tarpeeksi laadukasta neuvontaa, jotta voidaan ehkäistä vääriä neuvoja ja niistä sekä asiakkaalle että Carunalle koituvia haittoja ja kustannuksia. Koulutus ja tiedonhankinta tasokasta loistehoneuvontaa varten voidaan hankkia joko ulkopuoliselta konsultilta tai sisäisesti. Lisäksi loistehokoulutus olisi hyvä myös verkkopalvelukeskuksen teknisille asiantuntijoille, jotta he voivat tarvittaessa neuvoa myös pienemmissä loistehokohteissa.

5.2 Kulutus- ja talovahti

Sekä kulutus- että talovahti olisivat palveluita, jotka asiakas voisi laittaa päälle Carunan nettisivujen kautta Omat sivut- osiosta. Palvelut toimisivat kuitenkin energiaseurannan kautta.

Talovahti olisi energiaseurantaan yhdistettävä palvelu, joka lähettäisi asiakkaalle ilmoituksen sähköpostitse tai tekstiviestillä, kun hänen loma-asunnollaan tai omakotitalollaan on ollut yli 12 tunnin mittainen sähkökeskeytys, tai aikasarja puuttuu yli 12 tunnin ajalta.

Tällöin asiakas saa tiedon vahingossa katkaistuista sähköistä tai voi palvelun kautta tarkistaa muistiko katkaista lähtiessään mökiltä sähköt. Myös aikarajan ylittävistä vikakeskeytyksistä tulisi ilmoitus. Asiakkaalla voi olla sähkövahtipalvelu käytössään, joten muuntopiirikohtaisista keskeytyksistä hänelle tulisi joka tapauksessa ilmoitus sitä kautta. Sähkövahdin kautta ei kuitenkaan tule ilmoitusta, jos esimerkiksi asiakkaan tontille tulevan pienjännitelinjan päälle on kaatunut puu, joka on katkaissut sähköt vain hänen liittymältään.

Talovahtipalvelun heikkoutena on kuitenkin mahdolliset virheelliset ilmoitukset, jotka johtuvat siitä, ettei mittarille saada yhteyttä jostain muusta syystä. Sähköt saattavat silti olla päällä. Tällaisia virheitä voivat aiheuttaa esimerkiksi häiriöt PLC-yhteydessä tai yhteydessä keskittimelle.

Kulutusvahtipalvelu hälyttää asiakkaalle, jos hänen kulutuksensa on tietyn verran matalampi tai korkeampi kuin yleensä. Vertailun on hyvä olla lämpötilaan suhteutettu, jolloin väärät hälytykset kovilta pakkaspäiviltä seuloutuvat pois. Energiaseurannan nykyinen kulutusvahti ei ota huomioon lämpötilaa vaan vertaa kulutusta suoraan edellisen vuoden kulutustietoon. Molempia palveluita on arvioitu kuvassa 7.

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Vähentää asiakkailla yllättäviä putkivahinkoja ja muita sähköttömyydestä johtuvia yllätyksiä -Vähentää yllätyssuuria laskuja esim. hajonneiden lämmityslaitteiden takia -Voi tuoda asiakkaalle mielenrauhan -Asiakas voi valita haluamansa palvelut 	<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Usein asiakasreklamaatiot koskevat sähköjen päälle jäämistä, ei niiden puuttumista -Edellyttää automaation kehittämistä
<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Vähentää selvityksiä liittyen puuttuviin aikasarjoihin -Vähentää reklamaatioita asiakkaan yllättävistä kuluista -Karsisi pääkytkimeltä katkaistuja kohteita ja lisäisi ilmoituksia niistä 	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Kuka korvaa, jos talovahti ei toimi? -Mittareille ei saa yhteyttä monenlaisista syistä ja sähköt voivat silti olla päällä

Kuva 7. SWOT- analyysi kulutus- ja talovahtipalveluista

Elenialle tehdyssä diplomityössä yksityisasiakkaille suunnatun energiavertailupalvelun kehityksestä on tutkittu muun muassa sähkönkäytön hallintaan liittyviä palveluita, kuten kulutustietojen vertailua. Näillä tarjotaan asiakkaalle työkaluja hallita omaa sähkönkäyttöään, kun hän pääsee tutkimaan omia luentatietojaan ja vertailemaan kulutustaan omaan aiempaan kulutukseensa tai samankaltaisiin kuluttajiin. Siinäkin on keskitytty tarjoamaan vertailupalvelua lähinnä omakotitaloasujille, sillä teollisuuden, vapaa-ajanasuntojen ja maatalouden sähkönkulutuksien yleistä vertailua on vaikeampaa toteuttaa, sillä kohteet poikkeavat paljon toisistaan. Omakotitaloissa vertailuun tarvitaan vähintään tieto asumismuodosta, lämmitysmuodosta ja asukkaiden määrästä sekä sijainnista, jotta voidaan ottaa huomioon lämpötilariippuvuus. Sähkönkulutukseen vaikuttavat olennaisesti myös rakennusvuosi, rakennuksen pinta-ala ja tilavuus. Yksi mahdollisuus on tarjota asiakkaalle mahdollisuus valita lämmitysmuoto, asumismuoto sekä muut mahdolliset tekijät, jotta hän voi seurata paremmin sähkönkulutustaan ja testata, miten eri tekijät vaikuttavat sähkönkulutukseen. [50]

5.3 Liittymien tehonylytysten seuranta

Mittareilta on mahdollista saada ilmoitus asetetun virtarajan ylityksestä, mitä voitaisiin hyödyntää verkkoyhtiössä. Haastattelun aikana Harri Hauta-aho esitti ajatuksen, että liittymän sulakekoko määriteltäisiin suoraan mittarille, jolloin liittymäkoko voitaisiin suurentaa suoraan ilmoituksella ja mittarilta nähtäisiin tarvittaessa liittymän koko. [29]

Carunalla on käynnissä PJ2-projekti uudesta verkonrakennusmallista, jossa testauksen aloittaminen olisi helppoa. Pienille liittymille on rakennusvaiheessa varattu jo valmiiksi potentiaali 3x63 A liittymiskokoon asti. Sulakekoon määrittäminen ja suurentaminen mittarilla etäyhteyden kautta olisi siis helppoa ja tehtävissä pelkällä sopimusmuutoksella.

Vanhojen liittymien osalta kaikkien liittymien mittareiden sulakekoot pitäisi erikseen käydä läpi ja asettaa mittareille oikea sulakekoko. On myös mietittävä mitä tehdään, kun liittymän alla on useita käyttöpaikkoja. Helppointa olisi säätää liittymisoikeuden mukainen sulakekoko kaikille liittymän alla oleville käyttöpaikoille, jolloin välttyttäisiin turhilta ilmoituksilta. Tällöin on kuitenkin huomattava, että liittymäkoon ylityksestä ei tule ilmoitusta, sillä liittymän takana oleva kuorma jakautuu useille mittareille.

Säätämällä tehonylytyksen hälytysraja liittymisoikeuden mukaiseksi saataisiin seurattua liittymisoikeuden ylitysten määrää ja myös yhden vaiheen osalta tapahtuvia sulakeylityksiä. Rajassa olisi hyvä ottaa huomioon pieni vara, että välttytään turhilta hälytyksiltä pienistä hetkellisistä sulakekoon ylityksistä.

Jos sulakekoon ylitystapahtumat koskevat vain yhtä vaihetta, asiakasta voidaan neuvoa kuormituksen jakamisessa tasaisemmin usealle vaiheelle. Tämä lisäisi asiakastytyvyyttä, asiakkaan laitteiden kestävyyttä ja voisi joissain tapauksissa tuoda säästöjä asiakkaalle, mikäli hän voi kuormituksen jakautuessa tasaisemmin pienentää pääsulakkeitaan. Kuvassa 8 on analysoitu liittymien tehonylitysten seuranta SWOT-analyysillä.

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Liittymisoikeutta suurempia sulakkeita käyttävät jäisivät kiinni -Yhden vaiheen ylikuormitustilanteissa asiakastytyvyyttä voidaan parantaa kohdistetulla neuvonnalla 	<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Vaatii laajaa selvitystä ja sulakekokojen asettamista jokaiselle mittarille erikseen
<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Sulakekoon suurentaminen olisi jatkossa helpompaa -Tieto liittymän sulakekoosta olisi helpompi varmentaa -Dokumentoinnin korjaus liittymätietojen osalta 	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Ilmoitusten määrä voi olla suuri, kokoon on vaikea varautua -Seurannan aloitus voi aiheuttaa närkästystä asiakkaiden suunnalta

Kuva 8. SWOT-analyysi liittymien ylitysten seuranta

Sulakekoon ylityksestä tuleva ilmoitus ja ilmoitusten seuranta olisi oikein toteutettuna järkevää. Aiemmin on testattu sulakekoon ylityksessä käytettävää sähköjen katkaisua, joka kuitenkin hylättiin toimimattomana käytäntönä, sillä toimenpide sellaisenaan on raju. Hälytysraja virralle voidaan säätää halutun mukaan esimerkiksi sellaiseksi, etteivät pienet ylitykset hälytä ollenkaan. Ilmoitusraja vaatii tarkat määrittelyt, jotta ilmoitusten määrä ei ole liian suuri ja tarpeettomilta ilmoituksilta vältytään.

On myös määriteltävä, millaisessa muodossa ilmoitukset käsitellään. Kerätäänkö tapahtumat excel-tilukseen QlikView-raportointijärjestelmän kautta vai onko mahdollista saada automaatiolla muodostuvia tehtäviä asiakastietojärjestelmään. Yksi mahdollisuus olisi excelille käyttöpaikoittain kerätyt ylivirtatapahtumat, joista automaattisesti muodostettaisiin asiakastietojärjestelmään tehtävän, jos tapahtumia on esimerkiksi vuoden sisällä ollut yli päätetyn raja-arvon verran. Yksittäisten tapahtumien käsittely on turhaa ja työlästä, mutta toistuviin ylivirtatapahtumiin puuttuminen voisi olla hyödyllistä.

Asiakkaalle kommunikointi on tarkkaa, jotta ei luoda väärää kuvaa. Asiakas voi helposti käsittää rahastamisena, jos häntä kehoitetaan korottamaan liittymisoikeuttaan.

Verkko on mitoitettu asiakkaan liittymisoikeuden mukaiseksi, joten rajuihin liittymisoikeuden ylityksiin puuttuminen parantaa alueen sähkönlaatua ja siten asiakastyytyvyyttä. Korkeat käynnistysvirrat voivat aiheuttaa esimerkiksi välkyntää lähialueella.

5.4 Mittaritietojen käsittelyrajapinta

Asiakkaille on tulossa Omat sivut -palvelu caruna.fi sivustolle. Sivuilla näkyvät kaikki asiakkaan käyttöpaikat sekä asiakkaan tuotantokäyttöpaikat. Asiakas pystyy sivuilla tarkistamaan, onko hänen käyttöpaikallaan tai käyttöpaikoillaan nykyisiä tai tulevia keskeytyksiä, millainen hänen kulutuksensa on ollut ja onko kulutus pysynyt normaalina. Sivuille tulee tietoa useiden eri taustajärjestelmien kautta, kuten energiaseurannasta ja asiakastietojärjestelmästä.

Omilla sivuilla voisi näkyä mittarin kytkentätila sekä kytkentätilan syy. Tällöin asiakas voi sähköjen katketessa nähdä suoraan omilta sivuiltaan, johtuuko keskeytys laajemmasta sähkökatkosta vai onko häneltä katkaistu sähköt maksamattomien laskujen tai sopimuksen päättymisen takia. Mittarin kytkentätilan seuranta voitaisiin hyödyntää ja lähettää asiakkaalle automaattinen viesti kytkentätilan syystä ohjeineen. Katkot ovat usein asiakkaalle yllätys johtuivat ne sitten maksamattomista laskuista tai sähkönmyyntisopimuksen puuttumisesta, vaikka maksamattomista laskuista lähteekin maksumuistutus, jossa katkosta varoitetaan. Maksamattomien laskujen takia tehdystä keskeytyksestä asiakkaalle voisi lähteä tekstiviesti, jossa häntä pyydetään olemaan yhteydessä joko myyjään tai verkko-yhtiöön. Myyntisopimuksen puuttumisesta ei pystytä lähettämään viestiä, sillä ei välttämättä tiedetä kenelle viesti pitäisi lähettää, kun uusi asiakas ei ole ilmoittautunut. Lisäksi myyntisopimuksen katketessa sopimus on päättynyt jo useita päiviä ennen keskeytystä, jolloin ilmoitus voi hämmentää asiakkaita, joiden sopimus on päätetty muuton takia, jos viesti lähetettäisiin edelliselle sopimusasiakkaalle.

Sivuille voisi yhdistää myös mahdollisuuden tarkistaa mittarin nykytila eli ottaa reaaliajassa yhteys mittariin. Tällöin asiakas näkisi viimeisimmät sähkönlaatutapahtumat mittarilta ja mittarin nykytilan. Mittarin tarkistusmahdollisuus vähentäisi asiakasyhteydenottoja ja toisi asiakaspalvelulle läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta, kun asiakas ja asiakaspalveluhenkilö voivat keskustella mittarilta näkyvistä tapahtumista. Tällä hetkellä keskustelut pohjautuvat asiakkaan huomioihin ja mittarilta saatuihin sähkönlaatutapahtumiin, jotka vain asiakaspalveluhenkilö näkee, mikä vaatii asiakkaalta luottamusta.

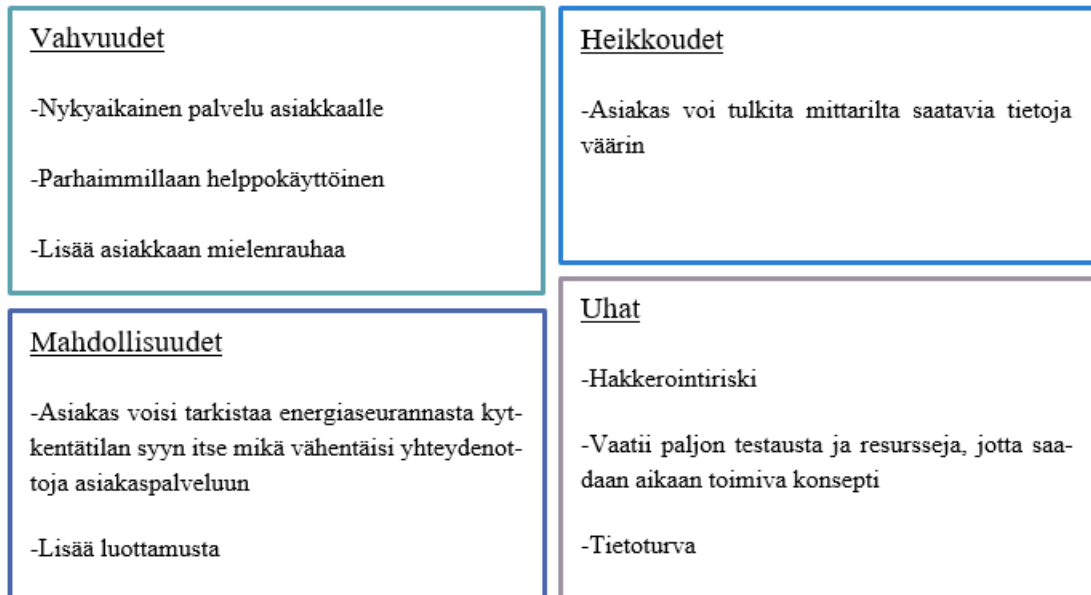
Kun asiakas ottaa mittariin reaaliajassa yhteyden hän näkisi myös sen hetkisen mittarilukeman kulutuksen ja tuotannon, mikä voisi olla hyvä palvelu asiakkaille, jotka testaavat

toimenpiteitä kulutuksensa pienentämiseksi tai tuottavat sähköä ja haluavat seurata sähköntuotantonsa reaaliajassa.

Yksi mahdollisuus olisi antaa asiakkaalle mahdollisuus katkaista sähköt omalta mittariltaan ja laittaa ne takaisin päälle. Periaatteessa mittareille voi tehdä etäkatkaisun ja kytkennän, mutta käskyn siirtyminen mittarille vie hyvin vaihtelevan ajan minuuteista tunteihin. Tämä vähentäisi pääkytkimeltä katkaistujen sähköjen määrää, jolloin mittarille säilyisi yhteys. Palvelu myös voisi säästää asiakkaalta ylimääräisen reissun mökilleen tai asunnolleen, jos sähköjen katkaisu on unohtunut. Kytkeä- tai katkaisupyynnöt pitäisi varmentaa Carunan kautta siltä varalta, että mittarilta on jo maksamattomien laskujen tai sopimuksettomien tilien takia katkaistu sähköt, jolloin asiakkaan kytkentäkäskeä ei saisi ohittaa tätä katkaisua. Päinvastoin, jos asiakas laittaisi kytkentäpyynnön, ohjelma voisi kommunikoida Carunan ohjelmien kanssa ja ilmoittaa, mikä on katkaisun syy. Mutta, koska toteutus vaatisi hyvin paljon muutoksia ohjelmistoihin ja mahdollisesti myös mittareiden kommunikointiin ja siinä on silti riskejä, etäkytkentä ja -katkaisu jätetään tämän työn ulkopuolelle.

Asiakas voisi caruna.fi:ssä omien sivujen kautta ilmoittaa antaneensa kolmannelle osapuolelle luvan nähdä kulutustietonsa. Asiakkaan tietosuojaa varmistetaan sivuilla joka tapauksessa vahvalla tunnistuksella, jolloin hän antaa samalla kirjallisen luvan kolmannelle osapuolelle, esimerkiksi energiankulutuksen analysoimiseen erikoistuneen applikaation tarjoajalle, käyttää kulutustietoja. Tällöin kolmannen osapuolen ei tarvitse erikseen toimittaa kirjallista lupaa. Energiaseurannassa asiakas pystyy asettamaan itselleen edustajan, joka voi myös nähdä hänen kulutustietonsa. Jos asiakas kuitenkin kokee energiaseurannan edustajuuden hankalaksi eikä hänellä ole esimerkiksi skannausmahdollisuutta, omien sivujen kautta valtuutuksen antaminen voisi helpottaa hänen elämäänsä.

Alla olevassa kuvassa 9 on analysoitu mittaritietojen rajapintaa, jossa asiakas pystyisi ottamaan yhteyden mittarilleen, näkemään mittarin tilan ja viimeisimmät sähkönlaatu tiedot ja mittarin rekisteröimät keskeytykset sekä antamaan kolmannelle osapuolelle valtuutuksen tarkastella kulutustietojaan.



Kuva 9. SWOT-analyysi mittaritietojen rajapinnan tarjoamisesta

Tällä hetkellä luentatietoja saatetaan luovuttaa excel-muodossa tai pyydettyä dBusin kautta mscons-muodossa, kun vastaanottajalla on oikeus saada tiedot ja asiakkaan valtuutus. Luentatietojen kerääminen kuitenkin vaatii jonkin verran manuaalista työtä, joten siitä veloitetaan kiinteä kustannus, jos pyyntö koskee useita käyttöpaikkoja tai erityisen pitkää aikaväliä. Urakoitsijat tai sähkösuunnittelijat saattavat tarvita asiakkaan luentatietoja sähköauton latauspaikan tai maalämpölaitteiston mitoittamista varten, mutta asiakas ei välttämättä osaa niitä näyttää energiaseurannan kautta tai osaa lisätä itselleen energiaseurantaan edustajia, jolloin he voisivat asiakkaan puolesta tarkistaa tiedot.

Kolmannella osapuolella voisi olla myös oma kirjautumisensa rajapintaan, jonka kautta lupa tarkistettaisiin automaattisesti ja kolmas osapuoli saisi ladattua kulutustiedot. Tämä voi olla joko Carunan oma rajapinta tai myöhemmin datahub, jolloin Caruna olisi vain asiakkaan luvan välittäjä. Pääsy tietoihin säilyisi jatkuvana, ellei muuta määriteltyä aikaa ilmoiteta, jolloin pyyntöä ei tarvitsisi käsitellä uudestaan saman kolmannen osapuolen osalta.

Kokonaisuudessaan palvelun tarkoitus olisi tarjota asiakkaalle helpommin saataville sähkömittariin liittyvät tiedot ja palvelut. Tällöin asiakas saisi nopeammin tietoonsa kytkentätilan syyn, kytkentätilan myös ollessaan poissa, sekä voisi itse tutkia mistä hänen havaitsemansa häiriö sähkönjakelussa on mahdollisesti johtunut. Tämä toisi myös läpinäkyvyyttä toimintaan, sillä siinä tuotaisiin asiakaspalveluun soitettaessa samat tiedot molempien osapuolten näkyviin.

5.5 Ilmoittamattoman tuotannon seuranta

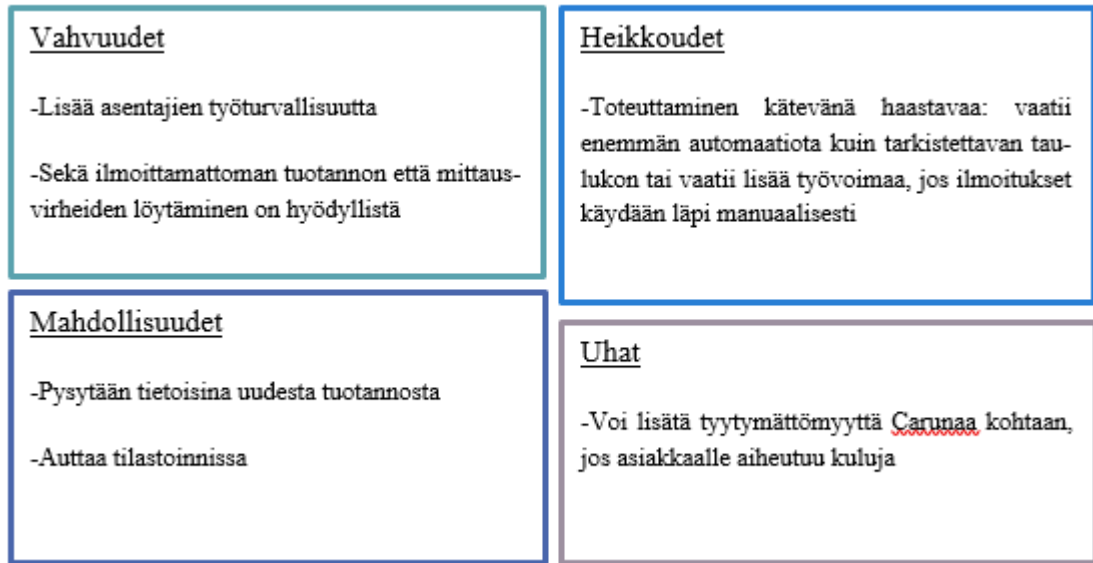
Mittareilta saadaan RVEN-tapahtumia, joita seuraamalla voidaan löytää verkosta käyttöpaikat, joilla on ilmoittamatonta tuotantoa. Voidaan olettaa, että näitä tapahtumia on tulevaisuudessa entistä enemmän, sillä teknologian kehittyessä pientuotantolaitteistot muuttuvat entistä kannattavamiksi ja niiden määrä lisääntyy. Vaikka tuotantolaitteiston kytkeminen sähköverkkoon on tehty yksinkertaiseksi, kaikki eivät välttämättä ilmoita tuotantolaitteistaan jakeluverkkoyhtiölle.

Verkkoon liitetty ilmoittamaton tuotanto voi aiheuttaa vaaratilanteita vikatilanteissa, kun urakoitsija korjaa vikaa. Viankorjauksessa voi tulla tilanne, jossa verkonhaara on kytketty jännitteettömäksi korjaustoimia varten, mutta tuotantopaikalta syötetäänkin sähköä verkkoon päin. Jos urakoitsija ei tiedä syötetystä sähköstä tai tuotantolaitteistoa ei voida kytkeä verkosta irti, syntyy sähköiskun vaara.

Ilmoittamattomat tuotantopaikat ovat myös tarkistamattomia, jolloin niitä ei välttämättä ole kytketty oikein ja niistä voi puuttua vaaditut katkaisijat, joilla tuotanto voitaisiin erottaa verkosta. Jotta verkkoon liittämiseen voidaan antaa lupa, epäkohdat on korjattava, mistä voi aiheutua asiakkaalle kustannuksia.

Kuvassa 10 on analysoitu RVEN-tapahtumien käyttöönoton hyötyjä ja haittoja. Taulukossa on mainittu myös tilastoinnin paraneminen. Sillä tarkoitetaan tuotantokäyttöpaikkojen tilastoinnin lisäksi dokumentaation paranemista tuotantokäyttöpaikoista. Kun datahub tulee käyttöön, sinne tulisi ilmoittaa tuotantolaitteistoista [43].

RVEN-tapahtumalla voidaan havaita myös väärin kytketty mittari. Esimerkiksi epäsuorilla mittareilla vaihe on mahdollista kytkeä vahingossa mittarin tuotantolähtöön, mikä voidaan havaita RVEN-tapahtumien seurannassa.



Kuva 10. SWOT-analyysi RVEN-tapahtumien käyttöönotosta

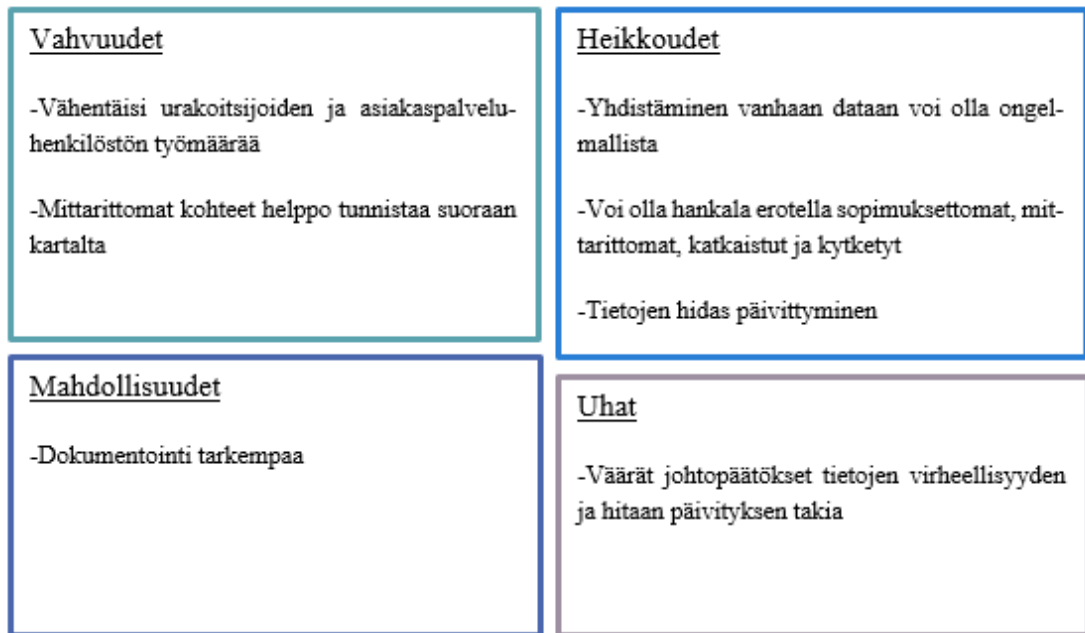
RVEN-tapahtumien ongelma on, että ne eivät ole yksiselitteisiä. Tapahtumia analysoimatta ei tiedetä, mitä ne tarkoittavat. Käyttöpaikkoja, joilta tapahtuma on tullut, täytyy tutkia tarkemmin ennen kuin tiedetään, onko kyseessä verkkoon syötettyä aurinkovoimaa, tuulivoimaa vai jotain muuta. Osa hälytyksistä tulee vikakytkennöistä, mutta suurin osa voidaan jaotella aurinkotuotantoon ja vesi- tai tuulivoimaan. Carunalla on ollut tähän liittyen pilottiprojekteja, joissa tuotantoilmoituksia verrattiin kellonaikaan ja säätilaan, jolloin voidaan päätellä, millaista tuotantoa käyttöpaikalla on vai onko kyseessä mittausvirhe. [26]

RVEN-tapahtumat on mahdollista saada helposti QlikView-ohjelman kautta tulostettua listana Excel-taulukon, mutta olisi helpompaa, jos tapahtumat saataisiin esimerkiksi automaattisina tehtävinä käyttöpaikalle osoitettuina asiakastietojärjestelmään. Tässä kuitenkin haasteena se, että samalta käyttöpaikalta voi tulla useita ilmoituksia. Tehtävien luomiseen voitaisiin käyttää automaattista tietokonesovellusta, joka kerää tapahtumat, erottelee ne tapahtumishetken ja määrän mukaan ja luo asetettujen rajojen mukaan tehtävän esimerkiksi kerran kuussa per käyttöpaikka. Sovellus analysoisi valmiiksi tapahtumien ajanhetken, määrän ja sää-inputin mukaan, voisiko tehtävän syy olla aurinkosähkö, muu tuotanto tai mittausvirhe, jonka mukaan määräytyy tehtävän käsittelijäryhmä.

5.6 Kytkentätilan seuranta verkkokartalla

Kytkentätila ja kytkentätilan syy voisivat näkyä verkkotietojärjestelmä NIS:ssä, jolloin myös dokumentoimatta jääneet ylläpitokäyttöpaikat löytyisivät. Kartalla näkyisi liittymän värissä, onko käyttöpaikalla mittari ja onko mittari kytkettynä. Tämä voisi myös vähentää urakoitsijoiden työmäärää, kun ylläpitoliittymät päivittyisivät automaattisesti ja

poistetut mittarit näkyisivät kartalla. Alla olevassa kuvassa 11 on tehty SWOT-analyysi kytkentätilan seurannasta verkkokartalla.



Kuva 11. SWOT-analyysi kytkentätilan seurannasta verkkokartalla

Jotta kytkentätila näkyisi verkkokartalla, tieto mittarin asennuksesta tai poistosta pitäisi mennä lähes välittömästi asiakastietojärjestelmän ja luentajärjestelmän lisäksi myös verkkotietojärjestelmään. Haasteena on, että mittarin asennukset ja poistot raportoidaan toisiinsa jopa kuukausia myöhässä, joten tieto on vaikea saada ajantasaiseksi. Kytkentätila voidaan mittarin aktivoinnin jälkeen saada joko luentajärjestelmän tai asiakastietojärjestelmän kautta.

Kytkentätilan näkymisessä on mietittävä, näkyisivätkö myös käyttöpaikat, joilla sähkömyyntisopimusta ei ole, tai joiden sähkö on katkaistu maksamattomien laskujen takia. Nämä käyttöpaikat eivät välttämättä ole muutamaa tuntia kauempaa katkaistuna, joten tiedonsiirron on oltava nopeaa. Monimittarikohteissa liittymän kytkentätila määräytyisi kytketyksi, jos edes yksi mittari on kytketty-tilassa.

Asiakaspalvelussa käytetään lähinnä Trimble webmap -karttaa, joka päivittyy huomattavan hitaasti. Voi aiheuttaa helposti asiakaspalvelutilanteessa sekaannuksia, kun kaksi kuukautta sitten ylläpidosta käyttöön otettu liittymä näkyy kartalla edelleen ylläpitoliittymänä. Myös vanhat liittymät, joilla ei ole ollut mittaria käytössä, näkyisivät ylläpitoliittyminä, ellei niille määritellä omaa symbolia. Toisaalta tämä voi aiheuttaa hämmennystä, toisaalta voi helpottaa sopimuksettomien kohteiden tunnistamista.

Kytkenän syyn näkymisestä saatava hyöty voi olla pieni, sillä asiakaspalvelu, jolle siitä eniten olisi hyötyä, käyttää Trimble webmap:iä ja muut tarvitsevat harvoin kytkentätila-

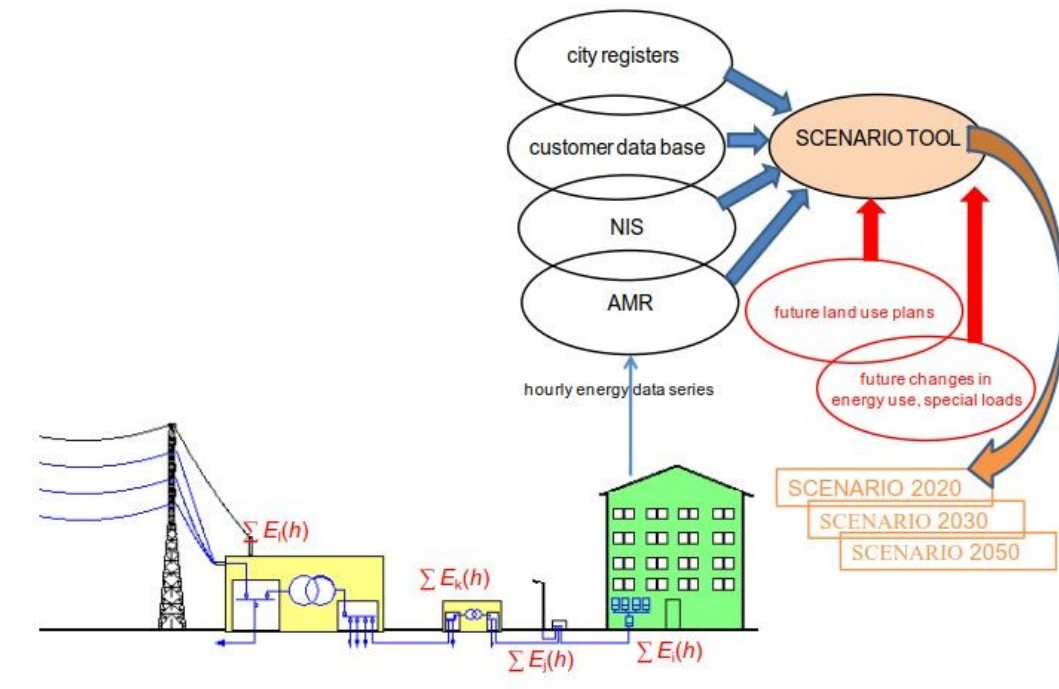
tietoa. Saneerausprojekteissa tämä voisi auttaa sopimuksettomien ja mittarittomien vanhojen liittymien paikannuksessa, jolloin niiden tilanne voidaan selvittää jo suunnittelu- vaiheessa.

Uusien liittymien osalta Caruna on ottamassa käyttöön PJ2-verkonrakennustavan, missä kaava-alueilla ja verkonrakennusta vaativissa kohteissa tontin rajalle tulisi yhdistelmä-kaappi, missä mittari on jo valmiina. Tällöin olisi mahdollista, että liittymä- merkintä tulisi kartalle jo siinä vaiheessa, kun liittymissopimus on allekirjoitettu. KytKentätilan näkyminen kartalla auttaisi kohteiden tunnistuksessa ja kohteen tilan näkemisessä. Totuudessa liittymämerkintä luotaisiin manuaalisesti, kun liittymissopimus on allekirjoitettu, jolloin se verkonrakennuksen yhteydessä tai kytkennän yhteydessä siirrettäisiin oikeaan kohtaan.

5.7 Sähkönkulutuksen kasvun ennustaminen

Sähkönkulutuksen kasvun ennustamiseen voidaan käyttää hyödyksi nykykulutusta ja historiatietoja. Mittareilta saatavien tuntikulutussarjojen avulla voidaan parantaa myös kuormituskäyrien tarkkuutta, jolloin saadaan entistä tarkempia arvioita kulutuksen kasvusta pitkällä aikavälillä. Kun nykyiseen kulutukseen ja tapahtuneeseen kasvuun yhdistetään kaupunkien väestönkasvu ja kaavoitustietoja, voidaan luoda skenaarioita useiden vuosien ajalle. Skenaarioita voitaisiin hyödyntää verkon suunnittelussa. Etenkin kaupunkialueilla työkalu, jolla voitaisiin ihmisarviointia tarkemmin arvioida kuormituksen kasvua, olisi hyödyksi verkon kehitykseen.

Helenillä on tehty opinnäytetyönä Excel-pohjainen energiankulutuksen kasvun arviointi-työkalu osana CLEEN Oy:n (Cluster for Energy and Environment Oy:n Smart Grids and Energy Markets) SGEM projektia. Alla olevassa kuvassa on havainnollistettu, mitä lähdetietoja työkalussa on käytetty. [51] Työkalusta voisi olla hyötyä sekä nopeasti kasvavalla kaupunkialueella että haja-asutusalueella, missä investoinnit ovat suuremmat suhteessa asiakasmäärään.

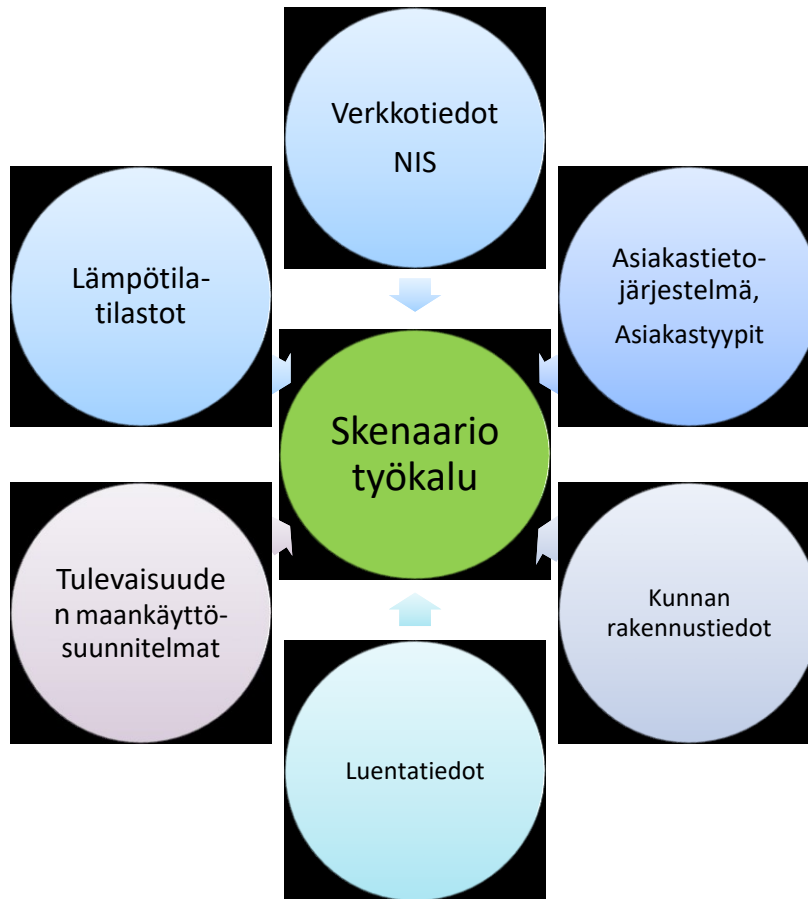


Kuva 12. Työkalu kulutuksen kasvun ennustamiseen. [51]

Skenaariotyökalussa yhdistettäisiin eri tietolähteistä saatua tietoa. Suurin osa tiedoista olisi Carunan omien järjestelmien kautta saatavia asiakastietoja, verkkotietoja ja luentatietoja, mutta ne yhdistettäisiin lämpötilatilastoihin, jotta saadaan sähkönkulutuksen lämpötilariippuvuus otettua huomioon. Lisäksi käytettäisiin kunnilta saatuja rakennustietoja (tyyppi, lämmitystapa, käyttötarkoitus) tukemaan verkkoyhtiön omia tietoja, sekä kuntien kaavoitussuunnitelmia, kuten kuvissa 12 ja 13 on havainnollistettu. [51]

Rakennuksen lämmitystapa vaikuttaa paljon sähkönkulutukseen, sillä esimerkiksi sähkölämmitys kuluttaa enemmän sähköä kuin kaukolämmöllä toteutettu lämmitys ja riippuu enemmän ulkolämpötilasta. Maalämpöpumpuilla taas on suuret käynnistysvirrat, jolloin liittymisoikeus on mitoitettava sen mukaisesti. Jakeluverkko taas on mitoitettava liittymisoikeuksien mukaisesti. Sähkönkulutukseen vaikuttavat lämmitystavan lisäksi myös rakennusten tyypit, rakennusvuodet ja käyttötarkoitukset, mikä on myös hyvä ottaa huomioon työkalun suunnittelussa.

Ville Rimalin et al. Helsingin energialle tekemässä raportissa (2011) verkkotietojärjestelmän ja kaupungin kaavoitussuunnitelmien tiedot on yhdistetty koordinaattien avulla, minkä jälkeen voidaan arvioida sähkönkulutuksen kasvua. Siihen on käytetty pinta-alaan perustuvaa kulutusarviota, jossa otetaan huomioon asiakastyypit, asukkaiden määrä tai rakennuksen rakennusvuosi. Mallissa on otettu huomioon kylmien ja lämpimien arkipäivien, öiden, aattojen ja juhlapäivien erilaiset kulutustottumukset. [51]



Kuva 13. Skenaariotyökalun tietolähteet perustuen lähteeseen [51]

Antti Mutasen tohtoriväitöskirjassa [42] sekä Chen Taon diplomityössä [52] on käytetty Matlabia ja tutkittu eri ryhmittelyalgoritmeja luentatietojen jäsentelyyn ja analysointiin. Matlabin kapasiteetti riittää käsittelemään kymmeniä tai satoja tuhansia mittausdatapaketteja, jotka sisältävät tuntiluentatiedot vuoden ajalta, jos tietokoneen muistikapasiteetti riittää.

Työkalun hyödyllisyyttä on arvioitu kuvassa 14. Onnistunut kulutuksen kasvun ennustamisen työkalu voisi tuoda suuriakin hyötyjä, kun voitaisiin ennakoida kasvupisteet ja varauduttaisiin ajoissa. Tällöin voitaisiin välttyä yksittäisten liittymien takia tehtäviltä muuntamon saneerauksilta. Myös muuhun verkonsaneeraukseen ja uusien alueiden rakentamiseen pystyttäisiin varautumaan jo ennakoita. Voisi olla hyödyllinen myös alueverkon ja sähköasemien suunnittelussa.

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Osittain käytössä, kun Trimblessä käytetään todelliseen kulutukseen perustuvia käyriä 	<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Ennustaminen pidemmällä aikavälillä vaikeaa ja riskialtista -Työkalun muodostaminen voi olla hankalaa -Tarvittavien tietojen saanti kaupungeilta voi olla vaikeaa ja tietojen syöttäminen työlästä
<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Mahdollisuus arvioida kulutuksen kasvua ja hyödyntää tietoa verkon kasvaessa tai verkkoa kehitettäessä -Säästöt tarkempien arvioiden myötä 	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Epäonnistuneet arviot voivat johtaa turhiin investointeihin

Kuva 14. SWOT-analyysi kulutuksen ennustamiseen käytettävästä työkalusta

Työkalu on kuitenkin hyvin riippuvainen lähtötietojensa paikkansapitävyydestä. Esimerkiksi asemakaavat voivat muuttua tai tiedot lämmitystavoista voivat olla vanhentuneita. Myös arviot tulevista muutoksista, esimerkiksi sähköautonlatauspaikoista voivat mennä pieleen, jolloin voidaan tehdä turhia investointeja. Kokonaisuudessaan työkalu vaatii paljon suunnittelua jo ennen kuin lähdetään miettimään toteutustapoja. Se voisi olla toteutettavissa raportointityökaluna, jonka tulokset syötettäisiin verkkotietojärjestelmä Trimbleen havainnollisempaan muotoon.

5.8 Kunnossapidollinen jännitetason ja tehosymmetrian seuranta

Mittareilta saatavia tapahtumia voitaisiin hyödyntää verkon kunnossapidossa ja laajempien saneerausprojektien toteutuksessa, kun ne näkyvät verkkotiedonhallintajärjestelmässä. Katkotietojen lisäksi voitaisiin hyödyntää myös jännitetasosta kertovia tapahtumia. Yli- ja alijännitetapahtumissa nähdään myös, koskeeko jännitetason poikkeama yhtä vaihetta vai kaikkia kolmea.

Verkkotiedonhallintajärjestelmä Trimblen Carunan pääkäyttäjän mukaan tapahtumat on teknisesti mahdollista saada Trimbleen. [36] Mahdollisia tapoja on tuoda ne raportointijärjestelmä QlikViewin, luentajärjestelmän tai Excelin kautta. QlikView siinä mielessä parempi, että sieltä on mahdollista hakea tapahtumat muuntopiireittäin. QlikViewista haettaessa tapahtumien vaihetieto jää kuitenkin puuttumaan. Luentajärjestelmässä tapahtu-

matiedot eivät säily kauaa, joten ne on tasaisin väliajoin ajettava toiseen ohjelmaan. Mahdollisesti tarvitaan oma ohjelmansa tapahtumatietojen hakupaikan ja verkkotietojärjestelmän välille, joka tekee suodatusta ja johon tallentuu historiatiedot, mutta se voi kasvattaa kustannuksia liikaa. Tiedot voisi olla mahdollista syöttää myös muuntopiirikohtaisina seulottuina raporteina suoraan verkkotietojärjestelmään.

Tietojen suodatus on tarpeen, jotta saadaan karsittua todennäköiset asiakkaan itsensä aiheuttamat ylivirtatapahtumat ja jännitteenalenemat, jotka koskevat vain yhtä käyttöpaikkaa tai ovat yksittäisiä. Tapahtumien kerääminen olisi hyvä tehdä muuntopiiri kerrallaan ja eritellen eri tyyppiset tapahtumat. Mietittävä myös muita mahdollisia suodatuksia, jotta Trimbleä ei kuormiteta liikaa. Alla olevassa kuvassa 15 on esitelty SWOT-analyysi työkalulle.

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Havaitaan ongelmakohdat verkossa saneerauksia varten 	<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Vaikea toteuttaa tarpeeksi helppokäyttöisenä -Kallis toteuttaa?
<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Verkon komponenttien eliniän pidentäminen tasoittamalla kuormitusta -Kunnossapidon suunnittelijoiden työn helpotus 	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Tulkintavirheet

Kuva 15. SWOT-analyysi jännitetason ja tehosymmetrian seurannasta kunnossapidon apuna

Tehosymmetriaa voitaisiin seurata eri vaiheiden osalta, jos ylivirtatapahtumilla saataisiin kiinni yhden vaiheen osalta ylikuormittuneet verkonkohdat. Toisaalta myös alijännitetaapahtumien avulla voitaisiin havaita ylikuormittuneet verkonosat. Kartalla olisi hyvä näkyä myös, jos muuntopiirissä on paljon lyhyitä keskeytyksiä, jolloin voidaan arvioida tarvetta raivauksille ja komponenttien tarkastamiselle tai uusimiselle. Tapahtumat voisivat näkyä kartalla siten, että tapahtumatyyppit voidaan muuntopiireittäin hakea erikseen ja värikoodattuna määrän mukaan siten, että jos määrä ei ylitä määrättyä raja-arvoa, tapahtumia ei näytetä lainkaan.

Työkalun toteutus on tehtävä tarpeeksi yksinkertaisessa, vähän tulkintaa vaativassa muodossa, jotta vääriä tulkinnoita vältetään ja kunnossapidon suunnittelijoiden on helppo käyttää palvelua. Työkalu voisi olla Trimlessä erikseen käynnistettävissä halutulla muuntopiirillä, jotta se ei turhaan hidasta ohjelman toimintaa, kun sitä ei tarvita.

Parhaimmillaan jännitetason, tehosymmetrian ja katkojen seuranta verkkokartalla parantaa kunnossapidon tehokkuutta, pidentää komponenttien elinikää ja helpottaa suunnittelijoiden työtä. Kun jännitetason poikkeamista tulevat hälytykset noudattavat standardin rajoja, poikkeamien seurannalla voidaan pitää huoli, että verkko säilyy määräysten mukaisena. Pienjänniteverkossa jakelujännitteen tehollisarvojen 10 minuutin keskiarvoista 95 % tulee olla välillä $U_n + 10 \% / -15 \%$ [53]. Tällä hetkellä hälytykset eivät kuitenkaan suoraan kerro standardista poikkeamista.

Työkalua ei kuitenkaan kannata ottaa käyttöön vähään aikaan, sillä Carunalla on käynnissä laajamittaiset saneerausprojektit, joilla ongelmat saattavat jo sinänsä korjaantua. Tapahtumien tulkinta on hankalaa, vaikka niitä olisi suodatettu, sillä ongelman aiheuttaja voi olla kauempana verkossa. Toinen ongelma on tietojen päivitystahti. Mikäli kartalla näkyvät myös vanhat tapahtumat, ne voivat ohjata turhiin investointeihin. Asiaa on käsitelty kehitysryhmän kokouksessa syyskuussa 2016, jolloin idea tyrmättiin tämänhetkiseen verkonhallintastrategiaan sopimattomana. Keskijänniteverkon parannusprojektit ovat kuitenkin jo loppusuoralla, joten tarkasti määritettynä ja hyvin suunniteltuna tapahtumien käyttöönottoa verkonsuunnitteluun on syytä miettiä. Asia vaatii kuitenkin laajaa selvitystä. [36]

5.9 Muita hyödyntämiskohteita

Jo aiemmin on tunnistettu kehityskohteita mittareiden hyödyntämisessä, jotka kuitenkin on jätetty tässä työssä vähemmälle tarkastelulle.

Mittausvirheen tarkistus

Mittausvirheitä tarkistetaan jo mittaustiimissä ja RVEN- ja SAG- tapahtumien käyttö vaatii paljon lisääautomaatiota. Tapahtumat saadaan jo Qlikview-raportilta, mutta niiden avulla voidaan lähinnä tarkistaa, onko virhe mahdollinen, ei hakea kohteita, joissa on mittausvirheitä.

Verkon topologian selvitys

Periaatteessa mittareiden avulla voitaisiin selvittää pienjänniteverkon topologiaa muuntopiirirajojen osalta, kun tiedetään mitä mittareita muuntopiirin alla pitäisi olla ja voidaan tarkistaa mitä mittareita on. Menetelmä ei kuitenkaan ole tarkka, sillä mittarit eivät välttämättä kommunikoi muuntopiireittäin.

Katkotapahtumien hyödyntäminen käyttökeskuksessa

Keskeytystapahtumia ei hyödynnetä, koska mittarit kommunikoivat PLC-yhteydellä, jolloin yhteys mittarille katkeaa keskeytyksen tullessa ja tapahtuma saapuu vasta, kun yhteys

on palannut ja keskeytys päättynyt. Pienjännitepuolen keskeytysten paikantamiseen käytetään osittain mittareita. Mittareihin otetaan yhteys verkonhallintajärjestelmällä ja karotetaan keskeytysten laajuutta. Käyttökeskuksessa otetaan pian käyttöön myös mittareilta tulevat DCRC-hälytykset, joita syntyy, kun keskitin ottaa yhteyttä mittareihin keskeytyksen jälkeen ja lähettää ADMS:ään hälytyksen mittareista, joihin ei ole saatu yhteyttä keskeytyksen päätyttyä tai joilta puuttuu vaihe.

Kotinäytöt

Kotinäyttöjen tarjoamista on mietitty Carunalla jo aiemmin, jolloin esteeksi muodostui niiden vaikeakäyttöisyys. Kotinäytöt eivät myöskään toimi kaikissa kohteissa, jos mittarin langaton kommunikointi ei toimi metallirakenteiden vuoksi tai asiakkaalla ei ole pääsyä omalle mittarilleen, esimerkiksi kerrostalossa. On myös huomattu, että ihmiset eivät halua erillislaitteita vaan käyttäisivät mieluummin ohjelmaa, jota voisi käyttää omilla mobiililaitteillaan.

5.10 Toimenpiteiden priorisointi

Edellisessä kappaleessa esiteltiin toimenpiteet ja jokaiselle toimenpiteelle tehtiin SWOT-analyysi. Tämän jälkeen käytettiin hyväksi ohjausryhmän ammattitaitoa toimenpiteiden priorisoinnissa SWOT-analyysien perusteella. Ohjausryhmän jäsenille esitellään kehitysehdotukset analyysineen ja he saivat antaa 1-3 pistettä kolmelle mielestään tärkeimmälle kehityskohteelle.

Kehityskohteiksi valikoituivat kulutus- ja talovahtipalvelut, mittaritietojen käsittelyrajapinta ja loistehokohteiden tunnistus ja loistehoneuvonta. Kaikki kolme valittua kehityskohdetta ovat asiakaslähtöisiä. Niillä pyritään tuomaan asiakkaille lisäarvoa myös rahallisina säästöinä. Ehdotukset kulkevat rinnan myös EU:n energiansäästötavoitteiden kanssa, sillä niiden avulla asiakkaan mahdollisuudet vaikuttaa omaan sähkönkulutukseensa paranevat.

Tässä kappaleessa tutkitaan tarkemmin näitä kolmea vaihtoehtoa ja suunnitellaan vaihtoehtoja niiden toteuttamiseksi.

5.10.1 Kulutus- ja talovahti- palveluiden toteutus

Kulutusvahti- ja talovahti-palvelut ovat energiaseurannan ja omien sivujen jatkokehitystä. Palveluiden ensisijainen tarkoitus on antaa asiakkaalle enemmän työkaluja oman kulutuksensa hallintaan ja lisätä asiakkaan mielenrauhaa. Kuten kappaleessa 5.1.2 on selitetty, kulutusvahtipalvelussa asiakas voi aiempaa tarkemmin määrittellä ja asettaa itselleen hälytykset nousseesta ja laskeneesta kulutuksesta. Talovahti- palvelussa asiakas taas

voi saada hälytyksen, kun kulutus on nolla tai puuttuva määritellyn ajan. Tässä ehdotettu 12 tuntia. Kulutusvahti -ja talovahti -palveluihin on määriteltävä tarkasti, millä parametreillä asiakas voi tilata hälytyksiä ja mihin tietoja verrataan. Palveluiden on oltava riittävän helppokäyttöisiä ja helposti ymmärrettäviä, jotta asiakkaan on miellyttävää käyttää niitä.

Parhaat mahdollisuudet molempien palveluiden toteutukseen ovat energiaseurannan ja omien sivujen kautta. Kulutusvertailu olisi helpointa toteuttaa energiaseurannan kautta, missä lämpötilatieto näkyy jo asiakkaalle kulutusnäkyvässä. Energiaseurantaan otettaisiin samalla käyttöön lämpötilakorjaus. Lämpötilakorjaus mahdollistaa eri aikoina kulutetun sähkön vertailun. Lämpötilakorjauksessa otetaan huomioon pelkästään ulkolämpötila, vaikka myös tuulen nopeus, ilman kosteus, säteily ja ilma paine vaikuttavat sähkönkulutukseen, sillä ulkolämpötilalla on kuitenkin suurin vaikutus [50]. Lämpötilakorjauksella saadaan karsittua pakkasista johtuvia hälytyksiä.

Kulutusvahti

Toteutuksessa olisi hyvä, jos palvelun käyttöönoton yhteydessä nousisi asiakkaalle kysely, jossa kysyttäisiin esimerkiksi lämmitysjärjestelmä, asumismuoto ja rakennusvuosi. Tällöin lämpötilakorjaus tulisi käyttöön vain, kun asiakkaan lämmitysmuoto on sähkölämmitys tai lämpöpumppu. Muita tietoja voitaisiin käyttää muuttujina parhaan mahdollisen lämpötilakorjauksen aikaansaamiseksi, mutta lämmitysjärjestelmätieto on tärkein. Jos mahdollista, toteutuksen kannalta olisi hyvä, jos tiedot päivittyisivät myös käyttöpai-kan tietoihin, sillä osalta käyttöpaikoista lämmitystieto puuttuu tai se on vanhentunut. Asiakkaalle voisi antaa mahdollisuuden laittaa lämpötilakorjaus pois päältä, jos hän haluaa ilmoitukset myös niinä päivinä, kun pakkasen on kova. Omilla sivuilla voisi olla linkki, joka ohjaa energiaseurantaan, jonne vertailu on toteutettu. Asiakas voisi valita tulevatko ilmoitukset tekstiviestillä vai sähköpostilla. Lisäksi ilmoitus näkyisi myös omien sivujen energiamittarissa.

Lämpötilakorjauksen toteutuksessa voitaisiin käyttää Motivan kulutuksen normitusta, joka ottaa huomioon lämpötilan sekä käyttöveden lämmitykseen kuluvan energiamäärän, joka ei ole riippuvainen ulkolämpötilasta. Kaavassa 1

$$Q_{norm} = \frac{S_N \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut \text{ vpkunta}}} \times (Q_{kok} - Q_{lämmin \text{ käyttövesi}}) + Q_{lämmin \text{ käyttövesi}} \quad (1)$$

rakennuksen kokonaislämmitysenergiasta Q_{kok} vähennetään lämpimään käyttöveteen käytetty energiamäärä, joka voidaan laskea kaavalla 2. Kaavaa 2

$$Q_{lämmin \text{ käyttövesi}} = \frac{\rho \times c_p \times V \times (t_2 - t_1)}{3600} \quad (2)$$

voidaan käyttää, jos kulutetun lämpimän veden määrä on tiedossa. Taulukkoon 3 on kerätty kaavojen 1, 2 ja 3 suureet ja merkintöjen selitykset. Lämmitystarveluvut kuukausi-

tai vuositasolle ovat saatavissa ilmatieteenlaitoksen verkkosivuilta tai ilmastokeskuksesta, jos halutaan tarkemmat luvut eri paikkakunnilta Carunan alueella. Lämpimän veden kulutukselle rakennuksen bruttoalaa kohti on Motivan sivuilla myös oletusarvotaulukko, jonka avulla voidaan laskea arvio veden lämmittämiseen kuluneelle energialle kaavalla 3

$$Q_{\text{lämmin käyttövesi}} = 58 \times V_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (3)$$

Oletusarvojen taulukossa on kuitenkin vain yrityksille tai julkisten palvelujen tarpeisiin laskettuja arvioita. [54] Kulutusvahtipalvelu sen sijaan palvelee enimmäkseen yksityisasiakkaita, jotka haluavat tietää, onko omakotitalon tai kesämökin kulutus noussut yllättäen.

Taulukko 3. Kulutuksen normituksen laskentaan tarvittavat tiedot [54]

S_N vpkunta	kunnan normaalivuoden tai -kuukauden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla vertailukaudella 1981-2010
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	toteutunut lämmitystarveluku vuosi- tai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla
Q	lämmittämiseen kulunut energia
ρ	veden tiheys (1000 kg/m ³)
c_p	veden ominaislämpökapasiteetti
V	kuluneen veden määrä (m ³)
t_2	lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55 °C
t_1	lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5...10 °C
3600	yksikkömuunnoskerroin (kJ->kWh)

Lämpötilakorjauksen voisi tehdä myös kaavalla 4

$$\Delta P(t) = P(t) - P_{ref} = \alpha \times (T_{ave} - T_{ref}) \times P_{ref}, \quad (4)$$

jonka parametrit on selitetty taulukossa 4. [50] Asiakasryhmäkohtaisen lämpötilariippuvuusparametrin $\alpha(t)$ määrittely vaikuttaa korjauksen tarkkuuteen. Se voidaan määrittellä prosentteina Celsius-astetta kohti [50] tai watteina Celsius-astetta kohti, jolloin kuormituksen määrä ei vaikuta lämpötilariippuvan osan suuruuteen [42].

Taulukko 4. Lämpötilakorjauskaavan parametrit. [50]

$\Delta P(t)$	kulutetun energian lämpötilariippuvainen osa ajanhetkellä t
P (t)	kulutettu energia ajanhetkellä t
P_{ref}	vertailulämpötilassa kulutettu energia
α	asiakasryhmäkohtainen lämpötilariippuvuus
T_{ave}	lämpötilan keskiarvo
T_{ref}	vertailulämpötila

Kulutusvahtipalvelun kannalta yleisesti käytetty $-4\%/^{\circ}\text{C}$ lämpötilariippuvuutena sähkölämmitteisille käyttöpaikoille saattaisi olla riittävä, vaikka muutkin asiakkaat kokevat jonkinasteista lämpötilariippuvuutta. Jos halutaan tarkempi kulutusvertailu, voidaan selvittää eri asiakasryhmille omat lämpötilariippuvuuskertoimet. Asiakkaat voidaan ryhmitellä asumistyyppin, lämmitysmuodon ja asiakastyypin mukaan asiakasryhmiin.

Molemmat laskutavat kävisivät, mutta jälkimmäinen olisi asiakkaalle helpompi, mikäli hänellä ei ole tiedossa kuluttamaansa lämpimän veden määrää. Jos ensimmäistä kaavaa käytetään, voisi olla helpointa asiakkaalle, jos kyselyssä kysyttäisiin ensin asumismuoto ja sitten lämmitystapa, minkä jälkeen kysely katkeaisi, jos asumistapa on muu kuin omakotitalo tai erillistalo ja lämmitystapa muu kuin sähkölämmitys. Lämpötilakorjaus tehdään vain sähkölämmitteisille omakotitaloille tai mökeille. Muut kuin omakotitalossa asuvat eivät välttämättä tiedä vedenkulutustaan, ja sitä on turha heiltä kysyä, jos lämpötilakorjausta ei tehdä.

Kuten nyt, asiakas voisi valita ottaako käyttöön laskeneen kulutuksen ilmoitukset ja nouseen kulutuksen ilmoitukset vai vain toisen. Ilmoitusrajat voisivat säilyä nykyisinä 10% tai 20% muutoksena, joista asiakas voi valita.

Talovahti

Myös talovahtipalvelu olisi käyttöönotettavissa omien sivujen kautta. Palvelu lähettäisi asiakkaalle viestin valitussa muodossa, kun mittarille ei ole ollut yhteyttä yli 12 tuntiin. Talovahti voisi ottaa tiedon mittaustiedonhallintajärjestelmän kautta, johon puuttuville mittaustiedoille tulee oma statuksensa, joista ilmoitus voisi tulla tietyistä määritellyistä statuksista. Mikäli yli 12 tunnilla on yhteyden puuttumista tarkoittava status, asiakkaalle lähtisi viesti. Myös energiaseurannassa näillä ajanhetkillä näkyy, että mittaustieto puuttuu. Viestin yhteydessä voisi olla ohjeet, mistä saa lisätietoa yhteyden puuttumiseen liittyen. Jos asiakkaalla ei ole tiedossa mistä yhteyden puuttuminen johtuu tai jos hän ei ole katkaissut sähköjä pääkytkimeltä, viesti neuvoisi häntä tutustumaan sähkökatkoihin häiriökartalla tai olemaan yhteydessä vikapalveluun, missä tilanne voidaan tarkistaa.

Jos mahdollista, asiakkaalle voisi lähteä automaattinen viesti myös, kun kulutus on ollut nollassa yli 12 tuntia. Nollakulutuksen tunnistaminen voi olla hankalampaa toteuttaa, kuin puuttuvan aikasarjan tunnistaminen. Lähtevässä viestissä on hyvä erottaa, onko kyse nollakulutuksesta vai yhteyden katkeamisesta mittarille.

5.10.2 Mittaritietojen rajapinnan toteutus

Mittaritietojen rajapinta olisi mahdollista toteuttaa omien sivujen jatkokehityksenä. Asiakas pystyisi caruna.fi:ssä omilla sivuillaan:

- Tarkistamaan mittarinsa kytkentätilan ja kytkentätilan syyn
- Ottamaan yhteyden mittariinsa, jotta saa senhetkisen kulutuksen

- Näkemään mittarin mittaamat katkot ja sähkönlaatutapahtumat
- Antamaan kolmannelle osapuolelle valtuutuksen saada hänen tietonsa

Mittarin kytkentätila näkyy asiakastietojärjestelmässä käyttöpaikan kokonaistilanäytöllä, josta tieto voitaisiin lukea omille sivuille. Käyttöpaikan kokonaisnäytöllä näkyy myös, onko käyttöpaikalla sähkönmyyntisopimusta vai ei, mikä voisi myös olla hyvä tieto asiakkaalle. Kytkentätilakohdassa ei ole selitystä, mistä sähköttömyys johtuu ja tilatieto voi olla päivittynyt väärin. Virheellinen kytketty-tila voidaan välttää tarkistamalla ensin, onko käyttöpaikalla mittari. Toinen vaihtoehto kytkentätilan tarkistukseen on antaa asiakkaalle mahdollisuus ottaa yhteys mittariin, kun yhteydenotto asiakastietojärjestelmän kautta tulee mahdolliseksi. Asiakastietojärjestelmän kytkentätilatieto ei kata sähkönjakelun keskeytyksiä.

Mittariin saadaan tällä hetkellä otettua yhteys reaaliajassa luentajärjestelmän kautta, jolloin saadaan mittarin sen hetkinen lukema sekä mittarin tallentamat viimeiset kymmenen tapahtumaa. Toiminto on tulossa asiakastietojärjestelmä Enerimiin, jonka kautta se on jo aiemmin suunniteltu otettavaksi käyttöön myös caruna.fi:hin asiakkaan omille sivuille [37]. Tällä hetkellä omilla sivuilla ei ole rajapintaa luentajärjestelmään, mutta asiakastietojärjestelmään on. Jos asiakastietojärjestelmän kautta mittariin yhteydenottaminen ei ole mahdollista toteuttaa, joudutaan tekemään täysin uusi rajapinta, mikä vaatii huomattavasti enemmän työtä. Jos yhteydenotto mittariin toteutetaan Enerimin kautta, saadaan vain tieto, onko mittari päällä vai pois päältä, kun taas luentajärjestelmän kautta voitaisiin saada myös viimeiset 10 mittarin tallentamaa tapahtumaa [44]. Asiakastietojärjestelmän kautta ei saataisi myöskään sen hetkistä luentatietoa.

Kolmannen osapuolen valtuutuksen voi tällä hetkellä toteuttaa energiaseuranta-palvelun kautta, jossa asiakas voi lisätä itselleen edustajia, jolloin hän voi lisätä esimerkiksi oman sähköurakoitsijansa. Kaikki asiakkaat eivät kuitenkaan osaa käyttää energiaseuranta-palvelua. Muita vaihtoehtoja kolmannen osapuolen valtuuttamiseen on tällä hetkellä vain sähköpostitse tai postitse toimitettava kirjallinen valtakirja. Jos caruna.fi-sivuston kautta toimivat asiakkaan omat sivut koettaisiin helppokäyttöisemmiksi, voisi siellä tarjota asiakkaalle mahdollisuuden lisätä itselleen edustajan energiaseurantaan tai täyttää valtakirjan, josta tulisi tieto asiakastietojärjestelmään suljetun kontaktin muodossa asiakkuuden alle. Tällöin urakoitsijan soittaessa hänen ei tarvitsisi enää erikseen lähettää valtakirjaa, vaan asiakaspalveluhenkilö löytää sen asiakkaan tiedoista. Omille sivuille tunnistaudutaan pankkitunnuksilla, jolloin asiakkaalle on tehty vahva tunnistautumisen, ja tietosuoja säilyy.

5.10.3 Loistehokohteiden tunnistus ja loistehoneuvonta -palvelun toteutus

Keskijänniteasiakkaita Carunalla on hieman yli 500 ja kokonaisuudessaan tehonsiirtoasiakkaita, joilla on voimassa oleva siirtosopimus, on noin 19600. Tehonsiirtoasiakkaita

ovat usein esimerkiksi liiketilat, teollisuusasiakkaat ja yhteiskunnan rakennukset, kuten koulut, päiväkodit ja sairaalat.

Tällä hetkellä Carunan tarjoama neuvonta loistehon kompensoinnista on passiivista. Sähköurakoitsijoille tarkoitetuissa urakoitsijaohjeissa neuvotaan varaamaan tila kompensointilaitteistoille pääkeskuksella sulakekoon ylittäessä 3x63A. Siellä myös neuvotaan asentamaan kompensointi käyttöpaikkakohtaisesti mittauksen jälkeen. Tarkemmat ohjeet koskevat lähinnä purkauslamppukuormia sekä automaattista kompensointilaitosta. Automaattisen kompensointilaitteen osalta tulee suunnitteluvaiheessa ottaa yhteyttä verkkoyhtiöön, jotta voidaan varmistaa, että kompensointilaitte soveltuu yhteen mittarin ja ohjauslaitteiden kanssa. Muutoin Carunalla ei ole vaatimuksia kompensointilaitteiden osalta, kunhan ne ovat yleisten voimassaolevien vaatimusten mukaisia. [25]

Toteutus voidaan tehdä esimerkiksi excel-listan perusteella. Ensin haetaan tehoasiakkaat asiakastietojärjestelmästä, hakemalla voimassaolevat siirtosopimukset, joissa on tehonsiirtotuote. Tällöin saadaan kerättyä käyttöpaikat, joita laskutetaan myös tehomaksu. Hausta on voisi jättää pois kohteet:

- joiden sopimus on jo päättynyt tai ei ole vielä tullut voimaan,
- joiden sähkönmyyntisopimus on päättymässä tämän vuoden aikana, sillä heille investointi loistehonkompensointiin tuskin on enää kannattava, ja
- joiden sopimus on alkanut vasta tänä vuonna, sillä heillä ei vielä ole kertynyt tarpeeksi kulutustietoa analysointia varten.

Kun käyttöpaikat on listattu, ne voidaan hakea mittaustiedonhallintajärjestelmästä ja järjestää suurimmasta loistehon kulutuksesta pienimpään. Loistehon tuotannot on otettava erillään pelkistä Caruna Espoo alueen käyttöpaikoista, sillä Carunan alueella loistehon verkkoon syötöstä ei laskuteta.

Saatu lista on käytävä käyttöpaikka kerrallaan läpi, sillä loistehon laskutusraja riippuu käyttöpaikan pätohosta. Sekä Caruna Oy:n että Caruna Espoo Oy:n verkkoalueella loistehomaksun perustana on kuukausittainen loistehohuippu, josta on vähennetty 20% kuukausittaisesta pätothohuipusta [55]. Loistehomaksut on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 5. Loistehomaksut [55]

		alv 0%	alv 24%
Caruna Espoo Oy	loistehomaksu €/kVAr, kk (anto & otto)	4,05	5,02
Caruna Oy (1.7.2018 asti)	loistehomaksu €/kVAr, kk (otto)	6,14	7,61
Caruna Oy (1.7.2018 alkaen)	loistehomaksu €/kVAr, kk (otto)	6,60	8,18

Suurimmilla loistehokohteilla on todennäköisempää, että loistehosta laskutetaan, mutta pienemmän loistehotuotannon ja kulutuksen kohteet on käytävä erikseen läpi joko asiakaslaskutustietojen tai tehokuvaajien kautta. Listan voisi päivittää neljä kertaa vuodessa kvartaaleittain. Loistehoneuvonta on parempi aloittaa Caruna Oy:n alueen suuremmista

kohteista, sillä niissä loistehon kompensointilaitteista olisi enemmän hyötyä ja takaisinmaksuaika laitteistoille olisi lyhyempi.

Loistehoneuvontaa varten olisi hyvä perehtyä joihinkin loistehokompensoinnin ratkaisuihin, vaikka tarkkaa neuvontaa varten olisi suositeltava asiakkaan omaa urakoitsijaa, sillä Carunalla ei ole resursseja käydä paikan päällä tutustumassa käytössä oleviin laitteistoihin, jolloin niiden tuottaman tai kuluttaman loistehon kompensoinnin neuvonta on hankalaa. Asiakas voisi myös puhelimesta kertoa, mitä laitteita hänellä on käytössään, mutta vaarana on, että tärkeitä loisteholähteitä jää mainitsematta. Jos asiakkaalla itsellään ei ole tietoa loistehosta voi olla, että hän ei tiedä kaikkia loistehoa kuluttavia tai tuottavia laitteitaankaan, jolloin joku niistä voi jäädä mainitsematta.

Loisteho on hyvä kuluttaa siellä missä se tuotetaan ja sopivat laiteratkaisut on valittava kuhunkin tilanteeseen sopivasti. Kompensointilaitteen valintaan vaikuttaa muun muassa toteutetaanko kompensointi laitekohtaisesti, ryhmäkohtaisesti vai keskitetysti ja suodattetaanko samalla yliaaltoja. Kompensointilaitteita on myös hyvä huoltaa säännöllisesti, joten myös sen vuoksi asiakas on hyvä ohjata suoraan taholle, joka voi tarjota kompensoinnin suunnittelun ja huollon. Asiakasta voidaan neuvoa pyytämään tarjouta eri palveluntarjoajilta, jotta ei suosita yhtä. [56]

Carunan osalta on siis hyvä pidättäytyä muutamissa esimerkeissä loistehonkompensoinnista. Palvelu tuo lähinnä lisäarvoa siinä, että muistutetaan asiakasta kompensoinnin mahdollisuudesta ja siitä saatavista säästöistä. Neuvontaa ei kannata tehdä asiakkaille, joiden loistehomaksut ovat pieniä. Maksimisäästöt saadaan suoraan toteutuneiden loisteholas-kutusten kautta käyttöpaikkakohtaisesti, jos oletetaan, että kompensoinnilla päästään loistehon kulutuksen osalta lähelle nollaa ja alle laskutusrajan. Lisäarvoa toisi, jos selvitetäisiin kompensoinnin hintaluokkaa ja voitaisiin tarjota jonkinlaista hinta-arviota. Kuluttetun loistehon määrä on tiedossa, joten siihen pohjautuen voisi olla mahdollista arvioida jonkinlainen hintahaarukka keskitetyille kompensoinnille. Tätä varten voitaisiin kysellä hinta-arvioita erilaisille ratkaisuille loisteholaitteistojen tarjoajilta.

5.11 Lyhyen tähtäimen toimenpiteet

Lyhyellä tähtäimellä eli tulevan vuoden sisällä toimenpiteinä ovat energiaseuranta-sivuston kehitys sekä käyttökeskuksen projekti liittyen hälytysten käyttöönottoon. Mittauspalvelujen toimittaja on vaihtumassa tämän vuoden aikana, mikä hidastaa mittareihin liittyviä kehitysprojekteja. Toimittajan vaihdon vuoksi nyt ei ole järkevää ottaa isompia projekteja mittareihin liittyen työn alle.

Kolme tarkemmin tutkittua toimenpidettä esitellään jatkotoimenpiteitä varten ohjausryhmälle ja laajemmin carunalaisille.

5.12 Pitkän aikavälin toimenpiteet

Lähitulevaisuudessa kulutustietojen luentaväli lyhentyy EU:n lainsäädännön myötä. Aikataulu siirtymälle ei ole vielä tiedossa, mutta koska varttitaseeseen on siirryttävä viimeistään vuoteen 2025 mennessä, siihen on syytä varautua jo nyt. Luentaväli lyhenee aluksi 15 minuuttiin, myöhemmin mahdollisesti lyhyemmäksi. Nykyisillä mittareilla, jotka Carunalla on käytössä, 15 minuutin luentaväli on osittain mahdollinen. Carunalla yleisimmin käytössä olevat mittarit eli 1- ja 3-vaiheiset suorat NES-mittarit pystyvät jopa 5 minuutin mittaustiheyteen, mutta ongelmaksi muodostuu mittarin sisäisen muistin kapasiteetti ja keskittimien tiedonsiirto.

Varttitaseeseen siirtyminen aloitetaan yli 1 MVA kohteista, joiden mittaus siirrettäisiin suoraan 15 minuutin jaksoihin, mutta vielä on epäselvää, koskeeko muutos alusta alkaen myös pienjänniteverkon mittauskohteita. Muilla kohteilla mahdollisuutena on aluksi siirtäjä laskennallisesti 15 minuutin jaksoihin ja myöhemmin siirtäjä 15 minuutin mittausjaksoihin. Energiaviraston sidosryhmäkyselyn mukaan tämä laskennallinen siirtymä voitaisiin toteuttaa datahubissa yhtenäisillä mallinnoilla, mutta tämä edellyttää, että datahub pystyy toteuttamaan mallinnuksen ja tarvittavat tiedonsiirrot luotettavasti. Datahub on tulossa käyttöön vuonna 2020 [7].

Energiaviraston sidosryhmäkyselyllä on kartoitettu suurimmat haasteet varttitaseeseen siirtymisessä. Suurin osa haasteista riippuu siirtymisaikataulusta, kuten mittareiden enenaikaiset vaihdot, pienten liittymien varttitaseiden mallinnus riippuen datahubista ja sen aikataulusta. Haasteet riippuvat myös muutoksen suunnittelulle ja tietojärjestelmien kehitykselle jäävästä aikataulusta. Suurimpana haasteena pidetään tasejaksomuutoksien muutoskohtaa, josta tulee epäjatkuvuuskohta mittauksissa ja datan hallinnassa, ja joka tulisi siksi suunnitella erityisen huolellisesti.

Varttitaseeseen siirtyminen vaatii kaikkien prosessien automatisointia, ja tiedonsiirtosopimusten uudelleen neuvottelua siirrettävän tiedon määrän kasvaessa. Mittarin sisäinen muisti, keskittimen muisti ja luentajärjestelmän kapasiteetti on mitoitettava uudelleen. Mittareiden uudelleenohjelmointi ei kaikissa tapauksissa ole mahdollista, mikä johtaa mittari-investointeihin. Osa mittareista voidaan ohjelmoida uudelleen etäyhteyden kautta, mutta mittareiden ohjelmoiminen massana ei ole mahdollista, vaan ne on ohjelmoitava uudelleen yksi kerrallaan. Ne mittarit, joita ei voida ohjelmoida uudelleen etäyhteydellä, on ohjelmoitava uudelleen manuaalisesti kohteessa. Kun alle 1 MVA kohteiden osalta siirrytään varttitaseeseen, massaohjelmoinnin kehittäminen on tarpeen, sillä kohteiden määrä kasvaa tällöin rajusti.

6. TULEVAISUUDEN TARPEET JA MAHDOLLI-SUUDET

Tulevaisuudessa pyritään kohti yhä älykkäämpää sähköverkkoa pientuotannon lisääntyessä ja energiamarkkinoiden muuttuessa joustavammiksi. Älykkäät mittarit ovat tärkeä osa älykästä sähköverkkoa. Niiltä vaaditaan tulevaisuudessa parempaa säätelykykyä ja nopeampaa kommunikointia. Tulevaisuudessa datan siirron tulisi olla reaaliaikaista tai lähes reaaliaikaista, mikä nykyisillä mittareilla ei ole mahdollista ilman lisälaitteita. Luentatieto pitäisi saada kätevästi mobiiliapplikaationa loppuasiakkaan äylaitteeseen.

Kysyntäjoustopon tarve lisääntyy jatkuvasti nopeasti säädettävän tuotannon vähentyessä ja verkossa olevan pyörivän massan vähentyessä. Kysyntäjoustopon parannettaisiin järjestelmän luotettavuutta ja vähennettäisiin tarvetta nopeasti säädettäville energianlähteille varavoimana. Mikäli pienasiakkaiden halutaan pystyvän vaikuttamaan kysyntäjoustopon, heillä tulisi olla reaaliaikainen tieto omasta sähkönkulutuksestaan ja mahdollisuus kytkeä irti laitteita tai koko sähkönkäyttöpaikan etäkomennolla. Mahdollisina toteutustapoina on mainittu muun muassa etäluettavien mittarien kuormanohjausreleen hyödyntäminen, asiakkaan omat kuormanohjauslaitteistot ja yksittäisten laitteiden ohjausjärjestelmät. Erilaiset lämmitysratkaisut, rakennukset ja asiakastyypit sopivat erilaiset kuormanohjausratkaisut. Kustannukset riippuvat valitusta ohjaustavasta, sen vaatimista uusista asennuksista ja muutoksista [47] Reaaliaikaisuus on mahdollista pulssilähtöön kiinnitettävän kotinäytön kautta tai paikallisella yhteydellä mittarilta asiakkaan järjestelmään, mutta tällöin on huomioitava, että mittaustietoa ei ole varmennettu. Kuormanohjausreleen hyödyntämisessä kysynnänjoustopon haasteina on releen ohjauksen tekninen toteutus, sekä eri toimijoiden roolit releen ohjauksessa [47].

Jo nyt ollaan siirtymässä varttitaseeseen, tulevaisuudessa mahdollisesti viiden minuutin taseeseen tai lyhyempään luentajaksoon. Tämän vuoksi seuraavan sukupolven mittareilla tulisi olla valmiiksi vapaata muistikapasiteettia lyhyemmän luentajakson varalle. Mittareiden on myös hyvä olla massaohjelmoitavia, jotta muutosten tapahtuessa, ne voidaan kerralla ohjelmoida etäyhteydellä uudelleen.

Mittareiden muistikapasiteetin kasvatustarve on huomioitu mittarihankinnoissa ja tulevissa mittareissa onkin enemmän muistikapasiteettia. Muiden muutosten osalta verkko-yhtiö on mukana yleisissä keskusteluissa esimerkiksi älyverkkotyöryhmässä ja seuraa kehitystä.

7. YHTEENVETO

Etäluettavat mittarit otettiin käyttöön, jotta mittaustarkkuus paranisi, mittaukset olisivat luotettavampia ja loppuasiakkaalla olisi aiempaa paremmat mahdollisuudet seurata sähkönkulutustaan. Nämä tavoitteet ovat toteutuneet, vaikkakaan kulutustiedot eivät ole asiakaan tai muidenkaan käytössä reaaliajassa, tiedot toimitetaan asiakaan, sähkönmyyjän ja tasevastaavan käyttöön huomattavasti tiheämmin ja nopeammin kuin ennen etäluettavia mittareita.

Ilmastonmuutoksen torjumiseksi tarvitaan yhä enemmän uusiutuvaa energiaa ja energiansäästöä. Koska energiantuotanto uusiutuvilla energianlähteillä ei ole yhtä helposti säädeltävissä kuin fossiilisilla polttoaineilla tuotettu, on alettu miettiä kulutushuippujen siirtoa muilla tavoin, esimerkiksi kysynnänjoustolla. Jotta myös pienkuluttajat voisivat osallistua kysynnänjoustoön, heidän pitäisi pystyä seuraamaan kulutustaan reaaliajassa ja pystyä hallitsemaan kulutustaan. Yksi mahdollisuus tähän on etäluettava mittari.

Jo nyt etäluettavilla mittareilla on kuormanohjausrele, mutta sitä hyödynnetään vain aikasidonnaisen siirtotuotteen yhteydessä, jolloin asiakas voi ohjata releellä esimerkiksi lämminvesivaraajansa käynnistymään yöaikaan, kun sähkönsiirto on halvempaa.

Mittareilta saadaan myös luentatietoja sekä verkosta otetun että verkkoon syötetyn sähkön osalta. Sähköntuotannon mittaaminen voidaan kytkeä päälle etäyhteydellä. Mitattu sähkö voidaan mitata eri laskureilla, jos käytössä on aikasidonnainen tuote. Luentatietojen lisäksi mittarilta saadaan mittarin toimintaan, poikkeamiin, sähkönlaatuun ja keskeytyksiin liittyviä tapahtumia ja hälytyksiä.

Mittarilta saatavat luentatiedot välitetään sähkönmyyjälle, tasevastaavalle sekä loppuasiakkaalle. Luentatietoja käytetään myös muun muassa laskutukseen, verkon suunnitteluun ja tuoteneuvontaan. Työssä on eritelty mihin eri kohteisiin mittaustietoja käytetään ja minkä eri ohjelmien kautta mittaustiedot kulkevat. Perimmäisenä pyrkimyksenä on ollut selvittää, mihin mittareita käytetään tällä hetkellä, jotta voidaan löytää lisää käyttökohteita mittareilta saatavalle datalle.

Työssä tutkituista mahdollista käyttökohteista tarkempaan tutkintaan valikoituivat palvelut, joista olisi hyötyä loppuasiakkaalle: kulutus- ja talovahtipalvelu, loistehoneuvontapalvelu ja mittaustietojen rajapintapalvelu. Niiden käytännön toteutus suunniteltiin työssä hieman tarkemmin, kuin muiden ehdotusten. Muut ehdotukset liittyivät enemmän verkko-yhtiön toiminnan kehitykseen, kuten RVEN-tapahtumien seuranta sekä kulutuksen kasvun ennustaminen. Niiden osalta täytyy tehdä tarkempaa tutkimusta ennen kuin niitä lähdetään toteuttamaan.

Valitut palvelut ohjaavat asiakasta seuraamaan tarkemmin omaa kulutustaan, mikä sopii hyvin myös siihen, mitä sähkömarkkinoilla on odotettavissa tulevaisuudessa. Loppuasiakkaasta on tulossa entistä aktiivisempi osa sähkömarkkinoita, kun hän voi olla kuluttajan lisäksi sähköntuottaja ja mahdollisesti osallistua kysyntäjouktoon ohjaamalla omia kulutushuippujaan.

LÄHTEET

- [1] Carunan vuosiraportti 2016, Caruna, verkkosivu. Saatavissa (luettu 15.1.2018): <http://vuosiraportti2016.caruna.fi/raportti/asiakkaat-ja-yhteiskunta/>.
- [2] Euroopan parlamenttien ja neuvoston direktiivi 2009/72/EY sähkön sisämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä ja direktiivin 2003/54/EY kumoamisesta, 2009/72/EY, 2009, direktiivi. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX:32009L0072>.
- [3] Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta, A 5.2.2009/66, 2009, asetus. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090066>.
- [4] Energiateollisuus ry, I. Lehto, Tuntimittausta ja etäluentaa, verkkosivu. Saatavissa (luettu: 15.4.2018): https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon_mittaus.
- [5] Sähkömarkkinalaki, L 9.8.2013/588, 2013, laki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>.
- [6] P. Lintunen, eSett Oy, Nordic Inbalance Settlementin (NBS) ja eSettin kuulumiset, 22.3.2017. Tasevastaavapäivän aineisto. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/ajankohtaista-tapahtumat/tasevastaavapaiva-22032017/nordic-imbalance-settlementin-ja-esettn-kuulumiset.pdf>.
- [7] Tekninen asiantuntijaryhmä, Sähkön vähittäismarkkinoiden liiketoimintaprosessit datahubissa, Fingrid Datahub Oy, 2018, 284 p. Saatavissa: <https://www.ediel.fi/datahub/liiketoimintaprosessit/dokumentaatio>.
- [8] Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta, A 31.3.2016/217, 2016, asetus. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160217>.
- [9] Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta ja direktiivin 95/46/EY kumoamisesta (yleinen tietosuoja-asetus), 2016/679, 2016, asetus. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=FI>.
- [10] M.R. Asghar, G. Dan, D. Miorandi, I. Chlamtac, Smart Meter Data Privacy: A Survey, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 19, Iss. 4, 2017, artikkeli, pp. 2820-2835. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7959167>.
- [11] Energiateollisuus ry, Tuntimittauksen periaatteita, 2016, suositus, 1-41 p. Saatavissa: http://energia.fi/files/1153/Tuntimittaussuositus_paiv_20161012.pdf.

- [12] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/32/EU mittauslaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta, 2014/32/EU, 2014, direktiivi. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0032>.
- [13] Mittauslaitelaki, L 17.6.2011/707, 2011, laki. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110707>.
- [14] Valtioneuvoston asetus mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista, A 21.12.2016/1432, 2016, asetus. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161432>.
- [15] Sähköturvallisuuslaki, L 16.12.2016/1135, 2016, laki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>.
- [16] Työ- ja elinkeinoministeriön asetus sähkökaupassa ja sähköntoimitusten selvityksessä noudatettavasta tiedonvaihdosta, A 13.4.2016/273, 2016, asetus. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160273>.
- [17] Energiateollisuus ry, Energiateollisuuden pääviestit EU:n puhtaan energian pakettiin, verkkosivu. Saatavissa (luettu 18.4.2018): https://energia.fi/energiateollisuuden_edunvalvonta/energiapolitiikka/puhtaan_energian_paketti.
- [18] Council of European Union, Proposal for a directive of the European parliament and of the council on common rules for the internal market in electricity, 2017, Saatavissa: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST_10691_2017_REV_1&qid=1512376486745&from.
- [19] Komission asetus (EU) sähköjärjestelmän tasehallintaa koskevista suuntaviivoista, 2017/2195, 2017, asetus. Saatavissa: <http://data.europa.eu/eli/reg/2017/2195/oj>.
- [20] E. Copenhagen Economics, Finer time resolution in Nordic power markets: A Cost Benefit Analysis, 2017, analyysi. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/tiedotteet/sahkomarkkinat/2017/finer-time-resolution-cba-report.pdf>.
- [21] Fingrid Oyj, Pohjoismaiset kantaverkkoyhtiöt esittävät siirtymistä yhtä aikaa varttitaseeseen vuonna 2020, 2017, Saatavissa (luettu 23.2.2018): <https://www.fingrid.fi/sivut/ajankohtaista/tiedotteet/2017/pohjoismaiset-kantaverkkoyhtiot-esittavat-siirtymista-yhta-aikaa-varttitaseeseen-vuonna-2020/>.
- [22] Council of the European Union: Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the internal market for electricity ST 15135 2016 REV 1, 2016, Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52016PC0861&qid=1519478469176>.
- [23] Fingrid Oyj, Varttitase eli 15 minuutin taseselvitysjakso, 20.3.2018, kokousmuistio. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinoiden-tulevaisuus/varttitase/#referenssiryhman-kokousmuistiot>.

- [24] S. Ruottinen, Asiantuntija, mittauspalvelut. Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 23.2.2018.
- [25] Caruna, Urakoitsijaohjeet, Caruna Oy, verkkosivu. Saatavissa (luettu 15.3.2018): <http://www.caruna.fi/urakoitsijat/urakoitsijaohjeet>.
- [26] O. Juujärvi, Palvelupäällikkö, mittauspalvelut. Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 30.10.2017.
- [27] Echelon Corporation (ed.). 2011. IEC Electric Meter User's Guide, Firmware Version 3.4X Models: 83331-XXXXX and 83332-XXXXX, sisäinen dokumentti.
- [28] Depuru, S S S R, L. Wang, V. Devabhaktuni, Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, Iss. 6, 2011, artikkeli, pp. 2736-2742.
- [29] H. Hauta-aho, asiantuntija, Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 21.12.2017.
- [30] Rollout, billing and beyond: How Fortum Finland is Meeting Key Objectives with Smart Metering, 2012,.Metering, Billing/CRM Europe Conference, Amsterdam, konferenssitaltiointi. Saatavissa: (katsottu 6.4.2018) <https://www.youtube.com/watch?v=cLvIVAjdi0A>
- [31] H. Linnanen, Local connectivity pilot project experiences, sisäinen dokumentti. 2012, 3 p.
- [32] T. Miettinen, Mittarin tietojen lähetys, sisäinen dokumentti. Caruna, Espoo, 2017.
- [33] Columbus statukset, Caruna, sisäinen dokumentti, Espoo, luettu 29.12.2017, 2017.
- [34] T. Honkanen, käyttöanalyttikko, käyttökeskus. Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 2.11.2017.
- [35] T. Honkanen, käyttöanalyttikko, käyttökeskus. Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 29.1.2018.
- [36] R. Hakala, pääkäyttäjä, verkkotietojärjestelmä, verkko-omaisuus ja mallinnus. V. Pajuoja, palvelupäällikkö, ICT palveluhallinta, Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 5.4.2018.
- [37] P. Lagerqvist, palvelupäällikkö, palvelukanavat, asiakkuuksien kehitys. Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 11.4.2018.
- [38] Caruna, Energiaseuranta, verkkosivu. Saatavissa (luettu 15.3.2018): <https://www.caruna.fi/energiaseuranta>.
- [39] P. Lagerqvist, Energiaseurannan uudet ominaisuudet, Caruna, sisäinen dokumentti, 2017, 7 p.

- [40] Simona-Vasilica Oprea, Ion Lungu, Informatics Solutions for Smart Metering Systems Integration, *Informatica Economica*, Vol. 19, Iss. 4, 2015, artikkelii, pp. 28-42. Saatavissa: <https://search-proquest-com.libproxy.tut.fi/docview/1758012603/fulltextPDF/40427758548E4564PQ/1?accountid=27303>.
- [41] Savita Pawar, B. F. Momin, Smart electricity meter data analytics: A brief review, *The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) Conference Proceedings*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE), Piscataway, 2017, konferenssijulkaisu, pp. 1.
- [42] A. Mutanen, Improving Electricity Distribution System State Estimation with AMR-Based Load Profiles, Tampere University of Technology, 2018, väitöskirja, 186 p. Saatavissa: https://tutcris.tut.fi/portal/files/14003240/mutanen_1529.pdf.
- [43] Fingrid Datahub Oy, Sähkön vähittäismarkkinoiden liiketoimintaprosessit datahubissa versio 1.4, 2017, dokumentti, 47 p. Saatavissa: <https://www.ediel.fi/datahub/liiketoimintaprosessit/dokumentaatio>.
- [44] T. Kuisma, mittauspalveluasiantuntija. Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 2.2.2018.
- [45] A. Löf, verkostoaanalyttikko. A. Toivonen, projektipäällikkö. Caruna Oy, Espoo. Haastattelu 2.11.2017.
- [46] A. Mäkinen, M. Pikkarainen, P. Pakonen, P. Järventausta, M. Kauppinen, M. Sohlman, H. Valkonen, J. Aalto, Neutral fault management in LV network operation supported by AMR system, 2013, artikkeli, 4 p. Saatavissa: <https://ieeexplore-ieee-org.libproxy.tut.fi/document/6683725/>.
- [47] P. Järventausta, S. Repo, P. Trygg, A. Rautiainen, A. Mutanen, K. Lummi, A. Supponen, J. Heljo, J. Sorri, P. Harsia, M. Honkiniemi, K. Kallioharju, V. Piikkilä, J. Luoma, J. Partanen, S. Honkapuro, P. Valtonen, J. Tuunanen, N. Belonogova, Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportti, Tampereen teknillinen yliopisto, 2015, raportti. Saatavissa: https://tutcris.tut.fi/portal/files/4776899/kysynnan_jousto_loppuraportti.pdf.
- [48] T.J. Chermack, B.K. Kasshanna, The Use and Misuse of SWOT Analysis and Implications for HRD Professionals, *Human Resource Development International*, Vol. 10, Iss. 4, 2007, artikkeli, pp. 383-399. Saatavissa (luettu 8.1.2017): <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13678860701718760>.
- [49] E. K. Valentin, Swot Analysis from a Resource-Based View, *Journal of Marketing Theory and Practice*, Vol. 9, Iss. 2, 2001, artikkeli, pp. 54-69. Saatavissa (luettu 8.1.2017): <http://www.jstor.org/stable/40470032>.
- [50] V. Välipirtti, Development of comparison feedback for private customers in electricity consumption reporting service, Tampereen teknillinen yliopisto, 2014, diplomityö, 72 p. Saatavissa: http://sgemfinalreport.fi/files/MSc_Thesis_Viljami_Valipirtti.pdf

- [51] V. Rimali, P. Heine, M. Hyvärinen, M. Koivisto, M. Lehtonen, Development of spatial load forecasting utilizing AMR measurements, 2011, raportti, 57 p. Saatavissa: http://sgemfinalreport.fi/files/WP611_SGEM%201%204%20report%20February%202011%20final.pdf.
- [52] C. Tao, Customer behavior change detection based on AMR measurements, Tampere University of Technology, 2014, diplomityö, 68 p. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/22554>
- [53] Energiateollisuus, Sähkötoimituksen laatu- ja toimitustapavirheen sovellusohje, 2014, ohje, 14 p. Saatavissa: https://energia.fi/files/881/Sahkontoimituksen_laatu_ja_toimitustapavirheen_sovellusohje_2014.pdf.
- [54] Motiva ry, Kulutuksen normitus auttaa kulutusseurannassa, 2016, ohje, 8 p. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/12186/Kulutuksen_normitus_Laskentakaa-vat_ja_-ohjeet_Motiva_Oy_12-2016.pdf
- [55] Caruna Oy, Tuotteet ja hinnat, verkkosivu. Saatavissa: (luettu 30.4.2018) <https://www.caruna.fi/palvelut/tuotteet-ja-hinnat>.
- [56] P. Väisänen, Loistehon kompensointi jakeluverkkoyhtiössä, Tampereen teknillinen yliopisto, 2012, diplomityö, 11-12 p. Saatavissa: <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21284/Vaisanen.pdf>.