



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TUOMAS LUUKKO

SEURAAVAN SUKUPOLVEN AMR-JÄRJESTELMÄN ASIAKAS- JA
MARKKINAINTEGRAATIOIDEN KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: professori Pertti Järventausta
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
2.toukokuuta 2018

TIIVISTELMÄ

TUOMAS LUUKKO: Seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän asiakas- ja markkinaintegraatioiden kehittäminen
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 81 sivua, 7 liitesivua
Toukokuu 2018
Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Sähköverkot ja -markkinat
Tarkastaja: professori Pertti Järventausta

Avainsanat: AMR, integraatiot, sähkömarkkinat, tulevaisuuden markkinat, datahub, kysynnän jousto

Energiamarkkinoilla on käynnissä merkittävä murros, jossa keskeinen muutostekijä on paikallisen ja luonteeltaan vaihtelevan sähköntuotannon lisääntyminen sähkövoimajärjestelmässä. Toimintaympäristön muutoksessa sähkön loppukuluttajan aktiivinen rooli sähkömarkkinoilla korostuu. Sähkön loppukuluttajat tulee saada tulevaisuudessa tiiviimmäksi osaksi sähkömarkkinoiden toimintaa, ja kuluttajien aktivoimisen myötä sähkömarkkinaosapuolilla on aiempaa keskeisempi rooli mahdollistajina. Toimintaympäristön muutos ja muutoksen edellyttämä sähkömarkkinoiden kehittyminen vaikuttavat verkkoyhtiön rooliin ja edellyttävät tulevaisuudessa uudenlaista näkemystä myös Elenian AMR-järjestelmän osalta. Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmä osalta oleellisessa roolissa ovat integraatiot, joita tutkittiin tämän diplomityön yhteydessä.

Diplomityössä selvitettiin Elenian AMR-järjestelmän nykytila ja tutkittiin Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän integroitumista toimintaympäristöön. Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimusta, ja tutkimus rajattiin asiakas- ja markkinaintegraatioiden tutkimiseen. Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän osalta integraatiot ovat oleellisessa roolissa. Integraatiot mahdollistavat yleisellä tasolla mittalaitteiden keräämän datamäärän jakamisen ja hyödyntämisen Elenian eri järjestelmien, palveluiden ja laitteiden välillä siten, että ne palvelevat Elenian sisäisiä liiketoimintoja ja sähkömarkkinoiden kehitystä riittävän tehokkaasti.

Tutkimuksen yhtenä keskeisenä johtopäätöksenä todettiin, että datahub-markkinaintegraation lisäksi Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmä tulisi voida tarjota kehittyvien markkinoiden käyttöön siten, että kysyntäjoustopalvelua tarjoavien toimijoiden on mahdollista ohjata Elenian tarjoaman teknisen alustan kautta loppukuluttajien kuormia. Standardoidun ja markkinaosapuolille tasapuolisen rajapinnan tarjoaminen voidaan nähdä vielä nykyisen verkkoyhtiön roolin mukaisena markkinaehtoisena toiminnallisuutena.

Diplomityössä määritettiin vaatimukset Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän integroitumisesta loppukuluttajapään kotiautomaatioon liitynnän, mittaustiedon reaaliaikaisen visualisoinnin ja mobiiliasiakasrajapinnan sekä kysyntäjoustopalveluun osalta. Vaatimukset edellä mainittujen osalta sisällytettiin osaksi työn lopputuloksena Elenialle tuotettua vaatimusmäärittelyä.

ABSTRACT

TUOMAS LUUKKO: Improvement of requirement analysis of the next generation AMR systems focusing on system integrations

Master of Science Thesis, 81 pages, 7 Appendix pages

May 2018

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

Major: Power Systems and Markets

Examiner: Professor Pertti Järventausta

Keywords: next generation, AMI, integration, future markets, datahub, demand response

Increase of variable, less predictable and decentralized generation in the power system have led to significant changes in European electricity markets. The new operational environment highlights the active role and empowerment of final customers. In the coming decades, the electricity market will be characterized by active participation of customers through self-consumption, storage and demand response. In the new operational environment market participants will have more prominent role as enablers. The change in the operating environment and the development of the electricity market required by the change have an effect also on the role of the DSO and require new kind of approach to the AMI systems.

AMI system can be seen as one of the key enabler of smart grids and the market development in the future. In general, smart grids can be seen as vital part of enabling the energy efficient and environmentally friendly energy market, and hence enabling the integration of flexible resources, demand response and ICT solutions.

The purpose of this M.Sc. thesis was to study system integrations of Elenia's next generation AMI system focusing on customer and market integrations. Literary research and interviews were chosen as research methods. In the thesis, the present state of Elenia's AMI system was studied. The requirements regarding the chosen integrations were included into the requirement analysis, which was formed as the main result of the study. As one of the main conclusions of the study, it was concluded, that the next generation AMI system should enhance the flexibility of the power system by providing platform for market participants (e.g. energy retailers and service providers) to control end-customer loads under certain boundary conditions. According to study, datahub was the most relevant market system, in which the AMI system should integrate in the future.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin Tampereella Elenia Oy:lle verkon käyttö- ja kehitys -yksikköön älykäs sähköverkko -tiimissä syksyn 2017 ja kevään 2018 aikana. Työn tarkastajana toimi Pertti Järventausta Tampereen teknillisestä yliopistosta ja ohjaajana DI Markku Kauppien Elenialta. Aihe oli työtä tehdessä alalla ajankohtainen, ja myös sen vuoksi erityisen mielenkiintoinen ja motivoiva.

Haluan kiittää Elenialta erityisesti työn ohjaajana toiminutta Markkua erittäin asiantuntevista kommentteista ja ohjauksesta työn aikana. Haluan esittää myös kiitokset professori Pertti Järventaustalle laadukkaasta työn kommentoinnista ja neuvoista työn edetessä sekä työn tarkastamisesta. Lisäksi haluan kiittää perhettäni sekä puolisoani Miilaa tuesta diplomityön tekemisen ja yleisesti opintojeni aikana. Tukenne on ollut korvaamatonta.

Tampereella, 22.5.2018

Tuomas Luukko

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	1
1.1	Elenia-konserni	1
1.2	Tutkimustyön tausta	2
1.3	Työn rajaus ja tavoitteet	3
1.4	Työn tutkimusmenetelmät.....	3
2.	ELENIAN OY:N AMR JÄRJESTELMÄN NYKYTYILA	5
2.1	Elenian AMR-mittarit.....	6
2.1.1	Iskraemeco Mx372	7
2.1.2	Aidon	8
2.1.3	Aidonin uusi radioverkkoratkaisu.....	10
2.2	Mittaustiedon luentajärjestelmät.....	11
2.2.1	Telian kulutusmittauspalvelu (KMP)	12
2.2.2	KMP:n selainkäyttöliittymä ja mittareiden etähallinta	14
2.3	Mittaustiedon hallinta ja integraatiot.....	15
2.3.1	Mittaustiedon hallintajärjestelmä (EnergyIP)	16
2.3.2	Asiakastieto	17
2.3.3	Sähkön myyjät.....	18
2.3.4	Taseselvitykseen liittyvät toiminnot	19
2.3.5	Elenia Aina – palvelu	21
2.4	Integraatiot verkkotietojärjestelmään ja verkonhallintaan	22
2.4.1	Integraatiot verkkotietojärjestelmän suuntaan	22
2.4.2	AMR-DMS integraatio	22
3.	VERKKOYHTIÖN MUUTTUVA ROOLI SÄHKÖMARKKINOILLA	24
3.1	Lainsäädännön kehitys	25
3.1.1	Sähkön kuluttajan rooli.....	27
3.1.2	Jakeluverkonhaltijan rooli	28
3.2	Verkkoyhtiön toimintaympäristön muutos	30
3.2.1	Datahub ja yhteispohjoismaiset sähkön vähittäismarkkinat.....	31
3.2.2	Aktiivisen asiakkaan resurssien hyödyntäminen	32
3.3	Visio sähkömarkkinoista tulevaisuudessa	34
3.3.1	Aggregaattoreiden ja energiayhteisöjen rooli	35
3.3.2	Tiedonvaihdon merkitys ja AMR-järjestelmien lisäarvo	37
4.	SÄHKÖMARKKINOIDEN MUUTOKSEN EDELLYTTÄMÄT AMR- JÄRJESTELMÄN INTEGRAATIOT	38
4.1	Mahdollistajan rooli markkinoiden suuntaan.....	40
4.1.1	Sähkön vähittäismarkkinoiden kehittyminen	41
4.1.2	Kysyntäjoustomarkkinat.....	42
4.1.3	Kotiautomaatiomarkkinat.....	45
4.2	AMR-järjestelmän potentiaaliset hyödyntäjät	46
4.2.1	Mittaustiedon hallinta ja datahub.....	47

4.2.2	Markkinatoimijat.....	48
4.2.3	Loppukäyttäjät ja energiayhteisöt.....	48
4.2.4	Kotiautomaatio.....	50
4.2.5	LVDC-teknologia ja mikroverkot.....	52
5.	TUNNISTETTUIEN AMR-JÄRJESTELMÄN INTEGRAATIOIDEN KEHITTÄMINEN	54
5.1	Kehitystarpeet Elenian AMR-järjestelmän integraatioihin.....	55
5.1.1	Markkinoiden kehityksen mahdollistava tiedonvaihto ja kuormanohjaustoiminnallisuus.....	56
5.1.2	Elenian mittaustiedon ja mittalaitteiden tarjoamien toimintojen hallinta.....	58
5.1.3	Liityntä kotiautomaatioon	61
5.1.4	Elenian asiakkaille tarjottavat sähköiset palvelut	62
5.2	Valittujen integraatioiden kehittäminen	63
5.2.1	Kysyntäjoustotoiminnallisuus	63
5.2.2	Mittaustiedon visualisointi ja mobiiliasiakasrajapinta	65
5.2.3	Integroituminen kotiautomaatioon.....	66
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET	68
6.1	Lainsäädännön ja sääntelyn kehittyminen	70
6.2	Tietoturva ja tietosuojakysymykset	72
6.3	Tutkimustyön validiteetti ja jatkotutkimuskohteet	72
7.	YHTEENVETO	75
	LÄHTEET	77
	LIITE A: Haastatteluiden kysymysrungot	

KUVALUETTELO

Kuva 1. Elenia-konserni, muokattu lähteestä [1].	1
Kuva 2. Iskraemecon Mx372-sarjan mittarit ja tietoliikennelaite [9].	7
Kuva 3. Aidonin tarjoamat tiedonsiirtoratkaisut [10].	9
Kuva 4. Aidonin uusi radioverkkoratkaisu, muokattu lähteestä [13].	10
Kuva 5. Elenian nykyisen AMR-järjestelmän palveluratkaisu.	11
Kuva 6. Telian Kulutusmittauspalvelu.	13
Kuva 7. MDMS integraatiot asiakkaiden, markkinatoimijoiden ja Elenian sisäisten tietojärjestelmien kanssa, muokattu lähteestä [16].	15
Kuva 8. MDMS integraatio ja tiedon kulku sähköön myyjien suuntaan, muokattu lähteestä [20].	19
Kuva 9. MDMS integraatio ja tiedon kulku eSettin suuntaan taseselvitykseen liittyen, muokattu lähteestä [20].	20
Kuva 10. Kysyntäjoustop hyödyntämismahdollisuudet sähkömarkkinoiden eri osapuolten kannalta [29].	35
Kuva 11. Periaatekuva Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä [39].	39
Kuva 12. AMR-järjestelmän potentiaaliset sisäiset ja ulkoiset hyödyntäjät.	46
Kuva 13. Elenian asiakkaat laatuvaatimusten piirissä ja kaapelointiasteet 2012-2028 [44].	52
Kuva 14. Kehitetty periaatekuva Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä.	54
Kuva 15. Diplomityön yhteydessä tunnistettu MDM-markkinaintegraatio.	60
Kuva 16. Mahdollinen vaihtoehto kysyntäjoustop toiminnallisuuden toteuttamiseksi osana Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmää.	64

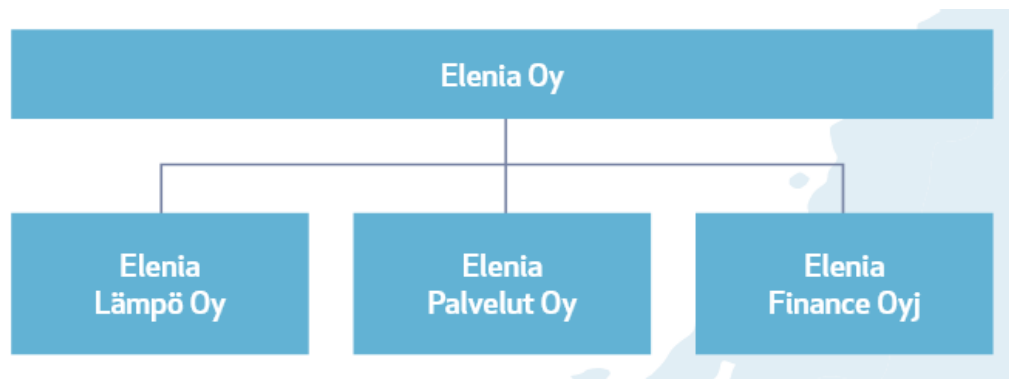
LYHENTEET JA MERKINNÄT

AMR	<i>Automatic Meter Reading</i>
MDMS	<i>Meter Data Management System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
P2P	<i>Point-to-point</i>
PLC	<i>Powerline Communication</i>
RS	<i>Recommended Standard</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>
KMP	<i>Kulutustilauspalvelu</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
VEE	<i>Validation, Estimation and Editing</i>
MSCONS	<i>Metered Services Consumption Report</i>
TEM	<i>Työ- ja elinkeinoministeriö</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
LVDC	<i>Low Voltage Direct Current</i>
MDM	<i>Market Data Management</i>
GDPR	<i>General Data Protection Regulation</i>

1. JOHDANTO

1.1 Elenia-konserni

Diplomityö tehtiin sähköverkkoyhtiö Elenia Oy:lle, joka toimii osana Elenia-konsernia. Elenia-konsernin muodostavat kuvan 1 mukaisesti sähköjakelupalvelua tarjoava Elenia Oy sekä tytäryhtiöt Elenia Lämpö Oy, Elenia Palvelut Oy ja Elenia Finance Oyj. Elenia Oy on Suomen toiseksi suurin verkkoyhtiö, jonka tehtävä on huolehtia sähköverkon toimivuudesta ja uudistamisesta sekä rakentaa sähköliittymiä ja -verkkoa yhdessä kumppaniyhtiöidensä kanssa. Lisäksi Elenia vastaa verkkoalueensa asiakkaiden sähkönkulutuksen mittauksesta ja energiatietojen toimittamisesta sähkönmyyjille. Elenia palvelee verkkoalueellaan noin 420 000 kotitalous-, yritys- ja yhteiskunta asiakasta Kanta- ja Päijät-Hämeessä, Keski-Suomessa sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla. [1]



Kuva 1. Elenia-konserni, muokattu lähteestä [1].

Elenia Oy:n tavoitteena on toimia strategiansa mukaisesti alansa edelläkävijänä. Toimitusvarmuuden osalta Elenia on asettanut tavoitteekseen maakaapelointiasteen eli maakaapeloidun verkon suhteellisen osuuden nostamisen 70 prosenttiin vuoden 2028 loppuun mennessä osana Elenia Säävarma -konseptiaan. Päätöksen maakaapeloinnista Elenia teki vuonna 2009. Elenia Säävarma -konseptin avulla luotettava sähköjakelu pyritään varmistamaan Elenian verkkoalueella sääolosuhteista riippumatta. Toimitusvarmuuden varmistamisen ohella Elenia pyrkii aktiivisesti älykkään sähköverkon kehittämiseen [1]. Oleellisessa roolissa on tässä suhteessa sähköverkon ja tietojärjestelmien liittäminen yhteen siten, että Elenian sähköverkosta kerätty ajantasainen tieto olisi älykkäästi ja jatkuvasti hyödynnettävissä.

Elenia on toiminut edelläkävijänä etäluettavien sähkömittareiden (AMR, Automatic Meter Reading) käyttöönotossa, ja Elenia asensi ensimmäisenä verkkoyhtiönä Suomessa etäluettava AMR-mittarit kaikille verkkoalueensa asiakkaille. Elenialla on laaja kokemus

AMR-järjestelmien hyödyntämisestä, ja nykyisin mittalaitteilta kerättyä tietoa on mahdollista hyödyntää tehokkaasti Elenian liiketoiminnassa.

1.2 Tutkimustyön tausta

Verkkoyhtiön päätehtävä on luotettavan sähkönjakelun varmistamisen lisäksi toimia nykyisillä sähkömarkkinoilla neutraalin markkinapaikan mahdollistajana. Verkkoyhtiönä Elenialle kuuluvat osana tätä tehtävää nykyisessä sähkömarkkina-alueissa (588/2013) ja valtioneuvoston asetuksissa asetetut velvoitteet markkinoiden kannalta keskeisen tiedon keräämisestä, säilyttämisestä, käsittelemisestä sekä toimittamisesta markkinoiden ja sen toimijoiden käyttöön. Elenian AMR-mittalaitteet ja -järjestelmä on keskeisessä roolissa edellä mainittujen velvoitteiden täyttämässä.

Suomessa nykyisen toimintaympäristön vaatimuksia toteuttavat mittalaitteet ovat käytössä, ja niiden mahdollistama kulutuksen tuntimittaus on kehittynyttä. Loppukäyttäjille on sähkömarkkinain mukaisesti asennettu tuntimittaukseen kykenevä etäluettava sähkömittari, joka on perusta nykyisin asiakkaiden laskutukselle ja valtakunnalliselle taseselvitykselle.

Energiamarkkinoilla on nykyisin käynnissä merkittävä murros, jossa keskeinen muutostekijä on paikallisen ja luonteeltaan vaihtelevan sähköntuotannon lisääntyminen sähkövoimajärjestelmässä. Muutos näkyy nykyisin myös Elenian sähköverkon alueella. Pientuotantokohteiden lisääntyminen on Elenian verkkoalueella voimakasta, ja ainoastaan aurinkosähkön pientuotantokohteiden määrä kolminkertaistui Elenian verkkoalueella vuoden 2016 aikana [1].

Toimintaympäristön muutos energia-alalla ja muutoksen edellyttämä sähkömarkkinoiden kehittyminen vaikuttavat verkkoyhtiön rooliin ja edellyttävät tulevaisuudessa uudenlaista näkemystä myös AMR-järjestelmien osalta. Nykyisin Elenialla käytössä olevat AMR-mittarit tulevat käyttöikänsä päähän 2020-luvun alussa. Elenian AMR-järjestelmä uudistetaan kokonaisuudessaan vuoteen 2024 mennessä, ja uuden järjestelmän käyttöönottoa varten Elenialla on perustettu AMR-2030 -määrittelyprojekti. Osana määrittelyprojektia tässä diplomityössä tutkitaan tarkemmin Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän integroitumista markkinoiden suuntaan. Diplomityön rajaukset ja tavoitteet on esitetty tarkemmin luvussa 1.3.

Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän osalta oleellisissa roolissa ovat integraatiot, joita tässä diplomityössä tutkitaan. Integraatiot mahdollistavat mittalaitteiden keräämän datamäärän jakamisen ja hyödyntämisen Elenian eri järjestelmien, palveluiden ja laitteiden välillä siten, että ne palvelevat Elenian sisäisiä liiketoimintoja ja sähkömarkkinoiden kehitystä riittävän tehokkaasti. Tämän työn rajauksen puitteissa tulisi erityisesti pystyä määrittelemään se, kuinka järjestelmän on integroiduttava toimintaympäristön

suuntaan, ja kuinka integraatiot on toteutettava, jotta ne mahdollistavat AMR-järjestelmän toiminnan osana tulevaisuuden älyverkkoja ja sähkömarkkinoiden tarvittavaa kehitystä.

1.3 Työn rajaus ja tavoitteet

Diplomityön tavoitteena on kehittää Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmien vaatimusmäärittelyä asiakas- ja markkinaintegraatioiden osalta. Työstä rajataan ulos verkkotietojärjestelmään ja verkonhallintaan kohdistuvien integraatioiden kehittäminen, mikä nähdään tulevaisuudessa omana tutkimuskohteenaan. Diplomityölle on asetettu seuraavat tavoitteet:

- Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän ja siihen liittyvien sisäisten sekä ulkoisten potentiaalisten hyödyntäjien kuvaaminen
- AMR-integraatiosta hyötyvien järjestelmien, palveluiden, markkinoiden ja eri osapuolten selvittäminen ja kehitystarpeiden määrittäminen näihin suuntautuvien integraatioiden osalta
- Vaatimusmäärittelyn tekeminen valittujen integraatioiden osalta
- Jatkotutkimuskohteiden ehdottaminen

Tavoitteiden saavuttamiseksi työn luvussa 2 on kuvattu Elenian nykyinen AMR-järjestelmä työn rajauksen puitteissa. Työn kolmannessa luvussa on kuvattu sähkömarkkinoiden muutosta hyödyntäen kirjallisuuslähteitä monipuolisesti hyödyksi.

Diplomityön luvuissa 4 ja 5 on hyödynnetty työssä toteutetun haastattelututkimuksen tuloksia. Luvussa 4 on haastattelututkimusten tulosten perusteella selvitetty Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän roolia markkinoiden kehityksen mahdollistajana ja tunnistettu järjestelmän potentiaalisia ulkoisia hyödyntäjiä. Luvussa 5 on tunnistettu kehitystarpeet Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän integraatioille, joita on kehitetty haastattelututkimuksen tulosten rajoissa. Kehitystyön perusteella työssä Elenialle tuotettiin vaatimusmäärittely valittujen integraatioiden osalta.

1.4 Työn tutkimusmenetelmät

Diplomityön keskeisinä tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuustutkimusta sekä haastattelututkimusta. Työn varsinaisten tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimustyötä varten asetettiin seuraavat apukysymykset työn rajauksen puitteissa:

- Mitkä ovat Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän sähkömarkkinoiden kehityksen mahdollistavat integraatiot (tietojärjestelmät, markkinat, palvelut)?
- Kuinka tunnistettuja integraatioita tulisi kehittää, jotta ne olisivat mahdollistajia markkinoiden ja älyverkkojen kehitykselle tulevaisuudessa?

Haastattelututkimus toteutettiin Elenian sisäisiä ja ulkoisille toimijoille toteutettuja haastatteluita hyödyntäen. Haastattelutyypinä käytettiin puolistrukturoituja teemahaastatteluita, minkä katsottiin tukevan parhaiten mahdollisimman monipuolista tiedonkeruuta, ja mikä antoi haastatteluiden yhteydessä mahdollisuuden käsitellä teemoja joustavasti ja tarvittaessa johtaa keskustelua tutkimuksen kannalta tarvittavaan suuntaan. Samalla teemahaastatteluiden kysymysrungoilla rakennettiin haastatteluiden keskustelulle pohja, ja kysymyksenasettelut jätettiin näin ollen tarkoituksenmukaisesti suhteellisen laajoiksi.

Ulkoiset haastattelut valittiin tarkoituksenmukaisesti monipuolisesti. Työn aihe oli työtä tehdessä alalla ajankohtainen. Työn yhteydessä katsottiin, että vaikka vaatimusmäärittelytyötä tehdään ensisijaisesti Elenialle, tulisi näkemyksiä hakea energia-alan ja sähkömarkkinoiden toimintaympäristön muutokseen liittyen mahdollisimman laaja-alaisesti suhteutettuna työn laajuuteen. Työn yhteydessä haastateltiin yhteensä viittä eri ulkoista osapuolta. Elenian sisäiset haastattelut mukaan lukien haastatteluita tehtiin yhteensä 16 kappaletta. Työn tutkimuksessa saadut lopputulokset heijastettiin diplomityön lopussa nykyiseen verkkoyhtiön regulaatioympäristöön sekä regulaation ja lainsäädännön kehitykseen tulevaisuudessa. Haastatteluissa käytetyt haastattelurungot on esitetty tämän työn liitteessä A.

2. ELENIAN OY:N AMR JÄRJESTELMÄN NYKYTYILA

Elenia oli ensimmäinen verkkoyhtiö Suomessa, joka asensi etäluettavat AMR-mittarit kaikille verkkoalueensa asiakkaille. Mittareiden asennus toteutettiin vuosina 2003–2008. Älykkäät sähkömittarit ovat osa Elenian nykyistä AMR-järjestelmää, jolla tarkoitetaan älykkäiden sähkömittareiden, mittareiden luentajärjestelmän sekä mittaustiedonhallintajärjestelmän muodostamaa kokonaisuutta. Älykkäiden sähkömittareiden tärkeä tehtävä on nykyisin automaattinen sähköenergian tuntimittaus, joka mahdollistaa asiakkaiden todelliseen kulutukseen perustuvan laskutuksen. Verkkoyhtiön liiketoiminnan kannalta AMR-järjestelmää on kannattavaa hyödyntää lisäksi muissa liiketoimintaprosesseissa sekä asiakkaille tarjottavissa palveluissa. [2] Elenialla on laaja kokemus AMR-järjestelmien hyödyntämisestä, ja nykyisen järjestelmän avulla mittareilta kerättyä informaatiota on mahdollista hyödyntää tehokkaasti asiakaspalvelussa, taseselvityksessä, verkon seurannassa sekä verkonhallinnassa.

Elenian ensimmäisen, varsinaisesti koko verkkoaluetta käsittäneen AMR-mittarivaihdon yhteydessä käytettiin Slovenialaisen mittarivalmistaja Iskraemecon modeemiyhteyttä hyödyntäviä mittareita, joita asennettiin Elenian verkkoalueelle noin 350 000 kappaletta. Elenian verkkoalueelle oli ennen mittarinvaihtoa asennettu myös mittarivalmistaja Landis+Gyrin AMR-mittareita. Elenia on lisäksi tilannut mittareita Aidonilta, mikä on lisännyt mittareiden saatavuutta, ja varmistanut sen, ettei Elenia ole ollut riippuvainen vain yhdestä mittaritoimittajasta. [2]

Elenia on ulkoistanut nykyisen AMR-mittareiden luentajärjestelmänsä teleoperaattori Telialle. Telia tuottaa mittareiden luennan Elenialle nykyisin kokonaispalveluratkaisuna, jossa Elenia ostaa käytännössä vain mittarilukemat ja muut Telian toteuttamat tarvittavat toiminnot. Palvelun ulkoistamisesta huolimatta sähkömarkkinalaki säilyttää vastuun mittalaitteista, mittauksesta sekä mittaukseen liittyvästä tietosuojasta kuitenkin Elenialla [3].

Elenian verkkoalueen AMR-mittarit liittyvät nykyisin Telian luentapalvelun kautta Elenian omistamaan ja hallinnoimaan mittaustiedonhallintajärjestelmään (MDMS). AMR-mittareiden keräämää mittausdataa säilytetään ja käsitellään MDMS:ssä, minkä lisäksi MDMS mahdollistaa datan jakelun muiden järjestelmien käyttöön. MDMS:n keskeinen tehtävä on vastata kerättävän mittausdatan laadusta.

Elenian järjestelmän nykytila kuvataan tässä luvussa sen keskeisiltä osilta työn rajauksen puitteissa. Käsittelyssä keskitytään Elenian mittaustiedonhallintajärjestelmän muodostamiin integraatioihin markkinatoimijoiden sekä asiakkaiden suuntaan. Lisäksi luvussa kuvataan Elenian käytössä olevien AMR-mittareiden keskeiset ominaisuudet, mittareiden

kytkeytyminen Telian luentapalveluun sekä luentapalvelun integraatiot Elenian tietojärjestelmiin.

2.1 Elenian AMR-mittarit

Elenian verkkoalueella ensimmäiset tavalliset sähkömittarit vaihdettiin etäluettaviin AMR-mittareihin vuosina 2003–2005, jolloin noin 35 000 käyttöpaikalle asennettiin Landis+Gyrin AMR-mittarit. Asennetut mittarit liitettiin tuolloin osaksi Landis+Gyrin toteutamaa luentajärjestelmää, jossa mittareiden luennassa käytettiin PLC-tekniikkaa ja GPRS-yhteyttä. PLC- eli sähköverkkotiedonsiirrossa datan siirto toteutetaan sähköverkkoa pitkin [4]. Tämän työn yhteydessä järjestelmän tiedonsiirtotekniikoita ei käsitellä yksityiskohtaisesti, ja etäluentajärjestelmiin ja mittareiden etäluentaan voi perehtyä tarkemmin esimerkiksi Markus Piispasen diplomityön [4] kautta, jossa ne ovat kuvattu kattavasti.

Varsinaisen koko Elenian verkkoaluetta käsittäneen AMR-mittarinvaihdon yhteydessä käyttöpaikoille asennettiin Iskraemecon AMR-mittarit, minkä jälkeen uusiin kohteisiin on asennettu myös Aidonin mittareita. Vanha Landis+Gyrin AMR-järjestelmän mittarikanta on vuoden 2017 aikana korvattu Aidonin uusilla energiapalvelulaitteilla, jotka on liitetty osaksi nykyistä Telian kulutusmittauspalvelua. Elenian verkkoalueella on edelleen asennettuna Landis+Gyrin mittareita, mutta tämän työn yhteydessä niiden yleisiä toiminnallisuuksia ei käsitellä tarkemmin.

Elenian verkkoalueelle asennettujen Iskraemecon ja Aidonin AMR-mittareiden toiminnallisuudet vastaavat tyypillisiä älykkäiden sähkömittareiden ominaisuuksia [5]. Mittarit mahdollistavat mittausasetuksessa (66/2009) edellytettyjen energiankulutustietojen ja sähkökatkotietojen luennan, minkä lisäksi kumpikin mittarityypin laitekanta pystyy tallentamaan jännitteen laatutietoja. Elenian käyttämät sähkömittarit tallentavat sähkön kumulatiivisen energialukeman kerran tunnissa aina tasatunnein, jonka jälkeen tallennetusta tuntiprofiilista muodostetaan tuntisarjat esimerkiksi laskutusta ja taseselvitystä varten. Mittareiden tuntikohtaista tietoa on valtioneuvoston tuntimittausosuituksen mukaan säilytettävä vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskevaa tietoa vähintään kaksi vuotta [6].

Elenian verkkoalueen AMR-mittareiden etäluenta on toteutettu nykyisin kaksisuuntaista P2P-yhteyttä sekä keskitinpohjaisia tietoliikenne- ja ratkaisuja hyödyntäen. Keskitinpohjaisissa ratkaisuissa mittarityypistä riippuen keskittimenä voi toimia erillinen tietoliikenne-laite tai AMR-mittari. Luvuissa 2.1.1 ja 2.1.2 on kuvattu tarkemmin kummankin mittarinvalmistajan tarjoamat tietoliikenne- ja ratkaisut. Molempien mittarinvalmistajien mittareiden kiinteä väyläratkaisu on käytössä Elenian verkkoalueella monimittauskeskusten yhteydessä, joissa AMR-mittarit ovat sijoitettu kerros- ja rivitaloihin.

Mittauslaitelain 707/2011 mukaan tuntimittauslaite on oltava erikseen varustettu näytöllä, jolta on mahdollista lukea asiakkaan siirtotuotteen mukaiset kulutuslukemat [6]. Tällöin asiakkaalla on periaatteellinen mahdollisuus tarkastaa oma kulutuksensa paikan päällä suoraan mittarilta. Elenian molempien mittarintoimittajien mittarit ovat varustettu neste-kidenäytöllä, josta on mahdollista lukea asiakkaan käytössä olevan tariffin lisäksi esimerkiksi tietoja laitteen tietoliikenneyhteyden laadusta, mittarin vikaindikaatioista tai mahdollisen etäkytkentälaitteen tilasta.

2.1.1 Iskraemeco Mx372

Elenian ensimmäisen AMR-mittareiden vaihdon yhteydessä asennettiin Slovenialaisen mittarivalmistaja Iskraemeco d.d.:n Mx372-sarjan yksivaiheisia ME372- ja kolmivaiheisia MT372 AMR-mittareita. Mittareiden avulla on mahdollista kerätä asiakkaiden energiankulutustiedot, pitkät ja lyhyet keskeytystiedot sekä sähkön laatuun liittyviä tietoja [7][8]. Iskraemecon mittareiden etäluenta on toteutettu GSM-datayhteydellä suoraan mittarilta P2P-yhteydellä tai erilliseltä kommunikaattorilta P2CC, johon mittarit RS485-väyläliitynnän kautta ovat kytkettyinä. Elenian verkkoon on asennettu myös Iskraemecon virtamuuntajaliitäntäisiä MT372-T1-mittareita [9], joiden yleiset toiminnallisuudet vastaavat suorakytkentäisten mittareiden vastaavia. Kuvassa 2 on esitetty Iskraemecon Mx372-sarjan mittareiden ja tietoliikennelaitteen ulkoasu.



Kuva 2. Iskraemecon Mx372-sarjan mittarit ja tietoliikennelaite [9].

Lukuun ottamatta RS-485 väyläliityntää hyödyntäviä mittareita, Mx372-sarjan mittareihin on yleisesti sisäänrakennettu GSM/GPRS – modeemi ja antenni. Elenian asentamien mittareiden luennassa käytetään vain GSM-datayhteyttä. MT372 mittareihin on mahdollista liittää GSM-signaalin vahvistamista varten myös ulkoinen antenni [7]. Kerros- ja

rivitalokohteissa AMR-mittareiden etäluenta on toteutettu RS-485 väyläliityntää käyttäen, jonka avulla monimittauskeskuksen mittarit on kytketty ensin erilliseen kommunikaattoriin. Kommunikaattorissa on sisäänrakennettu modeemi, jonka avulla se kommunikoi GSM-datayhteydellä luentajärjestelmän suuntaan. Iskraemecon yksivaiheisiin mittareihin on integroituna lisäksi etäkatkaisulaite, joka on saatavilla optiona myös kolmi-vaiheisiin mittareihin. [9]

MT372-mittareista Elenian käytössä on S0- ja Mbus-malleja, joista Mbus-mallilla on mahdollista mitata myös esimerkiksi veden ja kaasun kulutusta hyödyntämällä mittareiden M-bus-väyläliityntäratkaisua [7][8]. Veden ja kaasun kulutuksen mittaaminen on mahdollista toteuttaa myös s0-malleilla hyödyntäen s0-energiapulsseja. MT372 mittarilla on mahdollista mitata seuraavat sähkön toimitukseen ja laatuun liittyvät tiedot [8]:

- Pätö- ja loiseenergia
 - 4-kvadranttimitaus yhdistettynä kaikista kolmesta vaiheesta, yhdessä tai useammassa tariffissa
- Tariffit
 - Kulutustiedon lukeminen maksimissaan kahdeksaan eri tariffiin
- Kulutusprofiili
 - Sähkön kulutuksen mittaaminen kahteen mittarissa käytössä olevaa kulutusprofiiliin, joissa erikseen ohjelmoitavissa oleva mittausajanjakso; ajanjakso aseteltavissa 5–48000 sekunnin tarkkuudella (vaihtoehdot esimerkiksi 15, 30 tai 60 minuuttia ja yksi päivä)
- Tehoprofiilin muodostaminen energianmittauksesta
- Lyhyet ja pitkät sähkökatkot (rekisteröinti ja hälytys)
 - Katkojen vaihekohtainen rekisteröinti tapahtumalokiin
 - Erillinen katkoloki yli kolmen minuutin katkoille (aikaleima, katkon pituus)
- Jälleenkytkentöjen rekisteröinti, lyhyet katkot (alle 3 minuuttia)
- Sähkönlaatu
 - Yli- ja alijännitteiden mittaaminen ja rekisteröinti (laskurit ja hälytys)
 - Päivittäiset jännitteiden huippu- ja minimiarvojen rekisteröinti (10 min rms-arvojen mittaaminen vaihekohtaisesti sekä yhdistettynä kaikilta kolmelta vaiheelta)
 - Jännite-epäsymmetria (hälytys)

2.1.2 Aidon

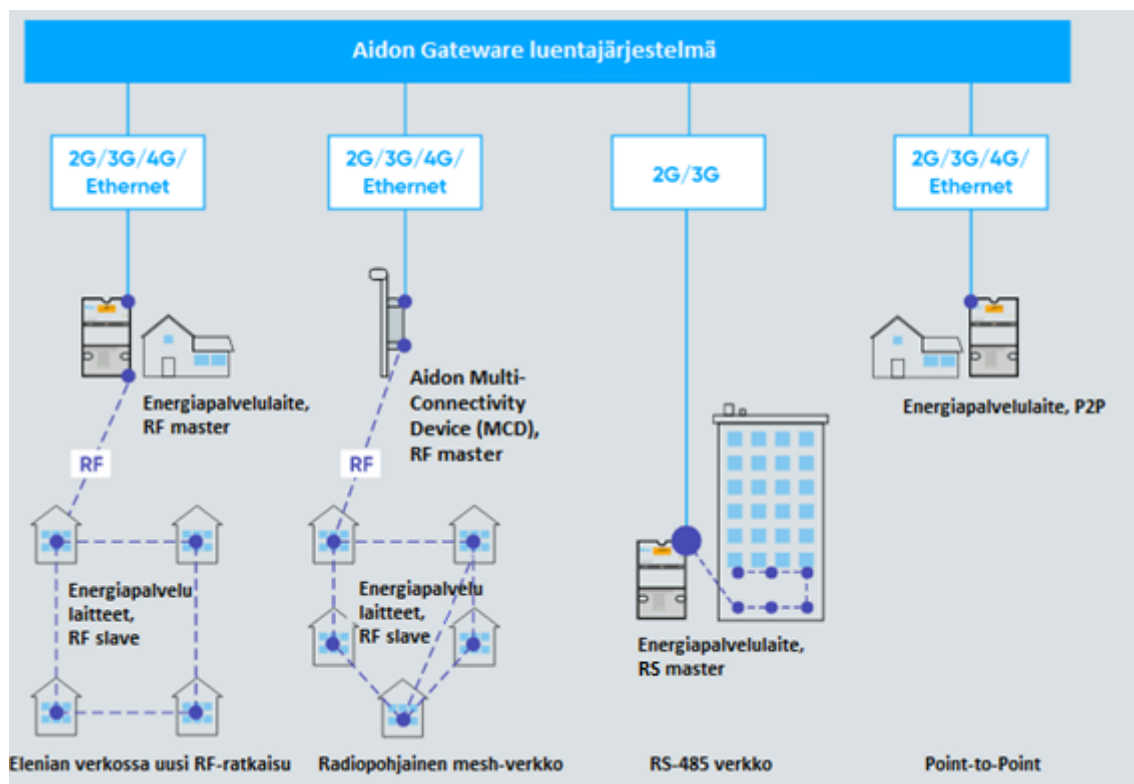
Elenian verkkoalueelle asennetut Aidonin mittarit ovat pääosin Aidon 6000 -sarjan 3- ja 1-vaiheisia energiapalvelulaitteita. Aidonin älykkäistä laiteratkaisuista käytetään AMR-mittarin sijaan termiä ”energianpalvelulaite”, jossa yhdistyy Aidonin mittari- tietoli-

kenne-, sekä sensoriratkaisut [10]. Elenian verkkoon on asennettu lisäksi Aidonin 1-vaiheista 5000-sarjan GSM-mittareita sekä radiopohjaista mesh-verkkoa hyödyntäviä AMR-mittareita.

Aidonin energiapalvelulaitteet koostuvat mittarista, järjestelmämoduulista ja etäkytkentälaitteesta. Tietoliikennetoiminnot ovat Aidon laitteissa toteutettu erillisessä järjestelmämoduulissa. Laitteen keräämä energiankulutustieto siirtyy järjestelmämoduulin kautta luentajärjestelmään, ja järjestelmämoduuli mahdollistaa lisäksi kuormitusten valvonnan, sähkön laadun tarkkailun ja sähkökatkojen sekä vikatietojen rekisteröinnin mittarille. [11]

Kaikkiin Elenian tilaamiin Aidonin energiapalvelulaitteisiin on kytketty katkaisulaite, jonka kautta mittarin takana olevan käyttöpaikan sähköt on mahdollista katkaista [9].

Elenian asentamat vanhemman mittarikannan Aidonin AMR-laitteet kommunikoivat luentajärjestelmän suuntaan P2P-yhteydellä tai RS-väylän kautta 2G/3G mobiiliverkossa. Aidonin uutta radioverkkoratkaisua hyödyntävät RF-mittarit kommunikoivat master-laitteena toimivan energiapalvelulaitteen kautta luentajärjestelmään. Aidon tarjoamat ja Elenian AMR-järjestelmässä käytössä olevat tiedonsiirtoratkaisut on esitetty kuvassa 3. Kuten kuvasta 3 nähdään, kaikki tiedonsiirto tapahtuu Aidonin mittarikannan sekä Aidonin oman Gateway-luentajärjestelmän välillä. [10]

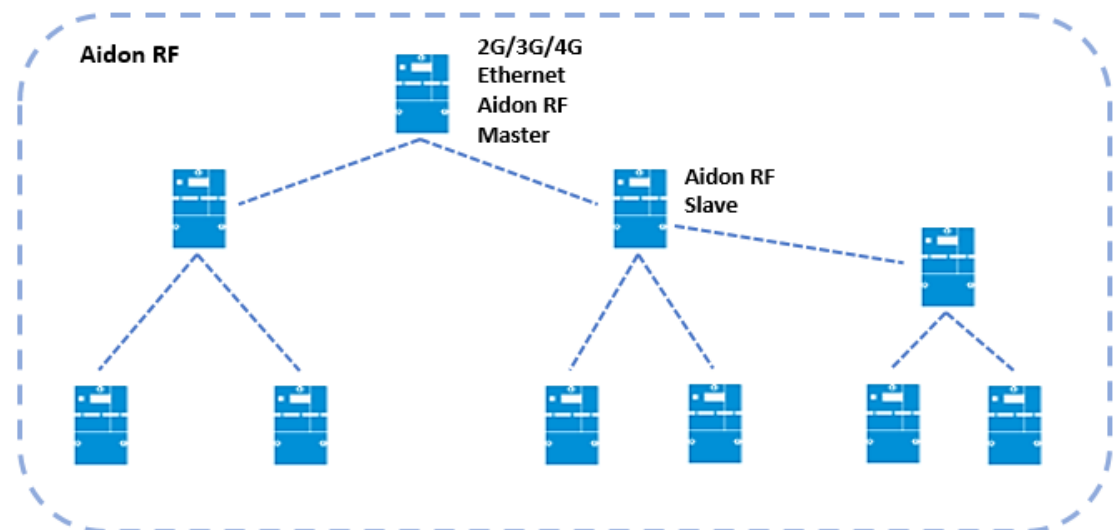


Kuva 3. Aidonin tarjoamat tiedonsiirtoratkaisut [10].

Aidonin mittarit sisältävät nestekidenäytön, josta on mahdollista lukea mittarin kumulatiivinen ja käytössä olevan tariffin mukainen kulutuslukema. Lisäksi näytöltä on mahdollista lukea mobiiliverkon taso, mittarin mahdollinen vikaindikaatio sekä etäkytkentälaitteen tila. Asennushetkellä mittalaitteet ilmoittautuvat automaattisesti luentajärjestelmään ja saavat samalla päivä- ja aikaleiman. [11][12]

2.1.3 Aidonin uusi radioverkkoratkaisu

Elenia on aloittanut seuraavan mittarisukupolven ominaisuuksien testaamisen, mitä varten Elenian verkkoalueen vanha Landis+Gyrin mittarikanta on vuoden 2017 aikana korvattu Aidonin uudella laiteratkaisulla. Uusi järjestelmä hyödyntää Aidonin uutta radioverkkoratkaisua, joka perustuu master- ja slave-laitteiden kommunikaatioon. Uudessa radioratkaisussa slave-laitteet ovat joko suoraan tai toisen slave-laitteen välityksellä yhteydessä radioverkon master-laitteisiin, jotka kommunikoivat mobiiliverkossa luentajärjestelmän suuntaan. Uusi ratkaisu on esitetty kuvassa 4. Master-laitteita on mahdollista käyttää myös suoraan P2P-laitteina.



Kuva 4. Aidonin uusi radioverkkoratkaisu, muokattu lähteestä [13].

Uuden Aidonin radioratkaisun kautta mittareiden suorituskykyä pyritään parantamaan laitteiden asennettavuuden, häiriösietoisuuden sekä tiedonsiirron kapasiteetin osalta [13]. Kulutuksen tuntisarjojen lisäksi uuden järjestelmän mittareilla mitataan ja toimitetaan pätö- ja loisen energian 5 minuutin aikasarja, joka on nykyisin mahdollista toimittaa kaikista järjestelmän mittareista viiden tai 15 minuutin välein. Tarvittaessa mittareilta on mahdollista toimittaa aikasarjaa reaaliaikaisesti. Reaaliaikaisuudella tarkoitetaan tässä aikaa sekuntitasolla, jonka aikana kumulatiivinen kulutustieto on mahdollista rekisteröidä mittarille ja lähettää datan käyttö- ja tietotarkoituksiin. Lyhyempi toimitusväli edellyttää kuitenkin järjestelmätopologian, eli käytännössä aina yhteen master-laitteeseen liitettävien

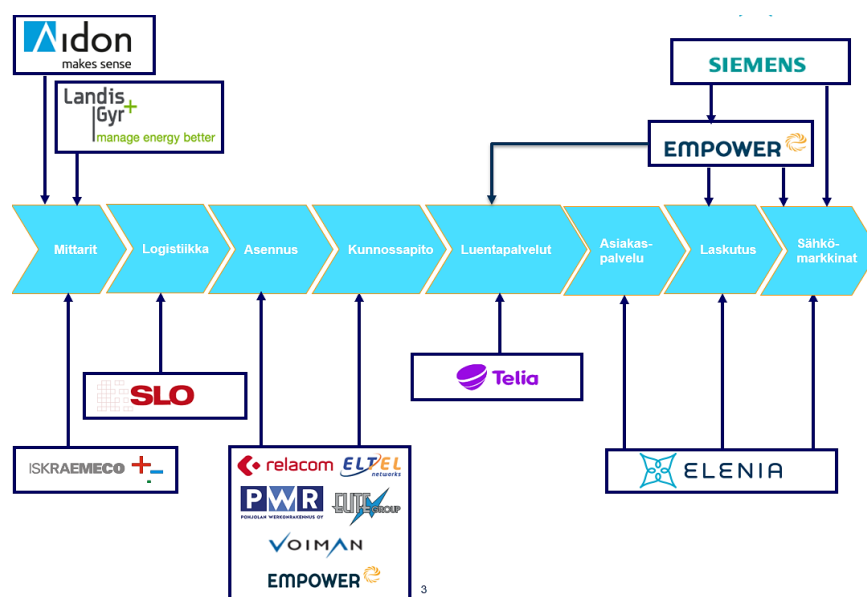
slave-laitteiden määrän pienentämistä. Uusien 5 minuutin aikasarjojen lukua varten Telian luentapalveluun tullaan ottamaan käyttöön erillinen rajapinta. [14]

2.2 Mittaustiedon luentajärjestelmät

Jakeluverkkoyhtiön kannalta toimiva mittaustiedon luentajärjestelmä on mahdollista toteuttaa pääperiaatteiltaan kolmella eri tavalla; luentajärjestelmä on mahdollista rakentaa täysin itse, yhdessä eri palveluntarjoajien kanssa tai yhtenä kokonaispalveluratkaisuna. Yleisesti, kokonaispalveluratkaisussa palveluntuottajana voi esimerkiksi toimia mittauspalvelua tuottava yritys, mittarinvalmistaja tai teleoperaattori. [4]

Elenian nykyisen mittausjärjestelmän palveluntuottajana toimii teleoperaattori Telia. Telian mittauspalvelun lisäksi Elenia hyödyntää Empowerin luentapalvelua erikoiskohteiden tuntisarjojen käsittelyyn sekä summasarjojen muodostamiseen [15]. Telian AMR-luentapalvelu toteutettiin kokonaispalveluratkaisuna, jossa mittarit, mittareiden asennus, ylläpito, luentajärjestelmä ja tarvittavat tietoliikenneyhteydet toteutettiin Telian puolesta [16].

Telian mittauspalvelun piiriin liitettiin Elenian ensimmäisen AMR-mittarinvaihdon yhteydessä noin 350 000 käyttöpaikkaa, joihin asennettiin Iskraemecon modeemyhteyttä hyödyntävät mittarit. Projektin AMR-järjestelmästä käytettiin projektin yhteydessä nimeä Santra. Eltel oli Santra-projektissa vastuussa esimerkiksi mittauspalvelun piiriin kuuluvien mittareiden asennuksesta ja SLO logistiikasta. Santra-projektin jälkeen asennetut Aidon mittarit on liitetty osaksi Telian mittauspalvelua. Elenian nykyinen kokonaispalveluratkaisu on esitetty kuvassa 5. Elenia hyödyntää Siemensin tarjoamaa MDMS-ratkaisua, jota hyödynnetään kuvan 5 mukaisesti asiakkaiden laskutuksen sekä sähkömarkkinoilla sähkömarkkinalain asettamien velvollisuuksien hoitamisessa.



Kuva 5. Elenian nykyisen AMR-järjestelmän palveluratkaisu.

Telian mittauspalvelua edelsi noin 35 000 mittaripaikka käsittänyt Kauko-projekti, joka toteutettiin vuosina 2003–2005. Kauko-projektin luentajärjestelmä perustui sähköverkkotiedonsiirtoon, jossa AMR-mittareiden ja luentajärjestelmän välinen tiedonsiirto toteutettiin pienjänniteverkon kautta. Landis+Gyrin kanssa tehty palvelusopimus sisälsi kaikkien mittareiden luennan, ja ylläpitotoimet toteutti palvelun alihankkijana toiminut Relacom [9].

Landis+Gyrin vanhan mittauspalvelun mittarikanta on korvattu vuoden 2017 aikana Aidonin uusilla AMR-mittareilla, jotka samalla on liitetty osaksi nykyistä Telian mittauspalvelua. Mittarikannalle sisältyy kaikki nykyisen Telian mittauspalvelun tarjoamat toiminnallisuudet [14]. Mittareiden asennusprojekti saatiin valmiiksi vuoden 2017 syyskuun aikana ja koko mittarikanta otetaan käyttöön kokonaisuudessaan vuoden 2017 loppuun mennessä.

Nykyisin tunti- ja summasarjat tuodaan päivittäin Telian ja Empowerin luentajärjestelmien kautta Elenian mittaustiedonhallintajärjestelmään. Osa Empowerin erikoiskohteiden tuntisarjoista siirtyy Elenialle Empowerin oman palvelimen kautta. Tällaisia erikoiskohteita ovat esimerkiksi alueverkkokohteet ja luennan kannalta muuten haasteelliset kohteet [15].

Mittaustieto tuodaan luentajärjestelmästä MDMS:ään adapterien kautta. Kaikki mittaus-tieto tuodaan järjestelmään yhden universaalien AMI-adapterin kautta, jossa Elenian jokaisella käytössä olevalla luentajärjestelmällä (Telia Finland, Empower) on kuitenkin käytössä oma luokkansa. Ennen mittausdatan tuontia järjestelmään data on muunnettava muotoon, joka on adaptoreille sopiva ja jota järjestelmä osaa käsitellä omien prosessiensa kautta. [15]

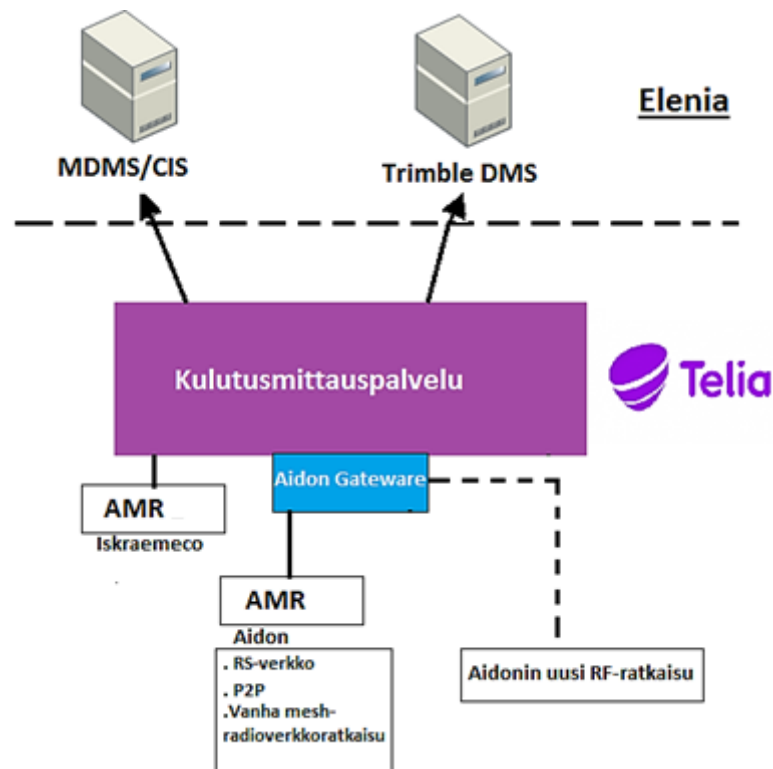
Mittareilta saapuvaa tuntisarjatietoa säilytetään tällä hetkellä kolmessa Elenian eri järjestelmässä. Nämä järjestelmät ovat MDMS, asiakastietojärjestelmä Enerim CIS sekä verkotietojärjestelmä Trimble NIS.

2.2.1 Telian kulutusmittauspalvelu (KMP)

Telian kulutusmittauspalvelu (KMP) sisältää rajapintatoteutuksen Elenian tietojärjestelmien ja AMR-mittareiden välillä. Lisäksi kulutusmittauspalvelun selainkäyttöliittymän kautta on toteutettu pääsy AMR-mittareiden hetkelliseen luentatietoon käyttöpaikkakohtaisesti. Kulutusmittauspalvelun integraatiot Elenian tietojärjestelmiin ja palvelun piiriin liitettiin mittareihin on esitetty yleisellä tasolla kuvassa 6. Elenian nykyinen mittarikanta koostuu pääasiassa Iskraemecon sekä Aidonin mittareista. Elenian ensimmäinen Kauko-projektin aikana käyttöönotettu AMR-järjestelmä on korvattu kuvan 6 mukaisesti Aidonin uudella RF-ratkaisulla.

Kuten kuvassa 6 on esitetty, Telian palvelu sisältää rajapintatoteutuksen Elenian mittaus-tiedonhallintajärjestelmä MDMS:n sekä käytöntukijärjestelmä Trimble DMS:n välillä. KMP:n ja Trimble-DMS:n välille on toteutettu palvelussa todellinen rajapinta, mutta muuten mittausdatan siirrossa käytetään FTP-pohjaista tiedostosiirtoa. AMR-mittareiden tuntimittaus-tieto siirretään ensin KMP:stä MDMS:ään, josta mittaus-tieto on mahdollista välittää muiden tietojärjestelmien käyttöön.

Telian mittauspalvelun ja Trimble DMS:n välistä integraatiota kutsutaan yleisesti AMR-DMS-integraatioksi, jonka avulla mittareiden tuottamat spontaanit hälytykset ohjataan suoraan DMS:ään. AMR-DMS-integraation toiminnallisuutta kuvataan tarkemmin luvussa 2.4. Palvelun kautta on toteutettu rajapinnat myös urakoitsijoiden ja urakoitsijaportaalin välille, joita ei kuitenkaan tämän työn yhteydessä käsitellä. Kulutusmittauspalvelun sisäisiä integraatorajapintoja tai Telian sisäisiä toteutuksia ei esitetä työn yhteydessä tarkemmin.



Kuva 6. Telian Kulutusmittauspalvelu.

Iskraemecon mittarikanta on liitetty kuvan 6 mukaisesti suoraan Telian palvelun piiriin, mutta Aidonin mittareiden luenta ja muut toiminnallisuudet ovat eriytetty Aidonin oman Gateway-palvelimen taakse. Telia on ottanut Aidonin Gatewayn omassa mittauspalvelussaan käyttöön, mikä mahdollistaa sen, että Aidonin mittareiden toiminnallisuudet on mahdollista tuoda osaksi Telian kokonaispalvelua.

Telia lukee Iskraemecon ja Aidonin mittareiden tunti- ja päivälukemat päivittäin omalle mittauspalvelimelleen. Telian mittauspalvelimelta lukemat siirtyvät nykyisin kerran vuorokaudessa Elenian FTP-palvelimen kautta kuvan 6 mukaisesti Elenian mittaustiedonhallintajärjestelmään. Elenian MDMS toimii alustana, jonka kautta tuntisarjat on mahdollista toimittaa asiakastietojärjestelmään, verkkotietojärjestelmään ja Elenia Aina -palvelun käyttöön. MDMS:n integraatioita käsitellään tarkemmin luvussa 2.3. Ainoa pääsy mittareiden hetkellislukemiin on nykyisin Telian kulutusmittauspalvelun web-käyttöliittymän kautta.

2.2.2 KMP:n selainkäyttöliittymä ja mittareiden etähallinta

Telian Kulutusmittauspalvelun web-käyttöliittymä mahdollistaa kaikkien palvelun piiriin liitettyjen AMR-mittareiden kulutus- ja lokitietojen käyttöpaikkakohtaisen tarkastelun sekä mittareille toteutettavat etähallintatoimenpiteet. Web-käyttöliittymä tarjoaa mittareiden etähallintaan seuraavat yksittäistoimenpiteet:

- Kumulatiivisen luentatietojen sekä sähkönkulutuksen lukemahistorian luenta mittalaitteen mahdollistamassa laajuudessa
 - Mittareiden hetkellinen kumulatiivisen kulutuksen luenta
 - Mittareiden sähkönkulutuksen luenta viimeisen kuukauden sekä 18 kuukauden ajalta (kuukauden ajalta päivälukemat ja 18 kuukauden ajalta kuukausilukemat)
- Hetkellisten jännite- ja virtalukemien luenta
- Asiakaan kulutustuotteen esitys ja tuotteen muutos
- GSM-yhteyden testaus
- Mittareiden sähkökatkolokin luenta
- Mittarin historia- ja hälytystietoja selaaminen
- Mittariin kytketyn palvelureleen etäohjaus

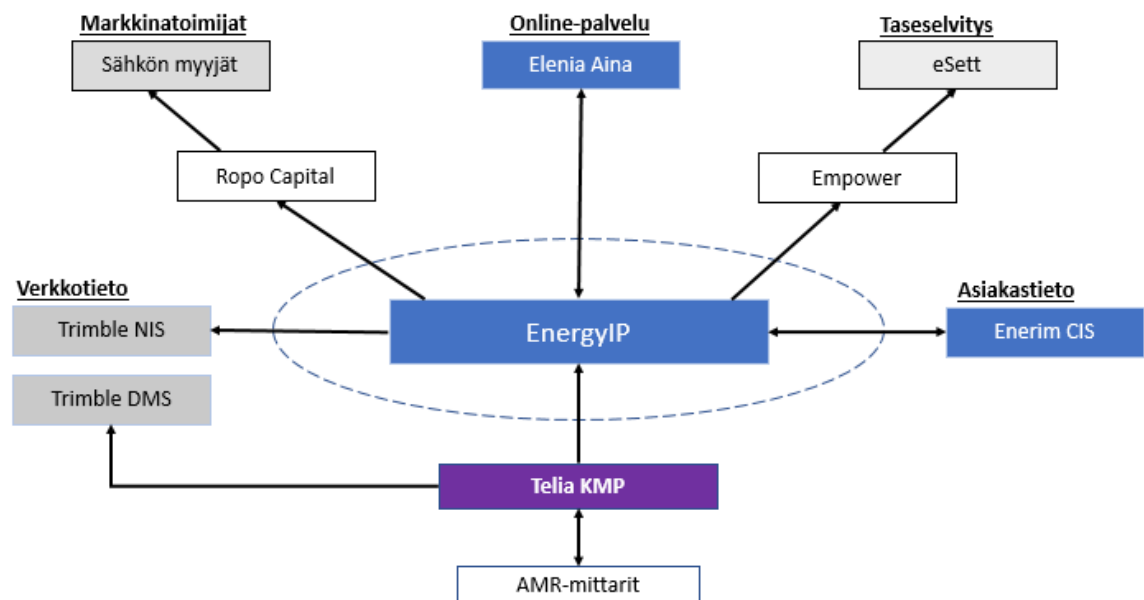
Web-käyttöliittymän kautta tuntisarjatieto on mahdollista tuoda myös exceliin. Iskraemecon Santra-mittareille on lisäksi mahdollista toteuttaa etähallintatoimenpiteitä MeterView-ohjelmalla. Ohjelman avulla Iskraemecon mittareista on mahdollista hakea sähkön laatutiedot sekä mittarin lokitiedot sekä hallita mittareiden etäkatkaisulaitetta ja kuormanohjausrelettä. Kuormanohjausreleen ohjauksella hallitaan esimerkiksi lämmityksen yöohjauksia viiveiden muutoksilla ja poistoilla. MeterView-ohjelmalla on lisäksi pääsy kaikkiin mittareiden rekistereihin, joista mittaustietoa voi lukea tai muuttaa. [9]

Aidonin laitteiden pienjänniteverkon hallintaominaisuudet ovat eriytetty Aidonin oman Gatewaren taakse. Telian palveluratkaisu sisältää Aidonin mittareiden lokitietojen keruun kaikilta palveluun liitettyiltä laitteilta yksittäisluentana, mutta aktiiviset pienjänniteverkon hallintaominaisuudet käsittävä ohjelmisto on käytettävissä vain erikseen aktivoiduilla käyttöpaikoilla. Aidonin laitteista on vain aktiivi-PiHa-ohjelmiston avulla mahdollista

päästä kiinni laitteiden mittaamaan sähkön laatutietoon ja ohjata laitteiden spontaanit hälytykset DMS:ään. Elenian verkkoalueella pääosa Aidonin mittalaitteista on asennettu monimittauskohteisiin, ja yleisemmin kaikki PiHa-toiminnallisuudet on asennettu vain pieneen osaan Aidonin mittareista

2.3 Mittaustiedon hallinta ja integraatiot

Elenian mittaustiedonhallintajärjestelmä mahdollistaa mittareiden lähettämän datan keskitetyn hallinnan, analysoinnin ja jakelun. Elenian MDMS toimii nykyisin koko AMR-järjestelmän integraatioalustana, jonka kautta integraatiot muihin tietojärjestelmiin, online-palveluun ja markkinoihin on toteutettu. Kuvassa 7 on esitetty yleisellä tasolla mittaustiedonhallintajärjestelmän nykyiset integraatiot asiakkaiden, markkinatoimijoiden ja Elenian sisäisten tietojärjestelmien kanssa.



Kuva 7. MDMS integraatiot asiakkaiden, markkinatoimijoiden ja Elenian sisäisten tietojärjestelmien kanssa, muokattu lähteestä [16].

Kuvasta 7 nähdään, kuinka tuntimittaustieto on integroitu asiakas- ja verkkotiedon kanssa. Integraatiot ovat kuvassa esitetty yksisuuntaisella nuolella verkkotietojärjestelmän suuntaan ja kaksisuuntaisella nuolella Elenian asiakastietojärjestelmän suuntaan. Viimeksi mainitulla kuvataan MDMS:n ja Elenian asiakastietojärjestelmä Enerim CIS:n tietokantojen synkronisointiprosessia, joka on kuvattu keskeisiltä osin kappaleessa 2.3.2. MDMS:n ja Enerim CIS:n välisellä integraatiolla mahdollistetaan asiakkaiden laskutus ja kulustietoon perustuvan asiakaspalvelu.

Integraatiolla markkinatoimijoiden suuntaan tarkoitetaan nykyisin MDMS:n ja sähkömyyjien välistä integraatiota, joka on mahdollista kuvata kuvassa 7 esitetyllä yksisuun-

taisella nuolella MDMS:n sekä sähkön myyjien välillä. Käytännössä MDMS:n kautta tuntisarjatiedot lähetetään sähkön myyjille käyttöpaikkakohtaisesti. Kuvan 7 mukaisesti MDMS:n tuntisarjatietoa hyödynnetään lisäksi esimerkiksi jakeluverkkoyhtiön taseselvityksessä.

Energiankulutuksen tuntidata on tarjottu Elenian verkkoalueen asiakkaiden käyttöön MDMS:n kautta Elenian Aina -palvelussa. Kuvan 7 nuoli Elenia Aina – palveluun on kaksisuuntainen, sillä palveluun ei siirretä konkreettisesti tuntisarjaa, vaan palvelu hakee MDMS:stä tuntisarjat kyselyillä käyttöönsä.

Elenialla mittaustiedonhallintajärjestelmänä on käytössä Siemensin EnergyIP™. EnergyIP sisältää sähkönkulutuksen tuntimittaustiedon sekä asiakasdatan, ja yhdistää näin mittareilta saatavan luennan oikealle laitteelle ja oikeaan käyttöpaikkatietoon (asset info). Asiakasdatalla tarkoitetaan yleisemmin muutakin kuin ainoastaan käyttöpaikkatietoa. Mittarilukemat ovat EnergyIP:n avulla mahdollista kohdistaa erityisesti asiakkaiden sopimuksille. [17] EnergyIP mahdollistaa omien sisäisten prosessiensa toiminnoilla asiakkaiden laskutuksen ja taseselvitykseen liittyvät toiminnot.

MDMS:llä on tärkeä rooli tuntimittausdatan laadun varmistamisessa. EnergyIP kontrolloi datan laatua ja mahdollistaa kontrolloidun datan jakelun muille Elenian järjestelmille sekä markkinaosapuolille. Tiedon laadun tarkkailu on toteutettu koko järjestelmän kattavaa virhetilanteiden raportointia hyödyntäen. Virhetilanteiden raportoinnin avulla on mahdollista tunnistaa esimerkiksi asiakastietojärjestelmässä olevat virheet, sekä varmistaa, että mittausdata on ylipäättänsä mahdollista tuoda järjestelmään sisään [17]. Lisäksi nykyinen järjestelmän versio laskee verkkoalueen häviöt, mikä mahdollistaa häviöenergian oston markkinoilta lain edellyttämällä tavalla [2].

2.3.1 Mittaustiedon hallintajärjestelmä (EnergyIP)

Elenian nykyisenä mittaustiedonhallintajärjestelmänä on käytössä Siemensin EnergyIP:n versio 7.2. Järjestelmä toimii integrointialustana KMP-luentapalvelun ja Elenian mittausdataa hyödyntävien järjestelmien välillä ja tarjoaa tietokannat datan säilyttämiseen. Järjestelmää hyödynnetään Elenialla älykkäiden sähkömittareiden tuottaman datan validointiin, estimointiin, tallentamiseen ja muokkaamiseen sekä kontrolloituun jakeluun tietoon oikeutetuille osapuolille. [18]

EnergyIP:n sisäisten sovellusten toiminta ja datamalli on kuvattu yksityiskohtaisesti Pekka Mäkelän diplomityössä [19], minkä vuoksi tämän työn yhteydessä niitä ei ole kuvattu uudelleen, vaan käsittelyssä on keskitytty EnergyIP:n toiminnallisuuksien kuvaukseen näiltä osin yleisellä tasolla.

Mittausdatan oikeellisuus varmistetaan EnergyIP:ssä datan validoinnilla, estimoinnilla ja manuaalisella muokkauksella. EnergyIP sisältää tätä tarkoitusta varten VEE-moduulin

(validation, estimation and editing), jonka avulla järjestelmään tuodulle mittausdatalle suoritetaan erikseen validointiryhmässä (VEE-ryhmässä) määritellyt validointisäännöt. Yleisemmin, validointia suoritetaan myös mittausdatan tuonnin jälkeen, mitä varten järjestelmään on toteutettu raportit erityyppisiä vertailuja varten.

Validoinnin lopputuloksena tuntisarja saa statuskoodin, jonka perusteella EnergyIP:n data määritellään validiksi tai tarvittaessa estimoidaan. Estimoinnilla tarkoitetaan tuntisarjan mahdollisten aukkojen täydentämistä esimerkiksi kulutuksen historiatietoja tai lineaarista interpolaatiota käyttäen, joista vain ensin mainittua hyödynnetään nykyisin Elenian järjestelmässä. Aukot tuntisarjoissa voivat johtua esimerkiksi mittarin rikkoutumisesta. Estimaateilla korvataan järjestelmässä myös validoinnin hylkäämiä arvoja. Validoinnin ja estimoinnin jälkeen mittaustietoa on mahdollista muokata manuaalisesti EnergyIP:n käyttöliittymän kautta, tai käsitellä järjestelmän ulkopuolisilla ohjelmilla. [18] Web-käyttöliittymän kautta on mahdollista päästä muokkaamaan EnergyIP:n tietokantoja.

EnergyIP perustuu korkeanopeuksiseen viestisolmu-arkkitehtuuriin, jossa mittareiden tuottamaa dataa on mahdollista käsitellä samanaikaisesti järjestelmän sisäisten sovellusten avulla [18]. Mittausdatan validointi ja estimointi ovat esimerkkejä järjestelmän sovellusten suorittamista toimenpiteistä, joiden lopputuloksena mittaustieto tallennetaan EnergyIP:n tietokantoihin. Mittareiden tuntimittaustieto tuodaan järjestelmään Telian mittauspalvelun kautta tekstimuotoisina tiedostoina, jotka sisältävät tuntitiedon mittareittain yhdeltä tai useammalta kanavalta. Tekstimuotoiset tiedostot muutetaan ensin EnergyIP:n ymmärtämään muotoon, jonka jälkeen mittaustieto luetaan sisäänlukuadapterilla EnergyIP:n järjestelmään. [15]

Järjestelmässä mittaustieto tallennetaan kahteen EnergyIP:n tietokantaan: kaikki mittareilta saatava mittaustieto tuodaan raakadatana mittaustietokantaan (MUDR-tietokanta) sekä osaksi EnergyIP:n omaisuustietoa (asset data) AMI-tietokantaan. Käyttöpaikkatiedot ja muu master-data tallentuvat AMI-tietokantaan, johon mittaustieto tallentuu EnergyIP:n datamallin mukaisesti. [15][18]

2.3.2 Asiakastieto

Elenia nykyisenä asiakastietojärjestelmänä on käytössä Empowerin EnerimCIS. Asiakastiedon integrointi mittaustiedonhallintajärjestelmään toteutetaan synkronointina EnerimCIS:stä. Asiakastiedolla tarkoitetaan tässä yhteydessä yleisesti käyttöpaikkatietoa tai asiakkaan tietoa, jota hyödynnetään taseselvityksessä ja laskutuksessa. Tällaista tietoa ovat esimerkiksi asiakkaiden myynti- ja verkkosopimukset sekä mittarit.

Synkronoinnilla tarkoitetaan Enerim CIS:n tietokannan vertaamista EnergyIP:n AMI-tietokantaan kerran viikossa kaiken asiakastiedon osalta ja päivittäin uusien sekä muuttuneiden tietojen osalta. Datan synkronoinnilla varmistetaan, että Elenian asiakastietojärjestelmän synkronoitavat tiedot sekä EnergyIP:n omaisuustiedot vastaavat toisiaan. [15]

Asiakastiedon synkronointi on nykyisin toteutettu kahdella tavalla: kerran viikossa ajettava Full Sync (FSync) tuo kaiken aktiivisen omaisuustiedon Elenian asiakastietojärjestelmästä mittaustiedonhallintajärjestelmään. Muuttuneet asiakastiedot tuodaan MDMS:ään tunneittain Incremental-mallia hyödyntäen. Incremental Syncin (ISync) tiedot toimitetaan AMI-tietokantaan tiedostopakettina, joita on päivittäin tyypillisesti 150–200 kappaletta [15]. Full Sync tuo kaiken muuttuneen tiedon viimeisen FSyncin tai ISyncin jälkeen mittaustiedonhallintajärjestelmään, minkä avulla on mahdollista korjata samalla ISyncin jäljiltä mahdollisesti syntyneet aukot. [15][18]

Synkronointiprosessi jakautuu useaan eri vaiheeseen. EnerimCIS:n asiakastiedodata muutetaan prosessin aluksi EnergyIP:n hyödynnettävään muotoon ja viedään MUDR-tietokantaan. Seuraavat synkronointiprosessin vaiheet käsittävät siirrettävän datan vertaamisen EnergyIP:n omaisuusdataan. Vertailun lopputuloksena saapuva data määritellään joko uudeksi omaisuustiedoksi (new asset data), muuttuneeksi tiedoksi (modified asset data) tai deletoiduksi tiedoksi (deleted asset data). Viimeisessä vaiheessa data julkaistaan Energy IP:n AMI-tietokannassa. [18]

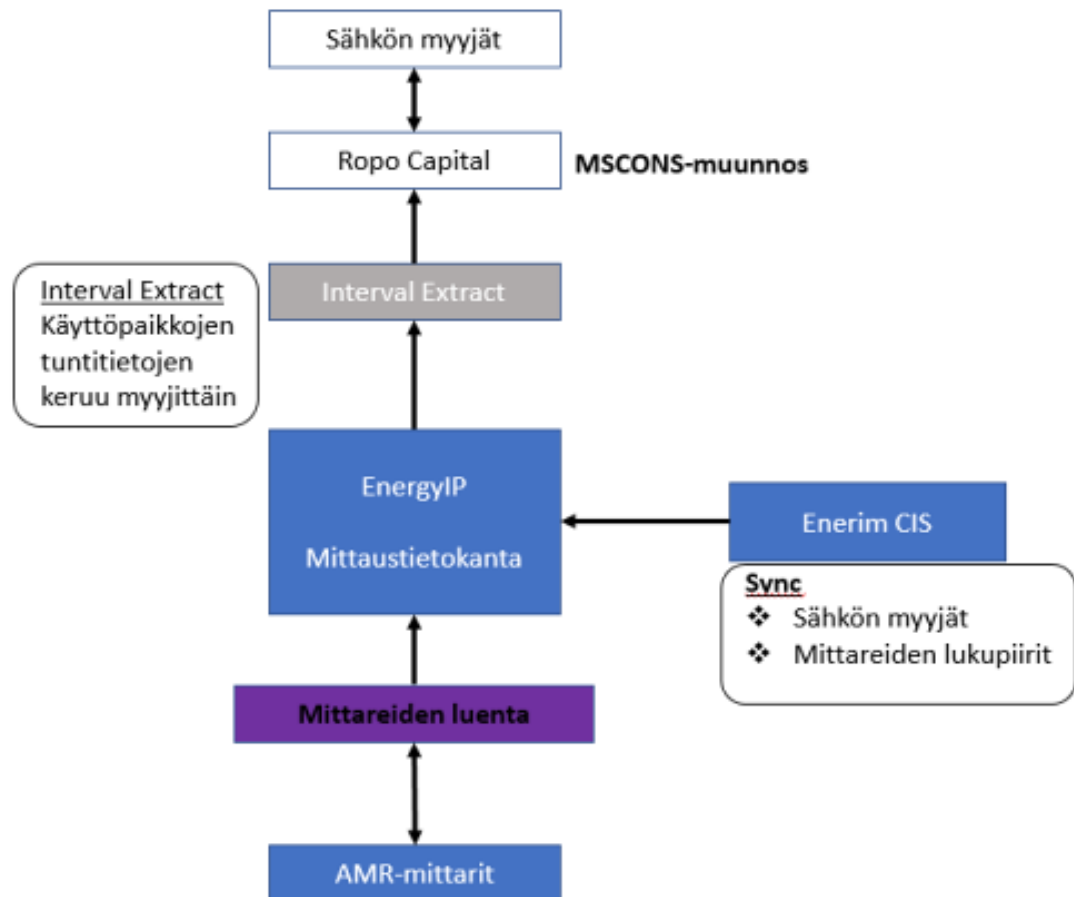
2.3.3 Sähkön myyjät

Elenian MDMS:n kautta on toteutettu integraatio markkinatoimijoiden suuntaan, jolla tarkoitetaan käyttöpaikkakohtaisten tuntitietojen lähettämistä sähkön myyjille sanomaliikenneasetuksen ja toimialaa koskevien menettelyohjeiden mukaisesti. Alustavat käyttöpaikkakohtaiset tuntitiedot on toimitettava myyjille toimitusta seuraavana päivänä ja lopulliset tiedot 11 päivän kuluessa sähkön toimituksesta (taseikkunan sisällä). [6]

Energy IP:n data on master-dataa markkinatoimijoiden ja laskutuksen suuntaan, ja sähkön laskutukseen liittyvä myyjille toimitettava tuntitieto kulkee EnerimCIS asiakastietojärjestelmän tai kolmansien osapuolien palveluntarjoajien kautta. Palveluntarjoajia kutsutaan tässä yhteydessä tiedonvälityksen operaattoreiksi. Elenia käyttää sähkön myyjien suuntaan nykyisin Ropo Capitalia oman tiedonvälityksensä operaattorina. Tietoliikenne Elenian ja operaattorin välillä sisältää Elenian sisäistä tiedonkäsittelyä ja tiedon muuntamista muodosta toiseen. [17] Sähkön myyjien suuntaan toteutettu MDMS-integraatio ja tiedon kulku on esitetty kuvassa 8.

Sähkön myyjien suuntaan liittyvää tiedonvaihtoa ja velvollisuuksia varten Elenian järjestelmissä ajetaan päivittäin EnergyIP:n Interval Extract -custom raportti, jolla lähetetään yksittäisten käyttöpaikkojen tuntitiedot myyjille mittaustiedonhallintajärjestelmästä.

Markkinatoimijoiden suuntaan tapahtuvan tiedonvaihdon kannalta keskeinen asiakassuhdetieto tuodaan asiakastietojärjestelmästä tapahtuvan synkronoinnin yhteydessä mittaus-tiedonhallintajärjestelmään. Kuvan 8 mukaisesti tällaista tietoa ovat sähkönmyyjätiedot ja mittareiden lukupiirit. Elenialla mittaroitavat kohteet on jaettu eri lukupiireille, joiden perusteella kohteet on mahdollista luokitella. Mittaroitavista kohteista esimerkiksi vaki-tuisesti käytössä oleville kohteille, pientuotantokohteille, vakiokulutuskoh-teille sekä alueverkkokohteille on käytössä oma lukupiirinsä.



Kuva 8. MDMS integraatio ja tiedon kulku sähkön myyjien suuntaan, muokattu läh-teestä [20].

Synkronoinnin jälkeen MDMS:n Interval Extract – raportilla käyttöpaikkojen tuntitiedot kerätään myyjittäin ja välitetään tiedonvälityksen operaattorille. Ropo Capital muuntaa ja välittää kerätyt tuntitiedot MSCONS-sanomina automaattisajoina sähkönmyyjille. [15]

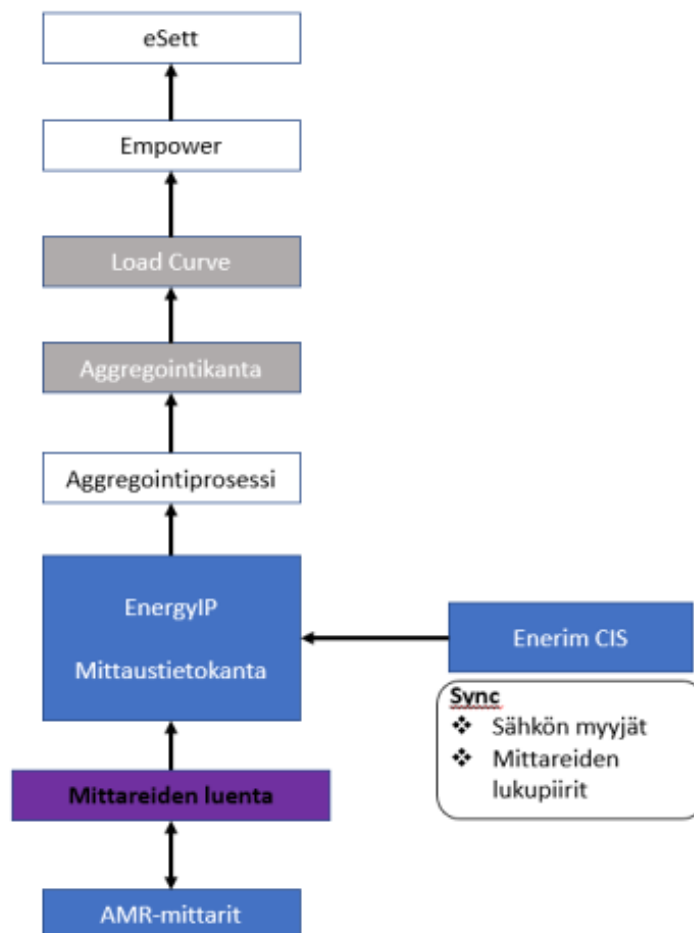
2.3.4 Taseselvitykseen liittyvät toiminnot

Nykyisen taseselvitysmallin mukaan uudet ja muuttuneet sähkömarkkinaosapuolten summatiedot on lähetettävä taseselvityksyksikölle taseselvitystä varten alustavasti viimeistään toimituspäivää seuraavana toisena päivänä. Lopulliset sähkön myyjien summatiedot on

lähetettävä eSettille taseikkunan sisällä. [6] Taseselvityksikkönä toimii Suomen, Ruotsin ja Norjan kantaverkkoyhtiöiden yhteisomisteinen palveluyhtiö eSett, joka on vastuussa taseselvityksen operatiivisesta hoidosta [21].

Sähkön myyjien summatiedot muodostetaan EnergyIP:n aggregointiprosessissa, jossa MDMS:n mittautietokannan tuntisarjatietoa aggregoidaan, eli summataan joka tunti kunkin myyjän osalta. Lopputuloksena saadut summatiedot välitetään Empowerin palvelun kautta eSettille.

MDMS:n integraatio ja tiedon kulku eSettiin suuntaan taseselvitykseen liittyen ovat esitetty kuvassa 9. Taseselvitystä ja häviölaskentaa varten Elenian järjestelmissä on käytössä MDMS:stä erillinen tietokanta: niin sanottu aggregointikanta. Aggregointiprosessissa EnergyIP:n tuntisarjat summataan ensin myyjittäin ja sitten lukupiireittäin. Summatiedot viedään kuvan 9 mukaisesti ensin aggregointikantaan, josta muodostetut summatiedot välitetään Energy IP:n Load Curve -raportilla Elenian FTP-palvelimen kautta Empowerille XML-tiedostoina. Empower summaa tasetiedot ja lähettää ne edelleen eSettille. [15]



Kuva 9. MDMS integraatio ja tiedon kulku eSettiin suuntaan taseselvitykseen liittyen, muokattu lähteestä [20].

Tuntimittausdata lähetetään nykyisin muokattuna eSettille ja sähkönmyyjille. Lisäksi MDMS:n kautta kulutusdata on tarjolla asiakkaille online-palvelussa, joka on kuvattu seuraavassa kappaleessa. Jatkossa muokattu tuntidata lähtee myös Fingridin toteuttamaan Datahubiin, mikä käytännössä tulee korvaamaan kappaleessa 2.3.3 kuvatun Interval Extract -raportin.

2.3.5 Elenia Aina – palvelu

Elenia Aina – palvelu on Elenian asiakkaille rakennettu palvelu oman kulutuksensa tarkastelua ja vertailua varten. Mittausasetuksen (6 luku 8§) mukaan kulutusdata on tarjottava asiakkaille ilmaiseksi viimeistään samanaikaisesti, kun tieto lähetetään asiakkaiden sähkön myyjille [22]. Elenia Aina – palveluun on rakennettu web-pohjainen käyttöliittymä sekä mobiilipalvelu, joiden kautta kulutustieto on mahdollista tarjota nopeasti ja jatkuvasti asiakkaiden käyttöön. Aina-palvelu tarjoaa asiakkaiden käyttöön seuraavan informaation ja toiminnot [23]:

- Energian kulutustieto tuntikohtaisesti
- Energiankulutuksen tarkastelu päivä-, viikko-, kuukausi, ja vuosikohtaisena esityksenä
- Datan esitys kilowattitunteina sekä euroina
- Ulkolämpötilojen esitys
- Omien laskujen selaaminen
- Sähkö sopimusten hintojen vertailu
- Kulutustietojen vertailu muihin samantyyppisiin asiakkaisiin

Aina-palvelu hakee kulutuksen tuntisarjatiedon mittausastiedonhallintajärjestelmän käyttöpaikkojen historiatiedoista. Tuntisarjatietoa ei konkreettisesti siirretä EnergyIP:stä Aina-palveluun. Palvelu kysyy asiakkaan kulutusta EnergyIP:n käyttöpaikalta käyttäjän palvelussa valitsemalle ajanjaksolle. EnergyIP:n ja Aina-palvelun rajapintatoteutuksen avulla käyttöpaikkakohtainen kulutustieto on mahdollista esittää graafisesti palvelun web-käyttöliittymän ja mobiilisovelluksen kautta.

Kulutustietojen vertailu muihin samantyyppisiin asiakkaisiin Aina-palvelussa perustuu MDMS:n vertailukulutuskäyriin, joihin sisältyy EnergyIP:n kulutustyyppiltään samankaltaisten käyttöpaikkojen tuntisarjat. Käytännössä vertailukäyrien tuntisarja on muodostettu laskemalla vertailuryhmiin kuuluvien käyttöpaikkojen tuntisarjoista keskiarvot tuntikohtaisesti. Aina—palvelussa esitettävä vertailukäyrä määräytyy asiakkaiden palveluun syöttäminen tietojen perusteella. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi asunnon päälämmitysmuoto, pinta-ala ja asukasmäärä.

Aina-palvelun kautta asiakkaan on mahdollista saada informaatiota myös verkon vikatilanteista. Palvelun vikapalvelu-osiossa kautta asiakkaiden on mahdollista tarkastella sähkökatkokarttaa sekä saada ilmoitukset mahdollisista sähkökatkoista. Palvelun kautta näkyy myös asiakkaita koskevat sähkönverkon suunnittelut huoltokatkot. [23]

2.4 Integraatiot verkkotietojärjestelmään ja verkkohallintaan

AMR-järjestelmän integraatiot verkkotietojärjestelmän ja verkkohallinnan suuntaan on mahdollista jakaa rajapintatoteutukseen Elenian mittaustiedonhallintajärjestelmän ja Elenian verkkotietojärjestelmän välillä sekä Telian mittauspalvelun ja DMS-käytöntukijärjestelmän välillä. Tämän työn rajauksen puitteissa rajapintatoteutukset kuvataan seuraavissa kappaleissa erittäin yleisellä tasolla.

2.4.1 Integraatiot verkkotietojärjestelmän suuntaan

Nykyinen AMR-järjestelmä on integroitu verkkotietojärjestelmään MDMS:n kautta, josta sähkön kulutus-, tuotanto- ja loissarjat toimitetaan Elenian verkkotietojärjestelmän käyttöön. AMR-mittareiden tuottamat mittaustiedot toimitetaan ensin Telian mittauspalvelun kautta päivittäin mittaustiedonhallintajärjestelmään, joista MDMS lähettää tuntisarjaa tiedostosiirtona Trimble NIS:iin. Tekstiedostoissa jokainen rivi sisältää yhden päivän sähkönkulutuksen eriteltynä tuntikohtaisesti. Tiedoston rivit sisältävät käyttöpaikan numeron, päivämäärämerkinnän ja energiankulutustiedon tunneittain.

Trimble NIS:ssä tuntimittausdataa on mahdollista tarkastella tehokvaajina liittymä- tai muuntamokohtaisesti. Esimerkiksi koko vuoden kulutusprofiilia on käytännöllistä tarkastella muuntamokohtaisesti, josta kulutusprofiilin muutokset erottuvat selkeämmin. Yksittäisten liittymien ja muuntoalueiden kulutuskäyrät on mahdollista summata ja siirtää muiden toimisto-ohjelmien käyttöön. Integroituminen verkkotietojärjestelmän ja yleisemmin verkkotiedonhallinnan suuntaan sisältää useita muita hyödyntämismahdollisuuksia, joita ei tämän työn yhteydessä kuitenkaan tarkastella tarkemmin. Integroitumismahdollisuuksia tulisi voida selvittää ja tutkia esimerkiksi erillisen diplomityön yhteydessä.

2.4.2 AMR-DMS integraatio

Telian kulutusmittauspalvelu sisältää rajapintatoteutuksen suoraan Elenian DMS-käytöntukijärjestelmään. Telian toteuttaman hälytysrajapinnan kautta on mahdollista välittää pienjänniteverkon vioista aiheutuneet hälytykset mittareiden mahdollistamassa laajuudessa suoraan käytöntukijärjestelmään. AMR-DMS-integraation oleellinen ero verkkotietojärjestelmän vastaavaan on AMR-DMS-rajapinnan reaaliaikaisuus sekä tekninen toteutus.

Telian tuottaman mittauspalvelun ja Elenian käytöntukijärjestelmän välistä integraatiota kutsutaan yleisesti AMR-DMS-integraatioksi. Integraation avulla jakeluverkon hallinta

on ollut mahdollista laajentaa sähkönjakeluverkon pienjännitepuolelle. AMR-DMS integraatio mahdollistaa pienjänniteverkon konkreettisen hallinnan AMR-mittareille tehtyjen kyselyjen ja mittareiden tuottamien spontaanien hälytysten avulla. Integraatio on toteutettu AMR-luentapalvelun ja Elenian Trimble DMS:n välillä, jolloin mittausdatanhallintajärjestelmä on integraatiossa ohitettu. [2]

AMR-DMS integraation oleelliset toiminnallisuudet ovat mittareille tehtävät tilakyselyt sekä mittareilta saatavat automaattiset hälytykset. Integraatio mahdollistaa nykyisin alla taulukossa 1 esitetyt etäluettavien mittareiden tilakyselyt ja mittarikannasta välitetyt hälytykset käytöntukijärjestelmään. Integraatio mahdollistaa myös muun tyyppiset hälytykset, joita ei kuitenkaan tällä hetkellä hyödynnetä Elenian AMR-järjestelmässä.

Taulukko 1. AMR-DMS integraation mahdollistamat mittareiden tilakyselyt ja käytöntukijärjestelmään välitettävät hälytykset [2][24].

Hälytykset	Tilakyselyt
Puuttuva vaihe	Toimilaite vastaa - ei hälytyksiä
Nolla-johdin vika	Toimilaite vastaa - aktiivisia hälytyksiä
Epäsymmetrinen jännite	Toimilaite ei vastaa
Yli- tai alijännite	Toimilaite tuntematon

Iskraemecon AMR-mittareista välitetään nykyisin taulukon 1 mukaiset hälytykset Elenian käytöntukijärjestelmään suoraan. Aidonin mittareiden sähkön laatutietoon ja -poikkeamiin pääsy on toteutettu Aidonin oman Gateware-rajapinnan kautta. Vain rajapinnan kautta on mahdollista hyödyntää Aidonin mittareiden pienjänniteverkon hallintaan suunniteltuja aktiivi-PiHa-toiminnallisuuksia. Telian mittauspalvelu sisältää rajapintatoteutuksen Aidonin Gatewaren ja hälytyspalvelimen välillä, jonka kautta erikseen Aidonin PiHa-toiminnallisuuksilla aktivoitujen käyttöpaikkojen mittarit hälyttävät vioista reaaliaikaisesti DMS:ssä. Iskraemecon ja Aidonin mittareiden konfiguraatioihin määritellään erikseen hälytyksen aiheuttavat vikatyypit.

Vianhoitoprosessin kannalta AMR-DMS integraatio mahdollistaa asiakkaan kiinteistön sähkönsyötön varmistuksen, asiakkaan nollavikojen tunnistamisen sekä rikkiäisten keskijännitejohtojen paikantamisen. Näin ollen integraatio vähentää tarpeettomia käyntejä asiakkaan luona ja mahdollistaa henkilövahinkojen välttämisen koko Elenian verkkoalueella. [2]

3. VERKKOYHTIÖN MUUTTUVA ROOLI SÄHKÖ-MARKKINOILLA

Luotettavan sähkönjakelun lisäksi verkkoyhtiön päätehtävä nykyisillä sähkömarkkinoilla on toimia neutraalin markkinapaikan mahdollistajana, ja siten ylläpitää jakelutoimintaan liittyvää informaatiota. Verkkoyhtiölle kuuluvat osana tätä tehtävää nykyisessä sähkömarkkinalaissa (588/2013) ja valtioneuvoston asetuksissa asetetut velvoitteet markkinoiden kannalta keskeisen tiedon keräämisestä, säilyttämisestä, käsittelemisestä sekä toimitamisesta markkinoiden ja sen toimijoiden käyttöön. [25][26] Elenian AMR-järjestelmä on edellisen luvun mukaisesti keskeisessä roolissa näiden velvoitteiden täyttämässä.

Sähköjärjestelmässä ja -markkinoilla on käynnissä merkittävä murros, joka tuo muutoksia verkkoyhtiön ja muiden markkinaosapuolten rooleihin tulevaisuudessa [25]. Keskeinen muutostekijä on paikallisen ja tuotannoltaan vaihtelevan sähköntuotannon lisääntyminen sähkövoimajärjestelmässä, mikä on korostanut erityisesti kulutuksen joustavuuden merkitystä. Muutokset sähkömarkkinoilla vaikuttavat keskeisesti verkkoyhtiön rooliin, ja siten verkkoyhtiön tietojärjestelmiltä vaadittuihin, ja kehityksen kautta järjestelmien mahdollistamiin toimintoihin tulevaisuudessa. Tässä luvussa verkkoyhtiön muuttuvaa roolia sähkömarkkinoilla kuvataan yleisellä tasolla, ja luvussa neljä selvitetään yksityiskohtaisemmin sähkömarkkinoiden muutoksen luomia integraatiotarpeita ja -mahdollisuuksia Elenian AMR-järjestelmään.

Perinteisesti sähköenergian tuotanto on perustunut keskitettyihin ja fossiilisia polttoaineita hyödyntävien tuotantolaitoksiin, joiden keskitetty tuotanto siirretään sähköverkon kautta sähkön kuluttajille. Sähkön kuluttajilla on oikeus hankkia sähköenergiansa sähkön vähittäismarkkinoilta haluamaltaan sähkönmyyjältä, joka voi hankkia toimittamansa sähkön sähköpörssistä, tuottamalla itse tai ostamalla sen kahdenvälisillä sopimuksilla [27].

Uusiutuvia energialähteitä hyödyntävien tuotantolaitosten määrä on kansallisten ja EU:n ilmasto- ja energiatarvoitteiden mukaisesti lisääntynyt sähköjärjestelmässä. Kun uusiutuvien energiateknologioiden teknistä ja taloudellista kannattavuutta on kansallisilla tukitoimenpiteillä kasvatettu, tuotantolaitokset ovat korvanneet osin syöttötariffien tarjoaman hintatakuun myötä perinteisten tuotantomuotojen, ja samalla säätyvän tuotantokapasiteetin määrää sähköjärjestelmässä. Uusiutuvien energiatuotantolaitosten tuotanto vaihtelee ajallisesti voimakkaasti, minkä vuoksi tarve kulutuksen joustavuuteen on lisääntynyt. Muutokset sähköjärjestelmässä luovat muuttuvan toimintaympäristön sähkömarkkinoiden toiminnalle, mihin sähkömarkkinamallien (Market Design) on mukauduttava.

Aktiivisen sähkön kuluttajan roolia sähkömarkkinoilla on korostettu niin EU:n tasolla kuin myös kansallisella tasolla. Kuluttajien aktivoimisen myötä sähkömarkkinaosapuo-

lilla on aiempaa keskeisempi rooli mahdollistajina eikä ainoastaan toteuttajina. Käytännössä tällöin markkinaosapuolten tyypilliset velvoitteet verkkoon liittämiseen sekä markkinoillepääsyyn liittyen korostuvat. [28]

Jakeluverkkoliiketoiminta on nykyisin tarkoin säädeltyä, mikä asettaa selkeitä rajoituksia jakeluverkkoyhtiön aktiiviselle osallistumiselle. Yleisellä tasolla, käynnissä oleva toimialan muutos tuo innovatiivisille sähkömarkkinatoimijoille mahdollisuuksia uusien liiketoimintamahdollisuuksien kehittämiseen [29], mikä jakeluverkkoyhtiön on pystyttävä toiminnallaan mahdollistamaan.

3.1 Lainsäädännön kehitys

Suomessa sähkömarkkinoita ohjaa sähkömarkkinalaki (588/2013), jossa on säädetty muun muassa sähkömarkkinoiden toimijoiden keskeisistä velvollisuuksista, ja jonka tarkoituksena on ”*varmistaa edellytykset toimiville kansallisille ja alueellisille sisämarkkinoille sekä Euroopan Unionin sähkön sisämarkkinoille, siten että hyvä sähkön toimitusvarmuus, kilpailukykyinen sähkönhinta ja kohtuulliset palveluperiaatteet voidaan turvata loppukäyttäjille*” [3]. Suomen sähkömarkkinalainsäädäntöä sääntelee keskeisesti EU:n sähkömarkkinoita koskeva sähködirektiivi, joka on osa EU:n energia-alaa käsittelevää lainsäädäntöä.

EU:n energian sisämarkkinoita käsittävä lainsäädäntö perustuu vuosina 1996–2009 hyväksytyihin kolmeen lainsäädäntöpakettiin, joiden päätavoitteena oli yhtenäistää EU:n energian sisämarkkinat ja vapauttaa ne asteittain sääntelystä. EU:n kolmas lainsäädäntöpaketti hyväksyttiin huhtikuussa 2009, ja sitä voidaan pitää energian sisämarkkinoiden toteuttamisen kannalta tärkeänä askeleena. [30] Nykyisin EU:n sisämarkkinat perustuvat muun muassa seuraaviin vakiintuneisiin periaatteisiin [31, s. 2–3]:

- Kolmansien osapuolien oikeus päästä sähköverkkoon
- Kuluttajien vapaus valita toimittajansa
- Säännöt ja velvollisuudet koskien toimintojen eriyttämistä
- Rajat ylittävän kaupan esteiden poistaminen
- Riippumattomien energia-alan sääntelyviranomaisten harjoittama markkinavalvonta
- Sääntelyviranomaisten ja verkonhaltijoiden EU:n laajuinen yhteistyö energia-alan sääntelyviranomaistenyhteistyöjärjestössä ACER ja siirtoverkonhaltijoiden eurooppalaisessa verkostossa (ENTSO)

Suomen sähkömarkkinalaki perustuu edelle esitetyille EU:n sisämarkkinoiden yleisille periaatteille. Vuonna 2013 (1.9.2013) voimaan tullut uusi sähkömarkkinalaki (588/2013) selvensi ja toimeenpani EU:n kolmannen sisämarkkinapakettin vaatimat muutokset. Sa-

malla lakimuutos korjasi useita aiemmassa laissa olleita puutteita ja epäjohtonmukaisuuksia. Lainsäädännön uudistuksen tavoitteena on muun muassa sähköverkkojen toimintusvarmuuden ja palvelujen tason nostaminen nykyisestä. [32]

Euroopan komissio on voimassaolevan lainsäädännön jälkiarvioinnin perusteella todennut EU:n kolmannen energiapaketin tavoitteen, eli kilpailun lisäämisen sekä sähkön rajat ylittävän kilpailun esteiden poistamisen, yleisellä tasolla saavutetuksi. Komission mukaan sähkön sisämarkkinoiden kehittäminen on kuitenkin jäänyt rajalliseksi tukku- ja vähittäismarkkinoilla; tukkumarkkinoiden tasolla kansalliset rajat ylittävällä kaupalla on edelleen esteitä, mikä näkyy esimerkiksi maiden välisten yhdysjohtojen vajaina kuormituksina. Vähittäismarkkinoilla kilpailun toimivuutta on komission mukaan mahdollista lisätä vielä huomattavasti. [31, s. 13–14]

Sähkön kuluttajat ovat EU:n helmikuussa 2015 julkaisemassa tiedonannossa (”Joustavaa energiaunionia ja tulevaisuuteen suuntautuvaa ilmastonmuutospolitiikkaa koskeva puitestrategia”) nostettu keskeiseen asemaan. Strategian mukaan energiaunionin tavoitteena on ”*tarjota EU:n kuluttajille – kotitalouksille ja yrityksille – varmaa, kestävää, kilpailukykyistä ja kohtuuhintaista energiaa*”. Energiatehokkuudella ja vähähiiliseen talouteen siirtymisellä on energiaunionistrategiassa merkittävät roolit tavoitteen saavuttamiseksi. [33]

Komissio julkisti vuonna 2016 paketin konkreettisista lainsäädäntömuutosehdotuksista sähkömarkkinoiden uudeksi markkinarakenteeksi, joiden tarkoituksena on toimeenpanna energiaunionistrategiassa määritellyt tavoitteet. Paketti tunnetaan yleisesti puhtaan energian pakettina (”Clean Energy for All”), joka sisältää yhteensä kahdeksan lainsäädäntöehdotusta. Markkinalainsäädäntöä koskevalla ehdotuksella muutetaan kolmannen energiapaketin keskeisiä säädöksiä, joihin kuuluvat [31, s. 13]:

- Sähköasetus 714/2009 (Electricity Market Regulation)
- Sähkődirektiivi 2009/72/EY (Electricity Market Directive)
- ACER:n perustamisasetus 713/2009 (Regulation on the Agency for Cooperation for Energy Regulators)

Siirtyminen energiaunionistrategiassa esitettyyn vähähiiliseen talouteen edellyttää tuotannoltaan vaihtelevien uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämistä energiantuotannossa. Keskeisessä asemassa ovat tällöin erityisesti lyhyen aikavälin sähkömarkkinoiden toiminta, jonka on mukauduttava nopeasti vaihtelevien ja sääriippuvaisten tuotantolähteiden luonteeseen. Lyhyen aikavälin markkinoiden on mahdollistettava jatkossa riittävä kaupankäyntikapasiteetti erityisesti sähköjärjestelmän joustavien resurssien osalta.

Puhtaan energian paketin sähköasetuksessa vuorokausimarkkinoiden ja päivänsisäisten markkinoiden osalta korostetaan sähkökaupankäynnin reaaliaikaisuutta, jolla tarkoitetaan tässä yhteydessä kaupankäynnin siirtämistä mahdollisimman lähelle sähkön toimitushetkeä. Yleisemmin, kaupankäyntiä on edellä mainituilla markkinoilla oltava mahdollisuus

käydä taseselvitysjakson mukaisilla aikaväleillä, joiden pituutta on asetuksen mukaan lyhennettävä 15 minuuttiin vuoteen 2025 mennessä. [34, s. 46]

Yleisesti, EU:n puhtaan energian paketin sähköasetuksessa (714/2009) mukautetaan sisämarkkinoita koskevia yleisiä sääntöjä, ja sähkön loppukuluttajan sekä verkkoyhtiön roolista ja vaikutusmahdollisuuksista näillä markkinoilla on säädetty mukautetussa sähködirektiivissä (2009/72/EY) energiaunionistrategian mukaisesti.

3.1.1 Sähkön kuluttajan rooli

EU:n puhtaan energian paketin sähködirektiivissä luku kolme käsittelee kuluttajien vaikutusmahdollisuuksia ja kuluttajansuojaa. Direktiivissä asiakkaiden toimintamahdollisuudet markkinoilla on pyritty varmistamaan, ja kuluttajansuojan osalta erityisesti heikossa asemassa olevien kuluttajien huomioimista on korostettu.

Sähködirektiivissä on määritelty ensimmäistä kertaa ”aktiivisen asiakkaan” oikeus tuottaa, kuluttaa tai myydä oma sähköenergiansa markkinoille yksin tai kolmannen osapuolen kautta [31]. Sähködirektiivissä säädetään loppukäyttäjien oikeuksista esimerkiksi seuraavasti [31, s. 71]:

”loppukäyttäjät ovat oikeutettuja tuottamaan, varastoimaan, käyttämään ja myymään itse tuotettua energiaa kaikille järjestäytyneille markkinoille, joko yksittäin tai yhteenliittymän välityksellä ilman kohtuuttoman hankalia menettelyjä ja kustannuksia vastaamattomia maksuja;” (artikla 15, kohta 1)

Yhteenliittymällä tarkoitetaan direktiivin mukaan sellaista markkinaosapuolta, joka kerää yhteen loppukuluttajien kulutusta tai tuotantoa, ja siten parantaa kuluttajien roolia osallistua sähkömarkkinoilla. Yhteenliittymillä voidaan tarkoittaa nykyisistä sähkömarkkinoitoimijoista esimerkiksi sähkön myyjää tai kokonaan itsenäistä aggregaattoria, jonka toiminnalle ei ole nykyisessä sähkömarkkinalaissa kuitenkaan määritelty selkeitä sääntöjä (direktiivissä käytetty termiä ”riippumaton yhteenliittymä”). [31]

Sähködirektiivissä kaikille loppukuluttajille on säädetty oikeus dynaamiseen sähkönhintaan perustuvaan sopimukseen sähkön toimittajien kanssa. Dynaamisen sähkönhintaan perustuvilla sopimuksilla kuluttajien on mahdollista saada tietoa todellisesta kulutuksestaan, ja siten osallistua artiklassa 5 määriteltyjen oikeuksien mukaisesti markkinoille ja erityisesti kysynnän joustoon. [31, s. 70]

Sähködirektiivissä on tunnistettu ensimmäistä kertaa energiayhteisöjen rooli sähkömarkkinoilla. Direktiivin artiklassa 16 on säädetty paikallisten energiayhteisöjen oikeuksista sähköverkon omistukseen, perustamiseen ja hallintaan liittyen seuraavasti [31, s. 72]:

”Jäsenvaltioiden on varmistettava, että:

- a) Paikallisilla energiayhteisöillä on oikeus omistaa, perustaa tai vuokrata yhteisön verkkoja ja hallita niitä itsenäisesti;*

- b) Paikallisilla energiayhteisöillä on syrjimätön pääsy kaikille järjestäytyneille markkinoille joko suoraan taikka yhteenliittymien tai toimittajien välityksellä;
- c) Paikallisia energiayhteisöjä ei syrjitä niiden loppukäyttäjinä, tuottajina tai jakeluverkonhaltijoina tai yhteenliittyminä harjoittaman toiminnan, oikeuksien ja velvollisuuksien suhteen; ” (artikla 16, kohta 1)

Energiayhteisöille ja sen jäsenille on määritelty sähködirektiivissä oikeus syrjimättömään osallistumiseen nykyisille järjestäytyneille markkinoilla joko suoraan tai esimerkiksi itsenäisen aggregaattorin välityksellä. Toisaalta direktiivissä energiayhteisön syrjimättömyys taataan myös niiden oikeudessa toimia loppukäyttäjinä, sähkön tuottajina tai jakeluverkonhaltijoina. Edellisen perusteella energiayhteisöjen rooli tuo osaltaan päällekkäisyyksiä sähkömarkkinaosapuolten nykyisiin rooleihin. Energiayhteisöjen sekä itsenäisten aggregaattorin toimintaa sähkömarkkinoilla tulevaisuudessa on kuvattu tarkemmin tämän luvun kappaleessa 3.3.1.

Sähkön kuluttajan roolia sähkömarkkinoilla on EU:n puhtaan energian paketissa vahvistettu, ja erityisesti osallistuminen sähkömarkkinoilla on pyritty edellä kuvatun mukaisesti varmistamaan. Sähkön kuluttajien syrjimätön ja tasapuolinen pääsy kaikkien järjestäytyneiden markkinoiden toimintaan on keskeinen muutos sähköasiakkaan aikaisempaan rooliin, jossa asiakkaalla ei ollut minkäänlaista suoraa suhdetta sähkömarkkinoihin.

3.1.2 Jakeluverkonhaltijan rooli

Suomessa sähkömarkkinalaki määrittelee yleiset velvollisuudet sekä säädökset koskien jakeluverkkoa ja jakeluverkonhaltijaa [3]. EU:n puhtaan energian paketin mukautettu sähködirektiivi asettaa nykyiseen sähkömarkkinalainsäädäntöön muutosehdotuksia, joista keskeisemmät liittyvät jakeluverkonhaltijan tehtäviin jouston käytössä, sähköisen liikkumisen integroimisessa sähköverkkoon sekä varastojen omistamiseen. Lisäksi direktiivissä säädetään ensimmäistä kertaa toiminnoista älykkääseen mittaukseen liittyen sekä sähkön kuluttajan oikeudesta älymittariin. [31]

Nykyisen sähkömarkkinalain pykälässä 18 määritetään verkkopalvelujen tarjonnan yleiset periaatteet seuraavasti [3]:

”Verkonhaltijan on tarjottava sähköverkkonsa palveluita sähkömarkkinoiden osapuolille tasapuolisesti ja syrjimättömästi. Palveluiden tarjonnassa ei saa olla perusteettomia tai sähkökaupan kilpailua ilmeisesti rajoittavia ehtoja.” (18 §)

Verkonhaltijan on sähkömarkkinalain mukaan tarjottava verkko- ja tasepalveluja tasapuolisesti ja syrjimättömästi kaikille sähkönmarkkinoiden osapuolille. Taseselvityksen ja laskutuksen perustana on sähkömarkkinalain pykälän 22 mukaisesti verkonhaltijan tarjoama mittauspalvelu, jota järjestäessään verkonhaltijan on ”pyrittävä edistämään verkonkäyttäjien tehokasta ja säästäväistä sähkönkäyttöä sekä sähkönkäytön ohjausmahdollisuuksien hyödyntämistä”. [3]

EU:n puhtaan energian paketin sähködirektiivissä on säädetty jakeluverkonhaltijan mahdollisuuksista hankkia verkon joustoresursseja verkkopalveluina muun muassa seuraavalla tavalla [31, s. 84]:

”—jakeluverkonhaltijat voivat hankkia palveluja sellaisista resursseista kuin hajautettu tuotanto, kysyntäjousto tai varastointi sekä harkita energiatehokkuustoimenpiteitä, joilla voidaan välttää sähköntuotantokapasiteetin tehostamisen tarve ja jotka tukevat jakeluverkon tehokasta ja turvallista toimintaa.” (artikla 32, kohta 1)

Jakeluverkonhaltijalla on tulevaisuudessa edellisen perusteella rooli sellaisten verkkopalveluiden hankinnassa, joilla verkon jousto on mahdollista varmistaa, ja jotka eivät vaaranna verkon käyttövarmuutta ja turvallista käyttöä. Jakeluverkkoyhtiön on kuitenkin direktiivin mukaan hankittava resurssit lähtökohtaisesti markkinaperusteisesti. Sähkövarastojen omistamisen ja hallinnoinnin osalta direktiivi mahdollistaa jakeluverkonhaltijan aktiivisemmän roolin vain, jos sääntelyviranomaisen on sen hyväksynyt, ja jakeluverkonhaltija tarvitsee sähkövarastoja *”jakeluverkon tehokkaan, luotettavan ja turvallisen toiminnan”* varmistamiseksi. [31, s. 84].

Mukautetussa sähködirektiivissä on asetettu ensimmäistä kertaa vaatimukset älykkäiden mittareiden yleisistä toiminnoista, asiakkaiden oikeudesta älymittariin sekä vaatimuksista tiedonhallintaan liittyen varsinaiseen lainsäädäntötekstiin. Sähkömarkkinoiden tiedonvaihdon osalta direktiivissä ei ole määritelty sitä, kenen ensisijainen tehtävä on hallita tietoja, ja jäsenvaltioille jää direktiivin mukaan vastuu määritellä tulevaisuudessa ne osapuolet, joilla on pääsy asiakkaiden mittaus- ja kulutustietoon asiakkaiden antamalla valtuutuksella. Direktiivissä säädetään tässä suhteessa seuraavasti [31, s. 78]:

”Vaatimukset täyttävien osapuolten on käsitettävä ainakin asiakkaat, sähköntoimittajat, siirto- ja jakeluverkonhaltijat, yhteenliittymät, energiapalveluyritykset ja muut osapuolet, jotka toimittavat energiapalveluja tai muita palveluita asiakkaille.” (artikla 24, kohta 1)

Mukautettu sähködirektiivi korostaa jakeluverkonhaltijan mahdollistajan roolia joustoresurssien hankintaan liittyen. Mahdollistajan rooli voidaan nähdä korostuvan näin ollen myös verkonhaltijoiden älykkäillä mittausjärjestelmillä, jotka ovat sähkömarkkinoiden tiedonhallinnan kannalta keskeisessä roolissa esimerkiksi Suomessa, jossa AMR-mittarit ovat otettu yleisesti käyttöön kaikilla verkkoalueen asiakkailla. Sähködirektiivin mukaan kysynnän jouston varmistamiseksi mittausjärjestelmän älymittarin on esimerkiksi pystyttävä *”tarjoamaan mittausinfrastruktuuriin tarvittavan liitettävyyden energianhallintajärjestelmiin lähes reaaliaikaisesti”*. Tässä yhteydessä reaaliaikaisuudella tarkoitetaan direktiivin määrittelyn mukaisesti aikaa sekuntitasolla, *”joka kuluu datan kirjaamisesta sen automaattiseen käsittelyyn ja lähettämiseen käyttö- ja tietotarkoituksiin”* [31, s. 57].

3.2 Verkkoyhtiön toimintaympäristön muutos

Sähkömarkkinoilla ja -järjestelmässä käynnissä oleva murros muuttaa keskeisesti jakeluverkkoyhtiön ja sähkömarkkinatoimijoiden toimintaympäristöä tulevaisuudessa. Muutos-tekijöillä on keskenään vahva vuorovaikutus, minkä vuoksi kehityksen hallitseminen on erityisen haasteellista. [35]

Suomessa työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) on nimittänyt älyverkkotyöryhmän selvittämään älyverkkojen mahdollisuuksia edistää sähköjärjestelmän toimitusvarmuutta sekä kuluttajien aktiivista osallistumista markkinoilla. Työryhmässä on mukana energiatoimialan useita eri sidosryhmien jäseniä ja asiantuntijoita. Älyverkkotyöryhmä on määrittänyt seuraavat muutosvoimat visiossaan energiajärjestelmän murroksen kannalta keskeiseksi [35]:

- Sähkömarkkinoiden integraatio- ja harmonisaatiokehitys
 - Pohjoismaiset sähkön vähittäismarkkinat
 - Euroopan Energiaunioni
- Pienasiakkaiden aktivoituminen ja halukkuus paikalliseen tuotantoon
- Sääriippuvaisen ja vaihtelevan tuotannon lisääntyminen
- Joustavuuden tarpeen kasvu
- Sähkön jakeluverkkoliiketoiminnan rooli ja sääntelyn kehitys

EU:n sisämarkkinalainsäädäntöä on mukautettu edellisen luvun mukaisesti vastaamaan toimintaympäristön muutoksia, ja erityisesti kuluttajan roolia sähkömarkkinoilla on korostettu. Pienkuluttajien innokkuus markkinoille osallistumisen kannalta on ollut kuitenkin vaisua, mikä on kasvattanut tarvetta jakeluverkon tariffiuudistukselle [35]. Sähkön kuluttajien joustoressurssien tehokasta hyödyntämistä ja verkkoyhtiön toiminnan merkitystä siihen on käsitelty tarkemmin tämän luvun kappaleessa 3.2.2.

Pohjoismaisella tasolla loppukäyttäjämarkkinoiden yhdentymistä on tavoiteltu pitkään, mutta nykyisin yhteispohjoismaisten sähkön vähittäismarkkinoiden muodostus ei ole yleistavoitteena. Vähittäismarkkinoiden yhdentyminen nähdään tulevaisuudessa kuitenkin tärkeänä. Markkinoiden yhdentymisen kannalta datahubeilla on keskeinen rooli [35], sillä ne yhtenäistävät sähkön vähittäismarkkinoiden liiketoimintaprosesseja. Suomessa käyttöön otettava datahub tulee muuttamaan jakeluverkkoyhtiön nykyisiä velvollisuuksia ja tehtäviä.

3.2.1 Datahub ja yhteispohjoismaiset sähkön vähittäismarkkinat

Datahub on mahdollista nähdä askeleena kohti yhteispohjoismaisia sähkön vähittäismarkkinoita. Datahubit mahdollistavat keskitetyn tiedonvaihtoratkaisun eri sähkömarkkinoimijoiden välillä ja harmonisoivat vähittäismarkkinoiden prosesseja ja tiedonvaihtoa. Jatkossa sähkömarkkinoiden kannalta keskeinen tieto tuodaan datahubiin, jonka kautta tieto on mahdollista toimittaa kaikille siihen oikeutetuille osapuolille. Yhtenäisillä vähittäismarkkinoilla on mahdollista vaikuttaa sähkön kuluttajan osallistumismahdollisuuksia markkinoilla, ja siten kysyntäjouaston toimivuuteen. [35]

Suomessa datahubin toteuttajana toimii kantaverkkoyhtiö Fingrid. Datahubin määrittelytyö on nykyisin valmistunut, ja tiedonvaihtoratkaisun käyttöönoton on tarkoitus ajoittuvan vuodelle 2019. Datahubin käyttöönoton myötä monet jakeluverkonhaltijan nykyisistä velvollisuuksista kokevat muutoksia. Seuraavassa on listattu yleisesti datahubin aiheuttamia muutoskohteita jakeluverkonhaltijan nykyisiin velvollisuuksiin [36]:

- Jakeluverkonhaltijan taseselvitys
- Jakeluverkon häviöiden laskenta
- Myyjäkohtaisten tuntisarjojen toimitus
- Tuntisarjan toimitus kolmansille osapuolille

Datahub muuttaa jakeluverkonhaltijan nykyisiä velvollisuuksia jakeluverkkoa koskevan datan käsittelyyn, säilyttämiseen ja jakeluun liittyen. Jakeluverkonhaltijan toiminnan kannalta merkittävä muutos on taseselvityksen siirtyminen datahubiin. Markkinatoimijat ovat tiedonvaihtoratkaisun käyttöönoton jälkeen taseselvitykseen liittyvissä asioissa eSettin järjestelmän sijasta suoraan yhteydessä datahubiin, joka sisältää erillisen rajapinnan taseselvitystietojen tarkasteluun. Jakeluverkonhaltija toimittaa jatkossa esimerkiksi myyjäkohtaiset summatoimitukset suoraan datahubiin, joka laskee myyjäkohtaiset tasevirheidä korjaukset. Lisäksi jakeluverkonhaltijan häviöt lasketaan jatkossa datahubissa. [36]

Datahubissa valvotaan älykkäiden sähkömittareiden tuottamaa mittausdataa, mikä estää väärän tiedon jakelun muille sähkömarkkinaosapuolille. Datahub ei tue kuitenkaan kumulatiivisten mittarilukemien välitystä, ja tiedonvälitystä ja taseselvitystä varten kulutus-tiedosta on muodostettava tulevaisuudessa taseselvitysjakson mukaiset käyttöpaikkakohtaiset aikasarjat. [36]

Asiakkaiden kannalta datahub toimii taustajärjestelmänä, mutta välillisesti sen käyttöönoton on tarkoitus parantaa asiakaspalvelua, ja nopeuttaa sopimustapahtumien käsittelyä. Asiakkaille on tarkoitus toteuttaa datahubissa erikseen standardoitu rajapinta, jonka kautta kaikkien tietoon valtuutettujen osapuolten on mahdollista saada käyttöönsä käyttöpaikka-, asiakas- ja mittaustietoa samasta paikasta. [36]

Datahubin käyttöönotto tukee vähittäismarkkinoiden muuttumista tulevaisuudessa palvelutyypisemmiksi. Keskitetty tiedonvaihtoratkaisu ja erikseen standardoidut rajapinnat helpottavat kolmansien toimintaa sähkömarkkinoilla. Jokaiseen sähkömarkkinaosapuoleen ei tarvitse tällöin olla yhteydessä erikseen, mikä mahdollistaa asiakkaille tarjottavien uusien palveluiden ja liiketoimintojen kehittämisen sähkömarkkinoille [36]. Jakeluverkoyhtiö säilyttää kuitenkin tulevaisuudessa älykkäiden mittausjärjestelmien mahdollistaman reaaliaikaisen rajapinnan asiakkaiden kulutukseen.

3.2.2 Aktiivisen asiakkaan resurssien hyödyntäminen

Tulevaisuudessa sähkön kuluttajien on kyettävä osallistumaan nykyistä aktiivisemmin järjestelmän tehtäviin ylläpitoon kysynnän jouston kautta. Tällöin sähköjärjestelmän joustavia resursseja kuten ohjattavia kuormia, asiakkaiden mikrotuotantoa ja energiavarastoja on hyödynnettävä markkinaehtoisesti ja siten, että hyödyt paikallisen sähkönjakelun sekä koko sähköjärjestelmän kannalta tasapainottuvat [29]. Jakeluverkon kannalta esimerkiksi verkon vahvistamista vaativat tehoaiheet on keskeistä välttää [37].

Sähkömarkkinoiden toiminnan kannalta kyse on markkinoiden kyvystä välittää nopeasti ja todenmukaisesti markkinoiden hintasignaaleja kaikille sähkömarkkinatoimijoille, jolloin kysynnän jousto ja muiden joustoresurssien hyödyntäminen on mahdollista toteuttaa markkinaehtoisesti, ja siten tehokkaasti [25].

Pöyry on vuonna 2017 julkaistussa Nordic Market Design -selvityksessään tunnistanut nykyisten sähkömarkkinoiden toiminnassa kehityskohteita, jotka edistävät tehokasta hinnanmuodostusta, ja siten tehokasta resurssien hallintaa. Pöyryn selvityksessä tunnistettuja sähkömarkkinoiden potentiaalisia kehityskohteita on esitetty seuraavassa [38]:

- Säättösähkömarkkinoiden toiminnan ja hinnanmuodostuksen edistäminen;
 - Säättötarjousten jättäminen mahdollisimman lähellä toimitustuntia
 - Säättötarjousten koon pienentäminen (tarjouskooksi on ehdotettu esimerkiksi 1 MW)
 - Säättösähkön hinnanmuodostuksen läpinäkyvyyden lisääminen;
 - Säättösähkömarkkinoiden hintakaton nostaminen
 - Säättösähkökaupan ja spot-hintojen suoran yhteyden poistaminen
- Intra-day (-ID)-kaupan mahdollisuuksien edistäminen;
 - Kaupankäynnin tuominen lähelle käyttöajanjaksoa ja kaupan hintakaton nostaminen
 - ID-kapasiteetin kasvattaminen esimerkiksi ylimääräisellä huutokauppa-menettelyllä

Pöyryn tunnistamissa kehityskohteissa on huomioitu tuotannon muutoksien, ja siten myös tarvittavien joustotoimenpiteiden reaaliaikaisuus. Kehityskohteiden mukaisesti sekä ID- että säättösähkömarkkinoiden kaupankäynti on siirrettävä mahdollisimman lä-

helle toimitustuntia, mikä mahdollistaa reagoinnin tuotannon muutoksiin nopeasti ja nykyistä reaaliaikaisemmin verkon säätö- tai joustoresursseja hyödyntäen. Säättö- ja markkinoiden läpinäkyvämpi hinnanmuodostus mahdollistaa toisaalta sen, että säätöhinnat pystyvät heijastamaan nykyistä vapaammin esimerkiksi uusiutuvien energialähteiden tuotannon muutoksia, mikä kannustaa markkinoiden toimijoita pysymään taseessa, ja siten edistää koko järjestelmän tehotasapainoa.

Sähkömarkkinahintojen dynaamista vaihtelua ja markkinoiden reaaliaikaisuutta on korostettu Pöyryn selvityksen lisäksi myös EU:n puhtaan energian paketin sähköasetuksessa ja -direktiivissä luvun 3.1 mukaisesti.

Kysynnän jouston kannalta on tärkeää, että tukkusähkömarkkinoiden hintasignaalit välittyvät jatkossa sähkön vähittäishintoihin ja erityisesti verkkoyhtiöiden asiakkaiden sähkölaskun kaikkiin komponentteihin. Asiakkaiden sähkölasku voidaan jakaa komponentteihin nykyisin jakeluverkkotariffiin, sähkön myyntisopimukseen ja sähköveroon [37].

Pienasiakkaan jakeluverkkotariffi koostuu nykyisin yleisesti kahdesta komponentista: kuukausittaisesta perusmaksusta ja käytettyyn energiaan perustuvasta muuttuvasta osasta. Pääosa verkkoyhtiön kustannuksista ovat kuitenkin riippuvaisia jakeluverkon kiinteistä investoinneista ja pääoman sitouttamisesta aiheutuvista kustannuksista.

Energiatoimialalla on keskusteltu mahdollisuudesta siirtyä teho- ja perusteiseen hinnoitteluun myös pienasiakkaiden osalta, sillä jakeluverkot mitoitetaan huipputehon mukaisesti, jolloin teho- ja perusteinen hinnoittelu vastaisi paremmin jakeluverkkoyhtiöiden todellisia kustannuksia. [37] Tarve erillisen tehokomponentin kytkemiselle nykyiseen jakeluverkkotariffiin on kasvanut varsinkin, kun kuluttajien innokkuus osallistua markkinoille on ollut vaisua.

Tämän luvun yhteydessä ei kuvata yksityiskohtaisesti nykyistä jakeluverkon verkkotariffin rakennetta. Jakeluverkon tariffirakenteen kehittymismahdollisuuksiin ja vaikutuksiin voi tutustua tarkemmin esimerkiksi Tampereen teknillisen yliopiston ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston yhdessä tekemän tutkimuksen loppuraportin [37] kautta.

Jakeluverkon siirtotariffien suora kytkentä esimerkiksi Nord Pool elspot -hintaan on ongelmallista, sillä sähköverkkoyhtiöillä ei ole mahdollista oman kustannusrakenteensa vuoksi tarjota samanlaisia tariffirakenteita kuin esimerkiksi sähkön myyjien tapauksessa. Siirtotariffin kannalta dynamiikalla tarkoitetaan enemmän sellaista tariffirakennetta, jonka perusteella asiakkaalla on mahdollisuus optimoida kulutustaan aktiivisesti käytössään olevien resurssien avulla, ja saavuttaa näin tavoittelemansa kustannustaso. [37]

Tehoon perustuva tariffikomponentti sisältää kustannusvastaavuutensa kautta resurssi- ja energiatehokkuuteen kannustavia ominaisuuksia, ja siten lisää verkkoyhtiön asiakkaan mahdollisuuksia vaikuttaa oman verkkopalvelumaksunsa suuruuteen käytössään olevia joustoresursseja hyödyntäen. Tehopohjainen jakeluverkkotariffin maksukomponentti luo

siten osaltaan mahdollisuuksia kehittää muiden markkinatoimijoiden liiketoimintaa ja palveluita, mikä on keskeistä sähkömarkkinoiden kehityksen kannalta, ja mitä on korostettu esimerkiksi EU:n tason markkinalainsäädännössä. [37]

Tuntirekisteröivät älykkäät sähkömittarit mahdollistavat nykyisin tehotariffien käyttöönoton pienasiakkaille. Tehonmääritysjaksona on mahdollista käyttää esimerkiksi taseselvitysjakson mukaista keskitehoa, mutta varsinkin tulevaisuudessa tarkoituksenmukainen tehonmääritysjakso on riippuvainen seuraavan sukupolven AMR-mittareiden mahdollistamista ominaisuuksista. [37]

Asiakkaan mahdollisuudet osallistua yksin joka hetki sähkömarkkinoille ovat rajoitetut, ja siten joustoresurssien optimoinnissa asiakkaan oma mikrotuotanto, mahdolliset energiavarastot ja muut ohjattavat kuormat ovat myös muiden markkinatoimijoiden käytössä. Yksittäinen kuluttaja voi tarvita esimerkiksi apua sähkömarkkinoiden teknisten vaatimusten täyttämässä tai kuluttajan resurssit voivat olla yksin kapasiteetiltaan liian pieniä markkinoille osallistumiseen. Asiakkaiden kannalta osallistumisen voi tällöin toteuttaa erillinen palveluntarjoaja. Palveluntarjoaja tai aggregaattorin on mahdollista osallistua asiakkaan puolesta eri sähkömarkkinoille yhdistämällä sähkön kuluttajien kulutuksia, tuotantoa tai energiavarastoja. [25]

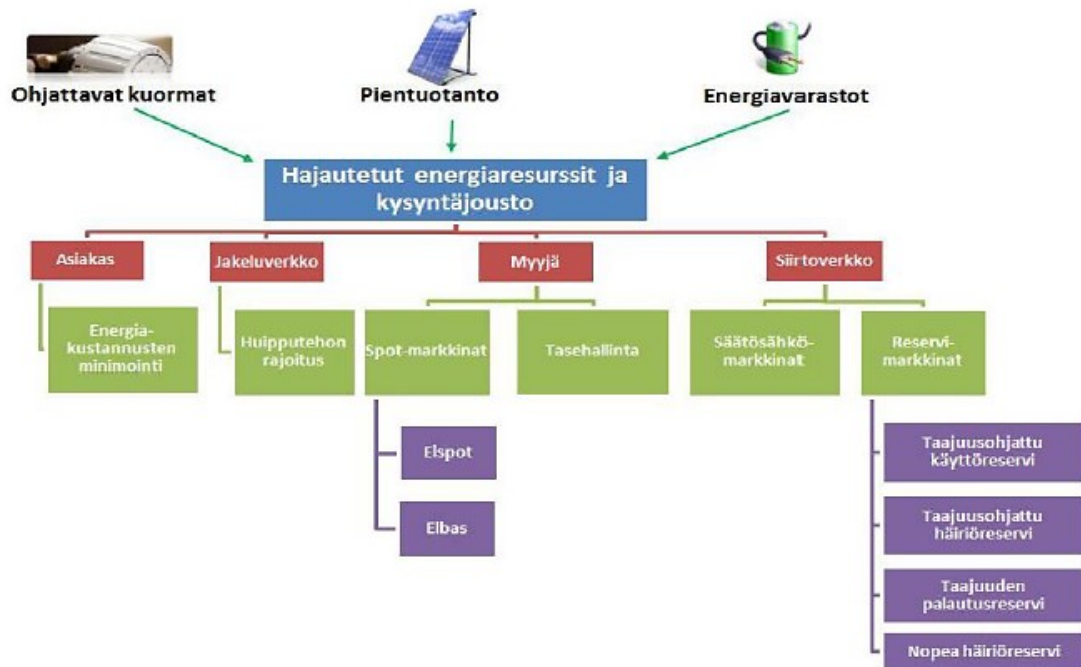
3.3 Visio sähkömarkkinoista tulevaisuudessa

Tulevaisuudessa sähkömarkkinoiden markkinamallin on pystyttävä ylläpitämään sähköjärjestelmän tehotasapaino kaikissa olosuhteissa [29]. Keskeisenä osana tällaista markkinamallia on kaikkia markkinoiden osapuolia hyödyttävä kysyntäjousto. Tässä suhteessa toimiva sähkömarkkinamalli takaa kulutuksen kustannustehokkaan ja tarvittavan jouston sähkömarkkinoiden hintasignaalien perusteella.

Sähkömarkkinat tulevat perustumaan tulevaisuudessa nykyistä reaaliaikaisempaan sekä asiakas- ja palvelukeskeisempään toimintaan. Markkinoiden reaaliaikaisuutta ja siten markkinatoimijoiden kasvavaa vastuuta tasehallinnasta on korostettu esimerkiksi kappaleen 3.2.2 mukaisesti Pöyryn sähkömarkkinoiden rakennetta käsittelevässä selvityksessä. Samalla Pöyryn selvityksessä on korostettu esimerkiksi järjestelmäpalveluiden hankkimista markkinaehtoisesti sen sijaan, että suuria voimalaitoksia edellytettäisiin liittymissäntöjen kautta tuottamaan erilaisia palveluita.

Sähkön kulutusta ja tuotantoa koskevat investointipäätökset ovat tehokkaimpia silloin, kun niitä ohjaavat markkinapaikkojen hintasignaalit. Kulutuksen jouston kannalta on erityisen keskeistä, että asiakkaiden sähkönkulutuksen ohjaus on tulevaisuudessa kilpailtua liiketoimintaa, mikä takaa asiakkaiden pääsyn usealle eri markkinapaikalla markkinoilla toimivien palveluyritysten kautta, ja siten kulutus- ja tuotantopäätösten tehokkaan hyödyntämisen. [25]

Kulutus- ja tuotantoresurssien tehokkaalla hyödyntämisellä tarkoitetaan eri asioita riippuen siitä, minkä osapuolen kannalta sitä tarkastellaan. Kysyntäjoustopuolella ja hajautettujen energiaresurssien hyödyntämismahdollisuuksia sähkömarkkinoiden eri osapuolten kannalta on esitetty Kuvassa 10.



Kuva 10. Kysyntäjoustopuolella hyödyntämismahdollisuudet sähkömarkkinoiden eri osapuolten kannalta [29].

Sähkömarkkinoiden kehitystarpeen kannalta kuvaa 10 on mahdollista tulkita siten, että kysynnän jouston ja kuvaan merkittyjen hajautettujen energiaresurssien avulla markkinoille on tulevaisuudessa kehitettävä sellaisia palveluita ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia, jotka hyödyttävät kaikkia toimijoita sekä tukevat joustavasti ja energiatehokkaasti toimivien sähkömarkkinoiden toimintaa. Erityisesti asiakkaan rooli ja toimintamahdollisuuksien lisääminen on nostettu tässä suhteessa keskeiseksi niin EU:n lainsäädännön tasolla, kuin myös Suomessa älyverkkotyöryhmän työskentelyssä.

3.3.1 Aggregaattoreiden ja energiayhteisöjen rooli

Aggregaattoreiden ja energiayhteisöjen roolit on tunnistettu tulevaisuudessa energiatoimialalla asiakkaiden vaikutus- ja valinnanmahdollisuuksia sähkömarkkinoilla tukeviksi. Termillä ”aggregaattori” tarkoitetaan nykyisin monessa yhteydessä uutta markkinatoimijaa, joka voi toimia markkinoilla ilman erillistä sopimusta sähkönmyyjän tai tasevastaa- van kanssa. Itsenäisen aggregaattorin roolia on korostettu myös EU:n puhtaan energian paketissa, mutta Suomessa itsenäisten aggregaattoreiden toiminnalle sähkömarkkinoilla ei ole nykyisessä lainsäädännössä määritelty selkeitä sääntöjä. [25]

Nykyisen Suomen markkinalainsäädännön mukaan esimerkiksi sähkön myyjän on mahdollista toimia asiakkaan aggregaattorina, sillä se huolehtii kuvan 10 mukaisesti jo nykyisin sähkötaseen tasapainottamisesta ja sähkön hankinnasta. Suomessa on nykyisin yleisesti mahdollista toimia teknisten joustopalveluiden tarjoajana, jonka on mahdollista ohjata asiakkaan sähkönkulutusta esimerkiksi sähkön markkinahinnan mukaisesti. Teknisen aggregaattorin ei ole kuitenkaan mahdollista tehdä tarjousta joustavasta kapasiteetista tai tehosta sähkömarkkinoille, eikä se näin ollen ole uusi toimija sähkömarkkinoilla. [25]

EU:n puhtaan energian paketissa korostetun itsenäisen aggregaattorin roolin määrittely sähkömarkkinoilla ei ole yksiselitteistä. Itsenäinen aggregaattori voi esimerkiksi muodostaa sähkön myyjän kanssa uuden sähkömarkkinaosapuolen, sopia myyjän kanssa keskinäisellä sopimuksella toimintamallista tai olla rooliltaan täysin itsenäinen. [25]

Täysin itsenäisen aggregaattorin toimintamalli on riippuvainen markkinapaikasta. Aggregaattorin toiminta erityisesti energiaan pohjautuvilla markkinoilla (Spot- ja säätösähkömarkkinat) on haastavaa, sillä tällöin aggregaattorin toiminnan vaikutus muiden toimijoiden taseisiin on suuri. Toisaalta aggregaattorin toiminta esimerkiksi Fingridin ylläpitämillä tehoon pohjautuvilla reservimarkkinoilla merkitys muiden toimijoiden taseeseen on lähes merkityksetön, ja osallistuminen on näin ollen ongelmattomampaa. [25]

EU:n puhtaan energian paketissa tunnistettujen energiayhteisöjen rooli yhdistää kuvassa 9 esitetyt sähkön pientuotannon, asiakkaiden sähkön kulutuksen ja energiavarastot yhdeksi joustavaksi kokonaisuudeksi. Älyverkkotyöryhmä on väliraportissaan todennut lähtökohtaisesti kannattavansa energiayhteisöjä ja niiden tarjoamia mahdollisuuksia esimerkiksi sähkömarkkinoilla toimiville palveluntarjoajille. Komission puhtaan energian paketissa esittämän energiayhteisöjen määritelmässä on kuitenkin nähty olevan päällekkäisyyksiä esimerkiksi jakeluverkkoliiketoiminnan kanssa. [25] Älyverkkotyöryhmä on määritellyt energiayhteisön väliraportissaan seuraavasti [25]:

”Energiayhteisö on yhdestä tai useammasta vapaaehtoisesta luonnollisesta henkilöstä tai oikeushenkilöstä muodostuva juridinen taho, joka jakaa yhteisön tai sen jäsenten hallinnoimien kotimaisten energiaresurssien tuottamia hyötyjä omien periaatteidensa mukaan ja joka vastaa yhteisön toimintaan liittyvistä velvoitteista.”

Energiayhteisöllä voidaan tarkoittaa paikallisia energiayhteisöjä tai maantieteellisesti hajautuneita yhteisöjä. Hajautetut energiayhteisöt mahdollistavat esimerkiksi suuremmat yksikkökoot yhteisöjen energiaresursseille, jotka eivät aina löydy välttämättä saman kiinteistön alueelta. Energiayhteisöt mahdollistavat asiakkaiden pientuotannon hyödyntämisen yhteisön kesken, ja toisaalta ne lisäävät asiakkaiden mahdollisuuksia osallistua sähkömarkkinoilla. [25]

Sähkövarastot muodostavat energiayhteisöissä yhden keskeisen osan. Sähkövarastot ovat sähkömarkkinoiden toiminnan kannalta uusia energiaresursseja, joiden kannattavuus perustuu siihen, että niitä hyödynnetään mahdollisimman monipuolisesti. Sähkövarastoja on mahdollista hyödyntää niiden ominaisuuksista riippuen sähkön hinnan vaihtelun

kautta esimerkiksi sähkön energiemarkkinoilla, taajuudensäädössä, toimitusvarmuuden parantamisessa paikallisesti tai esimerkiksi jännitteen tukemisessa. [25] Sähkövarastojen monipuolinen hyödyntäminen luo mahdollisuuksia osaltaan uusien palveluiden ja liiketoimintojen luomiseen energia-alalle.

3.3.2 Tiedonvaihdon merkitys ja AMR-järjestelmien lisäarvo

Energiatoimialan muuttuva toimintaympäristö asettaa yleisesti haasteita sähkömarkkinoiden tiedonvaihdolle. Kuten tämän luvun kappaleessa 3.2.1 on nostettu esille, vähittäismarkkinoiden tiedonvaihdon ja liiketoimintaprosessien yhtenäistäminen tehostaa vähittäismarkkinoiden toimintaa ja tukee eri palveluntarjoajien osallistumista sähkömarkkinoilla. Tiedonvaihtoratkaisuna datahub on merkittävä askel kohti palvelu- ja asiakaskeisempiä vähittäismarkkinoita.

Sähkömarkkinoiden tiedonvaihto on kuitenkin kehityttävä myös jatkossa, jotta se pystyisi vastaamaan tulevaisuudessa sähkömarkkinoiden tarpeita. Tiedonvaihdon osalta sähkömarkkinoiden muuttuminen entistä reaaliaikaisemmiksi tarkoittaa sitä, että esimerkiksi älykkäiden sähkömittareiden mahdollistama tuntimittaus ei tule tulevaisuudessa riittämään markkinatoimijoiden tai asiakkaiden tarpeisiin. [25]

AMR-järjestelmät mahdollistavat jo nykyisin reaaliaikaisen rajapinnan asiakkaiden sähkökulutukseen, josta saatavan informaation määrää kasvaa mittariteknologian kehittymisen myötä tulevaisuudessa merkittävästi. Tulevaisuudessa on keskeistä selvittää mittareiden tuottaman datan hyödyntämismahdollisuudet ja selventää yleisemmin AMR-järjestelmien roolia sähkömarkkinoiden tiedonvaihdon osalta. Asiakkaiden kannalta keskeisiä asioita ovat juuri älykkäiden mittareiden reaaliaikaisuus ja kerätyn datan visualisointi, ja se miten mittareiden mahdollistama data on hyödynnettävissä esimerkiksi kysynnän jouston toteuttamisessa [25].

4. SÄHKÖMARKKINOIDEN MUUTOKSEN EDEL- LYTTÄMÄT AMR-JÄRJESTELMÄN INTEG- RAATIOT

Toimintaympäristön muutos energia-alalla ja muutoksen edellyttämä sähkömarkkinoiden kehittyminen edellyttävät tulevaisuudessa uudenlaista näkemystä myös AMR-järjestelmien kannalta. AMR-järjestelmät on mahdollista nähdä tulevaisuudessa nykyistä keskeisempänä osana sähkömarkkinoita, niiden kehitystä sekä älyverkkoja. Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, johon kuuluvat tulevaisuudessa keskeisesti mittalaitteet, tietoliikenne, kommunikaatiojärjestelmä, tiedonhallinta-järjestelmät ja integraatiot [39]. Mittalaitteet muodostavat massaltaan yhden suuren kokonaisuuden koko järjestelmän kannalta. Kommunikaatiojärjestelmän, ja koko AMR-järjestelmän integroitumisella ulospäin toimintaympäristön suuntaan on tulevaisuudessa oleellinen rooli.

AMR-järjestelmän tehokas hyödyntäminen verkkoliiketoiminnassa sekä sähkömarkkinoilla edellyttää rajapintojen muodostamista tiedon jakamista varten, mikä on luvun 2 mukaisesti nykyisessä toimintaympäristössä toteutettu Elenian mittaustiedonhallintajärjestelmän kautta. Koko järjestelmän tulee kuitenkin integroitua tulevaisuudessa nykyistä aktiivisemmin toimintaympäristön suuntaan, jotta se tukisi sähkömarkkinoiden sekä älyverkkojen kehitystä tulevaisuudessa. Yhden kehityskohteen muodostavat kokonaisuuteen kuuluvien järjestelmien, palveluiden ja laitteiden väliset integraatiot. AMR-järjestelmän integroituminen perustuu oleellisesti tulevaisuudessa kommunikaatiojärjestelmän integroitumiseen Elenian muiden tietojärjestelmien, palveluiden ja laitteiden kanssa [39].

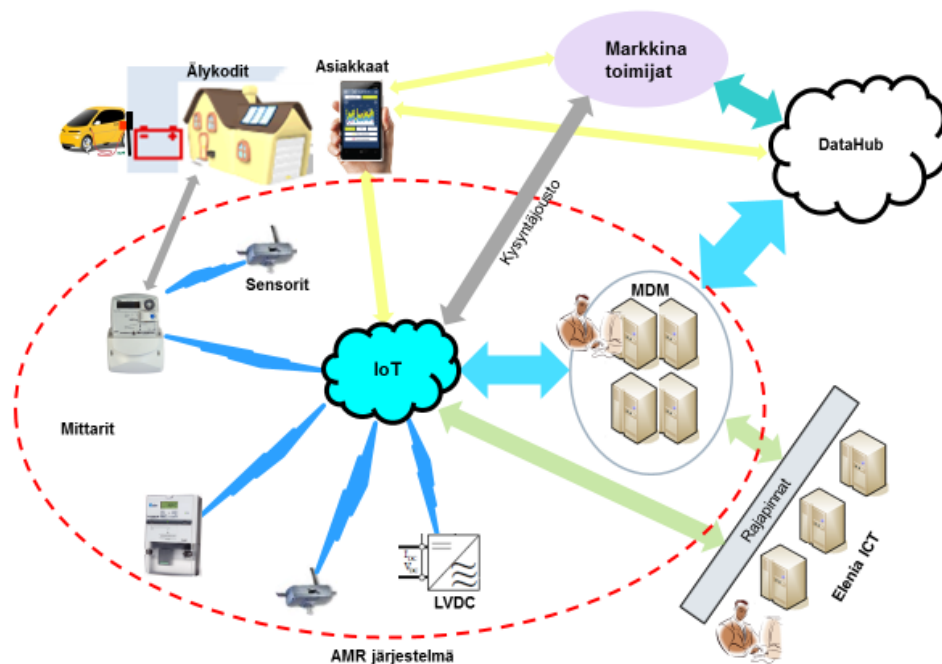
Integroitumisen osalta kommunikaatiojärjestelmän tulisi muodostaa alusta, jonka kautta kaikille AMR-järjestelmään toteutettaville integraatioille on mahdollista toteuttaa kontrolloidut rajapinnat. Tässä suhteessa Elenian uusi tietoliikennetkaisu toimii kommunikaatiojärjestelmän yhtenä osana, jonka kautta eri järjestelmien, palveluiden ja laitteiden välisen tietoliikenteen kulku on mahdollista toteuttaa. Tietoliikenne eri järjestelmien ja laitteiden välillä on mahdollista jakaa yleisellä tasolla vertikaaliseen sekä horisontaaliseen tiedon välitykseen, joista jälkimmäisellä tarkoitetaan pääasiassa AMR-mittareiden ja muiden järjestelmän päätelaitteiden lähettämää mittausdataa loppukäyttäjien sähkönkulutuksesta sekä jakeluverkon tilasta. Horisontaalinen tiedonsiirto voi sisältää tiedonsiirtoa esimerkiksi sähkön loppukäyttäjän järjestelmiin. [39]

Tilanteen hahmottamisen helpottamiseksi kuvassa 11 on esitetty periaatekuva Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä. Mittalaitteet, markkinatoimijat ja asiakkaat kytkeytyvät kuvassa 10 IoT-pilvipalveluun, joka on kuvassa esitetty osana Elenian uutta tietoliikennetkaisuun. Pilvipalvelu muodostaa kuvassa 11 suljetun järjestelmän, jonka

kautta on mahdollista toteuttaa kontrolloidut rajapinnat eri integraatioille. Pilvipalvelun toteutusta ja yleisemmin Elenian uutta tietoliikennetarkaisua ei tämän diplomityön yhteydessä kuvata tarkemmin, ja tässä suhteessa todetaankin, että tarkempi toteutus on riippuvainen järjestelmän lopullisesta hankinnasta.

Kuvassa 11 esitetyn periaatekuvan taustalla on ajatus siitä, että seuraavalla vuosikymmenellä kasvavan datamäärän hallintaan tarvitaan sellaisia uusia ja älykkäitä ratkaisuja, jotka mahdollistavat datamäärän jakamisen Elenian eri järjestelmien, palveluiden ja laitteiden välillä siten, että se palvelee Elenian sisäisiä liiketoimintoja riittävästi tehokkaasti ja sen lisäksi tukee esimerkiksi tässäkin työssä tutkittua markkinoiden kehitystä. Tässä suhteessa oleellisissa roolissa ovat integraatiot, jotka mahdollistavat Elenialla muodostuvan big datan hyödyntämisen. Kuvassa 11 esitetty periaatekuva on asetettu diplomityön osalta lähtökohdaksi, jota vasten työssä toteutetun haastattelututkimuksen tuloksia on analysoitu, ja joka muodostaa pohjan luvussa 5 toteutettavalle kehitystyölle.

Sähkömarkkinoiden ja teknologiateollisuuden murroksen ohella myös tietojärjestelmäkehityksen on pystyttävä vastaamaan toimintaympäristön muutoksia tulevaisuudessa [48]. Osana Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmää ja uutta tietoliikennetarkaisua kehitetään keskeisesti myös mittaustiedon hallintaa. Mittaustiedon hallinnan osalta tieto on tehokkainta hallita yhdessä tiedonhallintajärjestelmässä, josta se on mahdollista jakaa muille järjestelmille ja tietoa tarvitseville [39]. Tiedonhallintajärjestelmän kehityksen on kuitenkin oltava tulevaisuudessa nykyistä joustavampaa ja sellaista, joka mahdollistaa ketterän kehityksen tulevaisuudessa toimintaympäristön muutosten mukaisesti.



Kuva 11. Periaatekuva Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä [39].

Kuvassa 11 Elenian uusi mittaustiedonhallintaratkaisu (kuvassa 11 merkitty MDM) kytkeytyy edellä kuvattuun IoT-pilvipalveluun ja sisältää rajapintoja Elenian sisäisiin tietojärjestelmiin ja tulevaisuudessa markkinajärjestelmistä datahubiin. Kuvassa 11 esitetty näkemys Elenian seuraava sukupolven AMR-järjestelmästä mahdollistaa sen, että päätelaitteina voivat toimia tulevaisuudessa AMR-mittalaitteiden ohella myös sensorit sekä esimerkiksi LVDC-laitteet, mikä avaa mahdollisuuden hyödyntää järjestelmää nykyistä kokonaisvaltaisemmin markkinoiden kehityksen, asiakkaiden sekä jakeluverkon tarpeisiin.

Seuraavassa luvussa 4.1 on kuvattu Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän roolia markkinoiden suuntaan. Luvussa 4.2 on haastattelututkimuksen tulosten kautta selvitetty ja tunnistettu Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän potentiaalisia hyödyntäjiä työn rajauksen puitteissa, minkä perusteella luvussa 5 on määritetty kehitystarpeet ulkoisiin markkinajärjestelmiin sekä Elenian sisäisiin tietojärjestelmiin, palveluihin ja päätelaitteisiin suuntautuvien integraatioiden osalta. Kuten edellä on todettu, Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän on mahdollista nähdä nykyistä keskeisempänä osana sähkömarkkinoiden kehitystä, ja markkinoiden suuntaan järjestelmän tulisi toimia mahdollistajana.

4.1 Mahdollistajan rooli markkinoiden suuntaan

Verkkoyhtiön rooli on tarjota markkinoille alusta, eli toisin sanoa tarjota markkinoille markkinapaikka, jolla kaikki osapuolet voivat osallistua [54]. Markkinoiden suuntaan Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmä tulee toimia mahdollistajana, mikä tarkoittaa, että AMR-järjestelmän tulee mahdollistaa loppukäyttäjien ja markkinatoimijoiden kytkeytyminen järjestelmään.

Alalla on erilaisia käsityksiä sen suhteen, mikä on verkkoyhtiön rooli, ja kuinka pitkälle markkinapaikan mahdollistavaa alustaa on mahdollista viedä verkkoyhtiön toimesta. Asiakkaiden asettaminen luvun 3 mukaisesti sähkömarkkinoiden keskiöön luo verkkoyhtiölle tarpeen kehittää markkinapaikkaa sellaiseen suuntaan, joka mahdollistaa loppukäyttäjien osallistumisen sähkömarkkinoille kysyntäjoustopuolelta.

Verkkoyhtiönä Elenia on oman roolinsa puitteissa velvollinen tarjoamaan verkkopalveluita asiakkaille sähkömarkkinalain määräämällä tavalla. Verkkoyhtiöllä voi olla tulevaisuudessa mahdollista osallistua markkinoille hankkimalla sieltä palveluja ja esimerkiksi joustoja markkinaehtoisesti, mitä on korostettu EU:n tasolla puhtaan energian paketissa. Samojen joustopalveluiden ja -tuotteiden myymistä markkinoille ei voida enää pitää samassa mittakaavassa markkinaehtoisena toimintana [62]. Markkinaehtoinen osallistuminen edellyttää sen, että verkkoyhtiölle löytyy tulevaisuudessa markkinaa, jolla toimia.

Jos markkinoiden kehitystä katsotaan verkkoyhtiön tarjoaman alustan kannalta, niin alustan on mahdollistettava markkinoiden kehitystä tukevien tuotteiden kehittäminen markkinoille. Toisaalta markkinoille tarjottuja tuotteita on pystyttävä suunnittelemaan yhdessä muiden markkinatoimijoiden kanssa, jotta ei päädytä tilanteeseen, jossa Elenia verkkoyhtiönä suunnittelisi itse tiettyä tuotetta kehittyvien markkinoiden käyttöön. Kuormanohjaustoiminnallisuuden kannalta AMR-mittarin kautta tehtävän ohjausmahdollisuuden tarjoaminen siten, että esimerkiksi mikä tahansa aggregaattori tai sähkön myyjä voi vapaasti integroitua ohjauskanavaan on mahdollista nähdä tietyin reunaehdoin markkinaehtoisena toimintana [54]. Selkeitä reunaehtoja asettavat lainsäädäntö sekä verkkoyhtiön sääntely.

Seuraavissa kappaleissa on haastattelututkimuksen tulosten kautta selvitetty markkinoiden kehitystä tulevaisuuden, ja sitä miten Elenian AMR-järjestelmän tulee kehitys mahdollistaa, ja siten integroitua markkinoiden toimintaan.

4.1.1 Sähkön vähittäismarkkinoiden kehittyminen

Vähittäismarkkinat ovat Suomessa nykyisin rakentuneet suhteellisen hyvin. Elenian AMR-mittarit ovat nykyisessä toimintaympäristössä jo oleellisesti integroituneet vähittäismarkkinoiden toimintaan. Yleisemmin, Suomessa toimintaympäristö ja sen vaatimuksia toteuttavat mittalaitteet ovat nykyisin käytössä. Nykyinen markkinoiden toiminta ei tule kuitenkaan olemaan tulevaisuudessa riittävä. Vähittäismarkkinoiden kilpailun kannalta Suomessa ollaan hyvässä asemassa, mutta loppukäyttäjiä on tulevaisuudessa saatava keskeisesti paremmin osallisiksi markkinoiden toimintaan, mitä on korostettu luvun 3 mukaisesti sekä toimialalla Suomessa, että EU:n tasolla. Keskeinen muutos markkinoiden toimintaan tulee olemaan siirtyminen 15 minuutin taseselvitysjaksoon.

Suomessa sähkön kulutuksen tuntimittaus on kehittynyt. Nykyisin kaikilla loppukuluttajilla on sähkömarkkinalain mukaisesti tuntimittaukseen kykenevä mittari käytössään, joka on perusta nykyisin asiakkaiden laskutukselle sekä valtakunnalliselle taseselvitykselle. Siirtyminen lyhyemmän aikasarjan mittaamiseen edellyttää kuitenkin markkinadynamiikan kautta Suomessa markkinoiden ja markkinatuotteiden kehittämistä tulevaisuudessa. Vähittäismarkkinoiden toiminnan kannalta asiakkaiden aktiivinen osallistuminen on mahdollista nähdä perusedellytyksenä sille, että tarvittavia tuotteita on kannattavaa lähteä rakentamaan. [54] Tuotteilla voidaan tarkoittaa kysyntäjoustotuotteita tai verkkoyhtiön kannalta erilaisia tariffituotteita.

Vähittäismarkkinoiden tehokkaan toiminnan kannalta on kannattavaa, että markkinoille tulee uusia toimijoita, jotka tarjoavat nykyiseen verrattuna monipuolisempia tuotteita loppukäyttäjille. Sähkön myyntitoiminnassa tarjotut tuotteet keskittyvät vielä nykyisin sähköenergian myyntiin, ja tuotteet ovat luonteeltaan samantyyppisiä [53]. [59] Nykyisin on kuitenkin jo nähtävissä, että osa loppukäyttäjille tarjotuista tuotteista keskittyy kokonaispalvelun ja mukavuuden tarjoamiseen, eivätkä ainoastaan tarjottuun sähköenergiaan. Osana edellä mainittua kokonaispalvelua on asiakkaan sähköenergian optimointi, jonka

ohella loppuasiakkaan kannalta osallistuminen kysyntäjouktoon on mahdollista nähdä nykyistä hyväksyttävämpänä. [54]

Elenian AMR-mittarit ja -järjestelmät ovat oleellisesti integroituneita nykyiseen toimintaympäristöönsä. Markkinapaikan kehittymisen kannalta Elenian AMR-järjestelmän on mahdollistettava tulevaisuudessa asiakkaiden helppous ja siten kysyntäjouktoon suunniteltujen tuotteiden kehittäminen ja asiakkaiden osallistuminen markkinoille. Markkina-toimijoiden tarjoamat monipuoliset ratkaisut ja uuden tyyppiset avaukset luovat pohjaa sellaisen joustomarkkinan kehitykselle, jossa toimijoiden on mahdollista myydä tuotteitaan loppukuluttajille, minkä kautta joustomarkkinat kehittyvät luonnollisesti ja markkinaehtoisesti. Tässä suhteessa vähittäismarkkinoiden kytkeytyvät tulevaisuudessa selkeämmin osaksi tukkumarkkinoita ja niiden toimintaa.

4.1.2 Kysyntäjoustomarkkinat

AMR-mittarin roolin kysyntäjoukoston mahdollistavissa ratkaisuissa on mahdollista nähdä sellaisena, että se avaa mahdollisuuden loppukuluttajapään kuormien hyödyntämiseen kysyntäjoustomarkkinoilla. Elenian verkkoalueella nykyisen arvion mukaan 70 000 asiakkaan kysyntäjoukoston kannalta oleelliset kuormat ovat kytketty jakeluverkkoyhtiön yö-päivä-tariffiohjauksen piiriin [51], jotka tulisi saada älyverkkotyöryhmän linjauksen mukaisesti markkinaehtoisien ohjauksen piiriin tulevaisuudessa. Realistisesti hyödynnettävissä oleva kuorma on Elenian asiakkaiden lämminvesivaraaja- sekä sähkölämmityskuormaa [51], jolloin kuormanohjauksen kannalta näiden asiakkaiden kuorma tulisi voida heidän suostumuksellaan saada liittää tulevaisuudessa markkinaehtoisien kysynnäjoukoston piiriin markkinoille. AMR-järjestelmän kannalta liitynnällä tarkoitetaan tässä yhteydessä Elenian AMR-mittalaitteiden teknisten vaatimusten määrittelyä sellaisiksi, joka tarjoaa markkinatoimijoille tasapuolisen mahdollisuuden tarjota asiakkaiden kuormat markkinoille, ja joka toteuttaa tarkemmin kysyntäjoustomarkkinoiden tekniset vaatimukset.

Verkkoyhtiön yö-päivä-tariffilla toimivien loppukäyttäjien sähkölämmitys- ja lämminvesivaraajien markkinoille liitännällä on mahdollista nähdä olevan kysyntäjoustomarkkinoita avaava vaikutus. AMR-mittarin kuormanohjaus on jo nykyisin kaksiaikatariffille toimiville asiakkaille tuttua, jolloin nykyisin ohjauksen piirissä olevan kuorman liittäminen markkinaehtoisien kysyntäjoukoston piiriin voidaan nähdä loppukäyttäjien näkökulmasta helposti ymmärrettävänä ja hyväksyttävänä ratkaisuna. Hyödyntämällä AMR-mittaria Elenian yö-päivä-tariffilla toimiville loppukäyttäjille on mahdollista tarjota helppo ja matalan kynnyksen vaihtoehto, joka parhaimmillaan lisää kuluttajien kiinnostusta muita kysyntäjouktoon tarkoitettuja vaihtoehtoja kohtaan. Näin ollen voisi olla perusteltua, että jakeluverkkoyhtiönä Elenia säilyttäisi jo nykyisin kaksiaikatariffin piirissä olevat kuormat kuormanohjausreleensä perässä, ja tarjoaisi ne markkinatoimijoille kuormanohjausreleen kautta markkinaehtoisien ohjauksen piiriin. Edellinen kuitenkin edellyttää sen, että kuormanohjaustoiminnallisuus määritetään tulevaisuudessa osaksi seuraavan sukupolven AMR-mittalaitteiden yleisiä minimivaatimuksia.

Kun markkinapaikka kysyntäjoustopuolelle on AMR-mittareiden kautta mahdollistettu, sähkön myyjien ja muiden markkinaosapuolten on mahdollista lähteä helpommin tarjoamaan kysyntäjoustopuoleen soveltuvia markkinaehtoisia ratkaisuja Elenian verkkoalueen asiakkaille [54]. Taulukossa 2 on esitetty tämän työn yhteydessä tarkasteltujen kysynnän jouston nykyisten markkinapaikkojen tekniset vaatimukset. Taulukon markkinatuotteiden osalta tarkastelu on tehty tuntimarkkinoiden suhteen. Elenialla kuormien hyödynnettävyyttä varten on toteutettu kustannusanalyysi [54], joka on perusta tämän työn yhteydessä tehdyille määrittelytyölle.

Taulukko 2. Tarkasteltujen kysynnänjouston markkinapaikkojen tekniset vaatimukset, muokattu lähteestä [40].

Tuote	Sopimustyyppi	Minimitarjouskoko	Aktivoituminen	Aktivoituu
Taajuusohjattu käyttöreservi (FCR-N)	Vuosi- ja tuntimarkkina	0,1 MW	Lineaarisesti välillä 50,1-49,9 Hz, 0,1 Hz muutos 100 % 3 min	Useita kertoja tunnissa
Taajuusohjattu häiriöreservi (FCR-D)	Vuosi- ja tuntimarkkina	1 MW	Relekytketyt kuormat: vaihtoehtoisesti 49,7 Hz 5s TAI 49,6 Hz 3s TAI 49,5 Hz 1s	Muutaman keran vuodessa
Säätösähkömarkkinat	Tuntimarkkinat	5 MW	100% 15 min	Tarjouksen ja säätötarpeen mukaisesti

Periaatteellisella tasolla Elenian AMR-mittarin teknisten vaatimusten ei tulisi tulevaisuudessa poissulkea asiakkaiden pääsyä kysynnänjouston eri markkinapaikoille. Toisaalta markkinoiden mahdollistamisen kannalta lähtökohdiana tulisi olla mittareiden teknisten ominaisuuksien suunnittelu siten, että AMR-mittari mahdollistaisi kustannustehokkaalla tavalla vaatimuksiltaan mahdollisimman tiukkojen markkinoiden ehdot. Kaikkien kysynnän joustopuoleen valjastettujen kuormien ei ole kuitenkaan mahdollista osallistua kaikille kysyntäjoustopuoleen soveltuville markkinoille samanaikaisesti, vaan niille, joille kyseiset kuormat ovat kaikista soveltuvimpia. [54] Kysyntäjoustopuolen kannalta AMR-järjestelmän tulee mahdollistaa ennen kaikkea niiden asiakkaiden pääsy, joilla on mahdollisuus hyödyntää kysyntäjoustopuoleen suunniteltuja toimintoja, mikä Elenian tapauksessa nykyisin tarkoittaa kaksiaikatariffille toimivia asiakkaita.

Taulukon 2 mukaisesti taajuusohjattu häiriöreservi aktivoituu vain muutamia kertoja vuodessa ja vaaditut vasteajat relekytketyille kuormille ovat selkeästi tiukemmat kuin taajuusohjatuille käyttöreserville sekä säätösähkömarkkinoille. Vasteajat ovat taajuuden muutoksesta riippuen taajuusohjatuin reservin tapauksessa 1-5 sekuntia, kun vaadittu vaste ohjaukselle taajuusohjatuille käyttöreserville ja säätösähkömarkkinoille ovat 3 minuuttia ja 15 minuuttia. Taulukon 2 mukaisesti tarve käyttöreservin hyödyntämiseen on useita kertoja päivässä.

Nykyisin Elenian yö-päivätariffilla olevat asiakkaat ovat käytännössä nykyisen markkinatilanteen perusteella teknistaloudellisesti kannattavaa ohjata kantaverkkoyhtiö Fingridin taajuusohjattu käyttö- ja häiriöreservimarkkinoille, joista taajuusohjattu käyttöreservi on nykyisin ensimmäisessä selvitysvaiheessa AMR-mittalaitteiden kannalta kaikista tuotavien markkina. Nykyisessä markkinatilanteessa AMR-mittalaitteiden teknisen toteutus tulisi näin ollen kohdentaa näiden markkinoiden vaatimusten mukaisesti. [54]

Sähkölämmityskuorman tapauksessa haasteena on ohjattavan kuorman varmuuden heikkeneminen, sillä kuorma ei ole käytännössä kuin vain rajatun aikaa vuodessa käytössä. Taajuusohjatun käyttöreservin kannalta edellinen on ongelmallista, sillä taulukon 2 mukaisesti reserviä tarvitaan useita kertoja tunnissa. Lämminvesivaraajakuorma toisaalta käytettävissä vuodenaikasta riippumatta. [54]

Tulevaisuudessa Elenian AMR-mittalaitteiden on tarjottava tasavertainen rajapinta asiakkaiden kuormien tarjoamiseen markkinoille. Nykyisen markkinatilanteen pohjalta AMR-mittarin releelle kytkettyjä kuormat tulisi voida tarjota AMR-mittareita hyödyntäen ensisijaisesti taajuusohjatuille reservimarkkinoille. Kantaverkkoyhtiö Fingridin nykyisin tarjotut markkinapaikat kysyntäjoustoille eivät tule muodostamaan nykyisessä muodossaan tulevaisuudessa ainoita kysyntäjoustopaikoita.

Markkinat ovat muuttumassa nykyistä nopeammiksi, ja samalla vastuuta tasapainottamisesta on tarkoituksenmukaista siirtää kantaverkkoyhtiön lisäksi myös muille markkinoitoimijoille, jolloin toimijoiden aktiivinen tasehallinta ja tasehallintamarkkinat korostuvat tulevaisuudessa [62]. Markkinoiden kehittyminen siten, että kauppaa on mahdollista käydä lähempänä toimitushetkeä mahdollistaa nopeamman kaupankäynnin joustavista resursseista. Day-ahead kaupan ja ID-kaupan tuominen lähemmäksi käyttöajankohtaa voi nähdä pienentävän tällöin AMR-mittareille soveltuvan, ja tarkemmin AMR-mittareilla tehtävän ohjauksen roolia taajuusohjatuilla kysyntäjoustopaikoilla tulevaisuudessa. Tässä suhteessa todetaan, että Elenian AMR-mittareiden kautta ohjattava asiakkaiden kuormat tulisi voida ensimmäisessä vaiheessa ohjata taulukon 2 mukaisista markkinoista markkinaehtoisesta ohjauksen piiriin säätösähkömarkkinoille. Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittarin toiminnallisuuksissa tulisi kuitenkin huomioida kehittyvien tasehallintamarkkinoiden edellyttämät vasteaikavaatimukset ohjauksille. Tässä suhteessa säätösähkömarkkinoiden 15 minuuttia on vielä suhteessa pitkä aika.

Yleisesti, kysyntäjoustopaikkain kehitykseen vaikuttaa tulevaisuudessa oleellisesti se, mikä osapuoli yhdistää kysynnän ohjauksen piirissä olevat kuormat suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Jos kyseessä tulevaisuudessa on itsenäinen aggregaattori, on tällöin mahdollista, että kysyntäjoustoille syntyy useita markkinapaikkoja, joista aggregaattori valitsee kaikista tuottoisimman. Verkkoyhtiönä tilanne on Elenian kannalta mahdollista nähdä siten, että kun paikallinen markkinapaikka alkaa kehittyä, niin jakeluverkonhaltija on yksi markkinaosapuolista, jonka on mahdollista toimia tällaisella kysyntäjoustopaikkalla ostamalla joustoja [55].

On mahdollista, että tulevaisuudessa uudet teknologiat, kuten esimerkiksi aurinkopaneelit, sähkövarastot, sähköautot ja uudet pumppuratkaisut synnyttävät paikallisesti pienjänniteverkkoon pullonkaulatilanteita, jolloin joustojen ostoon verkkoyhtiön toimesta olisi tarvetta. Nykyisin esimerkiksi aurinkopaneelien määrä kasvaa Elenian verkossa, ja nykyisin yli 95 % mikrotuotannosta Elenian verkkoalueella tuotetaan aurinkopaneeleilla [41]. Tarve pullonkaulatilanteiden selvittämiseen kasvaa teknologisen kehityksen ja erityisesti uusien teknologioiden kustannusten alentuessa, josta esimerkkinä ovat sähkövarastointikustannusten aleneminen. Jos teknologioiden hinta jatkaa tulevaisuudessa laskuaan on todennäköistä, että pullonkaulatilanteet yleistyvät myös jakeluverkon tasolla seuraavalla vuosikymmenellä, jolloin jakeluverkkoyhtiöllä voi olla tarve hankkia joustore-sursseja energiayhteisöjen tai mikroverkkojen muodostamista hajautettujen resurssien keskittymistä.

Tarkkaa määrittelyä paikallisten kysyntäjoustopaikkain suuntaan ei tämän työn yhteydessä tehdyn haastattelututkimuksen perusteella ollut mahdollista tehdä. Paikkain mahdollistamisen kannalta edellä mainituille joustore-sursseille tulisi tulevaisuudessa luoda pääsy kysyntäjoustopaikkain, mikä on Elenian AMR-järjestelmän kannalta mahdollista integroimalla AMR-mittari nykyistä tiiviimmin kuluttajapään kotiautomaatioon.

4.1.3 Kotiautomaatiomarkkinat

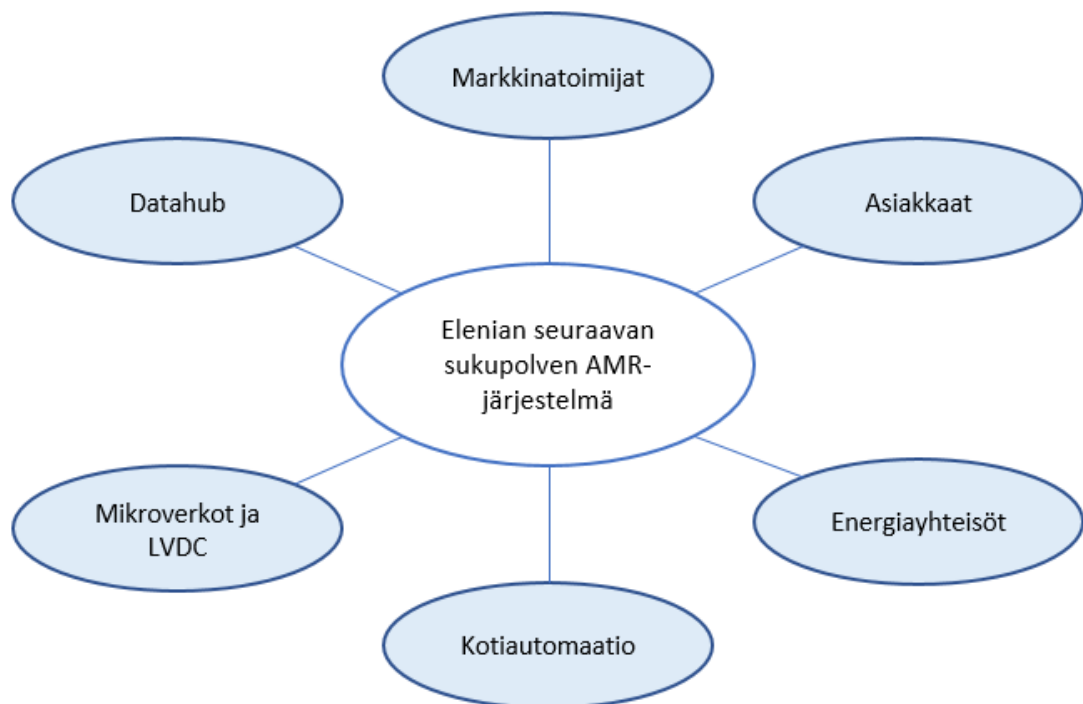
AMR-mittareiden mahdollistama kuormanohjaustoiminnallisuus on mahdollista nähdä kannustimena verkkoyhtiön, ja tässä yhteydessä tarkemmin Elenian asiakkaille investoida suuremman kokoluokan kysynnän joustoja tukeviin markkinaehtoihin ratkaisuihin tulevaisuudessa. Oleellisessa roolissa on asiakkaiden tietämyksen lisääntyminen kysyntäjoustopaikkain toiminnallisuudesta. AMR-mittarin kuormanohjausmahdollisuus yksittäisille kuormille parhaimmillaan motivoi asiakkaan investoimaan esimerkiksi kattavampiin loppukäyttäjään kotiautomaatiomarkkinoihin. Kotiautomaatiomarkkinoita ja niihin suunnitellut järjestelmät palvelevat AMR-mittaria paremmin kodin älykästä hallintaa ja ohjausta, eikä AMR-mittaria voi näin ollen nähdä vievän pohjaa näiden markkinaehtoisten ratkaisujen myynniltä. Tässä suhteessa tulisi voida tarkastella mahdollisuutta siihen, että kotiautomaatiomarkkinat ohjaisi myös AMR-mittarin releen perässä olevia kuormia.

Yleisemmin, loppukäyttäjän kannalta kysyntäjoustopaikkain tarjoaminen osana kotiautomaatiomarkkinoiden kokonaispalvelua vastaa kappaleessa 4.1.1. esitettyä loppukäyttäjille tarjottua tuotekehitystä, ja siten edesauttaa kysyntäjoustopaikkain kehitystä. Toisaalta, kun AMR-mittareiden tehtävät ohjaukset toteutetaan palveluntarjoajan toimesta, palveluntarjoajien on mahdollista tarjota yhtä lailla myös muita palveluitaan asiakkaille. Edellinen avaa samalla mahdollisuuden hyödyntää sellaisia kuluttajapään kuormia, joita ei ole mahdollista liittää AMR-mittarin kuormanohjauksen piiriin.

4.2 AMR-järjestelmän potentiaaliset hyödyntäjät

Kuten tämän luvun yhteydessä on todettu, Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän uusi tietoliikennetarkaisu ei toimi yksin ratkaisuna kaikkiin toimintaympäristön aiheuttamiin haasteisiin, mitä varten Elenian AMR-järjestelmä tarvitsee integraatioita. Ennen kaikkea on pystyttävä määrittelemään se, kuinka järjestelmän on tulevaisuudessa integroiduttava toimintaympäristönsä suuntaan, ja kuinka integraatiot on toteutettava, jotta ne mahdollistavat sähkömarkkinoiden tarvittavan kehityksen tulevaisuudessa. Tämän luvun yhteydessä on tunnistettu Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän potentiaalisia hyödyntäjiä.

Kuvassa 12 on esitetty tämän työn yhteydessä tunnistetut Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän potentiaaliset ulkoiset hyödyntäjät, jotka on kuvattu keskeisiltä osin tämän luvun seuraavissa kappaleissa. Kuvan 12 markkinatoimijoilla tarkoitetaan kysyntäjousto-operaattoreita ja muita joustopalvelua verkkoyhtiön loppukäyttäjille tarjoavia markkinatoimijoita sekä sähkön vähittäismyyjiä.



Kuva 12. AMR-järjestelmän potentiaaliset sisäiset ja ulkoiset hyödyntäjät.

Elenian AMR-järjestelmän keskeisin sisäinen hyödyntäjä on tulevaisuudessa Elenian mittaustiedon hallinta. Tulevaisuudessa Elenian uuden mittaushallintaratkaisun kautta on pystyttävä toteuttamaan integraatio datahubiin, mikä on esitetty tämän luvun kuvassa 10.

4.2.1 Mittaustiedon hallinta ja datahub

Nykyisin Siemensin EnergyIP-sovellus toteuttaa Elenian mittaustiedon hallintaa ja toimii luvun 2 mukaisesti Elenian mittaustiedonhallintajärjestelmänä, josta integraatiot markkinatoimijoiden, asiakkaiden, verkkotiedon ja verkonhallinnan sekä Elenian tarjoamien palveluiden suuntaan on toteutettu. Mittaustiedonhallinnan kokonaisuuteen kuuluvat järjestelminä nykyisin myös mittareiden luennan toteuttava Telian kulutusmittauspalvelu, asiakastietojärjestelmä EnerimCIS, verkkotietojärjestelmä Trimble NIS sekä markkinaintegroituista toteuttavat operaattorit Empower ja Ropo Capital.

Elenian mittaustiedon hallinnan perustehtävä tulevaisuudessa on vastaanottaa AMR-järjestelmään liitettyjen mittalaitteiden ja muiden päätelaitteiden mittaustieto tässä luvussa esitetyn kuvan 11 mukaisesti Elenian IoT-pilvipalvelun kautta, tallentaa se, ja tarjota se hyödynnettäväksi muiden Elenian tietojärjestelmien ja palveluiden, sekä markkinajärjestelmien käyttöön. Tulevaisuudessa keskeisin markkinajärjestelmä, johon mittaustietoa on toimitettava, on datahub. Nykyisin on nähtävissä, että Elenian uuden mittaustiedon hallintaratkaisun on toimittava toimintaympäristön muutoksessa nykyistä kokonaisvaltaisemmin, ketterämmin ja siten mahdollistettava kehittyminen muuttuvan toimintaympäristön mukana. Elenian mittaustiedonhallinnan kehitystarpeita on kuvattu tarkemmin seuraavan luvun kappaleessa 5.1.2.

Mittaustiedon luennan saannon sekä mittaustiedon laadun monitorointi ovat tulevaisuudessa perusedellytyksiä tiedon kokonaisvaltaisemmalle käsittelylle. AMR-järjestelmään kytkettyjen mittalaitteiden tuottama data kasvaa tulevaisuudessa, ja Elenialla on oltava nykyistä tietoisempi siitä, kuinka moni AMR-järjestelmän mittalaitteista on lähettänyt mittaustietoa, ja kuinka pitkään aikaan. Yleisemmin, Elenian mittaustiedonhallinnan tulee ensimmäisessä vaiheessa toteuttaa nykyisen toimintaympäristön asettamat vaatimukset niiltä osin, kuin ne ovat nykyisin on toteutettu EnergyIP:n kautta. Datahubin käyttöönoton jälkeen Elenian mittaustiedonhallinnan tulee toimittaa tietoa datahubin asettamien markkinavelvoitteiden mukaisesti.

Datahubin suuntaan mittaustietoa on kyettävä toimittamaan tuntimittaussuosituksen ja sanomaliikenneasetuksen mukaisesti. Tarkemmin, jakeluverkkoyhtiönä Elenian tulee toimittaa mittaustietoa sähkömarkkinalaissa säädetyllä ja taseselvityksessä käytettävällä aika-askeleella. Nykyisiin aika-askeleena käytetään tuntia. Tässä suhteessa tulevaisuudessa keskeisin muutos markkinoiden suuntaan tulee olemaan siirtyminen 15 minuutin taseselvitysjaksoon. Mittaustiedot ovat haettavissa datahubista sillä aika-askeleella, kuin ne ovat jakeluverkonhaltijan osalta datahubiin ilmoitettu. Datahubiin tulee ilmoittaa ainoastaan uudet ja muuttuneet mittaustiedot, ja mittaustietojen validoinnin osalta vastuu markkinavelvoitteiden mukaisesta tiedon validoinnista sekä mittaustiedon oikeellisesta lähetyksestä säilyvät verkkoyhtiönä Elenialla.

4.2.2 Markkinatoimijat

Datahubin käyttöönoton myötä tiedon saatavuus lisääntyy palveluntarjoajille, ja toisaalta sähkön myyjillä on datahubin kautta pääsy asiakkaan valtuutuksella keskitetysti käyttöpaikka-, verkkotuote- ja mittautustietoihin, sekä mahdollisuus muokata myyjäsopimus asiakkaalle sopivaksi. Samalla sähkön myyjät vastaavat asiakastiedon ylläpidosta sekä sopimusprosesseista datahubissa. Datahub velvoittaa myös kolmansien osapuolien autentikoinnin ja siten erillisen palvelusopimuksen allekirjoittamista. Palvelusopimuksessa määritellään erikseen ehdot sille, millaiseen palveluun 3. osapuoli voi asiakkaan tietoja käyttää. [42] Datahub muodostaa siis markkinatoimijoiden suuntaan yhden kanavan markkinavelvoitteiden mukaiselle tiedonvaihdolle. Vaikka datahub velvoittaa toimijoiden autentikoinnin, se ei kuitenkaan nykymäärittelyn mukaan tarjoa tietoa verkkoyhtiölle tulevaisuudessa siitä, minkä käyttöpaikkojen ja asiakkaiden kuormia toimija saa ohjata. Verkkoyhtiönä mittalaitteiden ja yleisemmin verkko-omaisuuden ylläpitäjän Elenialle tulisi olla kuitenkin tieto näistä käyttöpaikoista.

Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmä on tarjottava markkinoille sellaisella tavalla, että se mahdollistaa loppukuluttajapään kuormien hyödyntämisen markkinaehtoisessa kysynnän joustossa tulevaisuudessa. Kuten kappaleessa 4.1.1 on todettu, nykyisin on nähtävissä, että energiapalvelukentässä monimuotoisuus lisääntyy, ja jo nykyisin pieni osa sähkön myyjistä tarjoaa virtuaalivoimalaitoksia ja virtuaaliakkupalveluita loppukäyttäjille, ja samalla hoitavat asiakkaan kokonaisenergiatasetta [53]. Tällaisen palvelutoiminnan myötä on nähtävissä, että myös Elenialla asiakkuudet kääntyvät tulevaisuudessa asiakkaalle kokonaispalvelua tarjoavien toimijoiden suuntaan [53]. Elenian kannalta asiakkaat tulee edelleen nähdä Elenia-strategian mukaisesti, jolloin toimintaympäristön muutos koskettaa ennemmin loppukäyttäjille ja heidän palveluntarjoajilleen tarjottuja palveluita.

Markkinatoimijoiden suuntaan Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän tulee mahdollistaa ohjauskanava, johon niin sähkön myyjät kuin muut palveluntarjoajat pystyvät liittymään, ja välittämään kuormanohjausreleelle kytkettyjen kuormien ohjausta markkinoiden suuntaan. Tässä yhteydessä kuormilla tarkoitetaan Elenian kaksiaikatariffille kytkettyjen asiakkaiden kuormia. Markkinoiden ja kysynnänjouston mahdollistamisen kannalta verkkoyhtiön tulisi tarjota sellainen tekninen alusta, johon myös kaupallisten virtuaalivoimalaitosalustojen ja muiden markkinaehtoisten kysyntäjoustoratkaisuiden olisi mahdollista tulevaisuudessa kytkeytyä tasaveroisesti.

4.2.3 Loppukäyttäjät ja energiayhteisöt

Verkkoyhtiön kontaktipinnat loppukäyttäjään muuttuvat tulevaisuudessa nykyistä suoraviivaisemmiksi, jolloin asiakkaiden ei tarvitse olla periaatteellisella tasolla yhteydessä Eleniaan, jos sähkötkä käyttöpaikalla ovat päällä. Loppuasiakkaat tulevat pysymään Elenian asiakkuuskentässä tulevaisuudessa, vaikka on mahdollista, että verkkoyhtiönä Elenian

tarve olla yhteydessä yksittäiseen asiakkaaseen laskee esimerkiksi sähköverkon vikojen vähentyessä kaapeloinnin lopputuloksena. Toisaalta on todennäköistä, että tekninen neuvonta uusiutuvaan energiaan, sähköautoihin ja sähkövarastoihin liittyen kasvaa tulevaisuudessa. [53] Nykyisessä AMR-mittarien toimintaympäristössä mittalaitteiden keskeinen toiminnallisuus on mahdollistaa asiakkaiden todelliseen kulutukseen perustuva laskutus.

Nykyisin on nähtävissä, että loppukäyttäjien energianlaskutus perustuu tulevaisuudessa palveluihin, minkä taustalla on tämän luvun kappaleessa 4.1.1. kuvattu kehitys asiakkaille tarjottavissa palveluissa. Tulevaisuudessa asiakkaille tarjotaan suurempia palvelukokonaisuuksia, joiden taustalla on asiakkaille sopivien palvelukokonaisuuksien luominen yhdistelemällä eri mittalaitteiden sähkökulutuksia. Tällöin asiakkaiden laskutus perustuu nykyistä enemmän perinteisen sähkön kulutuspisteen mittausten lisäksi esimerkiksi sähköautojen latauspisteiden, tai paikallisen energiayhteisöresurssin mittaustietoihin. [43] Tulevaisuudessa Elenian käyttöpaikan takana voi olla mahdollisesti useampia joustoresursseja, jotka tuottavat, kuluttavat tai varastoivat sähköä samanaikaisesti. Energiayhteisöt muodostavat joustoresurssien keskittymän, jolle palveluntarjoajien tulisi olla mahdollista tarjota tehokkaasti palveluita tulevaisuudessa, ja mitä Elenian AMR-mittalaitteiden ja -järjestelmän on tulevaisuudessa mahdollistettava.

Energiayhteisöt on mahdollista nähdä todennäköisinä Elenian asiakkaina tulevaisuudessa. Tulevaisuudessa voi olla mahdollista, että verkkoyhtiönä Elenia on velvollinen tuottamaan kiinteistön sisäisille energiayhteisöille palvelua lakisääteisesti. [53] Älyverkko-työryhmän väliraportin mukaisesti yhteisöille toimitettava sähkö on pystyttävä mittaamaan, jolloin jakeluverkonhaltijana Elenialla voisi toimittaa yhteisöille mittauspalvelua tietyin reunaehdoin joko yhteisön jakeluverkon liityntäpisteelle tai erillisenä mittauspalveluna kiinteistön sisäisesti [25]. Jos kiinteistön sisäinen energiayhteisö muodostetaan yhteishankintana, niin yhteisö toimii tällöin jakeluverkonhaltijan kannalta yhtenä mittauspisteenä, ja siten Elenian asiakkaana. Yhteishankinnalla tarkoitetaan, että yhteisö on tehnyt sähkön hankinnastaan sopimuksen yhden sähköntuottajan kanssa.

Hajautetun energiantuotanto tulisi voida mahdollistaa energiayhteisöjen sisällä. Kuten tämän työn yhteydessä on todettu, aurinkopaneelien määrä lisääntyy jatkuvasti Elenian verkkoalueella, jolloin loppukäyttäjän kannalta itse tuotettu energia tulisi olla älyverkko-työryhmän määrittelemän tavoitetilan mukaisesti hyödynnettävissä yhteisön sisällä ilman, että siitä veloitetaan siirtomaksua. Jakeluverkonhaltijana Elenian tarjoama mittauspalvelu voi olla esimerkiksi mittauksen netotukseen liittyvää, jolla mahdollistettaisiin yhteisöjen tehokas toiminta, ja joka palveluna kuuluisi esimerkiksi yhteisön jäsenen verkkopalvelumaksuun [53]. Kulutuksen netottamisella tarkoitetaan tässä yhteydessä energiayhteisön kiinteistön sisäisessä verkossa tuottaman osuuden vähentämistä yhteisön jäsenen energiankulutuksesta. Kulutuksen netotus jakeluverkon osalta on perusteltua, sillä netottaminen vaikuttaa jakeluverkonhaltijan ja sähkön myyjän väliseen laskutukseen.

Elenian AMR-mittalaitteiden ja -järjestelmän on mahdollistettava tulevaisuudessa muuttuvassa toimintaympäristössä sähköenergian laskutuksen lisäksi myös muun tyyppisten palveluiden tuottaminen. Markkinoiden velvoittama tiedonvaihdon nopeus ja reaaliaikavaatimus vaikuttavat oleellisesti siihen, mikä ja miten tieto tulisi voida tulevaisuudessa visualisoida loppukäyttäjille. Jotta Elenian asiakkaiden kuormat on mahdollista ohjata markkinatoimijoille tarjotun ohjauskanavan kautta markkinoille, tulisi asiakkaiden suuntaan toteuttaa sellainen palvelurajapinta, jossa reaaliaikaisen tiedon visualisoinnin kautta asiakkaat on mahdollista saada tietoisiksi ja motivoineiksi kuormanohjauksesta.

Loppukäyttäjät ja energiayhteisöt tulisi voida tulevaisuudessa integroida tiiviimmin Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmään siten, että järjestelmään toteutettavat rajapinnat ja integraatiot mahdollistavat riittävän reaaliaikainen sähkön mittauksen sekä toimintaympäristön edellyttämä tiedon visualisoinnin ja palveluiden kehittämisen.

4.2.4 Kotiautomaatio

Tulevaisuudessa on mahdollista, että kuluttajapään joustavien resurssit, tai vähintään osa niistä kytkeytyvät osaksi kiinteistö- tai kotiautomaatiojärjestelmää. Paikallisten energiayhteisöjen osalta yhden mahdollisuuden yhteisöjen resurssien hallintaan muodostaa resurssien liitanta osaksi kiinteistötasojen järjestelmiä, jotka automatisoivat ja optimoivat niiden käytön asiakkaiden kannalta helpolla ja huomaamattomalla tavalla. Nykyisin osa markkinoille tuotetuista virtuaalivoimalaitosratkaisuista pohjautuu kuluttajapään kuormien ohjaukseen osana loppukuluttajan energiankulutuksen optimointia, ja siten kotiautomaatiotason ratkaisuihin. Nykyisin on nähtävissä, että seuraavalla vuosikymmenellä akut, aurinkopaneelit ja sähköautojen latausratkaisut yleistyessään jakeluverkon tasolla edellyttävät kotiautomaatiota tai kiinteistöautomaatiotratkaisua liitännältään markkinoiden suuntaan [55].

Nykyisessä toimintaympäristössä AMR-mittari mittaa sähköenergiaa sähkömarkkinalain, mittauslaitedirektiivin ja tuntimittaus-suosituksen mukaisesti, jolloin mittalaitteiden keräämää dataa olisi tällöin perusteltua käyttää myös kotiautomaatiotratkaisuissa [63]. Tällöin automaation tekemä optimointi olisi mahdollista samaan lain, direktiivin ja suositusten mukaiseen kulutukseen pohjautuen. Käytännössä AMR-mittalaite tulisi toimisi tällöin master-laitteena kulutustiedon jakamiseen, ja kotiautomaation olisi mahdollista hyödyntää AMR-mittarin keräämää dataa esimerkiksi paikallisväylän kautta [63].

Nykyisten markkinoiden suuntaan kotiautomaatiojärjestelmille ja Elenian AMR-mittarilla voidaan nähdä olevan kuormanohjauksen kannalta kaksi eri roolia. AMR-mittarin kautta on mahdollista toteuttaa loppukuluttajien mittarin releelle kytkettyjen isompien kuormien, kuten lämminvesivaraajien ja sähkölämmityksen ohjaaminen. Toisaalta kotiautomaatiojärjestelmillä on mahdollista hallita koko kiinteistön kuormien automaattista säätöä, johon toiminnallisuudeltaan mittareiden ei ole mahdollista päästä. [55] Jos kotiautomaation olisi tarkoituksen mukaista ohjata myös kuormanohjausreleelle kytkettyjä

kuormia, tulisi Elenian AMR-mittalaitteen ja kotiautomaatiojärjestelmän välinen paikallisväylän tukea kaksisuuntaista tiedonsiirtoa.

Elenian AMR-mittarin on mahdollista toimia kotiautomaatiotason ohjauksien varmentajana markkinoiden suuntaan [55], mikä samalla mahdollistaisi väylän tiedonvaihdon osalta seuraavalla vuosikymmenellä kotiautomaation ohjauksessa oleville joustaville resursseille. Mahdollisuuksia Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän kytkeytymisestä kotiautomaatioon kuvataan tarkemmin luvun 5 kappaleessa 5.1.3.

Joustavien energiaresurssien lisääntyessä jakeluverkossa, ja tarkemmin pienjänniteverkossa, verkkoyhtiönä myös Elenialla voi olla tarkoituksenmukaista saada tietoa loppukuluttajapäähän kytketyistä laitteista esimerkiksi kotiautomaation kautta. Toisaalta tiedonvaihdon osalta seuraavan sukupolven AMR-mittari muodostaa väylän markkinoiden suuntaan, ja siten yhden mahdollisuuden välittää kotiautomaation tekemät ohjaukset markkinoille. Tässä suhteessa on kuitenkin oleellista todeta, että verkkoyhtiön asiakkaalla tulee olla kuitenkin oikeus liittää omaan verkkoonsa sellaista kuormaa kuin itse haluavat, minkä ei välttämättä tarvitse näkyä verkkoyhtiölle asti [55].

Liityntä kotiautomaatioon on yksi mahdollisuus rakentaa sellaisia rajapintoja, joiden avulla on mahdollista kerätä tietoa olosuhteista ja kuormasta. Tiedon tulee olla kuluttajan tietosuojan kannalta perusteltavissa kerätä verkkoyhtiön roolin mukaisesti jakeluverkon tarpeisiin. Tietoa olisi mahdollista hyödyntää esimerkiksi pienjänniteverkon valvontaan sekä sen varmistamiseen, että pienjänniteverkko pysyy myös tulevaisuudessa hallinnassa. Tässä suhteessa Elenian AMR-mittari toimisi kotiautomaation välityksellä sijoituspaikassaan tiedonvaihtovälineenä loppukuluttajan kotiautomaation kytkettyjen joustavien resurssien ja jakeluverkonhaltijan tarpeiden välillä.

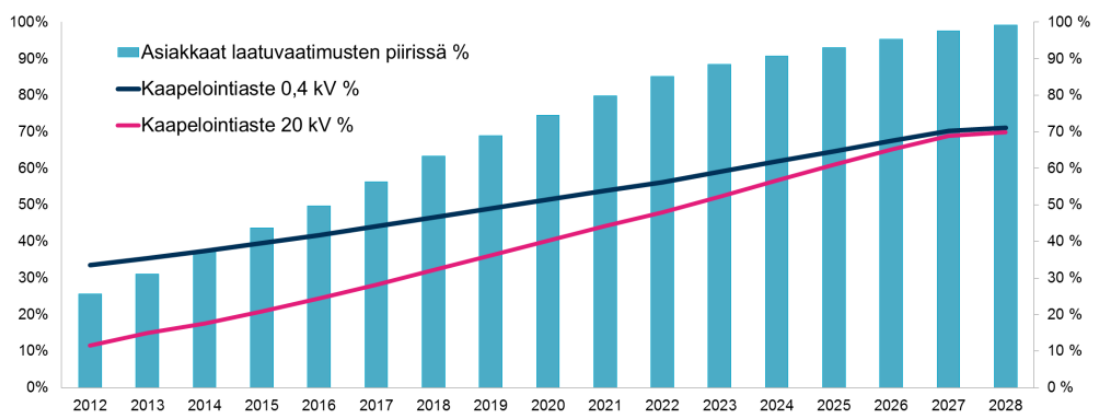
Kuten tämän luvun yhteydessä on todettu, kotiautomaation kehitys mahdollistaa energiayhteisöjen joustavien resurssien hallinnan. Tämän työn yhteydessä energiayhteisöjen lisäksi mikroverkot on tunnistettu yhdeksi potentiaalisiksi Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän hyödyntäjäksi. Energiayhteisöillä ja mikroverkoilla on mahdollista tietyn reunaehdoin tarkoittaa samaa asiaa, ja keskeisen reunaehdon tässä suhteessa muodostaa se, mihin energiayhteisöjen ja mikroverkkojen liittymäpiste jakeluverkonhaltijan kannalta muodostuu. Tässä suhteessa validi tarkastelu on se, mikä on jakeluverkkoyhtiöiden rooli erityisesti tilanteessa, jossa mikroverkot sisältävät joustavien resurssien lisäksi verkko-omaisuutta. Vastuukysymykset muodostuvat ongelmallisiksi erityisesti tilanteessa, jossa mikroverkot jakaisivat sitä investointia verkko-omaisuuteen, jonka verkkoyhtiö on tehnyt [53][54]. Haastattelututkimuksessa korostuivat tässä suhteessa erityisesti ongelmat yleisesti vastuukysymyksistä, päällekkäisen verkkoinfrastruktuurin rakentamisesta sekä tarkemmin epäselvyydet esimerkiksi verkon liittämiselvöllisyyteen liittyen. Yleisemmin voidaan todeta, että haastattelututkimuksen perusteella olemassa olevan verkkoinfrastruktuurin päällä toimivat energiayhteisöt on mahdollista nähdä selkeämmin osana verkkoyhtiönä Elenian asiakkuuskenttää tulevaisuudessa. Mikroverkkojen osalta

niiden roolia on tulevaisuudessa selkeytettävä niin lainsäädännön kuin verkkoyhtiön sääntelyn osalta.

4.2.5 LVDC-teknologia ja mikroverkot

Tasasähkönsiirto pienjänniteverkon alueella ja yleisemmin LVDC-teknologia tarjoavat mahdollisuuden liittää joustavia resursseja jakeluverkkoyhtiön kannalta nykyisen verkkoinfrastruktuurin alueelle. Yleisellä tasolla, joustavien resurssien hyödyntämistä pienjännitteisessä DC-verkossa voi näin ollen palvella niin markkinoiden kehitystä, kuin myös jakeluverkon tarpeita tulevaisuudessa. Elenialla on tehty avauksia tasajännitteen hyödyntämisessä sähkönjakelussa, jonka voi nähdä tukevan mikroverkkoajattelua ja markkinoiden kehitystä [54].

DC-teknologia ja mikroverkot mahdollistavat periaatteellisella tasolla sellaisten teknisten ratkaisujen kehittämisen, joiden on mahdollista palvella Elenian vuoden 2028 jälkeen ajoitettavaa investointikehitystä. Kuva 13 esittää Elenian laatuvaatimusten piirissä olevien asiakkaiden määrää jakeluverkon alueella vuosina 2012-2028. Kuvasta 13 nähdään, että vuoteen 2028 mennessä laatuvaatimusten piirissä olevien asiakkaiden määrä tulitaisiin saavuttamaan, jolloin pien- ja keskijänniteverkon osalta kaapelointiasteet olisivat noin 70 %. Tämä jättäisi mahdollisuuden hyödyntää DC-teknologiaa ja sen mahdollistamia energiaresursseja vaihtoehtona viimeisten verkko-osuuksien kaapeloinnille. Investointikehityksen osalta mikroverkkoajattelu nähtiin yhtenä mahdollisuutena viimeisten ilmajohto-osuuksien kaapeloinnille. Haastattelututkimuksessa mikroverkkoja suuremman merkityksen sai kuitenkin energiayhteisöt ja niiden mahdollistaminen.



Kuva 13. Elenian asiakkaat laatuvaatimusten piirissä ja kaapelointiasteet 2012-2028 [44].

Sähkömarkkinoiden kehityksen osalta DC-teknologia tukee akkujen, aurinkopaneelien ja muiden tasasähköä vaativien joustavien resurssien liittämistä jakeluverkon alueelle. EU:n puhtaan energian paketin ja älyverkkotyöryhmän tavoitetilan mukaisesti sähkövarastot

voisivat jakeluverkonhaltijan hyödynnettävissä siten, että ne tukisivat jakeluverkon toimitusvarmuutta sekä tehokasta käyttöä. Toisaalta, EU:n puhtaan energian paketissa on määritelty, että jakeluverkkoyhtiöiden ei tulisi ensisijaisesti omistaa sähkövarastoja. Nykyisin on kuitenkin nähtävissä, että markkinoiden kehityksen osalta energiavarastot tulevat olemaan merkittävässä roolissa. Tässä suhteessa akkujen merkitys joustoresursseina kysyntäjoustoön soveltuvilla markkinoilla tulee korostumaan tulevaisuudessa esimerkiksi kantaverkkoyhtiö Fingridin markkinoilla [62].

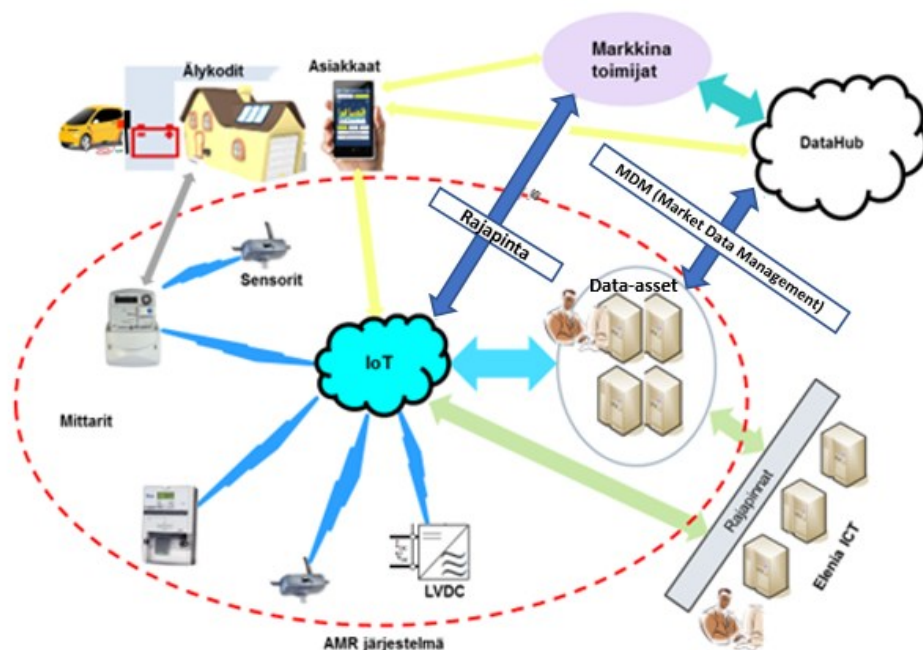
LVDC-laitteiden keräämää tietoa ei ole kokonaisuudessaan kannattavaa siirtää suoraan käytöntukijärjestelmä DMS:ään tai SCADAan, ja siirtämällä laitteiden keräämä data esimerkiksi Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän IoT-pilvivarastoon, laitteiden keräämää vähemmän kriittistä tietoa on mahdollista hyödyntää esimerkiksi verkon suunnittelussa, tai verkon kunnonhallinnan kehittämisessä. Tässä suhteessa on oleellista todeta, että kytkettyinä loppukäyttäjille LVDC-laitteiden tulisi voida hoitaa kaikki AMR-mittarin tehtävät.

Markkinoiden toiminnan kannalta on selvää, että mikroverkkoja syntyessä niille syntyy keskitettyjä palveluntarjoajia, joiden on mahdollista tarjota tulevaisuudessa mikroverkkojen muodostamaa kokonaisuutta tai hyödyntää osana mikroverkkoa toimivia joustavia resurssien kuten akkuvarastoja markkinoilla [53]. LVDC-teknologia mahdollistaa Elenian AMR-järjestelmän kannalta akkujen hyödyntämisen verkkoyhtiön tarpeisiin, mutta se tukee teknologiana samalla markkinatoimijoiden mahdollisuuksia tuottaa ja operoida akkuja tulevaisuudessa kehittyville kysynnän jouston markkinapaikoille.

5. TUNNISTETTUIJEN AMR-JÄRJESTELMÄN INTEGROITOIDEN KEHITTÄMINEN

Luvussa 4 esitettiin periaatekuva Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä, jonka potentiaalisia ulkoisia hyödyntäjiä selvitettiin luvussa haastattelututkimuksen tulosten perusteella. Kuvassa 11 esitetyn periaatekuvan mukaisesti Elenian uuden IoT-tietoliikennetarkaisun tulisi tulevaisuudessa hallinnoida integroitumista tunnistettujen AMR-järjestelmän ulkoisten potentiaalisten hyödyntäjien suuntaan. Kuvassa 14 on esitetty tässä diplomityössä muodostettu tarkennettu näkemys luvussa 4 esitetystä Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä. Elenian uuden tietoliikennetarkaisun tulisi kuvan 14 mukaisesti hallinnoida AMR-järjestelmän päätelaitteiden tietoliikennettä ja tarjota IoT-pilven kautta kerätty mittausdata Elenian uuden mittaustiedonhallintatarkaisun käyttöön.

Elenian mittaustiedonhallintatarkaisun on toimittava tulevaisuudessa nykyistä kokonaisvaltaisemmin, jolloin ratkaisun on pystyttävä toteuttamaan tulevaisuudessa myös nykyiset markkinavaatimukset ylittävän mittaustiedon määrän ja laadun hallintaa. Yksi mahdollisuus on eriyttää perinteisen markkinadatan hallinta rajapinnaksi datahubin suuntaan. Tällainen markkinarajapinta ei kuulu tulevaisuudessa osaksi Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmää. Elenian uuden mittaustiedonhallintatarkaisun keskeinen tehtävä on muodostaa uuden tietoliikennetarkaisun kautta kerätylle raakamittausdatalle merkitys, ja siten Elenialle kuvan 14 mukaisesti data-asset.



Kuva 14. Kehitetty periaatekuva Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä.

Datahub on AMR-järjestelmän integroitumisen osalta tulevaisuudessa tärkein markkina-järjestelmä. Datahub-integraation lisäksi Elenian AMR-järjestelmä tulee voida tarjota luvun 4 mukaisesti kehittyvien markkinoiden käyttöön siten, että kysyntäjoustopalvelua tarjoavien toimijoiden on mahdollista ohjata Elenian tarjoaman teknisen alustan kautta loppukuluttajien kuormia. Tässä suhteessa kuvassa 14 esitetyn IoT-tietoliikenne-ratkaisun tulee toteuttaa palvelun piiriin kytkettyjen päätelaitteiden luennan lisäksi matalan tason rajapintoja, jotka kommunikoivat laitteiden kanssa ja ohjaavat niiden toimintoja. Seuraavassa luvussa on määritetty tarkemmin kehitystarpeita Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän markkinajärjestelmä- ja asiakasintegraatioiden osalta.

5.1 Kehitystarpeet Elenian AMR-järjestelmän integraatioihin

Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän päätelaitteilta edellytettävä tiedonvaihto on keskeinen tämän työn yhteydessä tunnistettu integraatio. AMR-mittalaitteet ovat luvun 4 mukaisesti tässä suhteessa yksi osa järjestelmään kytkeytyneistä päätelaitteista, joiden tulisi voida kytkeytyä tulevaisuudessa markkinoiden toimintaan tiedonvaihtolaitteena sekä kuormanohjaustoiminnallisuuden kautta. Toisaalta, edellisen luvun yhteydessä tunnistettiin tarve tiedonvaihtoon Elenian AMR-järjestelmään kytkeytyneiden mittalaitteiden ja loppukäyttäjään automaation välillä. Tässä suhteessa on oleellista todeta, että myös LVDC-laitteet mahdollistavat liitännän kotiautomaatioon, mutta tämän työn yhteydessä tarkastelu on rajattu Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittareihin.

Elenian asiakkaiden suuntaan on tämän työn yhteydessä tunnistettu kehitystarve asiakasintegraatioon, joka mahdollistaa tiedon reaaliaikaisen ja asiakkaiden kannalta helpon tiedon visualisoinnin. Elenian asiakkailleen tarjottuja palveluita on yleisesti tuotava nykyistä tiiviimmäksi osaksi AMR-järjestelmän toimintaa. Verkkoyhtiön sääntely asettaa reunaehdoja tarkemmin sen suhteen, minkälaisen palveluiden tarjoamisen tiiviimpi integrointi mahdollistaa Elenialle verkkoyhtiönä.

Elenian mittaustiedon hallinnan tulee tulevaisuudessa vastata toimintaympäristön muutoksia, jolloin luvun 4 mukaisesti kehitystä on tapahduttava erityisesti ketteryyden ja big datan käytön osalta. Nykyisin on jo nähtävissä, että Elenian mittaustiedon hallinnan on toimittava nykyistä kokonaisvaltaisemmin, jolloin sen on mahdollistettava myös muut markkinoiden suuntaan toteutettavat integraatiot kuin ainoastaan markkinaintegraatio datahubin suuntaan. Elenian tiedonhallintaratkaisun on kyettävä tulevaisuudessa toteuttamaan mittaustiedon hallinnan lisäksi mittalaitteiden tarjoamien toimintojen ja integraatioiden hallintaa.

5.1.1 Markkinoiden kehityksen mahdollistava tiedonvaihto ja kuormanohjaustoiminnallisuus

Tiedonvaihdon reaaliaikaisuus

Tiedonvaihdon reaaliaikaisuus on markkinoiden suuntaan toteutettavan integraation osalta keskeinen tekijä. Reaaliaikaisuudella voidaan tarkoittaa kuitenkin eri asioita asiayhteydestä riippuen, jolloin vaatimusmäärittelytyön osalta reaaliaikaisuuden määrittely on oleellista. Yleisesti, sähköenergian kulutusmittaustiedon reaaliaikaisuudella voidaan tarkoittaa aikaa, jonka aikana mittari tai muu AMR-järjestelmän päätelaite tekee mittauksen sähkön kulutuksesta ja toimittaa tiedon Elenian muiden järjestelmien käyttöön. Mittausfrekvenssiä ei tule näin ollen sekoittaa edellä kuvattuun reaaliaikaisuuden määrittelmään. Lyhyemmillä mittausfrekvensseillä mitattu tieto antaa tarkempaa tietoa kulutusprofiilista, mutta edellä mainitun mukaisesti tiedonvaihdon reaaliaikaisuuden osalta myös lyhyempään mittausfrekvenssiin perustuvan mittaustiedon tulee olla Elenian järjestelmien ja tarjoamisen palveluiden hyödynnettävissä riittävän nopeasti.

Reaaliaikavaatimus määrittyy markkinoiden osalta sen perusteella, mihin markkinoihin AMR-järjestelmä tulevaisuudessa integroituu. Verkkoyhtiön nykyisen roolin kannalta kyse on tarkemmin siitä, minkä tyyppisille markkinoille Elenian loppukäyttäjien kuormien pääsy on tarkoitus mahdollistaa. Luvun 4 mukaisesti Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmä tulisi toimia tulevaisuudessa markkinoiden mahdollistajana. Luvun 4 mukaisesti kuormanohjausreleeseen kytketyt sähkölämmitys- ja lämminvesivaraajakuorma tulisi voida ensimmäisessä vaiheessa ohjata teknistaloudelliselta kannalta nykyisistä kysynnän jouston markkinoista säätösähkömarkkinoille ja taajuusohjatuille reservimarkkinoille. Edellä mainitut markkinat on tämän työn yhteydessä otettu AMR-mittareiden kuormanohjaustoimintojen osalta Elenialle tehdyn vaatimusmäärittelyn lähtökohdaksi.

Nykyisten vähittäismarkkinoiden toiminnan kannalta tarvittava reaaliaikaisuuden taso on mahdollista määritellä sen perusteella, minkä tasoisia tuotteita markkinoille tarjotaan. Luvun 4 mukaisesti nykyisin on nähtävissä, että ohjaustoiminnallisuus tarjotaan markkinaehtoisissa kysyntäjoustoja tarjoavissa palveluissa osana asiakkaan kokonaispalvelua ja asiakkaan sähkön kulutuksen optimointia. Jos asiakkaan tulee tulevaisuudessa optimoida kulutustaan taseselvitysjakson mukaisen 15 minuutin sisällä, tulisi tällöin minuuttitason tietoa olla Elenian asiakkaan hyödynnettävissä optimoinnissa [63], mikä tulisi mahdollistaa myös AMR-mittareiden toiminnallisuudessa. Toisaalta loppukäyttäjien kannalta voisi olla tarkoituksenmukaista pyrkiä sellaiseen reaaliaikaisuuden tasoon, jonka perusteella Elenian asiakkaan on mahdollista todentaa oman toimintansa vaikutukset sähkönkulutukseensa. Tällöin Elenian asiakkaiden käyttöön olisi perusteltua tuottaa sekuntitason tietoa.

Edellisen perusteella reaaliaikaisuuden määrittely ei ole yksiselitteistä, ja tiedonvaihdon reaaliaikaisuuden osalta määrittelytyö eriytetään tämän työn yhteydessä asiakkaille suunnatun palvelun ja markkinatoimijoille mahdollistetun kysyntäjoustoön soveltuvan teknisen palvelualusta välillä.

AMR-mittalaitteiden kuormanohjaustoiminnallisuus

Elenian AMR-mittareiden kautta toteuttavan kuormanohjauksen osalta on tämän työn yhteydessä tunnistettu kaksi eri ohjaustyyppiä. Toinen ohjauksista on energiamarkkinoille, ja siten myös säätösähkömarkkinoille soveltuva välitön on/off-ohjauskomento, jota rajoittaa käytössä olevan tiedonsiirron minimiviive [56]. Periaatteessa tällöin on mahdollista puhua lähes reaaliaikaisesta, sekuntitasolla tapahtuvasta tiedonsiirrosta (engl. termi ”down-to-seconds”).

Toinen tämän työn yhteydessä tunnistettu ohjaustyyppi on kalenterityyppiset ohjaukset [56][63]. Kalenterityyppisillä ohjauksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä ennakoivaa ohjausta, jolloin ohjauskomennot toimitetaan mittalaitteelle etukäteen. Kalenteriohjausten tyyppi on riippuvainen siitä, mille markkinoille toteutuksella tähdätään. Ohjaus voi olla periaatteellisella tasolla edellä kuvattu välitön on/off-kalenteriohjaus tai vaihtoehtoisesti taajuuden muutosten mittaukseen perustuva kalenteriohjaus [56]. Kalenteriohjausten tapauksessa ohjaustoiminto tulisi olla mahdollista enableoida, tai toisin sanoen tehdä mahdolliseksi tietyille asiakassegmentille ja ajanjaksolle [63]. Edellinen mahdollistaa ohjaustoiminnallisuuden rajaamista sellaisille Elenian asiakkaille, joille se on tarkoituksenmukaista. Ajanjaksolla tarkoitetaan yleisesti tässä yhteydessä nykyisin tuntia ja tulevaisuudessa 15 minuuttia.

Jos AMR-mittareilla on tarkoituksenmukaista tarjota toiminnallisuutta tulevaisuudessa kehittyville tasehallintamarkkinoille, kalenterityyppisillä ohjauksilla enableoitu ajanjakso voi olla 15 minuutin taseselvitysjaksoa lyhyempi. Tasehallintamarkkinoilla tarkoitetaan tässä nykyisin myyjän tasehallintamarkkinoita, ja tarkemmin myyjän kulutustaseen hallintaa. Sähkön myyjien on mahdollista hyödyntää joustoressursseja omaan tasehallintaansa, mikä ei aseta tarkkoja vaatimuksia joustokapasiteetin suuruudelle, mutta sen tehokas hyödyntäminen edellyttää, että myyjän on mahdollista ohjata joustoressursseja lähellä käyttötuntia riittävän nopeasti [45]. Lyhyempi mittareiden enableointijakso mahdollistaisi toisaalta Elenialle asiakkaiden kuormanohjausreleelle kytkettyjen kuormien ohjausten vuorottelun taseselvitysjakson sisällä. Tässä yhteydessä todetaan, että 15 minuutin taseselvitysjaksoa lyhyempi enableointijakso tukee yleisesti markkinoiden nopeampaa toimintaa, ja loppukuluttajien mahdollisuuksia toimia nopeutuvilla markkinoilla.

Taajuusohjatun reservimarkkinan tapauksessa enableoinnilla tulisi mahdollistaa mittarin taajuudenmittaus. Edellä mainittujen ohjausten lähetys on mittarien ohjelmistopäivityksillä periaatteellisella tasolla mahdollista [63], ja ohjauksen kannalta on oleellista, että enableoinnin jälkeen Elenian AMR-mittalaite kykenisi katkaisuun mahdollisimman nopeasti. AMR-mittareiden paikallisen taajuudenmittauksen perusteella AMR-mittalaitteen

olisi mahdollista paikallisesti kytkeä pois kuormia. Elenian AMR-mittareiden ohjaustoiminnot tulisi toteuttaa kustannustehokkaasti, ja investoinnin taajuudenmittaustoiminnallisuuteen tulisi olla teknistaloudellisesti kestävä [63].

Tiedonsiirron asettamat rajoitteet ohjauksen toteutukselle

Tiedonvaihdon kannalta ohjauskanava Elenian AMR-mittalaitteilta on mahdollista muodostaa lähettämällä mittarin releen muutostieto aina ohjauksen yhteydessä. Toisaalta ohjauskanava on mahdollista toteuttaa mittaamalla tehotietoa ja lähettämällä sitä tietyllä frekvenssillä ylätasoin järjestelmiin. Tiedonvaihdon reitti on optimoitava kummassakin edellä mainituissa tapauksissa kohdennetun markkinan ja markkinan velvoittaman vasteaika-vaatimuksen mukaan. Elenian kannalta edellinen tarkoittaa tiedonsiirron optimointia. [56]

Mittausjakson lyhentäminen ja lyhyempään mittausjaksoon perustuvien ohjauksen toteuttaminen edellyttää Elenian AMR-järjestelmältä tehokasta tiedonsiirtoa. Nykyisin 4G-mobiiliverkon osalta etäisyydellä ei ole periaatteellisella tasolla tiedonsiirron kannalta niin paljon merkitystä kuin kuuluvuudella, ja 4G-mobiiliverkon latenssi riippuu oikeastaan ainoastaan tiedonsiirtoverkon ruuhkasta [56]. Yhden mittarin ohjaus ei olisi tässä suhteessa ongelmallista, mutta suuremman massan ohjaaminen voi tuottaa nykyisin ongelmia, varsinkin alueilla, jossa mittalaitteet toimivat yhden tukiaseman varassa. Edellinen korostaa ennakoivan ohjauksen merkitystä. Tässä yhteydessä todetaan, että mittalaitteille toimitettavien ohjauksen tapauksissa tulisi pyrkiä ennakoitavuuteen, jolloin välittömiä ohjauksikomentoja tulisi toimittaa mittareille vain tarvittaessa.

Nykyisin on jo nähtävissä, että myös tiedonsiirtoteknologioiden on pystyttävä kehittymään tulevaisuudessa. Tämän työn yhteydessä ei määritellä kuitenkaan Elenian uuden tietoliikenne- ja ohjauksen ominaisuuksia tarkemmin.

5.1.2 Elenian mittaustiedon ja mittalaitteiden tarjoamien toimintojen hallinta

Muuttuvan toimintaympäristön asettamia vaatimuksia Elenian mittaustiedon hallinnalle ei ole nykyisin mahdollista määritellä tarkasti. Näin ollen, toimintaympäristön muutoksen velvoittama kehitys tulisi mahdollistaa tulevaisuudessa ketterästi ja joustavasti. Yhdestä sovelluksesta koostuva tiedonhallintaa varten toteutettu IT-järjestelmä ei tällöin palvele vaadittavaa kehitystä riittävällä tasolla [48]. Kehittämisen ja erityisesti järjestelmän päivitettävyyden kannalta ohjelmistoteknisesti mikropalveluarkkitehtuuri ja ketterät menetelmät tarjoavat tällöin kehitykselle joustavamman lähtökohdan. Mikropalveluarkkitehtuurilla tarkoitetaan tämän työn yhteydessä ohjelmistoarkkitehtuurimallia, jossa Elenian nykyinen mittaustiedonhallintaa toteuttava sovelluskokonaisuus on jaettu pienempiin ja helpommin hallittaviin osiin esimerkiksi pilvipalveluun.

Jakeluverkkoyhtiönä Elenialle muodostuu tarve kokonaisvaltaiselle mittaustietoa hallinnoivalle ratkaisulle. Tällainen ratkaisu sisältää mittalaitteilta tulevan raakamittaustiedon vastaanottamisen Elenian IoT-tietoliikenne-ratkaisulta ja raakadatan jalostamisen Elenian kannalta hyödynnettävään muotoon. Elenian IoT-tietoliikenne-ratkaisun tulisi voida toteuttaa tiedonkeruun lisäksi toimintorajapinnat mittalaitteiden toiminnoille ja AMR-mittareiden tapauksessa tarkemmin kuormanohjausreleelle. Edellä mainittuja toimintoja hyödyntämään Elenian uuteen mittaustiedonhallintaratkaisuun on mahdollista rakentaa sovelluksia esimerkiksi mikropalveluarkkitehtuurin mukaisesti [48]. Osa sovelluksista toteuttaa integraatioita ulkopuolisiin järjestelmiin ja palveluihin.

Mittaustiedon hallinnan osalta merkityksen liittäminen AMR-mittalaitteiden keräämälle raakamittaustiedolle sekä mittausdatan saattaminen saataville Elenian laitteille, järjestelmille ja palveluille muodostaa Elenialle data-asetin. Elenian uuden mittaustiedonhallintaratkaisun osalta mikropalveluilla on mahdollista toteuttaa tiedonhallintajärjestelmän toimintoja hajautetusti. Edellä kuvatut ratkaisut Elenian mittaustiedon ja mittalaitteiden hallintaan toimivat osana Elenian uutta tietoliikenne-ratkaisua. Seuraavalla vuosikymmenellä AMR-järjestelmään liitettyjen päätelaitteiden keräämä tiedon määrä lisääntyy, jolloin perinteiset työkalut eivät ole riittäviä tiedon käsittelyyn. Näin ollen toteutettavissa sovelluksissa tulisi olla mahdollista hyödyntää pilvipalveluita tehokkaasti.

Elenian asiakastiedon yhdistäminen mittaustietoon on Elenian nykyisen AMR-järjestelmän osalta toteutettu luvussa 2 esitetyssä asiakastietojärjestelmä EnerimCIS:n ja EnergyIP:n synkronointiprosessissa. Kerättyä raakamittaustietoa ei kuitenkaan tulevaisuudessa ole tarkoituksenmukaista jalostaa kaikella asiakastiedolla. Tulevaisuudessa tiedon yhdistäminen tulisi olla mahdollista toteuttaa hajautetusti, jolla tarkoitetaan merkityksen yhdistämistä raakadataan käyttötarkoituksen mukaisesti. Mittalaitteiden keräämä mittausdata tulisi liittää ensimmäisessä vaiheessa käyttöpaikkatietoon, ja tarkemmin käyttöpaikkanumeroon, joka toimii markkinoiden osalta yksilöivänä tunnisteena.

Edellä kuvatusta mikropalveluarkkitehtuurista on nykyisin mahdollista tunnistaa tarve sellaiselle markkinaintegraatiolle, joka täyttää tulevaisuudessa markkinavelvoitteiden asettamat vaatimukset. Tämän työn yhteydessä MDM (Market Data Management) määritellään tarkemmin yhdeksi sovellukseksi markkinoiden suuntaan, jonka on noudatettava toimialasuositusten mukaisia määräyksiä ja asetuksia, ja toteutettava tulevaisuudessa integraatiota datahubiin.

Kuvassa 15 on esitetty edellä kuvattu MDM-markkinaintegraatio. Kuvan 15 mukaisesti Elenian tulevan mittaustiedonhallintaratkaisun tulisi tarjota AMR-järjestelmään kytkeytyneiden mittalaitteiden keräämä mittaustieto MDM-sovelluksen käyttöön. Datahub-integraatiota toteuttavan sovelluksen on nykyisessä toimintaympäristössä mahdollistettava tuntimittaussuosituksen mukaiset aikasarjojen täydennykset ja tekniset integraatiot Elenian laskutukseen, tasepalveluihin ja myyjien tuntisarjojen lähetyksen suhteen. Lisäksi sovelluksen tulisi mahdollistaa tasevirheraportit ja niiden lähettäminen.

Sähkön myyjätieto on jakeluverkkoyhtiön sähkömarkkinavastuiden kannalta oleellinen tieto, jonka on siten oltava MDM-integraation käytössä datahubin käyttöönottoon asti. Elenian mittaustiedonhallintaratkaisun kannalta kerätty mittaustiedon voi olla puutteellista vielä sen jalostamis- ja muokkausvaiheessa [48]. MDM:n toiminnoissa mittaustietoa on kuitenkin pystyttävä validoimaan markkinavelvoitteiden vaatimalla tavalla, ja markkinoille lähetettävän tiedon tulee olla myyjien laskutusta varten kokonaista.

Siirtyminen 15 minuutin taseselvitysjaksoon on tulevaisuudessa keskeinen markkinoilta tuleva velvoite, joka asettaa periaatteellisella tasolla vaatimuksia MDM-sovelluksen toiminnalle. MDM-sovelluksen tulee voida käsitellä 15 minuuttiin, ja yleisemmin markkinoilla käytössä olevan taseselvitysjakson mukaista aikasarjaa tulevaisuudessa.



Kuva 15. Diplomityön yhteydessä tunnistettu MDM-markkinaintegraatio.

Toinen tämän työn yhteydessä tunnistettu kehitystarve on kysyntäjoustopuolella mahdollistavien rajapintojen luonti AMR-mittalaitteiden toiminnoille ja kuormanohjaukselle. Jos seuraavan sukupolven AMR-mittareihin toteutetaan kuormanohjaustoiminnallisuus, Elenian uudelle tietoliikennejärjestelmään syntyy tarve uudelle ohjauskanavalle. Järjestelmäarkkitehtuurisesti kuvassa 14 esitetyn IoT-tietoliikennejärjestelmän tehtävä on hallita ensisijaisesti kaikkea tiedonsiirtoa, järjestelmää hyödyntävien ulkoisten osapuolten autentikointia ja tietoturvaa [56]. Autentikoinnin kannalta IoT-tietoliikennejärjestelmällä ja Elenian mittalaitteiden toimintojen hallinnalla on oltava tieto siitä, että sähkön myyjällä tai muulla palveluntarjoajalla on oikeus ohjata käyttöpaikan AMR-mittalaitetta, mikä käytännössä rajaa ulos sen, että myyjät tai palveluntarjoajat pääsisivät ohjaamaan kuormia suoraan mittarilta.

Uuden ohjauskanavan ei tule edellyttää muutosta MDM-integraation puolelle, sillä kuormanohjaukseen liittyvän tiedon ensisijainen säilytyspaikka ei ole tulevaisuudessa MDM-sovellus. Kuormanohjaustoiminnallisuus esimerkiksi taajuusohjatuille markkinoilla vel-

voittaa keräämään ohjaushetkellä sekuntitason tietoa, jonka paikka ei tule olemaan mitaustiedon kannalta MDM-sovelluksen puolella, mutta mikä voi vielä Elenian mittalaitteiden kuormanohjaustoiminnallisuuden pilotoinnissa kuulua osaksi toteutusta. [56]

Datahub tulee tarjoamaan tulevaisuudessa väylän markkinatoimijoille käyttöpaikkatiedon tarkastelemiseen loppukäyttäjien antamalla luvalla, jolloin markkinaehtoisten kysyntäjoustoratkaisujen, ja tarkemmin virtuaalivoimalaitos- tai virtuaaliakkupalveluiden on mahdollista toteuttaa ohjaukseen vaadittujen käyttöpaikkojen aggregointi. Elenian uuden tietoliikennetarkaisun tulisi pystyä ensisijaisesti tarjoamaan toimijoille IoT-pilven välityksellä väylä AMR-mittalaitteidensa ohjaamiseen. Tietoa kuormanohjauksia toteuttavista käyttöpaikoista tulisi kuitenkin voida ylläpitää myös Elenian uuden mittaustiedonhallintatarkaisun puolella, jotta tietoa ohjausten toteuttamisesta on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa myös esimerkiksi Elenian verkon suunnittelussa ja hallinnassa.

5.1.3 Liityntä kotiautomaatioon

Luvun 4 mukaisesti Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän tulisi voida integroitua loppukäyttäjään kotiautomaatioon tulevaisuudessa. Liitynnällä kotiautomaatioon tarkoitetaan tämän työn yhteydessä Elenian AMR-järjestelmän ja tarkemmin yksittäisen AMR-mittarin liityntää loppukäyttäjien älykkäisiin laitteisiin ja kotiautomaatiotason järjestelmiin. Yleisesti, kotiautomaatiojärjestelmien kannalta kehityksen tulisi kulkea mittariliitännän mahdollistumisen osalta vapaampaan suuntaan [56], mutta tämän työn yhteydessä keskitytään määrittelemään mittarin ja mittarijärjestelmän muodostamaa rajapintaa kotiautomaation suuntaan.

Nykyisin liitännä kotiautomaatioon on mahdollista toteuttaa fyysisesti AMR-mittalaitteen optisen portin kautta, jolloin liitännän osalta tilanne on sama kuin minkä tahansa muunkin lisälaitteen kannalta. Kahdensuuntaisen tiedonsiirtoväylän avaaminen optisen portin kautta mittarille mahdollistaa asiakkaan suoran pääsyn mittarille, mikä muodostaa liitännälle kuitenkin suuren tietoturvariskin. [55] Käytännössä nykyisin AMR-mittarin kautta tilanne rajoittuu s0 -ja Mbus-pulssin tarjoamiseen, joiden kautta on mahdollista saada siirrettyä mittareilta ainoastaan kulutustieto [56].

Liityntään tulisi olla käytössä standardoitu rajapinta, johon loppukäyttäjällä tulisi olla mahdollista liittyä langallisesti tai langattomasti [55]. Tietoa tulisi voida toimittaa kotiautomaation suuntaan tietyin reunaehdoin, joista keskeiset reunaehdot muodostavat tiedonsiirron suunta sekä tiedonsiirtofrekvenssi. Tiedonsiirtoa varten mittari tulisi voida ohjelmoida välittämään tietoa esimerkiksi muutaman sekunnin välein, jolloin visualisoitavat tiedot olisivat loppukäyttäjän käytössä riittävän nopeasti ja helposti. Fyysisen liitännän kannalta rajapinta voisi olla Norjan tapaan standardoitu. Toinen mahdollisuus on, että liitännä toteutetaan vapaasti ohjelmoitavana rajapintana esimerkiksi RJ45-liitännän kautta. [56]

Fyysinen liitin on tiedonsiirron kannalta nopein vaihtoehto. Elenian kannalta toinen mahdollinen liityntävaihtoehto on langaton tiedonsiirto Elenian AMR-järjestelmän IoT-pilven kautta. Käytännössä liityntä IoT-pilven kautta aiheuttaa tiedonsiirron viiveen ja datan siirtoa. Nykyisin on kuitenkin jo nähtävissä, että tuleva hinnoittelu datan suhteen tulisi perustua pilvipalveluissa hyödynnettävän datan määrään, eikä esimerkiksi siihen, kuinka monta käyttöpaikkaa Elenian pilvipalveluun on kytketty [48]. [56]

5.1.4 Elenian asiakkaille tarjottavat sähköiset palvelut

Luvun 2 mukaisesti sähkömarkkinavelvoitteiden mukainen kulutustieto visualisoidaan asiakkaille nykyisin Elenia Aina -palvelussa, minkä lisäksi palvelu tarjoaa nykyisten sähkömarkkinoiden osalta tietoa Elenian asiakkaille sähkön myyjien hinnoista. Palveluna Elenia Aina tarjoaa nykyisin asiakkaille markkinavelvoitteiden edellyttämän tiedon, ja tarkemmin mahdollistaa asiakkaalle lain mukaan sen tiedon visualisoinnin, jonka perusteella toteutetaan asiakkaiden laskutus. Kuten luvussa 4 todettiin, nykyisin on nähtävissä, että sähkön laskutus on vain osa niin sähkön myyjien, kuin muiden markkinatoimijoiden tarjoamaa palvelua tulevaisuudessa. Edellinen tarkoittaa, että Elenian sähköisten palveluiden tulisi kehittyä sellaiseen suuntaan esimerkiksi tiedon visualisoinnin osalta, joka mahdollistaa muunkin kuin laskutus- ja tasehallintapalveluiden tuottamisen.

Elenia Aina -palvelun osalta keskeinen kehityskohde on palvelun monitoroinnin ja raportoinnin lisääminen tulevaisuudessa. Palvelun tarkoista käyttäjämäärästä, palvelun tyytyväisyydestä ja mahdollisten lisäpalveluiden tarpeesta ei ole nykyisin tarvittavalla tasolla tietoa saatavilla. Tarve mahdollisille lisäpalveluille tulisi voida selvittää ensimmäisessä vaiheessa Elenian asiakkailta. [52]

Sähkömarkkinoiden muutos ja asiakkaiden tuominen keskeisemmäksi osaksi markkinoiden toimintaa edellyttää Elenian asiakkaille tuotettujen sähköisten palveluiden kehitystä ja integroitumista AMR-ympäristöön ja hankkeisiin nykyistä paremmin. Keskeisenä kehityskohteena on tiedon visualisointi asiakkaille sekä markkinatoimijoiden kannalta helpouden varmistaminen asiakkaille tarjottavissa palveluissa. Mobiilirajapinta muodostaa Elenian asiakkaiden suuntaan tulevaisuudessa integroitumismahdollisuuden, jonka kautta asiakkaiden kannalta reaaliaikainen tieto on mahdollista visualisoida.

Lisäarvopalveluiden tarve tulisi voida selvittää asiakkailta. Tässä suhteessa tulevaisuudessa oleellista on asiakkaiden tietoisuuden lisääminen, ja siten tiedon saattaminen helposti asiakkaiden käyttöön. Yleisellä tasolla kaikki asiakasta koskeva tieto tulisi olla siinä muodossa saatavilla, kun palveluntuottaja sen asiakkaalta kerää, ja siinä muodossa, kun asiakas sen haluaa. Toisaalta asiakkaan tarpeeseen on mahdollista vaikuttaa muuttamalla kerättyä dataa hyödynnettävämpään muotoon, eli jalostamalla sitä.

Elenian kannalta asiakkaille tulisi voida visualisoida lähtökohtaisesti standardi kulutus-tieto, mitä kerätään asiakkaan käyttöpaikalta. Standarditiedolla tarkoitetaan tässä yhteydessä markkinavelvoitteiden edellyttämän kulutuksen mittausta. Mittaustiedon jalostaminen sellaiseksi, että se tuo selkeää lisäarvoa asiakkaalle voi olla toimintamallina sellainen, mitä Elenian ei ole verkkoyhtiönä mahdollista tehdä verkkoliiketoiminnan piirissä kaupalliselta näkökannalta. [53]

Tulevaisuudessa verkkoyhtiönä Elenialla tarjoamat palvelut voivat liittyä reaaliaikaisen tiedon visualisoinnin lisäksi esimerkiksi siihen, onko Elenian asiakkaalla jostain syystä poikkeuksellisen suuri kulutus. Markkinatoimijoiden osalta palvelu voisi myös liittyä myyjän vaihtamisen helppouden tukemiseen, mitä on mahdollista tukea esimerkiksi digitalisaation kautta. Reaaliaikaisen tiedon visualisointi mobiiliasiakasrajapinnan kautta mahdollistaa esimerkiksi erityyppiset hälytys- ja vahtipalvelut asiakkaan käyttöön. [53] Yleisemmin, asiakkaille tarjotuilla sähköisillä palveluilla tulisi voida ohjata siirtymistä kohti tehopohjaisia tuotteita sähkönsiirron osalta, mikä pidemmällä aikajänteellä edesauttaa tehotariffin käyttöönottoa.

5.2 Valittujen integraatioiden kehittäminen

Elenian on mahdollista kehittää markkinapaikkaa verkkoyhtiön roolin mukaisesti. Kuten luvussa 4 on todettu, asiakkaiden asettaminen sähkömarkkinoiden keskiöön luo verkkoyhtiönä Elenialle tarpeen kehittää markkinapaikkaa sellaiseen suuntaan, joka mahdollistaa loppukäyttäjien osallistumisen sähkömarkkinoille kysyntäjoustopuolelta. Kehittyvät sähkömarkkinat edellyttävät tulevaisuudessa nopeaa tiedonvaihtoa, jota Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän on mahdollistettava. Tässä suhteessa reaaliaikaisen tiedon visualisointi asiakkaille, ja siten asiakkaiden tuominen integroituneemmaksi osaksi markkinoita ja AMR-järjestelmää mahdollistaa osaltaan markkinapaikan kehittämisen tarvittavaan suuntaan.

Tämän luvun yhteydessä tehty kehitystyö ja vaatimusmäärittely on toteutettu heijastaen nykyisten markkinoiden toimintaa ja kehitystä. Kehitystyön lopputuloksia ja niiden merkitystä suhteessa jakeluverkkoyhtiön rooliin on analysoitu tarkemmin luvussa 6. Lisäksi tulokset on heijastettu lainsäädännön ja sääntelyn kehittämiseen sekä tietoturva ja -suojakysymyksiin.

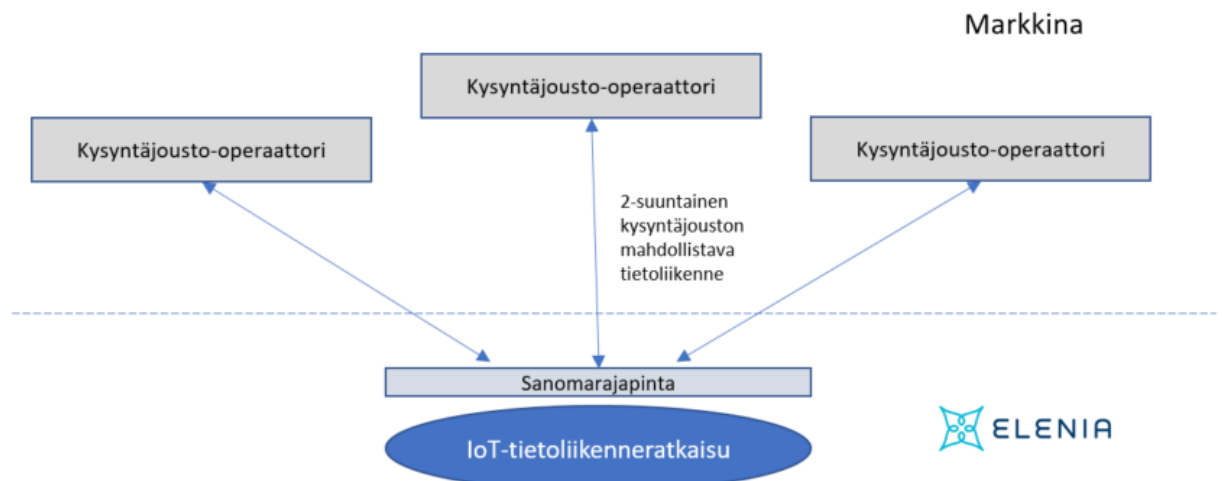
5.2.1 Kysyntäjoustotoiminnallisuus

Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmä tulisi voida luvun 4 mukaisesti tarjota markkinoille siten, että se muodostaa tulevaisuudessa teknisen alustan kysynnänjoustolle, johon markkinatoimijoiden on mahdollista integroitua. Teknisen alustan tulisi toteuttaa tarvittava tietoliikenne Elenian AMR-mittareiden ja toimijoiden markkinaehtoisten rat-

kaisujen välillä. Eräs mahdollinen tapa edelliseen on toteuttaa markkinoiden ja markkinatoimijoiden suuntaan tasapuolinen, standardoitu ja yhteinen sanomaformaattia toteuttava rajapinta.

Tämän diplomityön yhteydessä sanomaliikenteen tyyppiä ei määritellä tarkemmin, ja tässä suhteessa todetaankin, että tietoliikenteen tulisi olla kaksisuuntainen ja kysyntäjoustopon mahdollistava. Kappaleen 5.1.2 mukaisesti sähkön myyjille ja muille palveluntarjoajille ei tulisi kuitenkaan avata pääsyä mittareiden ohjaukseen suoraan, jolloin verkkoyhtiönä Elenian tulisi pystyä välittämään toimijoiden antamat kuormanohjauskomennot mittarin kuormanohjausreleelle kytketyille kuormille ja todentaa AMR-mittarien tekemät ohjaukset.

Tämän luvun yhteydessä määritellään vaatimukset kysyntäjoustopoiminnallisuuden osalta niiltä osin, kuin ne mahdollistavat kaupallisten virtuaalivoimalaitosalustojen, ja yleisemmin kysyntäjoustopo-opeaattoreiden tekemät ohjaukset Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittarin kautta kytketyille kuormille. Kuvassa 16 on esitetty tämän työn yhteydessä määritetty mahdollinen vaihtoehto kysyntäjoustopoiminnallisuuden toteuttamisesta osaksi Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmää.



Kuva 16. Mahdollinen vaihtoehto kysyntäjoustopoiminnallisuuden toteuttamiseksi osana Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmää.

Kuvan 16 mukaisesti Elenian AMR-järjestelmän tulisi voida tarjota kaikille markkinatoimijoille avoin ja standardoitu sanomaraajapinta markkinaehtoisille kysyntäjoustopo-opeaattoreille. Rajapinnan tulisi mahdollistaa kaksisuuntainen tietoliikenne Elenian IoT-tietoliikenneraikaisuun ja markkinaehtoisien kysyntäjoustopo-opeaattoreiden tarjoavien ratkaisujen välillä. Kuvassa 16 esitetyn rajapinnan tulisi voida välittää dynaamisten kalenterityyppisten ohjausten välitys Elenian uuden tietoliikenneraikaisuun kautta AMR-mittarin kuormanohjausreleelle.

Ohjauskomennoilla tulisi olla prioriteetti, mikä mahdollistaa mittarille ennalta syötetyn ohjauskalenterin ohituksen korkeamman tason prioriteetin omaavalla ohjauskomennolla tarvittaessa. Kuten luvussa 5.1.1 todettiin, mittalaitteille toimitettavien ohjausten osalta tulisi pyrkiä kuitenkin ennakoitavuuteen, jolloin välittömiä ohjauskomentoja tulisi toimittaa mittareille vain tarvittaessa. Välittömän ohjauskomennon jälkeen asetettua dynaamista kalenteria tulisi voida jatkaa alkuperäisen asettelun mukaisesti. Elenian tulisi todentaa reletieto sekä ohjauksesta aiheutuneet tehonmuutokset. Käytännössä tehoprofiili tulee voida tallentaa aina ohjauksen jälkeen, ja tallennettu tehonäyte tulisi välittää markkinoiden edellyttämän vasteaikavaatimuksen mukaisesti ohjauskomennon toimittavalle kysyntäjousto-operaattorille.

5.2.2 Mittaustiedon visualisointi ja mobiiliasiakasrajapinta

Teknisen toteutuksen kannalta Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittareiden tulisi visualisoida tulevaisuudessa asiakkaan pyytämä kulutus- ja tuotantotieto sekuntitasolla, jolloin asiakkaalla olisi mahdollisuus todentaa oman toimintansa vaikutukset, ja siten tulla nykyistä tietoisemmaksi omista vaikutusmahdollisuuksistaan sähkömarkkinoilla. Toisaalta kappaleen 5.1.3 mukaisesti Elenian AMR-mittarin on mahdollista muodostaa väylä tiedon visualisoimiseen myös loppukäyttäjään kotiautomaatiojärjestelmissä, jolloin sama AMR-mittarilla kerätty sähkön kulutustieto tulee voida siirtää sekuntitason viiveellä tulevaisuudessa myös asiakkaan kotiautomaatiojärjestelmään. Käytännössä Elenian asiakkaille tulee tarjota väylä tiedon visualisointiin paikallisväylän kautta asiakkaan omissa järjestelmissä sekä langaton ratkaisu helposti asiakkaan käyttöön mobiilisovelluksen kautta.

Reaaliaikaisen tiedonvaihdon ja tiedon visualisoinnin osalta tiedon jalostamistarve on oleellisessa roolissa. Käytännössä vaatimus sekuntitason reaaliaikaisuudesta edellyttää sen, että mittalaitteilta kerätty raakamittausdata visualisoidaan loppuasiakkaille mahdollisimman nopeasti tiedonsiirtoteknologian asettamien reunaehtojen puitteissa, jolloin tietoa ei ole mahdollista jalostaa. Mobiilikanava tarjoaa mahdollisuuden tiedon loppukuluttajien kannalta helppoon visualisointiin, ja samalla mahdollisuuden hyödyntää mobiiliasiakasrajapintaa laaja-alaisesti digitaalisten lisäarvopalveluiden kehittämiseen tulevaisuudessa.

Mobiiliasiakasrajapinnan kautta tarjottujen palveluiden roolin on mahdollista nähdä korostuvan tulevaisuudessa. Datahubin käyttöönoton jälkeen sähkönmyyjät tulevat vastaamaan sopimusprosesseista, ja samalla nykyisin palvelukehityksen perusteella on nähtävissä, että osa myyjistä tarjoaa sähköenergian myyntiliiketoiminnan ohella laajempaa kokonaispalvelua, jonka yhtenä osana on kulutuksen ohjaus. Myyjävetoisen palvelun yleistyessä sähkömarkkinoilla mobiiliasiakasrajapinnan merkitys verkkoyhtiönä Elenialle loppukuluttajan palvelussa korostuu.

Mobiiliasiakasrajapinnan kautta tarjotuilla lisäarvopalveluilla tarkoitetaan tässä yhteydessä verkkoyhtiönä Elenian brändiä tukevia palveluita, jotka varmistavat sen, että Elenia pysyy loppuasiakasta lähellä strategiansa mukaisesti, ja kehittää samalla markkinapaikkaa verkkoyhtiön roolin mukaisesti. Tässä suhteessa esimerkiksi vaihekohtaisten tehojen visualisointi Elenian asiakkaille mobiiliasiakasrajapinnan kautta on tulevaisuudessa oleellista. Tämän työn luvun 3 mukaisesti tehoon perustuva tariffikomponentti lisää asiakkaiden mahdollisuuksia vaikuttaa oman verkkopalvelumaksunsa suuruuteen. Vaihekohtaisten tehojen visualisoinnin voidaan nähdä lisäävän asiakkaiden ymmärrystä tehon käsitteestä sekä sen muutosten vaikutuksista. Todentamalla loppukuluttajan oman toiminnan vaikutukset, kuluttaja on mahdollista saada nykyistä kiinnostuneemmaksi myös esimerkiksi kysynnän jouston mahdollistavista ratkaisuista, mikä lopulta edesauttaa tehotariffin käyttöönottoa. Ensimmäisessä vaiheessa erityisesti Elenian kaksiaikatariffin piirissä toimiville asiakkaille tulisi tarjota mahdollisuus visualisoida tehojen muutoksia reaaliaikaisesti. Lisäarvopalveluna edellinen mahdollistaa hälytykset esimerkiksi vaihekohtaisten tehojen ylittämistä.

Reaaliaikaisen mittaustiedon visualisointi tulisi toteuttaa langattomalla yhteydellä mobiililaitteeseen Elenian uuden IoT-pilven kautta, jolloin hetkellisten ja vaihekohtaisten tehojen visualisointia rajoittaisi ainoastaan käytössä olevan tiedonsiirtoteknologian viive. Tässä suhteessa reaaliaikaisen tiedon visualisointia ei tulisi liittää osaksi nykymäärittelyn mukaista Elenia Aina -palvelua. Elenialla kehitetään nykyisin AMR-mittariin mobiilinäyttöä, joka tarjoaa Elenian asiakkaille tasaveroisen tavan tarkastella mittalaitteen lukemaa, ja jota on mahdollista hyödyntää myös reaaliaikaisten vaihekohtaisten tehojen visualisoinnissa.

Elenia Aina -palvelun tulisi integroitua tulevaisuudessa ensimmäisessä vaiheessa nykyisessä muodossaan tulevaisuudessa ensisijaisesti MDM-sovellukseen, jonka tehtävä on kappaleen 5.1.2 mukaisesti käsitellä ja jalostaa mittausdataa markkinavelvoitteiden määrittämällä tavalla. Jatkossa myös Aina-palvelun tulee perustua nykyistä reaaliaikaisempaan kulutustiedon visualisointiin. Tässä suhteessa reaaliaikaisuuden tason määrittelee kulloisetkin markkinavelvoitteet. Datahubin käyttöönoton jälkeen palvelu edellyttää kokonaan uudenlaista lähestymistapaa. Käyttöönottonsa jälkeen datahub tulee tarjoamaan asiakkaille mahdollisuuden markkinavelvoitteiden mukaisen tiedon tarkasteluun, ja Aina-palvelun rooli tulee tämän jälkeen määrittää Elenialla uudelleen.

5.2.3 Integroituminen kotiautomaatioon

Verkkoyhtiönä Elenian tulee voida mahdollistaa integraatio kotiautomaatioon. Kuten tämän työn yhteydessä on todettu, mittarin on mahdollista toimia master-laitteena kulutusmittauksen osalta. Kuormanohjaustoiminnallisuuden kannalta kotiautomaatiojärjestelmän on mahdollista varmentaa myös loppukuluttajapään kotiautomaatiojärjestelmän tekemät ohjaukset, mikä kuitenkin edellyttää kaksisuuntaista tiedonsiirtoa kotiautomaation

ja Elenian AMR-mittarin välillä. Kaksisuuntainen tiedonsiirto AMR-mittarin ja kotiautomaatiojärjestelmän välillä mahdollistaa myös kotiautomaation tekemät ohjaukset AMR-mittarin kuormanohjausreleelle.

Kotiautomaatioon integroitavuuden osalta AMR-mittarin tulisi mahdollistaa kaksi rajapintaa kotiautomaatioliitännän kannalta. Fyysinen rajapinta mittarille mahdollistaa nopean ja varman väylän tietojen välitykseen AMR-mittarin ja kotiautomaation välillä. Asiakkaiden helppouden kannalta tulisi voida toteuttaa myös sellainen tekninen ratkaisu, joka tukee langatonta tiedonsiirtoa. Langatonta ratkaisua ja tiedonsiirtoa fyysisessä rajapinnassa tulee ohjata tietoturva, ja molempien ratkaisujen tulee varmistaa tietoturva riittävällä tasolla. Fyysinen liitäntä mahdollistaa liitännän myös sellaisissa tiloissa, jossa kuuluvuus ei riitä langattoman tiedonsiirron tarpeisiin.

Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittarista tulisi löytyä langallisen tiedonsiirtoväylän lisäksi myös langaton ratkaisu ensisijaisesti paikallisesti Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittarin kautta. Langattoman ja langallisen ratkaisun tulisi tukea sähkönkulutuksen lisäksi myös muun kiinteistön sisäisen kulutuksen, kuten kaasun ja veden mittausta, joka tarjoaisi asiakkaiden palveluntarjoajille mahdollisuuden yhdistää myös ne tarjoamansa palvelun piiriin. Riittävän tietoturvan varmistamiseksi yhden integroitumismahdollisuuden muodostaa langaton ratkaisu Elenian IoT-pilven kautta, joka tässä suhteessa muodostaisi yhden kerroksen lisää tietoturvan varmistamiseksi. Käytännössä edellinen kuitenkin aiheuttaa tiedonsiirron viiveen, jonka merkitys tulee tulevaisuudessa arvioida erikseen. Kulutustiedon lähetyksen osalta AMR-mittarin tulee voida päivittää mittaustiedot sekunnin välein ja visualisoida ne esimerkiksi loppukuluttajapään kotiautomaatiojärjestelmän kautta. Jos Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittareihin kuuluu ominaisuutena taajuudenmittaus, mielenkiintoisen mahdollisuuden muodostaa tulevaisuudessa taajuuden lähettäminen Elenian seuraavan sukupolven AMR-mittalaitteista kotiautomaatiojärjestelmän käyttöön.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Edellisessä luvussa kehitettiin Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän integroitumista kotiautomaatioon liittymän, markkinatoimijoiden suuntaan toteutettavan kysyntäjoustotoiminnallisuuden ja Elenian asiakkaiden suuntaan toteutettavan reaaliaikaisen tiedon visualisoinnin osalta. Haastattelututkimuksen tulosten perusteella diplomityön yhteydessä Elenialle tehtiin edellä mainittujen osalta vaatimusmäärittely [46], jota ei kuitenkaan esitetä julkisesti tämän työn yhteydessä. Luvussa 6.1 tehty kehitystyö on heijastettu regulaation ja lainsäädännön kehitykseen tulevaisuudessa. Lisäksi luvussa 6.2 on nostettu esille tulevaisuudessa korostuvia tietoturva ja -suojakysymyksiä. Luvussa 6.3 on arvioitu diplomityössä tehdyn tutkimuksen validiteettia ja ehdotettu mahdollisia jatkotutkimuskohteita.

Nykyisin on nähtävissä, että seuraavalla vuosikymmenellä markkinoiden vaatima nopeus ja reaaliaikaisen tiedon lisääntyminen muodostavat tarpeen viedä myös verkkoyhtiön roolia eteenpäin [54]. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että lainsäädännön kehityksessä tulee heijastumaan EU-tason päätöksenteko, jossa energia-alan murroksen osalta keskeisessä roolissa on EU:n puhtaan energian paketti. Puhtaan energian paketissa ja sen säädöksissä määriteltäviä toimenpiteitä tulee saada tässä suhteessa osaksi myös verkkoyhtiön sääntelyä. Tunnistettuja mekanismeja edellisen osalta ovat verkkoyhtiön rooli markkinapaikan kehittämisessä sekä loppukuluttajien saaminen mukaan markkinoiden toimintaan. Edellisessä luvussa tehty kehitystyö suhtautuu tässä suhteessa hyvin edellä mainittuun.

Markkinoiden kehityksen osalta kehitystyön keskeisenä johtopäätöksenä voidaan pitää sitä, että Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän on seuraavalla vuosikymmenellä mahdollistettava myös muu markkinoiden suuntaan toteutettava integraatio kuin ainoastaan markkinaintegraatio datahubin suuntaan. Luvussa 5.1 määritetty datahub-integraatiota toteuttava MDM-sovellus on kuitenkin hyvä esimerkki järjestelmän päätelaitteilta kerätyn datan hyödyntämisestä hajautetusti, jolla tarkoitetaan merkityksen yhdistämistä kerättyyn raakadataan sen käyttötarkoituksen mukaisesti. Tässä suhteessa MDM-sovelluksen tulee hyödyntää mittausdataa markkinavelvoitteiden edellyttämällä tavalla, ja raakamittausdataa tulee muokata ja jalostaa sellaisella asiakastiedolla, joka on oleellista edellä mainitun datahub-integraation kannalta.

Yleisemmin, järjestelmän tuottama data kasvaa merkittävästi seuraavalla vuosikymmenellä. Elenian uuden mittaustiedonhallintaratkaisun on pystyttävä toteuttamaan tulevaisuudessa datan kokonaisvaltaista hallintaa, jonka yhtenä keskeisenä osana on luvun 5.1 mukaisesti integraatioiden hallinta. Järjestelmän päätelaitteilta kerätyn datan hallinnassa on mahdollista hyödyntää esimerkiksi mikropalveluarkkitehtuuria. Diplomityön yhteydessä muodostettiin näkemys Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä sen toiminnallisuuksista järjestelmän eri tasoilla [46], jota on avattu seuraavassa.

Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän kannalta alimman tason muodostaa toiminnallisuutena IoT-tietoliikennetarkaisuun kytkettyjen päätelaitteiden tekemät mittaukset ja ohjaukset. Järjestelmäarkkitehtuurisesti seuraavan tason muodostaa Elenian IoT-pilvipalvelu, jonka tehtävänä on toteuttaa päätelaitteiden tuottaman datan tiedonkeruu ja tiedonvälitys. Edellä mainitun lisäksi IoT-pilven tulisi luvun 5 mukaisesti voida toteuttaa laitteiden kanssa kommunikoivia ja niiden toimintoja ohjaavia rajapintoja. Yhden tällaisen rajapinnan muodostaa AMR-mittareiden osalta edellisessä luvussa määritelty kysyntäjoustotoiminnallisuutta toteuttava sanomarakajapinta.

Elenian uusi mittaustiedonhallintaratkaisu muodostaa seuraavan tason ja samalla järjestelmäarkkitehtuurin kannalta kerroksen, jossa mittausdataa jalostetaan. Datan jalostamiskerros mahdollistaa IoT-pilven tuottaman kasvavan datamäärän analysoinnin ja yleisemmin data-analytiikan ja big data -työkalujen hyödyntämisen datan analysoinnissa. Mittaustiedonhallintaratkaisun tulee pystyä jalostamaan IoT-pilven keräämää mittausdataa yhdistämällä sitä esimerkiksi verkko-, käyttö- ja asiakastilannetietoon. Datan jalostamiskerroksen tulisi pystyä jakamaan ja yhdistelemään muiden Elenian tietojärjestelmien dataa siten, että järjestelmään kytketyiltä päätelaitteilta kerättyä raakamittausdataa on mahdollista hyödyntää esimerkiksi verkkohallinnan tarpeisiin. Datan jalostaminen ja hyödyntäminen esimerkiksi Elenian verkon- ja kunnonhallinnan tarpeisiin on keskeinen jatkotutkimuksen kohde tulevaisuudessa.

Diplomityön yhteydessä todettiin, että perinteisen markkinadatan hallinta on mahdollista tulevaisuudessa eriyttää AMR-järjestelmän kannalta rajapinnaksi datahubin suuntaan. Luvun 5.1 yhteydessä määriteltiin tarkemmin vaatimukset edellä mainitun rajapinnan osalta. Kuten työn yhteydessä määriteltiin, datahub-integraatiota toteuttavan MDM-sovelluksen tulee jalostaa Elenian IoT-pilven keräämää ja tarjoamaa raakamittausdataa markkinavelvoitteiden edellyttämällä tavalla. Edellinen mahdollistaa samalla muokatun datan tarjoamisen nykymäärittelyn mukaisen Elenia Aina -palvelun käyttöön.

Kuten edellä on todettu, tulevaisuudessa markkinoiden kehitys edellyttää vielä myös verkkoyhtiön roolin kehittymistä. Verkkoyhtiön rooli asiakkaiden liittymäpisteen hallinnassa korostuu tulevaisuudessa. On todennäköistä, että pientuotanto, sähköakat sekä sähköinen liikenne yleistyvät oleellisesti jakeluverkon tasolla ensi vuosikymmenellä. Tällöin on mahdollista, että tuotannon säariippuvuudesta aiheutuva systeemitason ongelma siirtyy jakeluverkon tasolle, mikä korostaa samalla tehon merkitystä. Tässä suhteessa tulevaisuudessa huomiota tulee kiinnittää erityisesti asiakkaan liittymäpisteelle, jota tulee pystyä hallitsemaan, ja siten varmistaa, että pienjänniteverkko pysyy hallinnassa.

Eryteisesti energiayhteisöjen ja mikroverkkojen tapauksessa on mahdollista, että tarkastelupiste tulee muodostumaan tulevaisuudessa liittymätasolle. Energiayhteisöt ovat luvun 4 mukaisesti mahdollista nähdä Elenian potentiaalisina asiakkaina tulevaisuudessa. Haastattelututkimuksen perusteella mikroverkkojen toteuttamiseen liittyy vielä nykyisin epä-

varmuuksia ja haasteita, ja niiden perustaminen nykyisen rakennetun jakeluverkon alueelle nähdään haasteellisenä esimerkiksi verkon liittämismallisuuden kannalta. Mikroverkkoihin ja niiden hallintaan tulee kuitenkin seuraavalla vuosikymmenellä kiinnittää huomiota. Käytännössä jakeluverkonhaltijalle muodostuu tarve tulevaisuudessa asiakkaan liittymispisteessä sijaitsevalle komponentille, joka varmistaa sen, että pienjänniteverkko pysyy hallinnassa.

Nykyisten markkinoiden osalta tasehallintamarkkinoiden merkitys korostuu tulevaisuudessa [62]. Kuten luvussa 4 on todettu, on mahdollista, että tasehallintamarkkinoiden korostuminen tulevaisuudessa vähentää AMR-mittarin kautta tehdyn ohjauksen merkitystä taajuusohjatuille markkinoille. Tasehallintamarkkinoiden korostuessa tärkeä kysymys liittyy siihen, minkä ajanjakson sisällä tulevaisuudessa tehoa on kyettävä ohjaamaan. Aktiivisen tasehallinnan ja tasehallintamarkkinoiden kannalta tarve minuuttitasoisen ohjauksen 15 minuutin taseselvitysjakson sisällä voi olla perusteltua [62], jolloin myös verkkoyhtiönä Elenialla voi olla tarve AMR-mittareiden enabloinnilla mahdollistaa myös lyhyemmät ajanjaksot kuin 15 minuuttia. Lyhyemmällä ajanjaksolla tarkoitetaan tässä yhteydessä minuuttitasoa.

Asiakkaiden suuntaan tulisi kuitenkin tämän työn kehitystyön mukaisesti visualisoida sekuntitasoista tietoa, jonka perusteella Elenian asiakkaan on mahdollista todentaa oman toimintansa vaikutukset sähkönkulutukseensa, ja mikä samalla luo tietoisuutta hyödyntää tulevaisuudessa AMR-mittarin kysyntäjoukseen soveltuvia ominaisuuksia, tai kannusteen investoida laajempiin kotiautomaation ratkaisusuihin. Samalla edellisellä mahdollistetaan markkinapaikan kehittyminen sellaiseen suuntaan, joka mahdollistaa loppukäyttäjien osallistumisen sähkömarkkinoille kysyntäjoukon kautta, ja siten osallistumisen tiiviimmin markkinoiden toimintaan.

Seuraavassa luvussa kuvataan lainsäädännön ja sääntelyn kehittymistä tulevaisuudessa ja sen vaikutuksia tämän työn yhteydessä tehdyille kehitystyölle.

6.1 Lainsäädännön ja sääntelyn kehittyminen

Verkkoliiketoiminnan valvontamalli on vahvistettu aikavälille 2016-2023. Verkkoyhtiöllä ei ole nykyisin kannustinta edistää kysynnän joukkoa, ja verkkoliiketoiminnan valvontamalli ei kannusta tarkemmin hyödyntämään joukkoa vaihtoehtona verkon vahvistamiselle ja verkkoinvestoinneille [44, s. 38]. On kuitenkin nähtävissä, että nykyisen sääntelymallin aikana tullaan pohtimaan uusia mekanismeja, ja on todennäköistä, että tulevaisuudessa EU-tason lainsäädäntöä tuodaan selkeämmin osaksi regulaation viitekehystä [54]. Joukkojen lisääminen osaksi verkkoyhtiön sääntelyä voidaan katsoa edellyttävän kuitenkin sitä, että markkina-alustaa tulisi olla rakennettu jo ennen sitä. Tässä suhteessa markkinoiden mahdollistajan rooli ja ensimmäisessä vaiheessa AMR-mittarin perässä olevien lämmityskuormien ohjaaminen markkinaehtoisesta kysyntäjoukosta piiriin voidaan nähdä oleellisena.

Regulaation kehittymisen kannalta seuraavat suuremmat muutokset tulevat todennäköisesti ajoittumaan vuoden 2024 jälkeen [54]. Verkkoyhtiön monopolia ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista laajentaa tulevaisuudessa tarpeettomasti, ja tämän työn yhteydessä tehty kehitystyö kysyntäjoustotoiminnallisuuden osalta tukee tässä suhteessa sääntelyn kehitystä tulevaisuudessa. Kuten tämän työn yhteydessä on todettu, standardoidun ja kaikille osapuolille tasapuolisen rajapinnan tarjoaminen markkinatoimijoille kysynnän joustoon voidaan katsoa olevan vielä nykyisen verkkoyhtiön roolin mukaisena markkinaehtoisuutta tukevana toiminnallisuutena. Käytännössä luvussa 5.2.1 määritetyn rajapinnan kautta toimijoille on mahdollista muodostaa tasapuolinen mahdollisuus kuormien ohjaukseen, jolla tässä suhteessa avataan markkinoita. Toimitilojen ja laajempien kiinteistöjen kuormaa, ja yleisemmin loppukuluttajan automaation kautta kytkettyä hienjakoisempaa kuormaa ei nykyisin ole perusteltua liittää osaksi AMR-mittarin kautta tehtävää ohjausta. Tulevaisuudessa on kuitenkin nähtävissä, että osaksi loppukuluttajapään automaatiota on mahdollista liittää kasvavissa määrin sähkövarastoja ja sähköisen liikenteen latauspisteitä, jotka vaikuttavat keskeisesti jakeluverkon toimintaan. Näiden osalta haastattelututkimuksella ei saatu kerättyä tarpeeksi tietoa, jonka perusteella näiden joustoresurssien hyödyntämistä verkkoyhtiön kannalta markkinoiden suuntaan olisi ollut mahdollista ottaa määrittelytyössä riittävällä tarkkuudella huomioon.

Lainsäädännön kehityksen osalta älyverkkotyöryhmän linjaukset ovat tärkeitä, sillä ne määrittävät selkeän rajan, jota vasten Elenian on verkkoyhtiönä mahdollista kehittää toimintojaan tulevaisuudessa. Tämän työn ja työn tulokset on tässä suhteessa heijastettava älyverkkotyöryhmän tekemään määrittelytyöhön tulevaisuudessa.

Luvun 4 mukaisesti AMR-järjestelmän liitäntä kotiautomaatioon mahdollistaa sellaisten rajapintojen luomisen, joiden avulla on mahdollista siirtää tietoa asiakkaan kuormista ja niiden ohjattavuudesta. Tulevaisuudessa voi olla kuitenkin mahdollista, että lainsäädännöllä kielletään kaksisuuntainen tiedonsiirto tietoturvaongelmien vuoksi AMR-mittalaitteen ja kotiautomaation välillä [57]. Käytännössä verkkoyhtiönä Elenia tulee saamaan tiedon verkkoon kytketyistä aurinkopaneeli- ja latauspisteliittymistä myös tulevaisuudessa. Toisaalta joustoresurssien kytkeminen näkyy esimerkiksi mitattavien kohteiden tehoprofilissa.

Reaaliaikaisen tiedon visualisoinnin osalta luvun 5.2.2 mukaisesti asiakkaiden pääsy tietoon tulisi toteuttaa Elenian IoT-pilven datavarastosta, jolloin tiedon visualisointia rajoitaisi ainoastaan IoT-tiedonsiirtoteknologian aiheuttama viive. Tarkemmin, luvun 5.2.3 mukaisesti asiakkailta kerätyn kulutus- ja tuotantotiedon visualisointi tulisi toteuttaa vaihekohtaisesti Elenialla kehitettävän mobiilinäytön kautta. Nykyisin, erityisesti monet kerrostaloihin sijoitetuista AMR-mittalaitteista on sijoitettuna siten, että asiakkailla ei ole mahdollisuutta tarkastaa mittariensa kulutuslukemaa. Tässä suhteessa mobiilinäyttö tarjoaa nykyistä tasavertaisemman ja helpomman alustan kulutuslukeman tarkasteluun ja

digitaalisten lisäarvopalveluiden kehittämiseen. Mittarinäytön korvaaminen mobiilinäytöllä edellyttää nykyisen mittauslaitelain muuttamista, jossa mittalaitedirektiiviä tulkitaan uudella tavalla [57].

6.2 Tietoturva ja tietosuojakysymykset

Tietoturva ja -suojakysymykset korostuvat tulevaisuudessa. Tietoturvan osalta AMR-järjestelmän IoT-tietoliikennetarkkailun tulisi pystyä osaltaan varmistaa riittävä tietoturva, ja yleisemmin tietoturva on pystyttävä varmistamaan Eleniain seuraavan sukupolven AMR-järjestelmässä yleisesti usealla eri tasolla. Kuten edellisen luvun yhteydessä on todettu, tietoturva AMR-mittarin tasolla voi kotiautomaation liitännän suhteen aiheuttaa sen, että liitäntä rajataan tulevaisuudessa lainsäädännöllä yksisuuntaiseksi.

Kaikissa EU:n jäsenmaissa tullaan soveltamaan 25.5.2018 alkaen EU:n yleistä tietosuojasetusta (General Data Protection Regulation, GDPR), jota sovelletaan henkilötietojen käsittelyyn. [47] Tulevan EU:n tietosuojasetuksen osalta asiakkaasta ei tule tulevaisuudessa kerätä turhaa tietoa. Käytännössä tässä suhteessa syntyy ero sen suhteen, mikä tieto on asiakkaan kannalta välttämätöntä. Lyhyempään mittausfrekvenssiin perustuva tiedon kerääminen ei välttämättä ole asiakkaan kannalta välttämätöntä, mutta se tukee markkinoiden, ja tarkemmin verkkoyhtiön roolia markkinoiden mahdollistajana. Kuten tämän työn yhteydessä on todettu, verkkoyhtiön oleellinen tehtävä on mahdollistaa markkinapaikka, jonka yhtenä oleellisena osana markkinapaikan kehittäminen on tulevaisuudessa mahdollista nähdä. Myös taseselvitysjaksoa lyhyemmän kulutustiedon kerääminen ja asiakkaille visualisointi on mahdollista nähdä oleellisena osana verkkoyhtiön markkinapaikan mahdollistajan roolia ja markkinapaikan kehittämistä tulevaisuudessa.

EU:n tietosuojasetuksen osalta käyttöpaikkanumero nähdään tulevaisuudessa henkilötietona, jolloin erityisesti sen käsittelyyn on kiinnitettävä huomiota. Tämän työn yhteydessä todetaan, että tietosuojan kannalta osalta käyttöpaikkatieto tulisi voida salata lähtökohtaisesti Eleniain IoT-pilvessä. Jos raakamittaustieto liitetään käyttöpaikkanumeroon luvun 5 mukaisesti Eleniain uuden mittaustiedonhallintatarkkailun puolella, ei käyttöpaikkanumeroa tarvita IoT-pilven muodostamassa datavarastossa lainkaan, jossa päätelaitteilta kerätty raakamittaustiedon yhdistetään ensisijaisesti mittalaitteen numeroon.

6.3 Tutkimustyön validiteetti ja jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen validiteettia on yleisellä tasolla mahdollista tarkastella monesta eri näkökulmasta. Diplomityössä toteutetun tutkimuksen perusteella saatuja tuloksia tarkastellaan tämän luvun yhteydessä kriittisesti sen perusteella, kuinka diplomityölle asetetut tavoitteet olivat tehdyllä tutkimuksella mahdollista saavuttaa. Tämän työn ensimmäisessä luvussa määritettiin tutkimuksen tavoitteet, ja niiden saavuttamiseksi määritettiin apukysymykset työn rajauksen puitteissa. Apukysymysten avulla pyrittiin tunnistamaan ne

Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän integraatiot, jotka mahdollistavat markkinoiden tarvittavan kehityksen tulevaisuudessa.

Työtä taustoitettiin luvuissa 2 ja 3 kirjallisuustutkimusta hyödyntäen. Luvussa 2 kuvattiin Elenian nykyinen AMR-järjestelmä, mikä edellytti perehtymistä nykyiseen AMR-ympäristöön ja sen osana toimiviin järjestelmiin. Tässä suhteessa tutkimuksessa käytetty lähdemateriaali sisälsi useita Elenian sisäisiä kirjallisuuslähteitä, jotka eivät ole siten julkisia. Luvussa 3 toteutetussa kirjallisuustarkastelussa pyrittiin löytämään lähteitä mahdollisimman monipuolisesti, ja tässä kohdin oli mahdollista huomata diplomityön aiheen ajankohtaisuus. Osa hyödynnettävistä lähteistä julkaistiin kirjallisuustutkimuksen aikana, joista merkittävimpänä TEM:n älyverkkotyöryhmän väliraportti.

Osana diplomityötä toteutettiin haastattelututkimus, jossa tehtiin yhteensä 16 haastattelua, jotka käsittivät Elenian sisäisiä ja ulkoisille toimijoille toteutettuja haastatteluja. Haastatteluista [48] ja [58] toteutettiin lopulta avoimina haastatteluina, ja loput haastatteluista puolistrukturoituina teemahaastatteluina, joiden haastattelurungot on esitetty liitteessä A. Ulkoisille toimijoille tehtiin yhteensä 5 haastattelua. Haastattelurungot suunniteltiin tarkoituksella laajoiksi, mikä edellytti haastatteluiden johtamista keskustelun aikana, jolla tuli varmistaa, että haastattelussa keskustelu pysyi työn rajauksen piirissä. Laajoilla kysymyksenasetteluilla pyrittiin mahdollistamaan tarpeeksi pitkälle tulevaisuuteen liittyvien näkemysten löytäminen, mitä haastattelukysymysten liian kapea-alainen rajaaminen olisi voinut aiheuttaa. Yleisesti voidaan todeta, että tutkimuksessa toteutettujen haastatteluiden määrä oli riittävä. Tutkimuksen validiteetin osalta merkittävimiksi tekijöiksi muodostuivat tutkimuksen ajankohtaisuus ja tässä suhteessa näkemysten mahdollinen muuttuminen tutkimuksen aikana, sekä haastattelututkimuksessa saatujen tulosten riittämättömyys suhteessa työlle asetettuihin tavoitteisiin.

Elenian sisäisillä haastatteluilla saatiin kerättyä eniten sellaista tietoa, jota oli mahdollista hyödyntää työssä tehdyssä kehitys- ja määrittelytyössä. Tutkimuksen osalta tämä on myös luonnollista, sillä haastatteluista suurin osa oli Elenian sisäisiä, ja tutkimuksessa korostuivat erityisesti Elenian sisäiset näkemykset tarvittavasta kehityksestä. Ulkoisilla haastatteluilla tavoiteltiin markkinoiden tarvittavan kehityksen osalta uudenlaista ja innovatiivista näkemystä, jonka nähtiin olevan tutkimuksen osalta tärkeässä roolissa, ja jota tutkimus olisi lopulta kaivannut. Edellistä ei kuitenkaan tutkimusten tulosten osalta pystytty täysin saavuttamaan. Tutkimuksen toteutuksen osalta ongelmat liittyvät haastatteluvien haluttomuuteen ottaa kantaa oman yrityksensä sisällä meneillään olevasta kehityksestä ja tarpeeksi pitkälle menevän näkemyksen puute tarvittavasta kehityksestä. Epävarmuudet esimerkiksi vastuukysymyksistä eri toimijoiden välillä voidaan nähdä rajoittaneen tarpeeksi pitkälle tulevaisuuteen ulottuneita näkemyksiä markkinoiden kehityksestä. Älyverkkotyöryhmän käynnissä oleva työ nähtiin tässä suhteessa oleellisena, ja useissa haastatteluissa sivuttiin työryhmän tekemää työtä ja sen merkitystä.

Haastattelututkimuksen perusteella diplomityön työn luvussa 5.2 määriteltyjen integraatioiden osalta Elenialle tuotettiin vaatimusmäärittely [46]. Luvun 6 yhteydessä tutkimuksessa saatuja tuloksia analysoitiin suhteessa lainsäädäntöön, verkkoyhtiön sääntelyyn ja markkinoiden kehitykseen tulevaisuudessa, minkä lisäksi nostettiin esille tulevaisuudessa korostuvia tietoturva ja -suojakysymyksiä. Tutkimusta voidaan yleisesti pitää tämän luvun yhteydessä esiin nostetut tutkimuksen haasteet huomioiden onnistuneena.

Kuten tämän työn luvussa 2 on todettu, integroituminen verkkotietojärjestelmän ja yleisemmin verkkotiedonhallinnan suuntaan sisältää useita muita hyödyntämismahdollisuuksia, joita ei tämän työn yhteydessä kuitenkaan tarkasteltu tarkemmin. Integroitumismahdollisuuksia tulisi voida selvittää ja tutkia esimerkiksi erillisen diplomityön yhteydessä. Toisen potentiaalisen jatkotutkimuskohteen Elenialle voisi tulevaisuudessa muodostaa siirtyminen yö-päivätariffista markkinaehtoisen kysyntäjoukon piiriin, ja erityisesti se, kuinka edellä mainittu olisi verkkoyhtiön kannalta mahdollista toteuttaa.

7. YHTEENVETO

Tutkimuksessa selvitettiin Elenian AMR-järjestelmän nykytila ja tutkittiin Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän integroitumista sähkömarkkinoihin liittyvään toimintaympäristöön. Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimusta. Diplomityössä toteutettu tutkimus rajattiin asiakas- ja markkinaintegraatioiden tutkimiseen. Verkkoyhtiön toimintaympäristön muutosta energiatoimialalla ja verkkoyhtiön roolin muutosta sähkömarkkinoilla tutkittiin työn kirjallisuustutkimusosuudessa, jossa edellä mainittuja tarkasteltiin muun muassa EU:n lainsäädännön kehityksen kannalta ja TEM:n älyverkkotyöryhmän julkaisuihin perustuen.

Diplomityön yhtenä keskeisenä tavoitteena oli Elenian seuraavan sukupolven AMR-integraatiosta hyötyvien järjestelmien, palveluiden, markkinoiden ja eri osapuolten selvittäminen ja kehitystarpeiden määrittäminen näihin suuntautuvien integraatioiden osalta. Tutkimuksessa tunnistettujen kehitystarpeiden perusteella diplomityössä määriteltiin vaatimukset kotiautomaatioon liittyvän, markkinatoimijoiden suuntaan kysyntäjoustotoiminnallisuuden ja Elenian asiakkaiden suuntaan reaaliaikaisen tiedon visualisoinnin osalta. Tutkimuksen lopputuloksena tuotettiin vaatimusmäärittely [46] valittujen integraatioiden osalta. Vaatimusmäärittelyn tulokset heijastettiin työssä lainsäädännön ja regulaation kehitykseen tulevaisuudessa.

Työn tulosten saavuttamiseksi työssä toteutettiin haastattelututkimus, jonka tulosten perusteella tunnistettiin työn rajauksen puitteissa seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän potentiaalisia ulkoisia hyödyntäjiä. Haastattelututkimuksen avulla muodostettiin näkemys Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä, ja erityisesti siitä, kuinka järjestelmä on tarjottava kehittyvien sähkömarkkinoiden käyttöön. Tutkimuksen yhteydessä todettiin, että datahub on keskeisin markkinajärjestelmä, johon Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän tulee integroitua, ja osana tutkimusta määritettiin vaatimukset datahub-integraatiota toteuttavan rajapinnan osalta.

Tutkimuksen yhtenä keskeisenä johtopäätöksenä todettiin, että datahub-markkinaintegraation lisäksi Elenian seuraavan sukupolven Elenian AMR-järjestelmä tulisi voida tarjota kehittyvien markkinoiden käyttöön siten, että kysyntäjoustopalvelua tarjoavien toimijoiden on mahdollista ohjata Elenian tarjoaman teknisen alustan kautta loppukuluttajien kuormia. Standardoidun ja markkinaosapuolille tasapuolisen rajapinnan tarjoaminen voidaan nähdä vielä nykyisen verkkoyhtiön roolin mukaisena markkinaehtoisena toiminnallisuutena. Työssä määritettiin vaatimukset Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän kysyntäjoustotoiminnallisuutta toteuttavan rajapinnan osalta, jotka sisällytettiin osaksi työn lopputuloksena tuotettua vaatimusmäärittelyä. Reaaliaikaisen tiedon visualisointi loppukuluttajille nähtiin tutkimuksessa oleellisena roolissa loppukuluttajien tuomisessa nykyistä integroituneemmaksi osaksi sähkömarkkinoiden toimintaa.

Diplomityössä toteutettua tutkimusta voidaan pitää kokonaisuudessaan onnistuneena. Haastattelututkimuksen merkittävimiksi haasteiksi muodostuivat tutkimuksen ajankoh-
taisuus ja tässä suhteessa näkemysten mahdollinen muuttuminen tutkimuksen aikana,
sekä haastattelututkimuksessa saatujen tulosten riittämättömyys suhteessa työlle asetet-
tuihin tavoitteisiin. Haastattelututkimuksen kannalta ongelmat liittyvät tarkemmin haas-
tateltavien haluttomuuteen ottaa kantaa yrityksen sisällä meneillään olevasta kehityksestä
sekä epävarmuuksiin esimerkiksi vastuukysymyksiin liittyen eri toimijoiden välillä. Äly-
verkkotyöryhmän työ ja sen tekemät linjaukset ovat tässä suhteessa oleellisessa roolissa
tulevaisuudessa. Edellä mainitut haasteet rajoittivat tutkimuksen tuloksia ja erityisesti
työlle asetettujen tavoitteiden kannalta riittävän pitkälle meneviä näkemyksiä markkinoi-
den kehityksestä. Tutkimuksen tuloksia voidaan pitää kuitenkin edellä mainitut haasteet
huomioiden luotettavina ja onnistuneina. Tässä suhteessa tutkimuksen tavoitteet saavu-
tettiin ja työssä tuotettua vaatimusmäärittelyä on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa
Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmän hankinnan suunnittelussa ja sen tu-
kena.

LÄHTEET

- [1] Elenia-konsernin vuosikertomus 2016. Elenia. Saatavilla: <http://www.elenia.com/fi/vuosikertomukset>.
- [2] Kauppinen M., Pylvänäinen J., Karjalainen J., Sihvola V. Experiences of Using AMI System for DSO's Business Operation. 24th International Conference on Electricity Distribution. 12-15 June 2017. Glaskow. 22.4.2010. Espoo
- [3] 588/2013 Sähkömarkkinalaki.
- [4] Markus Piispanen. Synergioiden saavutettavuus automaattisessa mittarinluennassa sähkö-, kaukolämpö- ja vesihuolto-yhtiöiden välillä. Aalto-yliopisto. Diplomityö. 91 s.
- [5] Erkki Lakeri & Jarmo Partanen. Sähkönjakelutekniikka. Otatieto. Helsinki 2009. s. 258–259.
- [6] Tuntimittauksen periaatteita 2016. Tuntimittaus-suositus. Energiateollisuus. 12.10.2016. 41 s.
- [7] Iskraemeco A. ME371, MT371, ME372, MT372. Technical Description. EAD 020.611.325. Version 2.01draft, 14.11.2008.
- [8] Iskraemeco B. MT37x Technical Description. Version 0.00. 21.06.2007. Ei-julkinen dokumentti.
- [9] Elenia Palvelut Oy:n mittalaite koulutus. Elenian sisäinen dokumentti. 11.4.2015.
- [10] Aidon A. Verkkosivu [WWW]. Saatavilla: www.aidon.fi (viitattu: 25.10.2017).
- [11] Aidon B. 3-vaiheisen P2P A6531C6411 2G/3G suoraliitännäisen mittarin asennusohje.
- [12] Aidon C. RS-485 -mittalaitteiden asennusohje 6000-sarjan energiapalvelulaitteille. Versio 2.7 A.
- [13] Juha Järvenpää. AMR Järjestelmäkuvaus. Tekniikkapäivät. 7.9.2017. Elenian sisäinen dokumentti.
- [14] Elenian ja Telian palvelusopimus. Asiakasratkaisun liite nro 1. Ei-julkinen lähde.
- [15] Tasevirheiden käsittely Elenia Oy:ssä. Menettelyohje. Elenian sisäinen dokumentti. 2015.

- [16] Smart Metering in Elenia. Järjestelmäkuvaus. Elenian sisäinen dokumentti. 24.1.2017.
- [17] MDMS – järjestelmän yleiskuvaus. Järjestelmäkuvaus. Elenian sisäinen dokumentti. 3.7.2017. (dokumentin käsittely osana keskustelua IT-asiantuntija Hannu Lohtanderin kanssa 5.9.2017)
- [18] eMeter. EnergyIP™ User Guide. Versio: 10.8.2013
- [19] Mäkelä, P. New Business and Process Development Opportunities Utilizing Meter Data Management System. Tampere. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. 2011. 78 s.
- [20] EnergyIP. Järjestelmäkuvaus. Elenian sisäinen dokumentti. 24.1.2013
- [21] Nordic Imbalance Settlement Handbook. Verkkosivu [WWW]. Saatavilla: <https://www.esett.com/handbook/> (viitattu: 21.4.2018).
- [22] 66/2009 Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. 6 luku – Sähköntoimitusten mittaus sähköverkossa ja kiinteistön sisäisessä verkossa. 5.2.2009. Helsinki.
- [23] Elenia Aina – yhteenveto. Elenian intra-järjestelmä. Elenian sisäinen lähde.
- [24] Kauppinen M., Tuovinen M., Nirhamo T., Mäkinen A., Pikkarainen M., Pakonen P., Järventausta P. Analysis of needs and available solutions for second generation AMR support for Smart Grids. SGEM.
- [25] Matkalla kohti joustavaa ja asiakaskeskeistä sähköjärjestelmää. Työ- ja elinkeinoministeriön väliraportti. 38/2017. 2017. Helsinki.
- [26] The Role of the Distribution System Operator in the Electricity Market. GEODE, July 2016.
- [27] Sähkön vähittäismarkkinat Suomessa. Energiavirasto. Verkkosivu [WWW]. Saatavilla: <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-vahittaismarkkinat-suomessa> (viitattu 19.12.2017).
- [28] Sähköverkko- ja sähkökauppaliiketoiminnan nykytila ja kehitysnäkymiä. Raportti. Lappeenrannan teknillinen yliopisto 15.6.2015.
- [29] Sähkömarkkina- ja verkkovisio 2035 & Roadmap 2025. Visio 2035 ja Roadmap hankkeen loppuraportti. Sähkötutkimuspoolin julkaisu. 7.9.2016.

- [30] Faktatietoa Euroopan unionista. Energian sisämarkkinat. Euroopan parlamentti Palveluksessasi. Verkkosivu [WWW]. Saatavilla: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/fi/displayFtu.html?ftuId=FTU_2.1.9.html (Viitattu 13.12.2017).
- [31] Ehdotus sähkön sisämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. COM (2016) 864 final. 2016/0380 (COD). 23.2.2017. Bryssel.
- [32] Sähkömarkkinalainsäädännön uudistamisen vaikutuksia sähköverkkotoiminnan valvontaan. Sähköverkkotoiminnan ajankohtaispäivät. Simo Nurmi. Energiamarkkinaviraston julkaisu. 2013.
- [33] Joustavaa energiaunionia ja tulevaisuuteen suuntautuvaa ilmastonmuutospoliitikkaa koskeva puitestrategia. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle, alueiden komitealle ja Euroopan investointipankille. Energiaunionipaketti. COM (2015) 80 final. 25.2.2015. Bryssel.
- [34] Ehdotus sähkön sisämarkkinoista. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus. COM (2016) 861 final. 2016/0379 (COD). 23.2.2017. Bryssel.
- [35] Suomen älyverkkovisio. Työryhmäraportti. Älyverkkotyöryhmä. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu. 30.10.2016.
- [36] Sähkön vähittäismarkkinoidenliiketoimintaprosessit datahubissa versio 1.2. Fingrid Oyj. 31.05.2017.
- [37] Jakeluverkon tariffirakenteen kehitysmahdollisuudet ja vaikutukset. Tampereen teknillisen yliopiston ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston loppuraportti. 18.8.2017.
- [38] Nordic Market Design Forum – Feasibility study. Executive Summary. Pöyry. Syyskuu. 2017.
- [39] AMR 2030. Määrittelydokumentti. Elenian sisäinen dokumentti. 10/2017.
- [40] Markkinapaikat. Kysyntäjousto. Verkkosivu [WWW]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/kysyntajousto/markkinapaikat/> (viitattu 2.4.2018).
- [41] Aurinkopaneelien liittäminen Elenian sähköverkkoon. Verkkosivu [WWW]. Saatavilla: <http://www.elenia.fi/uutiset/aurinkopaneelien-liitt%C3%A4minen-elenian-s%C3%A4hk%C3%B6verkkoon> (viitattu 15.3.2018).

- [42] Sähkön vähittäismarkkinoiden liiketoimintaprosessit datahubissa. versio 1.5. 19.3.2018.
- [43] Auvinen K., Honkapuro, S., Ahola J., Ahonen T. Sähköenergian mittaus kuluttajien energiapalveluiden ja puhtaan energian mahdollistajana. Keskustelupaperi.
- [44] Tasasähköjärjestelmä osana jakeluverkko osana jakeluverkkoa – LVDC Rules hanke. Hankekuvaus. Tomi Hakala. Verkkoliiketoiminnan kehittäjä. Käyttöpäivä. 19.10.2017.
- [45] Järventausta P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., Belonogova, N. Kysynnän jousto -Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiölle (DR pooli). Tampereen Teknillinen Yliopisto. 2015
- [46] Luukko, T. Vaatimusmäärittely ja periaatekuvaus Elenian seuraavan sukupolven AMR-järjestelmästä. 2018. Elenian sisäinen dokumentti.
- [47] EU:n tietosuojauudistus. Tietosuojavaltuutetun toimisto Verkkosivu [WWW]. Saatavilla: <http://www.tietosuoja.fi/fi/index/euntietosuojauudistus.html> (viitattu 30.4.2018).

HAASTATTELUT

- [48] Lohtander, H. Mittaustiedonhallintajärjestelmän integroituminen toimintaympäristöönsä. 18.1.2018.
- [49] Repo, S. Kysyntäjoustotoiminnallisuus ja virtuaalivoimailaitokset. 25.1.2018.
- [50] Mäkelä, T. Vähittäismarkkinoiden kehitystarpeet. 29.1.2018
- [51] Mäkelä, T. Kysyntäjoustotoiminnallisuus ja hyödynnettävyys eri markkinoilla. 1.2.2018
- [52] Mäkelä, T. Elenian asiakasrajapinta tulevaisuudessa. 7.2.2018
- [53] Sihvola, V. Elenian asiakasrajapinta tulevaisuudessa. 8.2.2018
- [54] Pylvänäinen, J. Vähittäismarkkinoiden kehitystarpeet. 20.2.2018
- [55] Pylvänäinen J. AMR-järjestelmien integroituminen kotiautomaatioon. 21.2.2018
- [56] Järvenpää J. AMR-järjestelmien integroituminen kotiautomaatioon ja yleiset integroitumismahdollisuudet tulevaisuudessa. 16.2.2018.
- [57] Kauppinen, M. Integroituminen kotiautomaatioon ja muut integraatiomahdollisuudet. 12.2.2018.
- [58] Hakala, T. Sähkövarastojen ja LVDC-teknologian kautta saavutettavat synergiaedut. 23.2.2018
- [59] Logren, M. (Helen) Vähittäismarkkinoiden kehitystarpeet ja kysyntäjoustotoiminnallisuus. 14.2.2018.
- [60] Segerstam, J. (Empower) Markkinoiden kehitystarpeet ja kysyntäjoustotoiminnallisuus. 14.2.2018
- [61] Honkapuro, S. (LUT) Markkinoiden kehitys ja kysyntäjoustotoiminnallisuus. 22.2.2018.
- [62] Lindroos, R. (Fingrid) Markkinoiden kehitys ja kysyntäjoustotoiminnallisuus. 9.3.2018.
- [63] Heinänen, P. (Aidon) Mittariteknologian mahdollistamat integraatiomahdollisuudet. 26.2.2018.

LIITE A: HAASTATTELUIDEN KYSYMYSRUNGOT

Haastattelukysymykset, Elenian sisäiset haastattelut

Haastateltava(t): Sirpa Repo, Suunnitteluinsinööri

Tomi Mäkelä, Tuotekehityspäällikkö

Ville Sihvola, Asiakaspäällikkö

Teema I: Vähittäismarkkinoiden kehitystarpeet

Haastateltava(t): Tomi Mäkelä

Miten sähkön vähittäismarkkinoiden tulisi toimia tulevaisuudessa? Mitkä ovat nykyisen vähittäismarkkinamallin kehitystarpeet?

Miten asiakas tulisi huomioida vähittäismarkkinoiden tarvittavassa kehityksessä?

Mitä vähittäismarkkinoiden kehitys tarvittavaan suuntaan mielestäsi edellyttää? Onko kehitykselle mielestäsi esteitä? Jos on, niin minkä tyyppisiä?

Miten määrittelisit reaaliaikaisuuden tason sähkön vähittäismarkkinoilla? Mikä on tarvittava reaaliaikaisuuden taso? Minkälaisia vasteaikojen tulisi olla?

Mitä mittaus- ja tiedonvaihtotarpeita kiinteistön sisäiset energiayhteisöt asettavat tulevaisuudessa ja millä aikajänteellä? Miten yhteisöjen toiminta tulisi mahdollistaa?

Teema II: Kysyntäjoustotoiminnallisuus ja hyödynnettävyys eri markkinoilla

Haastateltava(t): Sirpa Repo, Tomi Mäkelä

Haastattelun rajaus: Kysymyksissä keskitytään kotitalouskuluttajiin ja pieniin pk-yrityksiin

Millä laajuudella kuluttajat tulisi saada osaksi kysyntäjoustoa? Mikä kuluttaja-asiakkaiden laajuus on riittävä toimivien (kysyntäjousto-)markkinoiden synnyttämiseen ja miksi?

Mille nykyisille markkinoille eri kuluttajasegmenttien kuormat on mahdollista tarjota ja miksi? Mille markkinoille kuormat tulisi voida tarjota?

Mikä on kuluttajien valinnanvapaus kysyntäjoustopon mahdollistavissa ratkaisuissa? Miten määrittelisit nykyisen kuluttajien valinnanvapauden ja mikä sen tulisi olla?

Teema III: Elenian asiakasrajapinta tulevaisuudessa

Haastateltava(t): Tomi Mäkelä, Ville Sihvola

Miten näet Elenian asiakasrajapinnan tulevaisuudessa? Ketkä nähdään asiakkaina?

Miten energiayhteisöjen rooliin on tulevaisuudessa suhtauduttava? Mitä vaikutuksia niiden toiminnalla on verkkoyhtiön toimintaan? Onko ne mahdollista nähdä asiakkaina?

Miten mikroverkkojen rooli nähdään tulevaisuudessa?

Mihin tietoon asiakkaalla tulisi olla pääsy tulevaisuudessa ja miten? Miten tieto tulisi visualisoida asiakkaille tulevaisuudessa?

Elenia toimii strategiansa mukaisesti ”asiakasta lähellä”. Miten yhteys asiakkaaseen pidetään tulevaisuudessa?

Minkäläisten tuotteiden ja palveluiden kehityksellä varmistetaan se, että Elenia näkyy asiakkaidensa arjessa myös tulevaisuudessa?

Haastateltava(t): Jouni Pylvänäinen, Teknologiapäällikkö

Teema I: Vähittäismarkkinoiden kehitystarpeet ja verkkoyhtiön rooli tulevaisuudessa

Täyttääkö nykyisten sähkön vähittäismarkkinoiden toiminta tulevaisuudessa mielestäsi toimintaympäristön asettamat edellytykset? Minkä vuoksi?

Miten eri sähkömarkkinoiden, ja tarkemmin sähkön vähittäismarkkinoiden tulisi toimia tulevaisuudessa? Mitä vähittäismarkkinoiden kehitys tarvittavaan suuntaan mielestäsi edellyttää?

Onko vähittäismarkkinoiden tarvittavalle kehitykselle esteitä? Jos on, niin minkä tyyppisiä?

Miten kuluttaja tulisi huomioida tulevaisuudessa vähittäismarkkinoiden kehityksessä? Miten markkinoiden tarvittavan kehityksen tulisi näkyä mielestäsi kuluttajille?

Miten määrittelisit reaaliaikaisuuden tason sähkön vähittäismarkkinoilla ja mikä sen tulisi olla? Minkälaisia eri vasteaikojen tulisi olla?

Mitkä tekijät vaikuttavat verkkoyhtiön roolin kehitykseen tulevaisuudessa? Miten verkkoyhtiön roolin tulisi kehittyä tulevaisuudessa?

Teema II: Integroituminen kotiautomaatioon

Mitä incentiivejä tai kannusteita verkkoyhtiöllä, ja tarkemmin Elenialla on mielestäsi kotiautomaatioon liityntään?

Mitkä ovat mielestäsi ne reunaehdot, joiden puitteissa on perusteltua liittyä, tai mahdollistaa liityntä

a) Kotiautomaatio- ja/tai kiinteistöautomaatiojärjestelmään?

b) Sähkön myyjien ja tulevaisuudessa palveluntarjoajien tarjoamiin ohjausratkaisuihin?

c) Muihin yksittäisiin kodin älylaitteisiin?

Ja minkä takia?

Miten AMR-järjestelmä, ja tarkemmin yksittäinen AMR-mittari on tiedonvaihdon osalta mielestäsi mahdollista liittää kotiautomaatioon?

Miten AMR-järjestelmä tulisi voida liittää kotiautomaatioon tulevaisuudessa? Minkälaista tiedonsiirron AMR-järjestelmän ja kotiautomaation välillä tulisi olla?

Haastateltava(t): Juha Järvenpää, Energianhallintapäällikkö

Mitä velvoitteita muuttuvat markkinavelvoitteet asettavat mittaritiedonhallintajärjestelmään toteutettaville toiminnoille?

Mitä vaatimuksia Elenian omat kehitystarpeet asettavat mittaritiedonhallintajärjestelmään toteutettaville toiminnoille?

Miten näet MDM:n roolin markkinoiden suuntaan toteutettavan integraation osalta? Eri-tyisesti datahubin käyttöönoton jälkeen?

Miten asiakkaiden kuormien ohjaus tulisi tulevaisuudessa toteuttaa? Mitä se edellyttää

a) tiedonvaihdon osalta seuraavan sukupolven AMR-mittarilta? Minkä tyyppiset ohjaukset tai ohjausten välitys edellytetään?

b) tulevalta mittaustiedonhallintajärjestelmältä?

c) tiedonvaihdolta seuraavan sukupolven AMR-mittareiden ja Elenian mittari-IoT-pilven välillä?

Miten AMR-järjestelmä, ja tarkemmin yksittäinen AMR-mittari on teknisesti ja tiedonvaihdon kannalta mahdollista liittää kotiautomaatioon?

Miten AMR-järjestelmä tulisi voida liittää kotiautomaatioon? Miksi?

Minkälaista tiedonsiirron AMR-järjestelmän ja kotiautomaation välillä tulisi olla? Minkä tyyppisiä rajoitteita nykyiset tiedonsiirtoteknologiat asettavat?

Haastateltava(t): Markku Kauppinen, Järjestelmäasiantuntija

Miten asiakkaiden kuormien ohjaus tulisi tulevaisuudessa toteuttaa? Mitä se edellyttää

a) tiedonvaihdon osalta seuraavan sukupolven AMR-mittarilta? Minkä tyyppiset ohjaukset tai ohjausten välitys edellytetään?

b) tulevalta mittaustiedonhallintajärjestelmältä?

c) tiedonvaihdolta seuraavan sukupolven AMR-mittareiden ja Elenian IoT-pilven välillä?

Miten AMR-järjestelmä, ja tarkemmin yksittäinen AMR-mittari on teknisesti ja tiedonvaihdon kannalta mahdollista liittää kotiautomaatioon?

Miten AMR-järjestelmä tulisi voida liittää kotiautomaatioon? Miksi? Minkälaista tiedonsiirron AMR-järjestelmän ja kotiautomaation välillä tulisi olla? Mitä rajoitteita nykyiset tiedonsiirtoteknologiat asettavat? Näetkö, että mahdolliset ongelmat on mahdollista selvittää? Miten ja millä aikajänteellä?

Haastattelukysymykset, ulkoisten toimijoiden haastattelut

Haastateltava(t): Markus Logren, Kehityspäällikkö (Helen Oy)

Jan Segerstam, Kehitysjohtaja (Empower IM)

Samuli Honkapuro, Apulaisprofessori (LUT)

Teema I: Sähkömarkkinoiden tiedonvaihto- ja kehitystarpeet

Miten eri sähkömarkkinoiden, ja tarkemmin sähkön vähittäismarkkinoiden tulisi toimia tulevaisuudessa? Mitä vähittäismarkkinoiden kehitys tarvittavaan suuntaan mielestäsi edellyttää?

Onko vähittäismarkkinoiden tarvittavalle kehitykselle esteitä? Jos on, niin minkä tyyppisiä?

Miten kuluttaja tulisi huomioida tulevaisuudessa vähittäismarkkinoiden kehityksessä? Miten markkinoiden tarvittavan kehityksen tulisi näkyä mielestäsi kuluttajille?

Miten määrittelisit reaaliaikaisuuden tason sähkön vähittäismarkkinoilla ja mikä sen tulisi olla? Minkälaisia eri vasteaikojen tulisi olla?

Mitä tiedonvaihtotarpeita kiinteistön sisäiset, ulkopuoliset ja hajautetut energiayhteisöt asettavat tulevaisuudessa? Tulisiko yhteisöjen toiminta mahdollistaa? Miten?

Mitä tiedonvaihtotarpeita sähköinen liikenne asettaa seuraavissa tapauksissa:

a) Älykäs lataus jakeluverkon pullonkaulatilanteissa

b) Kysyntäjoustossa sähkövarastoina (V2G)

Teema II: Kysyntäjoustotoiminnallisuus ja asiakasnäkökulma

Millä laajuudella kuluttajat tulisi saada osaksi kysyntäjoustoa? Mikä kuluttaja-asiakkaiden laajuus on riittävä toimivien markkinoiden synnyttämiseen ja miksi?

Mille markkinoille eri kuluttajasegmenttien (pienkuluttajat, pk-yritykset) kuormat on mahdollista tarjota ja miksi? Mille markkinoille kuormat tulisi voida tarjota?

Millainen siirtymän kysyntäjoustoon tulisi olla asiakkaan näkökulmasta?

Mikä on kuluttajien valinnanvapaus kysyntäjouston mahdollistavissa ratkaisuissa? Miten määrittelisit nykyisen kuluttajien valinnanvapauden ja mikä sen tulisi olla?

Minkä osapuolen tulisi toteuttaa sähkönkulutuksen ohjaukset ja minkä takia? Mitä vaatimuksia eri markkinat asettavat ohjaukskäskyjen toimittamiselle?

Haastateltava(t): Risto Lindroos, Johtava asiantuntija (Fingrid)

Teema I: Sähkömarkkinoiden kehitysnäkymät ja -tarpeet

Miten näette sähkön vähittäismarkkinoiden (kuluttajapuolen) kehityksen tulevaisuudessa? Miten vähittäismarkkinoiden tulisi toimia näkemyksienne mukaan verrattuna nykyiseen? Minkä takia?

Mitä vähittäismarkkinoiden kehitys mielestänne tarvittavaan suuntaan edellyttää? Onko kehitykselle esteitä? Jos on, niin minkä tyyppisiä esteitä, ja minkä vuoksi?

Miten loppukuluttajat tulisi huomioida sähkömarkkinoiden kehityksessä? Miten markkinoiden tulisi kehittyä, jotta loppukuluttajat ovat nykyistä integroituneempi osa markkinoiden toimintaa?

Mikä on mielestänne riittävä reaaliaikaisuuden taso, joka palvelee sähkömarkkinoiden tarvittavaa kehitystä? Mitkä reunaehdot määrittelevät tarvittavan tason reaaliaikaisuudelle? Minkä takia?

Mihin suuntaan reservi- ja säätösähkömarkkinoiden tulisi kehittyvä tulevaisuudessa? Minkä takia?

Teema II: AMR-järjestelmien rooli ja tiedonvaihtotarpeet

Minkä osapuolen tulisi toteuttaa sähkönkulutuksen ohjaukset ja minkä takia? Mitä vaatimuksia eri markkinat asettavat ohjaukaskäskyjen toimittamiselle ja yleisemmin tiedonvaihdolle tulevaisuudessa?

Mikä on kuluttajien valinnanvapaus kysyntäjoustopuolella mahdollistavissa ratkaisuissa? Miten määrittelisitte nykyisen kuluttajien valinnanvapauden ja mikä sen tulisi olla?

Mikä on paikallisen mittauksen (esimerkiksi taajuudenmittaus) ja tähän perustuvan ohjauksen merkitys? Minkä takia?

Haastateltava(t): Petteri Heinänen, Liiketoimintayksikön johtaja (Aidon)

Teema I: Sähkömarkkinoiden kehitysnäkymät ja -tarpeet

Miten näette sähkön vähittäismarkkinoiden (kuluttajapuolen) kehityksen tulevaisuudessa? Miten markkinoiden tulisi toimia näkemyksienne mukaan verrattuna nykyiseen?

Mikä on mielestäsi riittävän lyhyt mittausfrekvenssi, joka palvelee kehittyviä markkinoita? Mitkä reunaehdot määräävät tarvittavan reaaliaikaisuuden tason? Minkä takia?

Teema II: Mittariteknologian mahdollistamat integraatiomahdollisuudet

Mitä velvoitteita muuttuvat markkinavelvoitteet asettavat seuraavan sukupolven AMR-mittalaitteiden toiminnoille?

Miten asiakkaiden kuormien ohjaus tulisi tulevaisuudessa toteuttaa? Mitä se edellyttää tiedonvaihdon osalta seuraavan sukupolven AMR-mittarilta?

Minkä tyyppiset ohjaukset tai ohjausten välitys edellytetään? Mikä on paikallisen mittauksen ja ohjauksen merkitys?

Miten AMR-järjestelmä, ja tarkemmin yksittäinen AMR-mittari on teknisesti ja tiedonvaihdon kannalta mahdollista liittää kotiautomaatioon?

Miten AMR-järjestelmä tulisi voida liittää kotiautomaatioon? Miksi?

Minkälaista tiedonsiirron AMR-järjestelmän ja kotiautomaation välillä tulisi olla? Minkä tyyppisiä rajoitteita nykyiset tiedonsiirtoteknologiat asettavat AMR-laitteen liitännälle? Onko ne mahdollista selvittää?