



Älykkäiden sähkömittareiden laatutietojen hyödyntäminen tulevaisuudessa

Sebastian Ahlnäs

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Tunnistenumero:	3965
Tekijä:	Sebastian Ahlnäs
Työn nimi:	Älykkäiden sähkömittareiden laatutietojen hyödyntäminen tulevaisuudessa
Työnohjaaja (Arcada):	DI Kim Rancken
Toimeksiantaja: Fortum Oy	DI Jim Mäkelä
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän päivän yhteiskunnassa sähköverkkoa ollaan laajennettu niin paljon vuosien varrella että jopa suurimmalle osalle saaristosta rupeaa olemaan sähköistetty. Tämä antaa verkkoyhtiöille mahdollisuuden keskittyä hieman enemmän toimittamansa sähkön laatuun ja toimitusvarmuuteen. Tässä insinööriyössä tullaan käsittelemään älykkään sähköverkon rakenteeseen nykypäivänä ja mitä siltä voi odottaa tulevaisuudessa. Fortumin vaihdettua lähestulkoon kaikki induktio kWh-mittarit etäluettaviksi mittareiksi, on aika rupea hyödyntämään mittareiden muitakin toimintoja. Näihin toimintoihin lukeutuvat mittarin tallentamien laatutietojen hyödyntäminen.</p> <p>Jotta voidaan täysin ymmärtää mitä mahdollisuuksia uudet mittarit mahdollistaa on ensin hieman tutustuttava sähkönlaatuun ja mitä se merkitsee jakeluverkon kannalta. Sähköstandardien tiukentuessa tulevaisuudessa tullaan verkkoyhtiöiltä vaatimaan entistä parempaa sähkönlaatua. Tämä voi tulevaisuudessa mahdollisesti myös luoda mahdollisuuden asiakkaalle seuramaan oman sähkönkulutuksen lisäksi myös oman sähkökäyttöpaikkansa sähkönlaatua. Nämä toiminnot ja niiden hyödyntäminen on vasta tulemassa käyttöön verkkoyhtiöillä ja niihin liittyvät käyttöjärjestelmät ja ohjelmat ovat vasta alkuvaiheessa.</p>	
Avainsanat:	Älykkäät sähkömittarit, kauko-luenta, sähkönlaatu, älykkäät sähköverkot.
Sivumäärä:	41
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	25.5.2015

OPINNÄYTE	
Examensarbete	
Utbildnings- program	Elektroteknik
Identifikat- ionsnummer	3965
Författare:	Sebastian Ahlnäs
Arbetets namn	Älykkäiden sähkömittareiden laatutietojen hyödyntäminen tulevaisuudessa
Handledare	DI Kim Rancken
Uppdragsgivare	DI Jim Mäkelä
<p>Sammandrag</p> <p>I dagens samhälle har elnätet expanderat så mycket att även största delen av skärgården börjar ha el tillgängligt. Detta ger eldistributionsbolagen möjlighet att koncentrera sig mera på kvaliteten och pålitligheten av den levererade elen. I detta ingenjörsarbete behandlas det smarta elnätverkets uppbyggnad idag och vad som kan förväntas av det i framtiden. Fortum har bytt ut de gamla induktion kWh-mätarna till nya fjärravläsbara mätaren, vilket betyder att det är dags att börja utnyttja de mätarens andra funktioner också, så som information om elkvaliteten vid mätaren.</p> <p>För att få bättre förståelse vilka möjligheter de nya mätarna möjliggör måste man först bekanta sig med begreppet elkvalitet och vad det innebär. Då standarden för elen blir strängare i framtiden kommer det att krävas ännu bättre elkvalitet av eldistributionsbolagen. Detta kan även betyda att kunderna kommer att ha möjligheten att följa med sin elkonsumtion och även elkvaliteten vid sitt bruksställe. Dessa funktioner och utnyttjande av dem tar de första stegen i eldistributionsbolagen och de program som möjliggör det är i utvecklingskede.</p>	
Nyckelord:	Älykkäät sähkömittarit, kaukoluenta, sähkö- laatu, älykkäät sähköverkot.
Sidanantal	41
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	25.5.2015

DEGREE THESIS	
Degree Programme:	Elektroteknik
Identification number:	3965
Author:	Sebastian Ahlnäs
Title:	Älykkäiden sähkömittareiden laatu- tietojen hyödyntäminen tulevaisuu- dessa
Supervisor:	DI Kim Rancken
Commissioned by:	DI Jim Mäkelä
Abstract	
<p>In today's society, the electricity grid has expanded so much that even most of the archipelago begins to have electricity available. This provides electricity distribution companies an opportunity to concentrate more on the quality and reliability of the delivered electricity. This degree thesis dealt with the smart grid structure of today and what can be expected of it in the future. Fortum has replaced the old induction kWh-meters for new remotely readable meter, which means it's time to start using the meter's other features as well, such as information about power quality at the meter.</p> <p>In order to better understand the opportunities the new meters allow one must first become familiar with the concept of power quality and what it means. As the standard for the electricity will be stricter in the future will require better power quality of the power distribution companies. This can also mean that customers-markets will have the opportunity to follow their electricity consumption and also power quality at its operating site. These features and the use of them take the first steps in the electricity distribution companies and software enabling it is in the development stage.</p>	
Keywords:	Älykkäät sähkömittarit, kaukoluenta, sähkönlaatu, älykkäät sähköverkot.
Number of pages:	41
Language:	Finnish
Date of acceptance:	25.5.2015

SISÄLLYSLUETTELO

Termit ja niiden määritelmät	7
1 Johdanto	8
2 Tausta ja historia	9
2.1 Fortum Oy	9
2.2 Caruna Oy	10
2.3 Älykkäiden sähkömittareiden tausta	12
3 Sähkönlaatu	13
3.1 Mitä sähkönlaadulla tarkoitetaan	13
3.1.1 <i>Taajuus</i>	15
3.1.2 <i>Yliaallot</i>	15
3.1.3 <i>Jännitteen suuruus, tason vaihtelut ja välkyntä</i>	17
3.1.4 <i>Epäsymmetrisyys</i>	18
4 Tekninen toteutus	19
4.1 Älykäs sähköverkko	19
4.2 Echelon mittari	21
4.2.1 <i>Mittarin tekniset tiedot</i>	22
4.3 Keskitin	24
4.3.1 <i>Tekniset tiedot</i>	25
5 Mittarin tallentamat laatu tiedot	26
5.1 Viestit ja niiden käyttötarkoitus	26
5.2 Viestien tallettaminen	28
5.3 Viestien toimittaminen	28
6 Käyttöjärjestelmä	30
6.1 Schneider Electric	30
6.2 Schneider Titanium	30
6.3 Titaniumin käyttötarkoitukset	32
7 Hyödyntäminen tulevaisuudessa	34
7.1 Investointialueiden kartoittaminen	34
7.2 Asiakkaan tarpeet	35
8 Yhteenveto	37

Lähteet	38
Liitteet	40

KUVAT

<i>Kuva 1. Kartta Caruna jakeluverkkoalueista</i>	<i>12</i>
<i>Kuva 2. Kuvallinen selitys älykkästä sähköverkosta</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 3. Kolmivaiheinen Echelon mittari</i>	<i>22</i>
<i>Kuva 4. Echelon mittarin liittimet</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 5. Kolmivaiheinen Echelon mittari</i>	<i>24</i>
<i>Kuva 6. Echelonin keskitinlaite</i>	<i>25</i>
<i>Kuva 7. Mittariviestien tiedonkulkuväylät</i>	<i>30</i>
<i>Kuva 8. Käyttöjärjestelmä Titanium</i>	<i>31</i>
<i>Kuva 9. Käyttöjärjestelmä Titanium</i>	<i>32</i>
<i>Kuva 10. Yksittäisen käyttöpaikan tietoikkuna Titaniumissa</i>	<i>32</i>
<i>Kuva 11. Asiakkaille tarkoitettu Energiaseurantapalvelu</i>	<i>36</i>

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

AMM-mittari	Automated Meter Management, etäluettava sähkömittari
Keskitin	Data Concentrator. Sähkölaitteiden tietojen kerääjä ja lähetin
Älykäs sähköverkko	Tulevaisuuden sähköverkko jonka sähkönsiirto on helpommin valvottavissa
PLC	Power Line Communication. Datan lähettäminen sähkökaapelin kautta
THD	Harmoninen kokonaissärö
T1	Tariffi 1, Päiväsähkö
T2	Tariffi 2, Yösähkö
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus
UPS	Keskeyttämättömän sähkönsyötön järjestelmä
Käyttöpaikka (KP)	Asiakkaan sähkön käyttöpaikka, esim. omakotitalo, mökki tai kiinteistö
Muuntopiiri (MP)	Sähkömuuntamon takaa syötettävät sähköliittymät

1 JOHDANTO

Nykypäivän maailmassa tasaisesti kasvava väestö ja sen myötä tulee myös kasvava tarve sähkön tuotannolle. Kasvavan sähkönkulutuksen myötä on viime vuosina herännyt keskusteluja yhteiskunnan sähköverkon kestävydestä ja ympäristövaikutuksista. Samalla on meneillään jatkuva teknologiakehitys ja ihmiset ovat entistä riippuvaisempia jatkuvasta sähkön toimituksesta. Teknologian edistysaskeleet ja pyrkimys kestävämpään yhteiskuntaan jossa sähkön toimitusvarmuus, sekä toimitetun sähkön laatu on asetettu tärkeään rooliin, on luonut käsityksen älykäs sähköverkko.

Asiakkaille sähkö tarkoittaa sitä tuotetta joka ostetaan ja kulutetaan päivittäin. Viime vuosien voimakkaista myrskyistä on voinut huomata että sähkökatkojen aikana yhteiskunnan elintärkeät toiminnot heikkenevät huomattavasti pitkien katkojen seurauksena. Sähkön laatu koostuu kahdesta eri tekijästä, jännitteen laadusta ja verkon käyttövarmuudesta. Jännitteen laatu voidaan eritellä eri alueisiin jotka ovat muun muassa taajuus, yliaallot, jännitteen suuruus sekä vaihtelut, jännitteen epäsymmetria, verkon signaalijännitteet ja jännitekuopat. Näille jännitteen eri alueille suureille on määritetty raja-arvoja, jotka on mainittuna sähköä käsittelevässä standardissa SFS-EN 50160: "Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet". Standardi toimii määräyksenä pienjänniteverkossa niin asiakkaan kuin verkkoyhtiön sähköntoiminnan kannalta.

EU:n aloitteen myötä, joka tehtiin vuonna 2009 kaikille jäsenmaiden verkkoyhtiöille, asetettiin alalle vaatimus kaikkien analogisten induktion kWh-mittareiden vaihdon uusiin etäluettaviin mittareihin. Tämän myötä verkkoyhtiöille avautui myös mahdollisuus ruveta seuraamaan toimittamansa sähkön laatua tarkemmin. Induktio mittareilla voitiin ainoastaan tehdä havaintoja huonosta sähkönlaadusta asiakkaiden antamien reklamaatioiden perusteella, mutta uusien älykkäiden sähkömittareiden ansiosta tämä tulee olla mahdollista tehdä ennen kuin asiakas on huomannut asiaa. Osana tätä työtä tullaan perehtymään siihen miten verkkoyhtiöt voivat hyödyntää mittareiden toimittamia sähkönlaatutietoja ja miten älykäs sähköverkko tämän mahdollistaa.

2 TAUSTA JA HISTORIA

Ennen kuin uudet älykkäät sähkömittarit otettiin käyttöön kulutettu sähkö mitattiin ns. induktio kWh-mittareilla. Mittareiden tarkkuudesta ei ollut suoranaista varmuutta, sekä niiden laskutusjärjestelmä perustui arviolaskuihin, mikä tasattiin vuoden lopussa kun asiakas ilmoitti mittarin lukeman. Etäluettavien mittareiden avulla laskutus saatiin reaaliaikaan, eli asiakasta laskutetaan toteutuneen kulutuksen mukaan. Fortum Oy aloitti uusien mittareiden vaihdon vuonna 2011 AMM-projektin (Automated Meter Management) nimellä.

2.1 Fortum Oy

Fortumin edeltäjän nimi oli Imatran Voima joka perustettiin vuonna 1932 ja jonka tarkoitus oli huolehtia Imatran vesivoimalaitoksesta. Kyseinen yhtiö rakennutti useita vesivoimalaitoksia, sekä Loviisan ydinvoimalaitoksen. Fortum perustettiin vuonna 1998 yhdistämällä yhtiöt Imatran Voima Oy sekä Neste Oy. Pääosat Neste Oy:stä erkaannutettiin Fortumista vuonna 2005 ja silloin oma yhtiö Neste Oil Oy sai alkunsa. Fortumin pääomistaja on Suomen valtio ja yhtiö on kirjattu Helsingin NASDAQ OMX:ssä. [1]

Fortum sekä tuottaa että myy sähköä kuluttajille. Tuotettu sähkö kuitenkin myydään ensin pohjoismaiden pörssisähköyhtiölle nimeltä Nordpool joka sitten myy sähkön eteenpäin lopulliselle asiakkaalle. Fortumin itse tuottama sähkö koostuu pääpiirteittäin mm. vesi-, ydin- sekä palavan materian voimasta. [2]

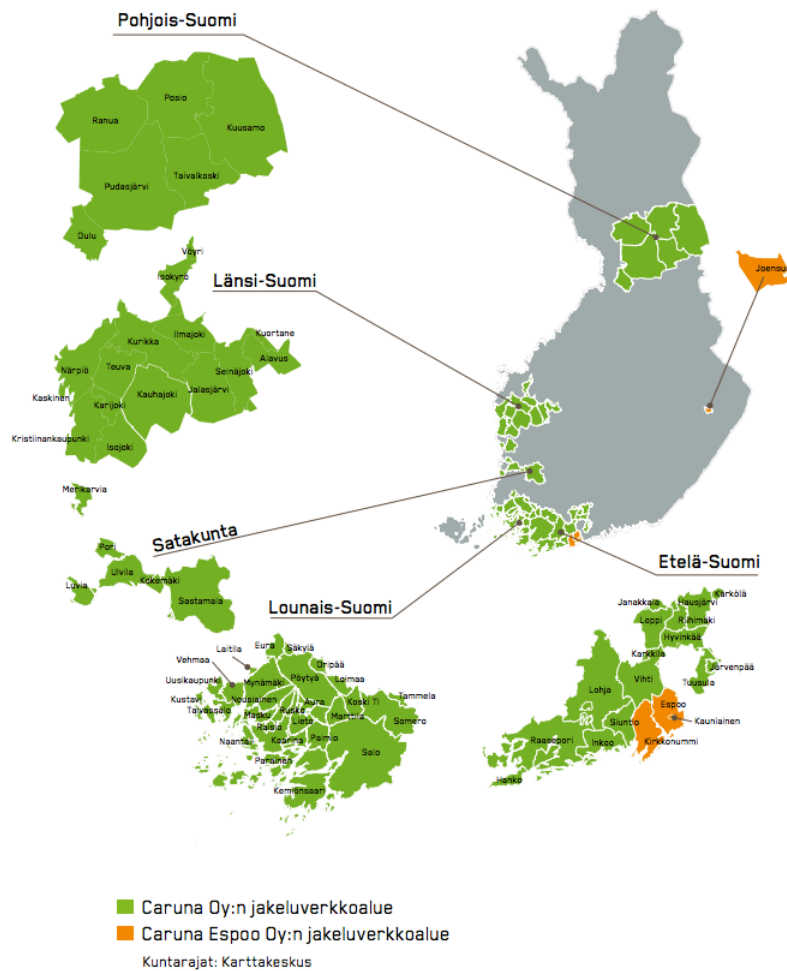
Sähköntuotanto vuonna 2014 koostui seuraavista: [2]

- Ydinvoima 35 %
- Maakaasu 29 %
- Vesivoima 6,6 %
- Hiili 2,3 %
- Muut (jäte, turve, öljy) 1,3 %

2.2 Caruna Oy

Caruna perustettiin vuonna 2014, mutta sen historia alkoi jo vuonna 1912 paikkakunnalla Lounais-Suomessa nimeltä Karuna. Siellä uusi sähkönsiirtoyhtiö aloitti toimintansa 1960-luvulla nimellä Lounais-Suomen Sähkö ja siihen liitettiin 15 paikallista sähkölaitosta. Vuoteen 2015 mennessä yhtiön toiminta oli laajentunut sen verran paljon että sen nimi muutettiin Länsivoimaksi. Vähän ajan päästä kuitenkin Imatran Voima osti yhtiön ja rupesi harjoittamaan sähkönsiirtotoimintaa isommalla alueella. [3]

Caruna on suurin sähkönsiirtoon keskittyvä yhtiö Suomessa. Yhtiön osuus sähkönsiirtotoiminnasta on kaiken kaikkiaan 20 % koko Suomen sähkönsiirrosta. Tämä tarkoittaa että piiriin kuuluu noin 640 000 yksityis- ja yritysasiakasta Suomen etelä-, lounais- ja länsiosissa, sekä Joensuussa, Koillismaalla ja Satakunnassa. Kuvasta 1. näkyy Carunan verkkoalueet tarkemmin. [4]



Kuva 1. Kartta Caruna jakeluverkkoalueista

Carunan omistamaa sähköverkkoa on noin 79 000 km mikä tarkoittaa että se ulottuisi melkein 2 kertaa maapallon ympäri. Caruna työllistä suoraan 340 henkilöä ja epäsuorasti 1500 henkilöä ympäri Suomea. Joka vuosi yhtiö sijoittaa noin 100 miljoonaa euroa verkkoonsa. Energiavirasto valvoo ja reguloi yhtiön toimintaa.

Nykyään Carunan omistus koostuu kansainvälisistä sijoitusyhtiöistä First State Investments (40 %) ja Borealis Infrastructure (40 %), sekä kotimaiset eläkeyhtiöt Keva (12,5 %) ja Elo (7,5 %). [3]

2.3 Älykkäiden sähkömittareiden tausta

EU:n 13.7.2009 asettaman standardin (Directive 2009/72/EC) [Liite 1] mukaan kaikkia EU jäsenmaiden sähköyhtiöitä kehoitetaan siirtymään älykkäisiin sähköverkkoihin vuoteen 2014 mennessä. Tämä tarkoittaa sitä että kaikille asiakkaille tulisi asentaa älykäs sähkömittari, joka edesauttaa älykkään sähköverkon kehittämistä. Ideana on myös että kuluttajia kannustettaisiin seuraamaan omaa sähkökulutustaan ja yleisiä sähkömarkkinoita aktiivisemmin. Asiakkaille tulee tarjota paremmat mahdollisuudet seurata sähkömarkkinoita sellaisella tasolla että se kannustaa aktiivisempaan kilpailutukseen. Tämä on silti sähköyhtiöiden ja päättäjien tahojen vastuulla antaa tällainen mahdollisuus kuluttajille kampanjoimalla hinnoista ja laadusta.

3 SÄHKÖNLAATU

Sähkönlaatu voidaan pääpiirteittäin jakaa kahteen eri tekijään; sähkön toimitusvarmuuteen, eli sähkökatkojen määrään, sekä toimitetun sähkön laatuun. Aikaisemmin sähkönlaadun valvonta on verkkoyhtiöiden puolelta jäänyt pienemmälle huomiolle, mutta asiakkaiden tarpeet ja tietoisuus sähköstä tulevat asettamaan isomman vastuun verkkoyhtiölle tulevaisuudessa. Älykkään sähköverkon hyödyntäminen sähkönlaadun valvontaan tulee olemaan tulevaisuudessa isossa roolissa kustannustehokkaassa sähkönlaatuvalvontajärjestelmässä.

3.1 Mitä sähkönlaadulla tarkoitetaan

Sähköverkon jännite on helpointa kuvata siniaaltona, jolla on amplitudi ja taajuus. Ideaalitulanteessa jännite on pelkkää siniaaltoa, mutta käytännössä ideaalista tilannetta on kuitenkin käytännössä mahdotonta saavuttaa. Jännitteen laatua arvioidaan yleisesti sen taajuuden, aaltomuodon, suuruuden ja sen muutoksien sekä symmetrian avulla. Jännitteen laadulle on olemassa tarkat määrittelyt ja ne tulee esille standardissa SFS-EN 50160: Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. [5]

Sähkömarkkinalakien avulla valvotaan Suomen sähkömarkkinoita lakien pohjalta ja niiden tärkeimpänä tehtävänä on turvata kohtuuhintaisen ja riittävän hyvänlaatuinen sähkönsaanti. Sähkömarkkinalain tarkoitus on turvata taloudellinen kilpailu sähkön myynnissä ja tuotannossa sekä tasapuolinen ja kohtuullinen palvelu sähköverkkotoiminnassa. Laki koskee sähkön tuotantoa, myyntiä, tuontia, vientiä ja siirtoa. Sähkömarkkinalaissa määritetään ehdot sähköverkkoluvalle, joka on edellytys sille että voi harjoittaa sähköverkkotoimintaa. Sähkömarkkinalakia määrittää myös verkkoyhtiöille verkon kehittämis- ja liittämisvelvollisuuksia, siirtovelvollisuuksia sekä hinnoittelua ja sähkön toimitusta. Sähkömarkkinalakia on käytetty pohjana verkkopalveluehdoille, jonka noudattaminen on ehdotonta sähkömarkkinoilla.

Jokainen sähköasiakas tekee käyttämästään sähköenergiasta sopimuksen valitseman-
sa sähköyhtiön kanssa, jolta haluaa sähkönsä ostaa. Sähkön siirtoa ei voi
kilpailuttaa, vaan sopimus sähkön siirrosta tehdään aina paikallisen verkkoyhtiön kans-
sa. Verkkopalvelusopimuksessa voidaan määritellä ehtoja sähkön
laadulle, mutta jos erityisiä ehtoja ei olla etukäteen määritetty, on yhtiön velvollisuus on
noudattaa standardin SFS-EN 50160 määrittelemiä sähkön laadun kriteerejä. Sopimuk-
sen perusteella sähkön laadussa voidaan poiketa joko huonompaan tai parempaan suun-
taan kuin mitä standardi määrittelee, mutta ehtona kuitenkin on sähköturvallisuusvaati-
mukset. Jos sähkön laatu ei vastaa sitä mitä sopimuksessa on sovittu, sähkökäyttäjä on
velvollinen ilmoittamaan virheestä verkkoyhtiölle jonka velvollisuus on tarkistaa asia.
[6]

Standardia SFS-EN 50160 ei sovelleta erityisissä epänormaaleissa käyttötilanteissa.
Niitä ovat poikkeukselliset tapahtumat, joihin jakeluverkkoyhtiö ei voi vaikuttaa, kuten
äärimmäiset säätilat ja luonnonkatastrofit, ulkopuolisten aiheuttamat häiriöt ja
tehovajaus, viranomaisten toiminta, työtaistelut ja ylivoimainen este. Standardia ei
myöskään sovelleta vian jälkeisessä tilanteessa eikä siinä tapauksessa, jos asiakkaan
laitteet ja asennukset tai sähköntuotantolaitosten asennuksia ei olla suoritettu standardi-
en ja teknisten vaatimusten asettamien ehtojen sekä sähköturvallisuuskriteerien. [5]

Sähköturvallisuuslaissa ei oteta tarkasti kantaa itse sähkönlaatuun, mutta se tehdään kui-
tenkin sähkölaitteiston kautta. Kanta otetaan siten että sähkölaitteet eivät saa aiheuttaa
vaaraa kenenkään ihmisen hengelle, terveydelle taik omaisuudelle. Laitteisto ei myös-
kään saa aiheuttaa kohtuutonta sähköistä tai sähkömagneettista häiriötä, eikä myöskään
saa helposti häiriintyä sähköisesti tai sähkömagneettisesti [7]. Sähkölaitteille ja niiden
EMC-vaatimuksille on laadittu direktiivejä, jotka määrittelevät laitteiden sähkömagneet-
tisten häiriöiden sietoa ja aiheuttamista. Asiakkaille toimitetun jännitteen laatuun vai-
kuttaa suuresti jakeluverkon ominaisuudet ja sen kuormat. Jännite säädetään sopivaksi
jännitteensäätöautomatiikkaa käyttäen 110/20kV:n sähköaseman päämuuntajalla, mutta
sen jälkeen verkossa ei ole yleensä mitään muita aktiivisia laitteita, joilla ylläpidettäisiin
jännitteen laatua. Verkkoyhtiön jakelumuuntajilla on väliottokytkimiä, joiden avulla

jännitteen tasoa voidaan muuttaa, mutta sitä ei voida säätää jännitteisenä. Sähkön laatuun voidaan vaikuttaa parhaiten verkkojen tehokkaalla käytöllä ja jatkuvalla kehittämisellä.

3.1.1 Taajuus

Taajuus Suomen sähköverkossa ja Pohjoismaiden jakeluverkossa on nimellistaajuudeltaan $f_n = 50$ Hz. Taajuus vaihtelee verkon kuormitustilanteen mukaan aina hieman, sillä ainoa tapa säätää taajuutta on tuotetun sähkön määrää vaihtelemalla. Taajuus laskee jos verkon kuormitusta on enemmän kuin tuotantoa sekä taajuus nousee kun tuotantoa on enemmän kuin kulutetun sähkön määrä.

Yhteiskäyttöverkoissa taajuuden keskiarvon on oltava kymmenen sekunnin aikavälillä mitattuna 99,5 % vuodesta välillä $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$, eli vaihteluväliä 49,5 Hz-50,5 Hz. 100 % ajasta taajuuden on oltava yhteiskäyttöverkoissa $50 \text{ Hz} +4 \%/ - 6 \%$ joka mahdollistaa vaihtelevuuden 47 Hz-52 Hz välillä. Erillisverkoissa, jotka ovat esimerkiksi erityisiä jakelujärjestelmiä saaristossa, 95 % viikosta taajuuden vaihtelu sallitaan enintään $50 \text{ Hz} \pm 2 \%$, jolloin se saa vaihdella 49 Hz – 51 Hz välillä. Taajuuden on kuitenkin oltava 100 % ajasta välillä $50 \text{ Hz} \pm 15 \%$ eli 42,5 Hz – 57,5 Hz. [5]. Taajuutta voidaan myös säätää erikseen pyörivän reservin avulla, joka tarkoittaa taajuusohjattua käyttöreserviä ja taajuusohjattua häiriöreserviä. Ne aktivoituvat automaattisesti kun taajuus laskee. Kun taajuus laskee on myös mahdollista kytkeä irti kuormia, jotta tehotasapaino ja sen myötä myös taajuus palautuu nimellisarvoonsa.

3.1.2 Yliaallot

Yliaallot voidaan jakaa harmonisiin ja epäharmonisiin yliaaltoihin. Yliaaltoja aiheuttavat sellaiset verkonkuormitukset, jotka ottavat verkosta virtaa, mutta jonka aaltomuoto ei ole sinimäistä. Yliaaltojännitteitä esiintyy sähköverkossa, kun yliaaltovirta kulkee verkon impedanssien kautta. Laitteistot jotka aiheuttavat yliaaltoja ovat erilaiset tehoelektroniikkalaitteet, kuten tasa- ja vaihtosuuntaajat, purkauslamput, muuntajat ja suurta

virtaa vaativat sähkökoneet. Yliaaltoja syntyy myös helposti isojen pumppujen käynnistyessä, koska ne tarvitsevat suuren käynnistysvirran alkuun. Yliaallot leviävät verkossa pitkiäkin matkoja, joten ne aiheuttavat suuria sähkönlaatu ongelmia laatuun verkossa ja häiritsevät älykkäiden sähkömittareiden tuntikulutustietojen toimitusta verkkoyhtiöille.

Harmoniset yliaaltojännitteet ovat sinimuotoisia jännitteitä jonka taajuudet ovat perustaajuisen jännitteen kokonaisluvulla kerrottuja monikertoja. Epäharmoniset yliaaltojännitteet ovat sinimuotoisia jännitteitä, joiden taajuudet eivät ole perustaajuisen jännitteen kokonaisluvulla kerrottuja monikertoja. Niille ei ole määritelty standardien mukaisia enimmäispitoisuuksia nykyään, mutta tulevaisuudessa tehoelektronikkalaitteiden ja pumppujen lisääntyessä ja niiden aiheuttamat häiriöt tulee kasvamaan . Epäharmoniset yliaallot aiheuttavat välkyntää alhaisella taajuudella ja häiritsevät siten myöskin etäluettavien sähkömittareiden tuntiiluentaa ja etäyhteyttä.

Monet sähköverkossa ilmenevät sähkönlaatuongelmat aiheutuvat yliaalloista. Yliaalloille herkkiä sähköverkonkomponentteja ovat muuntajat ja erilaiset sähkökoneet, sillä niiden sydämissä ja käämityksissä syntyvien häviöiden määrä kasvaa suoraan yliaaltjen kasvaessa. Sähkomoottoreissa yliaallot aiheuttavat lisäksi erilaisia värinä- ja meluongelmia sekä heilurimomentteja. Värinä ja heilurimomentit ovat haitallista koneille, sillä ne vaurioittavat mekaanisesti herkkiä osia.[8] Jännitteen käyrämuoto vääristyy yliaaltojen vaikutuksesta, jolloin se ei ole enää täysin sinimuotoista. Vääristynyt jännitteen käyrämuoto voi aiheuttaa ongelmia herkille laitteille. Erityisesti sellaisten laitteiden toiminta kärsii yliaaltojen vaikutuksesta, joiden toiminta perustuu jännitteen nollakohdan havaitsemiseen. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi puolijohdekytkimet ja sähkökellot.

Yliaaltoja verkossa voidaan vähentää sekä vähentämällä niiden syntymistä että suodattamalla niitä pois verkosta. Sähkön loppukäyttäjät voivat vähentää yliaaltojen syntymistä omilla laitevalinnoillaan ja verkkoyhtiöiden on syytä huolehtia resonanssin aiheuttamista vaikutuksista yliaaltojen voimistumiseen.

Aktiiviset yliaaltosuodattimet ovat puolijohdekomponentteihin perustuvia

säädettäviä yliaaltolähteitä, joiden toiminta perustuu siihen, että ne syöttävät verkkoon vastakkaisessa vaiheessa olevia yliaaltoja, jotka kumoavat alkuperäiset yliaallot. Yhdellä suodattimella saadaan suodatettua monia eri taajuudella esiintyviä yliaaltoja. Suurimpana haittapuolena aktiivisuodattimissa on niiden korkea hinta, mutta tehoelektroniikan kehittyessä hinta tulee laskemaan. [8]

3.1.3 Jännitteen suuruus, tason vaihtelut ja välkyntä

Jännite sähköverkossa on nelijohdinjärjestelmässä vaiheen ja nollajohtimen välillä $U_n = 230 \text{ V}$. Tätä kutsutaan nimellijännitteeksi. Normaalisissa tilanteissa nimellijännite saa olla 95% viikosta keskiarvoltaan korkeintaan $\pm 10 \%$, eli taso saa vaihdella välillä $207 \text{ V} - 253 \text{ V}$. 100% ajasta jännitteen pitää olla keskiarvoltaan $+10 \%$ - (-15%) nimellijännitteestä, mikä tarkoittaa vaihtelua $195,5 \text{ V}$ ja 253 V välillä. Nämä arvot ovat kuitenkin mitattuna 10 minuutin keskiarvolla, mikä tarkoittaa että jännitteen vaihteluja voi esiintyä hetkellisinä, esim. verkon eri kytkentätilanteissa. [5]

Vaarallisin ylijännitteitä aiheuttava verkkohäiriö on nollajohtimen katkeaminen eli ns. sähköverkon nollavika. Vika esiintyy erityisesti kun myrskytuulen kaatama puu osuu ilmalinjaan ja katkaisen nollajohtimen. Nollajohtimen katketessa virta pyrkii löytämään toisen reitin, jolloin sähkölaitteet voivat altistua yli- tai alijännitteille. Sähkölaitteen ulkokuori saattaa muuttua jännitteelliseksi ja tällaisen laitteen koskettaminen aiheuttaa välittömän hengenvaaran. Näissä tilanteissa kohteen pääkytkin on välittömästi kytkettävä nolla asentoon ja huolehdittava siitä että laitteistoon ei kosketa. Nollavian aiheuttamat ylijännitteet voivat nousta normaalin 230 V sijan jopa 400 V volttiin. [9]

Välkyntä johtuu usein miten isojen laitteistojen käynnistyessä, kuten pumput, klapikooneet ja erinäiset lämpöpumput. Välkyntä voi havaita valaistuksia valoista ja jos ilmiö tapahtuu ripeään tahtiin voi ihminen saada näistä päänsärkyä ja keskittymisvaikeuksia. Verkkoyhtiöt voivat vaikuttaa välkyntää vahvistamalla sähköverkkoaan, mutta myös

asiakkaat voivat ennaltaehkäistä välkyntää käyttämällä pehmokäynnistimiä tai taajuusmuuttajia.

3.1.4 Epäsymmetrisyys

Kun jännite on epäsymmetristä, on kyse tilanteessa jolloin kolmivaihejärjestelmässä eri vaiheiden jännitteen tehollisarvot ovat erikokoisia mistä johtuen vaiheiden välinen vaihekulma ovat muuta kuin 120° . Epäsymmetrisyyden eri syyt voivat olla kuormien epäsymmetrisyys ja yhden vaiheen suuri kuorma. Myös sellaiset tilanteessa jossa verkon vika aiheuttaa epäsymmetriaa kaksivaiheisen oikosulku tai yksi- ja kaksivaiheisen maasulun kautta.

4 TEKNINEN TOTEUTUS

Pystyäkseen valvomaan paremmin sähkönlaatua tulee verkkoyhtiöiden hyödyntää älykästä sähköverkkoa jota kehitetään jatkuvasti. Älykkään sähköverkon ensimmäinen askel on ollut luopua vanhoista induktio kWh-mittareista ja ottaa käyttöön etäluettavat elektroniset mittarit. Näiden mittareiden tiedonkulku välittyy joko sähköverkkoa tai 3G-verkkoa pitkin. Kaiken tiedon kerääminen itse mittareilla ei ole mikään ongelma tällä hetkellä, mutta seuraavaksi verkkoyhtiöt seisovat kaiken tiedonvälityksen ja tiedonkäsittelyn ongelman edessä. Jotta mm. laatu- ja kulutustietoja voidaan täysin hyödyntää on keksittävä uusia käyttöjärjestelmiä tiedonhallintaan, sekä mietittävä tarkkaan miten tämän kaiken tiedon saa asiakkaille esitettyä mahdollisimman selkeällä ja yksinkertaisella tavalla.

4.1 Älykäs sähköverkko

Fortum kehittää parhaillaan tulevaisuuden älykästä sähköverkkoa. Älykäs sähköverkko mahdollistaa energian tehokkaamman käytön aivan uudella tavalla ja tukee siirtymistä kohti entistä ekologisempaa energiantuotantoa. Se mahdollistaa myös entistä hajautetumman energiantuotannon, jonka avulla esimerkiksi kuluttajat voivat myydä itse tuottamaansa sähköä takaisin sähköverkkoon.

Älykäs sähköverkko parantaa huomattavasti myös sähkönkäyttäjien mahdollisuuksia vaikuttaa omaan energiankulutukseensa. Tulevaisuudessa kodit ja sähköverkko ovatkin niin älykkäitä, että ne osaavat säätää itse itsensä energiatehokkaiksi.

Sähkö tulee öljyn tilalle myös liikenteen energianlähteenä, ja autojen lataustolpat ovat osa älyverkkoa. Älykäs sähköverkko voi antaa autollesi paitsi virtaa myös tietoa siitä, koska on oikea aika täyttää akut täyteen virtaa. [10]



Kuva 2. Kuvallinen selitys älykkäästä sähköverkosta

- | | |
|--|--|
| 1 Äly tulee sähköverkkoihin | 2 Investointi älykkääseen tulevaisuuteen |
| 3 Älyverkko sopeutuu ja säätelee | 4 Tasaista laatua monesta lähteestä |
| 5 Ylimääräinen energia talteen | 6 Oma energiankulutus hallintaan |
| 7 Älykkäät koneet osaavat säästää | 8 Puhtaampi ympäristö edellyttää älyä |
| 9 Tulevaisuuden talot tietävät enemmän | 10 Ajantasaisuus luo turvallisuutta |
| 11 Energiaa monesta lähteestä | 12 Latausta liikenteeseen |
| 13 Puhtaampaa energiaa | |

Älykäs sähköverkko välittää reaaliaikaista kulutustietoa sekä sähkön tuottajalle että kuluttajalle. Verkkoyhtiön asentamat uudet älykkäät sähkömittarit, Fortum Älyboksit, ovat avuksi ihmiselle oikeaan tiedon hankkimisessa sähkölaskun muodostumisesta, sillä kaikki laskut perustuvat reaaliaikaiseen kulutukseen.

Älykkäät sähkömittarit mahdollistavat muun muassa kotitalouksien omien päätelaitteiden, kuten Fortum Kotinäytön, käyttöönoton. Kotinäyttöä hyödyntämällä voi ottaa selvää siitä mihin sähkötä kuluu, ja sen avulla voidaan paikallistaa oman sähkönkulutuk-

sen syöppökohteet. Näin voidaan vaikuttaa sähkölaskun suuruuteen välittömällä toimenpiteillä.

4.2 Echelon mittari



Kuva 3. Kolmivaiheinen Echelon mittari

Fortumin käyttämä Echelon mittari on Euroopan markkinoiden käytetyin etäluettava mittari. Tutkimusten mukaan kulutus- ja laatusanomien toimitusvarmuus on 99.7-100 % joka tekee mittarista erityisen luotettavan. Echelonit muodostavat keskenään ja ns. keskittimen välillä PLC-verkoston (Power Line Communication) jonka avulla ne kommunikoivat. Jokainen mittari kerää itsessään koko ajan tietoa kulutuksesta ja sähkönlaadusta lähettäen sen kerran päivässä keskittimen avulla sähköyhtiölle. Mittareiden avulla on myös mahdollista tehdä etä-katkoja ja -kytkentöjä, ohjelmistopäivityksiä sekä tarvitessa vaihtaa tariffia ilman että kentällä tarvitsee käydä.

Tässä työssä tullaan keskittymään lähinnä mittarin keräämien laatu- ja kulutustietojen lähettämiseen ja vastaanottamiseen.

Eri mittarityyppiä

1-vaihemittarit

- 1/0 –kytkin
- Nimellisjännite 230 V
- Nimellisvirta 100 A
- Tarkkuusluokka B

Lisävarusteet:

- *Sisäinen kello*
- *Vianilmaisu*
- *Varakäynti*



3-vaihemittarit

- 1/0 –kytkin
- Nimellisjännite 3x230/400 V
- Nimellisvirta 100 A
- Tarkkuusluokka B

Lisävarusteet:

- *Sisäinen kello*
- *Vianilmaisu*
- *Varakäynti*



4.2.1 Mittarin tekniset tiedot

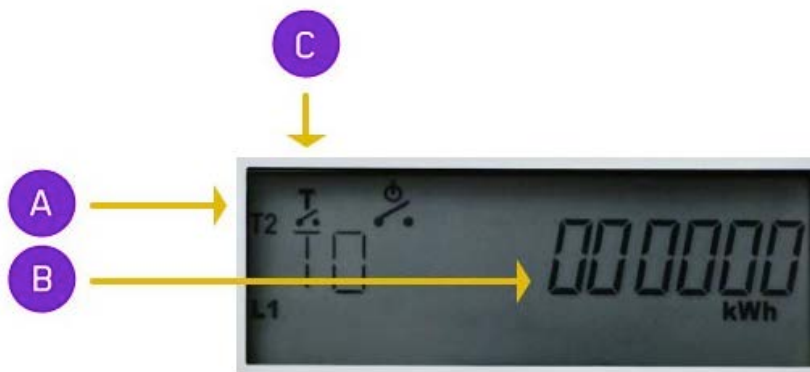
Echelon mittari toimii nimellisjännitevälillä 220 V-240V ja 50 Hz taajuudella. Mittarin suojausluokka on IP 54 joten se voidaan asentaa myös ulkotiloihin, sillä sisäiset komponentit eivät kondensoidu. Syy mittarin valintaan Fortumilta on että sopii hyvin suomen ulko-olosuhteisiin, sillä lämpötila kestävyys on -40°C - +70°C. Mittarin alapuolella ovat liittimet vaiheille L1-L3 sekä PEN-johtimelle (kuva 4). Mittarin tietoja voi-

daan lukea joko etänä tai optisella lukijalla joka on mittarin etupäässä kiinni. Echelonin mittareiden käyttö soveltuu sähköliittymiin joissa on suora mittaus (ilman virtamuuntajia), eli liittymille joissa pääsulakkeitten koko on 25A-63A. [11]



Kuva 4. Echelon mittarin liittimet

Mittarin näytöltä voi nähdä miten monta kWh kulutusta kohteessa on ollut sen asennuksen jälkeen (Kuva 5 kohta B). Lisäksi näkyvissä on eri tariffien käyttö erikseen, esim. jos käytössä on yösähkö voidaan nähdä eroteltuna päivä- ja yösähkön käyttö parametreilla T1 ja T2. (Kuva 5 kohta A). Mittarilta voi myös seurata onko yösähkö kytkeytynyt päälle releen symbolista (Kuva 5 kohta C) [11]



Kuva 5. Echelon-mittarin näyttö

4.3 Keskitin



Kuva 6. Echelonin keskitinlaite

Echelonin keskitin kerää tietoa älykkäiltä sähkömittareilta ympärillään siirtäen dataa sähköverkkoa pitkin. Keskitin toimii välikappaleena mittareiden ja päätoimijan välillä ja pystyy kommunikoimaan molempiin suuntiin. Keskitin havaitsee automaattisesti uudet mittarit jotka asennetaan sen alueelle ja ”kartoituksen” takia on myös helppo päätellä missä kohtaa on mahdollisia sähkökatkoja. Keskitin myös raportoii jos on mahdollisia puutteita verkossa kuten johtojen katkeaminen tai jos yhteys johonkin mittariin katoaa täysin.

Keskitin voidaan asentaa mihin kohtaan verkosta tahansa, missä sen kuuluvuus ja kommunikointi on parhaimmillaan. Keskitin voidaan esimerkiksi asentaa joko muuntamolle tai asiakkaan käyttöpaikalle jolloin puhutaan ”reppuasennuksesta”. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että itse AMM-mittari asennetaan keskittimen päälle. Uusi säädös Fortumilla reppuasennuksien suhteen on, että jos muuntopiirillä on enemmän kuin 20 käyttöpaikkaa, pitää keskittimen asennus tehdä säävarmaksi. Tämä taas tarkoittaa sitä että muuntamolta on pakko olla maakaapeli keskittimelle, niin että jos vaikka puu kaatuisi linjalle niin yhteys keskittimeen säilyisi. [12]

4.3.1 Tekniset tiedot

Keskitin toimii etäluettavin mittarin tavoin nimellisjännitteellä 220V-240V. Laitteen suojausluokka on IP54 joten se voidaan halutessa asentaa ulkotiloihin, mutta toimitusvarmuuden takaamiseksi keskittimet pyritään aina asentaa sisätiloihin. Toimintalämpötila on -40°C - $+70^{\circ}\text{C}$. Keskitin siirtää dataa verkkoyhtiölle käyttäen 3G-verkkoa. [12]

5 MITTARIN TALLENTAMAT LAATUTIEDOT

Mittareiden keräämä tieto tallentuu itse mittarille ensin ennen kuin se lähetetään siitä eteenpäin. Periaatteessa voidaan käsittää että jokainen etäluettava sähkömittari on tietokone itsessään joka myös on ohjelmoitavissa tekemään mitä käyttäjä itse sen haluaa tekävän, ja mitä laatutietoja erityisesti halutaan seurata. Tämä tieto sitten voidaan lähettää eteenpäin tiedonhallintajärjestelmään josta se on luettavissa käyttäjilleen.

5.1 Viestit ja niiden käyttötarkoitus

Mittari valvoo montaa eri sähkönlaatuun liittyvää parametria. Nämä parametrit voidaan lukea paikanpäältä optisella lukulaitteella tai lähettää keskittimen kautta NES System Softwareen. Kun jokin tapahtuma käynnistyy, sen pitää palautua oletusarvoon tai normien sisälle ainakin yhdeksi sekunniksi jotta toinen mahdollinen tapahtuma voi alkaa. Viestit jakautuvat kahteen eri kategoriaan, Event (tapahtuma) sekä Alarm (hälytys). Näiden ero on se että tapahtumat tallennetaan päiväraporttiin ja lähetetään mittarilukeman yhteydessä yhtiölle. Hälytykset taas ovat sellaisia sanomia jotka sisältävät kriittistä tietoa ja ne pitää lähettää välittömästi niiden päätyttyä operaattorille.

Mittari tallentaa seuraavat tapahtumat: [11]

Voltage Sag RMS (alijännite):

Tallentaa kaikissa vaiheissa tapahtuvan alijännitteen alkamis- ja loppumisajankohdan, sekä mikä oli jännitteen alin arvo. Tapahtuma alkaa kun jännite tippuu esiohjelmoidun oletusarvon (230 V) alle. Se mikä lopullinen arvo on voidaan ohjelmoida halutulla tavallaan määrittelemällä monta prosenttiyksikköä (1-99%) aliraja saa olla alle oletusarvon. Operaattori voi myös valita kuinka pitkään alijännitteen pitää kestää jotta se tallennetaan (0-15,555 sekuntia)

Voltage Swell RMS (ylijännite):

Tallentaa kaikissa vaiheissa tapahtuvan ylijännitteen alkamis- ja loppumisajankohdan, sekä mikä oli jännitteen ylin arvo. Tapahtuma alkaa kun jännite nousee esiohjelmoidun oletusarvon (230 V) yli. Se mikä lopullinen arvo on voidaan ohjelmoida halutulla taval-

laan määrittelemällä monta prosenttiyksikköä (1-99%) yläraja saa olla yli oletusarvon. Operaattori voi myös valita kuinka pitkään ylijännitteen pitää kestää jotta se tallennetaan (0-15,555 sekuntia).

Over-current RMS (Ylivirta):

Tallentaa jokaiselle vaiheella tapahtuvan virtapiikkien määrän. Virtapiikin pitää pysyä vähintään 10 sekuntia jotta se tallentuu tapahtumaksi. Virtapiikiksi lasketaan sellaiset piikit jotka ylittävät mittarille esiasetetun virta arvon. Molemmat arvot ovat muokattavissa mutta jos niitä ei muokata niin nämä arvot ovat esiasetettu mittarille. Mittari siis ei tallenna tietoa hetkellisistä tai hyvin lyhyistä virtapiikeistä.

Power Outages (sähkökatkot):

Tallentaa 10 viimeisestä sähkökatkosta tiedon milloin sähköt menivät pois (aika/pvm) ja milloin ne tulivat takaisin päälle (aika/pvm), sekä laskee automaattisesti miten pitkä katko kokonaiskesto oli. Viestiin tallentuu myös miten monta sähkökatkoa mittarilla on ollut kaiken kaikkiaan.

Frequency (taajuus):

Taajuutta valvotaan jatkuvasti ja viime nollauksesta asti taajuuden maksimi ja minimi arvot ja niiden tapahtuma ajankohdat tallennetaan.

Total Harmonic Distortion THD (Harmoninen kokonaissärö):

Mittari tarkkailee kolmea eri kokonaissäröä:

V-THD – Jännitteen kokonaissärö

I-THD – Virran kokonaissärö

VA-THD – ”näkyvä” kokonaissärö

Tallennettavat tapahtumat ovat muokattavissa perusasetuksista kaikille eri parametreille.

Viime tapahtuman aika ja päivämäärä, keskiarvo ja korkein arvo tallentuvat mittarin tapahtumalokiin.

Mittarin eri hälytykset ovat:

Phase Loss

Hälyttää jos jokin vaiheista ei ole havaittavissa.

Rotation error

Havaittavissa kun vaiheet ovat kytketty väärin ja virta kulkee väärään suuntaan.

Missing meter in DC restoration check:

Mittaria ei löydy keskittimen kautta

Zero Fault

Nollavika

SWF

Ohjelmoitavissa oleva sulakekoko. Jos sulakekoko ylittyy niin voidaan ohjelmoida automaattinen katkaisu mittarilla. Esim. jos liittymän pääsulakekoko on sopimusten mukaan 3x25A, mutta asiakas itse vaihtanut suuremmat sulakkeet kohteeseen niin voidaan valvoa että liittymisoikeuden ylitystä ei tapahdu.

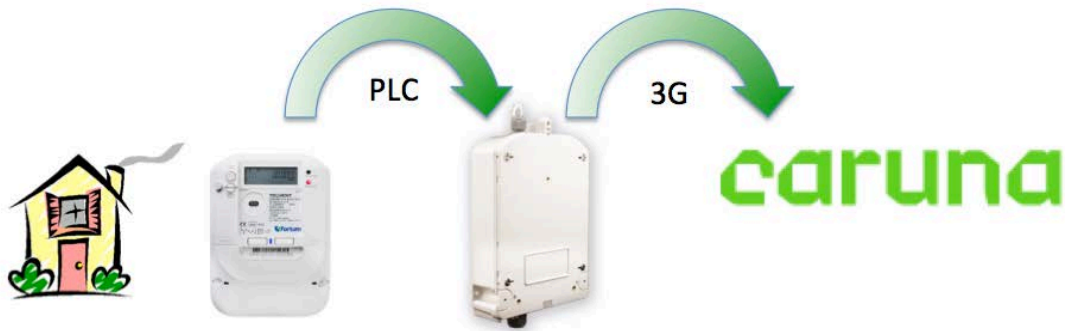
5.2 Viestien tallettaminen

Sen jälkeen kun mittari on asennettu asiakkaalle ja se on saatu aktivoitua järjestelmään, pystytään käytännössä laatu- ja kulutustietoja ruveta keräämään. Tällä hetkellä suurin osa mittareista on vielä kuukausiluennassa, mutta tulevaisuudessa on tarkoitus että suuri osa mittareista olisi tuntiluennassa. Tämä tarkoittaa sitä että joka tunti mittari lukee kulutuksen ja tallentaa sen viestiin. Tähän viestiin liitetään myös mahdolliset tapahtumat käyttöpaikan sähkölaadusta ja valvonnasta.

5.3 Viestien toimittaminen

Viestit toimitetaan sähköyhtiölle keskittimien kautta kerran vuorokaudessa yhdessä sanomassa, joka sisältää koko sen päivän lukemat ja mahdolliset tapahtumat. Tä-

mä tarkoittaa käytännössä sitä että tietoja voi tarkkailla ainoastaan vuorokauden viiveellä. Jos yksi tapahtuma alkaa yhtenä päivänä, mutta ei ole loppunut sillä ajankohdalla kun viesti toimitetaan järjestelmään, tulee tämä tapahtuma vasta seuraavan vuorokauden sanomaan. Eli toisin sanoen tapahtumaan pitää kirjautua leima sen loppumisajasta, ennen kuin se voidaan merkitä tapahtumaksi.



Kuva 7. Mittariviestien tiedonkulkuväylät

6 KÄYTTÖJÄRJESTELMÄ

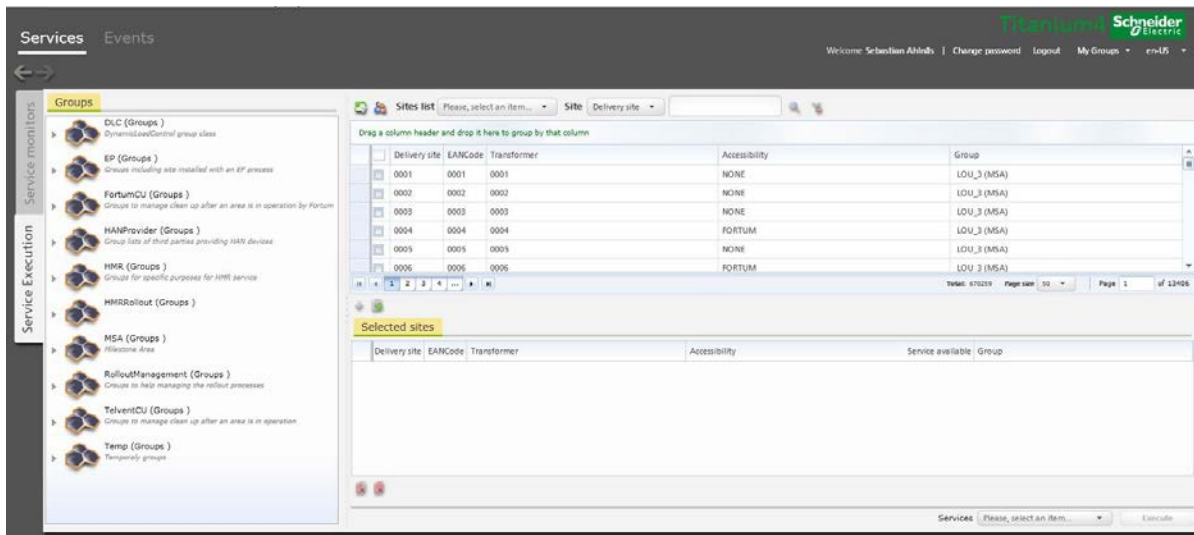
Tämän hetkisen käyttöjärjestelmän toimittajaksi valittiin samainen yhtiö jonka kanssa Fortum teki yhteistyötä AMM-projektin yhteydessä. Kyseinen yhtiön nimi oli alunperin Telvent, mutta muuttui Schneider Electricin alle vuonna 2013. onnistuneen mittarivaihtoprojektin jälkeen yhteistyö nähtiin onnistuneen jolloin mittareiden hallinta-järjestelmää ruvettiin hyödyntämään suuremmalla mittakaavalla.

6.1 Schneider Electric

Sähkönlaatatietojen keräämiseen ja hallinnointiin tarkoitettu käyttöjärjestelmä päätettiin tilata Schneider Electriciltä, sillä samainen yhtiö on tehnyt Fortumin kanssa yhteistyötä mittarinvaihtoprojektin yhteydessä. Schneider Electric on globaali konserni jonka päätoimintoihin kuuluu sähköala ja ohjausjärjestelmät. Yhtiöllä on toimintaa yli 100 maassa ja pääkonttori on Pariisissa. Yhtiö perustettiin jo vuonna 1836 ja vuonna 2013 yhtiöllä oli noin 170 000 työntekijää. [13]

6.2 Schneider Titanium

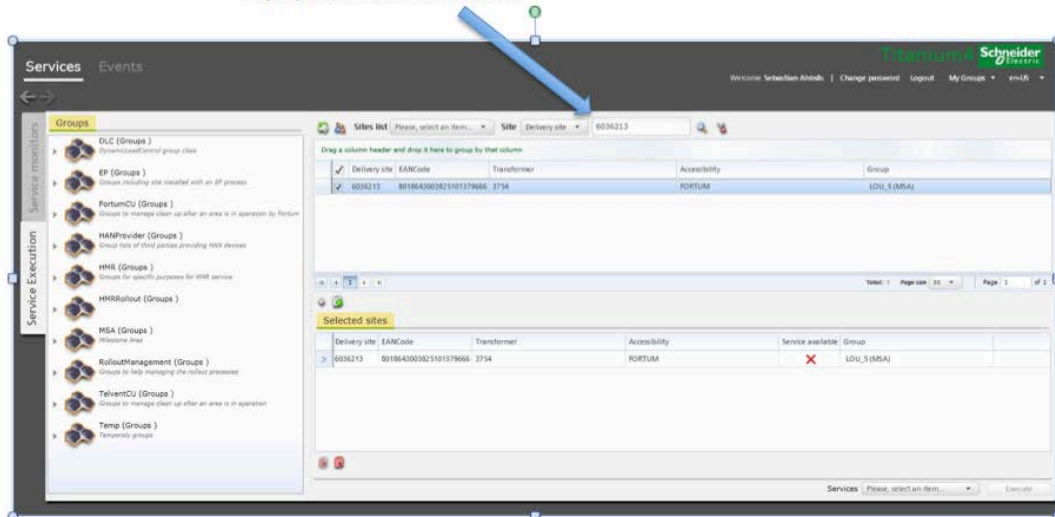
Schneider Electricin kehittämä ohjaus- ja seurantajärjestelmä on kehitetty älykkäille sähköverkoille ja tarjoaa alustan tiedonkäsittelylle. Titanium mahdollistaa hallinnoinnin ja käytännön älykkäälle sähköverkolle. Ohjelman avulla voidaan hallinoida mittareita ja keskittimiä etänä ja hakea tietoja erikseen kaikilta sähkökäyttöpaikoilta (Kuva XX). Lisäksi ohjelman kautta päästää jokaisen mittarin evnetlogiin, josta saadaan tietää mitä eri tapahtumia on ollut mittarilla. Ohjelma on web-pohjainen joten siihen pääsee kirjautumaan omilla käyttäjätunnuksilla mistä tahansa missä on internetyhteys. [14]



Kuva 8. Käyttöjärjestelmä Titanium

Mittarin tiedot lähetetään yhden päivän viiveellä Titaniumiin joka sitten käsittelee tiedot ja järjestää ne siten että ne helposti luovutaviksi. Esimerkiksi jos yhdellä sähkökäyttöpaikalla on esiintynyt ylijännitettä (SAG), tulee tämä tieto keskittimen kautta Titaniumiin, joka järjestää sen oikean mittaritietojen alle. Tiedoista selviää milloin ylijännite on alkanut, milloin se on loppunut ja miten korkealle jännite nousi.

Yksittäisiä käyttöpaikkoja voidaan hakea syöttämällä käyttöpaikan numero hakukenttään.



Kuva 9. Käyttöjärjestelmä Titanium

Käyttöpaikkahaun jälkeen päästään katsomaan yksittäisen mittarin tietoja. Tietoikkunasta voidaan katsoa mittarinumeroa ja minkä keskittimen kautta mittari lähettää tietoja. Lisäksi voidaan tarkistaa että yhteydet mittarille toimivat ja mihin aikaan viimeinen yhteydenotto on tapahtunut (kohta 1). Ikkunasta nähdään myös mitä tapahtumia on mittarilla tapahtunut (kohta 2), mihin aikaan tapahtuma alkoi ja milloin se loppui (kohta 3 ja 4). Kuvan 10 näyttämällä käyttöpaikalla voidaan todeta että kohteessa on ollut lukuisia sähkökatkoja (Outage), sekä samana päivänä tapahtuneita jännitteen alenemia (Sag) ja vaiheen puuttumisia (PhaseLoss). Jos kohteessa halutaan tarkistaa reaaliajassa kuinka paljon kulutusta kohteessa on ollut tulee sekin näkyville ikkunan alalaitaan (kohta 5)

Status for 6036213 (Completed)

80040887624601125569
Device status: OK

Communication with DC ✓
LJ02009830
14/5/2015 3:18:48

Current reading
14/5/2015 12:03:04
ForwardActiveTotal: 496.305 KWh
ForwardActiveTier1: 0 KWh
ForwardActiveTier2: 496.305 KWh

Phase loss and power quality

Event code	Phase	Started	Ended	Parameters
> Outage		8/4/2015 14:42:07	10/4/2015 16:28:09	
Outage		8/4/2015 14:23:29	8/4/2015 14:36:46	
Outage		8/4/2015 13:41:38	8/4/2015 13:55:08	
Outage		8/4/2015 10:00:30	8/4/2015 10:44:26	
Outage		4/3/2015 14:41:50	4/3/2015 15:15:42	
Outage		22/1/2015 14:07:02	22/1/2015 15:03:48	
Sag	2	22/1/2015 11:05:27	22/1/2015 11:05:27	VoltagePeek = 0
Sag	3	22/1/2015 11:05:27	22/1/2015 11:05:27	VoltagePeek = 0
PhaseLoss	2	22/1/2015 11:00:37	22/1/2015 11:00:37	
PhaseLoss	3	22/1/2015 11:00:37	22/1/2015 11:00:37	

Last 10 readings

Read time stamp	14/5/2015 0:00:00	13/5/2015 0:00:00	12/5/2015 0:00:00	11/5/2015 0:00:00	10/5/2015 0:00:00	9/5/2015 0:00:00	8/5/2015 0:00:00
ForwardActiveTier1 [KWh]	0	0	0	0	0	0	0
ForwardActiveTier2 [KWh]	496.305	496.305	496.305	496.305	496.305	496.305	496.305
ForwardActiveTotal [KWh]	496.305	496.305	496.305	496.305	496.305	496.305	496.305

Kuva 10. Yksittäisen käyttöpaikan tietoikkuna Titaniumissa

6.3 Titaniumin käyttötarkoitukset

Titaniumia on tarkoitettu ensisijaisesti käyttämään mittarin etäyhteyden hallinnointiin sekä valvontaan. Ohjelma mahdollistaa myös verkkoyhtiölle hyvän seurantatyökalun sitä varten jos asiakkaalta on puuttunut sähköt pidemmän aikaa niin voidaan käydä tarkistamassa onko sähköt jo palautuneet. Tätä käytetään myöskin jo nykypäivänä isom-

missa myrskytilanteissa kun asiakkaille jotka ovat raportoineet sähkön olevan poissa. Aikaisemmin oli pakollista soittaa asiakkaalle ja kysyä onko sähköt tullut takaisin, mutta nykyään on mahdollista tarkistaa Titaniumin kautta onko sähkö jo palautunut asiakkaalle ja saadaanko mittarilla etäyhteys.

7 HYÖDYNTÄMINEN TULEVAISUUDESSA

Etäluettavien mittareiden laatu-tietojen käyttäminen tulevaisuudessa on laajalti riippuvainen siitä millaiset tarpeet verkkoyhtiöt kokevat että on tarpeellista. Asiakkaiden voidessa seurata sähkönkulutustaan ja tiedostavan paremmin mitä sähköntoimittajalta voidaan vaatia, tulee sähkönlaadun rooli olemaan tulevaisuudessa entistäkin tärkeämpää

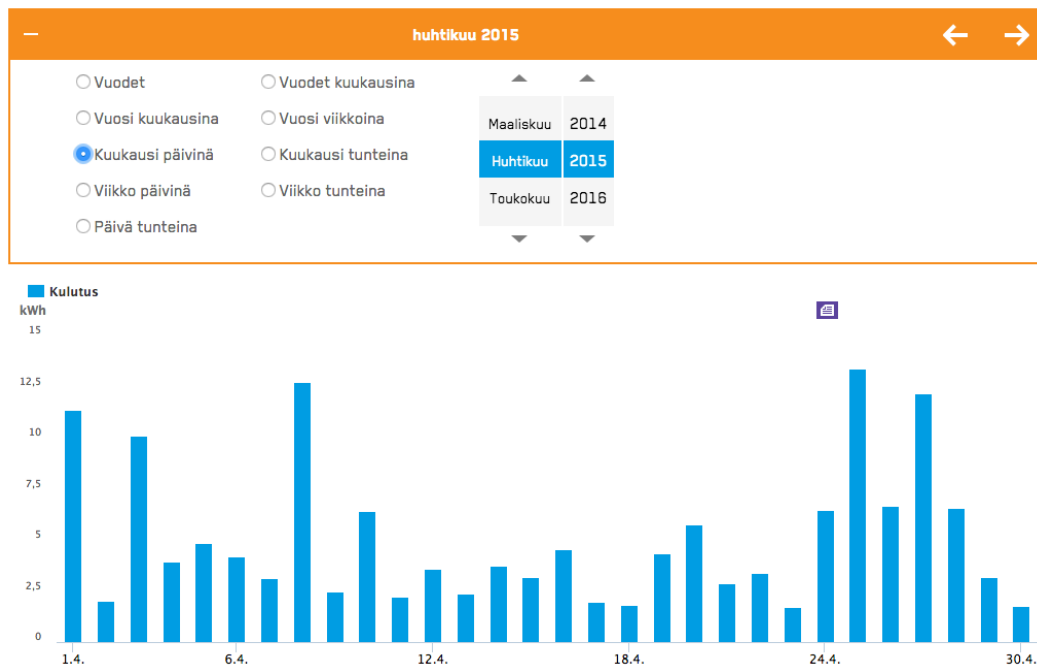
7.1 Investointialueiden kartoittaminen

Nykymallin mukaan verkkoyhtiöt ovat suurimmaksi osaksi kartoittaneet kunnostusta kaipaavat alueet sähköverkon iän ja asiakkaiden reklamaatioiden perusteella. Esimerkiksi jos tiedostetaan että jonkin alueen verkko on yli 40 vuotta vanha voidaan aluetta harkita seuraavaksi saneerauskohteeksi, vaikka mitään tietoa alueen sähkönlaadusta ei olisikaan. Jotta verkkoyhtiöllä olisi tiedossa minkä laatuista sähköä on toimitettu, pitää alueelta tulla reklamaatio asiakkaalta, jonka jälkeen kohteeseen viedään ns. sähkönlaatumittari, joka on kohteessa asennettuna noin viikon verran. Tämän perusteella voidaan saada tietoa mikä todellinen sähkönlaatu on kohteessa. Yhtenä haittapuolena tällä menetelmällä on että asiakas on se joka asiasta ilmoittaa, mikä taas tarkoittaa että asiakas on ollut tyytymätön verkkoyhtiön palveluun ja on siitä syystä ottanut yhteyttä yhtiöön. Lisäksi korjausajat reklamaatiolle voivat olla suhteellisen pitkät ensimmäisestä kontaktista, sillä vasta yhteydenoton jälkeen asennetaan laatumittari kohteeseen. Tämän jälkeen tietojen analysoimiseen menee yleensä noin 2-3 viikkoa. Vasta tämän jälkeen voidaan tehdä päätös saneerauksesta joka voi tarkoittaa että noin 6 kuukauden jälkeen asiakkaan yhteydenotosta kyseinen ongelma on korjattu.

Uusien etäluettavien sähkömittareiden avulla tätä toimintamallia voidaan muuttaa siten että mittarit jo itsessään tallentaisivat ja raportoisivat sähkönlaadusta eri alueilla. Koska jokaisella sähkönkäyttöpaikalle on asennettu etäluettava mittari tarkoittaa tämä että tietojen kerääminen laajalta alueelta on mahdollista jotta saadaan parempi kokonaiskuva verkon kunnosta. Mittarin laatu-tietojen saaminen olisi mahdollista hakea etänä sovelluksen tai Titaniumin kautta reaaliajassa.

7.2 Asiakkaan tarpeet

Etäluettavat sähkömittarit ovat mahdollistaneet asiakkaalle tarkan energiaseurannan tekemisen niin saamallaan laskulla, kuin myös verkkoyhtiöiden tarjoamaan energiaseurantapalvelun kautta johon pystyy kirjautumaan internetselaimen kautta. (Kuva 11). Tämän kautta pystytään seuraamaan päivän viiveellä miten paljon sähköä on kulunut niin omassa talossaan, kuin myös kesämökin mittarilla. Tämä on suurin muutos mitä asiakas tällä hetkellä on saanut etäluettavien sähkömittareiden kautta, sillä aikaisemmin pystyttiin seuraamaan kulutustaan vain hyvin pitkältä aikaväliltä (6-12 kk).



Kuva 11. Asiakkaille tarkoitettu Energiaseurantapalvelu

Sähkönlaatu koostuu kahdesta asiasta: sähkön toimitusvarmuudesta (sähkökatkojen määrä) sekä toimitetun sähkön laadusta. Etäluettavien sähkömittareiden myötä asiakas on ruvennut saamaan automaattisesti korvausta koituneista sähkökatkoista, jopa ilman että siitä välttämättä on ollut minkäänlaista haittaa. Koska mittarit lähettävät tietoa verkkoyhtiöille tasan milloin sähkökatko on alkanut ja milloin se on loppunut, pystytään myös määrittämään mitkä verkkoalueet ovat suurimman saneerauksen tarpeessa. Näitä asioita ei kuitenkaan vielä näe muualla kuin laskuissa joka lähetetään asiakkaille. Tulevaisuudessa olisi verkkoyhtiöille ja asiakkaille saada tämä tieto näkyviin jo olemas-

sa olevaan Energiaseurantapalveluun. Tämän kautta asiakas olisi reaaliajassa tietoinen siitä miten pitkään oma käyttöpaikka on ollut ilman sähköä ja voi myös varmistua siitä, että kohteeseen on palautunut sähkötkä katkon jälkeen. Tämä tieto olisi varsin olennainen esimerkiksi kesä- tai talvimökin ollessa pitkään ilman sähköjä ja pitkän sähkökatkon aiheuttaman putkien jäätyksen estämiseksi.

Energiaseurannan yleistyessä voisi myös mahdollisesti ottaa huomioon jännitteenlaadun näyttämisen Energiaseurantapalvelussa. Täten myös asiakas voisi itse käydä tarkistamassa jos epäilee että sähkönlaatu omalla käyttöpaikalla ei ole vastannut odotuksia ja täten myös selvittää voiko esim. välkyntä johtua sähköverkon ongelmasta tai oman sisäisen verkon ongelmasta. Täten myös verkkoyhtiöille saapuvat puhelut voitaisiin saada vähennettyä, sillä tällä hetkellä tämän tiedon saamiseksi asiakkaan on otettava yhteyttä asiakaspalveluun.

8 YHTEENVETO

Älykkäiden sähkömittareiden asennus on ollut suurin muutos mitä sähkönjakeluala on kokenut viimeisen 40 vuoden aikana. Niiden avulla on mahdollista seurata tarkemmin omaa kulutustaan ja verkkoyhtiöillä on mahdollisuus seurata jakelemana sähkön laatua. Aikaisemman toimintamallin mukaan verkkoyhtiöt korjasivat verkkoa sen mukaan miten paljon asiakkailta tuli reklamaatioita eri alueilta, mutta uusi älykäs sähköverkko mahdollistaa reklamaatioiden ennakoinnin ja tarvittavien toimenpiteiden suorittamista ennen kuin asiakas sen huomaa. Tämän kautta asiakastyytyväisyys voidaan tulevaisuudessa saada paremmalle tasolle kuin mitä se on nykyään.

Älykäs sähköverkko on seuraava askel sähköverkon jatkuvassa kehityksessä joka on seuraus yhteiskunnan nousevasta luottamuksesta jatkuvaan sähkönsaantiin ja pyrkimys ihmisen ympäristövaikutuksien vähentämiseksi. Tavoitteena on saada kustannustehokkaiden teknisten ratkaisuiden, tehokkaalla tekniikalla sekä taloudellisesti tehokkaiden tapojen kautta ottaa käyttöön vielä uusiutuvampi energiatuotanto, lisääntyvä sähkönkulutus ja sähköverkon tehokkaampi hyödyntäminen. Toisin sanoen, sähköverkko jolla on pienet häviöt, erinomainen sähkölaatu ja sellainen toimitusvarmuus johon asiakkaat ovat tyytyväisiä ja siten myöskin enemmän tietoisia ja osallisia omaan sähkökulutukseensa kuin aikaisemmin.

LÄHTEET

- [1] Fortumin historia. Haettu 4.5.2015
<http://www.fortum.com/fi/konserni/fortum-lyhyesti/pages/default.aspx>
- [2] Annual Report, Fortum Haettu 4.5.2015
<http://annualreport2013.fortum.com/en/annual-review/2013-in-figures/sales-and-production/>
- [3] Caruna - Tietoa yrityksestä Haettu 6.5.2015
<http://www.caruna.fi/caruna/yrityksemme/jaamme-hyvaa-energiaa>
- [4] Carunan liittymismaksuhinnasto Haettu 6.5.2015
https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/web_650304_caruna_oy_liittymishinnasto_6s_2015_fi6.pdf?HinEmLpUxTyfybqmDrfH7ZuNgnZ70c8R
- [5] Standardikirja SFS-EN 50160. Luettu 10.5.2015
- [6] Verkkopalveluehdot 2014 Haettu 7.2.2015
https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/verkkopalveluehdot_vpe_2014.pdf?KsZ.e8dYmu3Lz6iAiGzOqj8nlD3qA_9
- [7] Sähköturvallisuuslaki 410/1996. Luettu 18.10.2012
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410>
- [8] Korpinen, L., Mikkola, M., Keikko, T., Falck, E. 2008. Yliaalto-opus. Luettu 12.11.2012
<http://leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf>
- [9] Tukes tiedote 2011. Luettu 12.1.2013
<http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Sahko-ja-hissit/Tukes-muistuttaa-sahkoturvallisuudesta-myrskytuhojen-jalkeen/>
- [10] Energiavirasto - älykäs sähköverkko. Luettu 14.5.2015
<http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/alykas-verkko>
- [11] Echelon user's guide. Luettu 2.3.2013
<http://www.berg-ener->

[gie.de/uploads/pics/pdfs/Echelon_Quick_Start/Echelon_Handbuch_Zaehler_3.0_englisch.pdf](http://www.echelon.com/assets/blt62c598fea4c60eef/Echelon_Quick_Start/Echelon_Handbuch_Zaehler_3.0_englisch.pdf)

[12] Echelon data concentrator data sheet. Luettu 2.3.2013

<http://www.echelon.com/assets/blt62c598fea4c60eef/Data-Concentrator-DCN-1000-Series-datasheet.pdf>

[13] Schneider Electric - tietoja yrityksestä. Luettu 20.5.2015

<http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/yritys/yrityssivu.page>

[14] Schneider Electric Titanium - software. Luettu 20.5.2015

<http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/4100-power-energy-monitoring-system/4180-smart-metering/61766-titanium-advanced-meter-infrastructure/>

LIITTEET

Liite 1. EU-directive 2009/72/EC

[http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:EN:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:EN:PDF)

[EN:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:EN:PDF)